

# RELAZIONE DELLA COMMISSIONE

INCARICATA DI STUDIARE E PROPORRE

NORME EDILIZIE OBBLIGATORIE

PER I

## COMUNI COLPITI DAL TERREMOTO

DEL 28 DICEMBRE 1908 E DA ALTRI ANTERIORI

---

Pubblicata nel *Giornale del Genio Civile* - 1909

---

**ROMA**

STABILIMENTO TIPO-LITOGRAFICO DEL GENIO CIVILE

1909



# INDICE

---

RELAZIONE. . . . .	Pag. 7
I. - Riassunto cronologico dei lavori della Commissione . . »	8
II. - Visita sui luoghi devastati dal terremoto del 1908 . . »	11
III. - Cenno riassuntivo degli studi esaminati dalla Commissione . . . . . »	14
IV. - Proposte della Commissione . . . . . »	33
ALLEGATO A - Relazione della Sottocommissione incaricata di visitare le località colpite dal terremoto del 28 dicembre 1908 . . . . . »	51
ID. B - Relazione del Commissario Prof. PANETTI sui calcoli di stabilità e di resistenza degli edifici ai moti sismici . . . . . »	67
ID. C - Ordine del giorno 2 marzo 1909 sulle norme ulteriori per gli edifici esistenti e sui materiali da costruzione . . . . . »	79
ID. D - Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati . . . . . »	81
ID. E - Istruzioni tecniche sulle costruzioni di edifici nei territori sottoposti a scosse sismiche, e sui calcoli di stabilità e resistenza . . . . . »	93
ID. F - Carta sismologica del terremoto del dicembre 1908 »	113

---





# RELAZIONE

---





## RELAZIONE DELLA COMMISSIONE

nominata con D. R. del 15 gennaio 1909, incaricata di studiare e proporre norme obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni da eseguirsi nelle regioni colpite dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri anteriori.



La Commissione predetta venne composta dei signori:

Ing. ITALO MAGANZINI - Presidente di Sezione del Consiglio superiore dei Lavori pubblici — *Presidente.*

Ing. GIUSEPPE AGAZIO - Ispettore superiore del Genio civile.

Colonnello MARIANO BORGATTI - del Genio militare - Roma.

Ing. ENRICO CAMERANA - Ingegnere capo nel R. Corpo delle Miniere - Bologna.

Ing. SILVIO CANEVAZZI - Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri a Bologna.

Ing. CESARE CERADINI - Prof. nella R. Scuola d'applicazione per gli ingegneri a Roma.

Ing. PIETRO FENOGLIO - Torino.

Ing. CESARE NAVA - Deputato al parlamento - Milano.

Ing. MODESTO PANETTI - Prof. nella R. Scuola navale superiore di Genova.

Ing. MEDERICO PERILLI - Ingegnere capo nel Corpo del Genio civile - Ravenna.

Ing. GIOVANNI SALEMI-PACE - Prof. nella R. scuola d'applicazione per gli ingegneri in Palermo.

Ing. ANGELO REYCEND - Prof. nel R. Politecnico di Torino — *Relatore.*

Ing. GIUSEPPE FORNARI - Ingegnere del Genio civile

Ing. GIUSEPPE CANONICA - Ingegnere del Genio civile

} *Segretari.*

## I.

## RIASSUNTO CRONOLOGICO DEI LAVORI DELLA COMMISSIONE.

La Commissione nominata col Reale decreto 15 gennaio 1909, si riunì per la prima volta in seduta plenaria a Roma il 25 gennaio scorso. L'on. Bertolini Ministro dei Lavori pubblici volle inaugurarne i lavori, illustrando il compito ad essa affidato ed esprimendo benevole fiducia nell'opera della Commissione, raccomandando la massima sollecitudine, resa doverosa dalla condizione veramente miserevole delle regioni colpite dal terremoto.

Invitò poscia la Commissione a volersi per prima cosa pronunciare sul carattere delle riparazioni, le quali possono cadere sotto il beneficio della legge 12 gennaio 1909, distinguendole da quelle che, per la loro esigua importanza e per il loro carattere semplicemente conservativo, possono e debbono essere eseguite immediatamente e direttamente dai singoli proprietari, senza l'intervento e l'aiuto del Governo.

Il Ministro credette altresì opportuno di far rilevare come, in ordine al compito sostanziale della Commissione, la difficoltà del problema non consistesse tanto nel determinare un tipo di costruzioni che offrisse una relativa incolumità contro il terremoto, quanto piuttosto nel suggerire tipi di costruzioni che, pur soddisfacendo a tali requisiti, fossero rispondenti ai mezzi finanziari della popolazione che deve costruire e ricostruire, ed aggiunse che, nel determinare i tipi con tale speciale riguardo, si dovesse anche tener presente la varietà che è ragionevolmente richiesta, sia dalle località urbane e rurali, sia dalla destinazione diversa degli edifici ed ha conchiuso il suo dire raccomandando la maggiore semplicità e chiarezza nelle norme da prescrivere.

Dopo che S. E. il Ministro ebbe preso congedo dalla Commissione e dopo che il Presidente ing. comm. Italo Maganzini ebbe fatto consegna alla Commissione delle pubblicazioni e delle proposte pervenute al Ministero per le nuove costruzioni da eseguire nelle zone sismiche, e ancora delle relazioni ufficiali e dei provvedimenti governativi riferentisi ai terremoti della Liguria e dell'isola d'Ischia, a quelli del 1894 e 1905 nelle Calabrie, la Commissione, su invito del Presidente, si restrinse allo studio ed alla determinazione del carattere delle riparazioni cadenti sotto il beneficio della legge 12 gennaio 1909 e, dopo lunga ed animata discussione, addivenne alla votazione di un ordine del giorno, che riuscì all'unanimità approvato nella seduta del 26 gennaio, dando incarico al Presidente di trasmetterlo a S. E. il Ministro dei Lavori pubblici.

Il detto ordine del giorno è del seguente tenore:

« La Commissione, nell'iniziare i lavori ad essa affidati in base alla legge 12 gennaio 1909, n. 12, mentre riconosce chiaramente definito il proprio compito per quanto concerne le costruzioni nuove e la ricostruzione di edifici demoliti o demolendi, tenute presenti le dichiarazioni di S. E. il Ministro dei Lavori pubblici, crede necessario di limitare il compito stesso in ordine alle riparazioni da eseguirsi agli edifici ancora esistenti e che possono essere interamente o parzialmente conservati.

« La Commissione ritiene pertanto di doversi occupare delle *riparazioni organiche*, intese cioè a modificare o consolidare la struttura resistente degli edifici o di qualche loro parte sostanziale, per modo che corrispondano, per quanto è praticamente possibile, alle prescrizioni che verranno imposte per le ricostruzioni o nuove costruzioni ».

Già nella seduta del 25 gennaio si era affacciata l'impossibilità di esaurire collettivamente ed in breve tempo il lavoro di preparazione occorrente e si era conseguentemente adombrato il disegno di affidare ad una Sottocommissione l'incarico di recarsi nei luoghi colpiti dal disastro per constatare i sistemi di costruzione ivi prevalenti, la qualità dei materiali impiegati, il modo con cui le fabbriche si comportarono sotto l'impeto del terremoto, e la prova fatta dalle costruzioni sorte in Calabria, comprese pur quelle dovute ai diversi Comitati di soccorso, dopo il terremoto del 1905; ad un'altra Sottocommissione quello di esaminare le numerose pubblicazioni e proposte state comunicate alla nostra Commissione.

Quest'idea prese definitivamente corpo nella seduta del 26 gennaio, nella quale la Commissione stabilì di scindersi in due Sottocommissioni, la prima composta dei signori Camerana, Canevazzi, Ceradini, Perilli e Salemi Pace, con l'incarico di effettuare la visita dei luoghi colpiti dal terremoto e presentare deduzioni e suggerimenti; l'altra, composta dei signori Borgatti, Fenoglio, Nava, Panetti e Reyceud, col mandato di rendersi conto di quanto si era pubblicato in Italia ed all'estero, esaminare le successive relazioni, proposte, disegni, pervenuti in gran copia da progettisti, professionisti e scienziati, e quant'altro avesse attinenza coll'argomento, allo scopo di riferire sommariamente i criteri prevalenti ed avere norme direttive per studi ulteriori.

Una terza Sottocommissione infine, formata con membri delle due, di cui si è detto, e col concorso del Presidente, variamente e secondo le circostanze raggruppandosi e riunendosi a Torino, a Genova ed a Bologna, doveva essere come il tramite di comunicazione fra le due prime Sottocommissioni per concretare uno schema di regolamento, da discutersi poscia in seno alla Commissione plenaria.

La prima Sottocommissione, partita da Roma il 3 febbraio, vi fece ritorno il 10 dello stesso mese, dopo avere visitato Nocera, Palmi, Castiglione, Monteleone, Favelloni, S. Leo di Briatico in provincia di Catanzaro, Gioia Tauro, S. Anna, Seminara e Melicuccà in provincia di Reggio di Calabria e finalmente Reggio e Messina e sin dal 12 febbraio trasmetteva al Presidente della Commissione la relazione della visita compiuta, relazione importante per la diligenza delle indagini e per le conclusioni che ne rampollano (V. Alleg. A).

Intanto il 7 febbraio gli ing. Fenoglio, Panetti e Reyceud si riunivano a Torino per l'esame delle pubblicazioni e proposte appartenenti a scienziati, professionisti e costruttori italiani, mentre a Roma il colonnello Borgatti continuava l'esame già iniziato delle pubblicazioni estere.

Il 13 di febbraio, sotto la presidenza dell'ing. Maganzini, si tennero, presso la Scuola navale superiore di Genova, due sedute, alle quali, oltre al presidente, intervennero il colonnello Borgatti e gli ingegneri Fenoglio, Panetti e Reyceud, per discutere i criteri da adottarsi nel fissare le norme regolatrici delle

costruzioni nuove, delle ricostruzioni e riparazioni delle case comprese nella zona sismica e prendere cognizione d'uno studio preliminare, fatto con criteri scientifici dal prof. Panetti, intorno al procedimento da seguirsi per istituire i calcoli di stabilità di un edificio soggetto all'azione di scosse.

In questa riunione si riconobbe la necessità di affidare ad una quarta Sottocommissione l'incarico di compilare un primo schema di norme da sottoporre in seguito all'esame dell'intera Commissione. Tale Sottocommissione riuscì composta dei prof. Canevazzi, Ceradini, Panetti e dell'ing. Camerana.

Riunitasi a Bologna nei giorni 17, 18 e 19 febbraio, la detta Sottocommissione esaminava ed approvava uno studio del prof. Panetti sul modo di agire delle onde sismiche, inteso a stabilire una direttiva razionale nel sottoporre a calcolo le membrature destinate a resistere e quindi a proteggere l'edificio. Poscia concretava un primo schema di regolamento, contenente le norme da rendersi obbligatorie per le zone soggette a terremoti.

Tale schema, stampato in bozze e distribuito ai membri della Commissione, servì a questa di punto di partenza nelle discussioni che si svolsero nelle riunioni plenarie tenutesi in Roma li 27 e 28 febbraio e nei giorni 1, 2, 3 e 4 marzo.

In questa adunanza si diede definitivamente corpo al regolamento contenente le *Norme tecniche ed igieniche obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 e da altri precedenti*, regolamento che venne comunicato il 5 marzo a S. E. il Ministro dei Lavori pubblici, per le opportune osservazioni, accompagnandolo con una lettera illustrativa del Presidente, colla riserva di presentare più tardi la relazione riassuntiva.

In seguito a giuste osservazioni di S. E. il Ministro dei Lavori pubblici, la Commissione riprese in esame il proprio lavoro e vi apportò alcune leggiere modificazioni nelle sedute ch'ebbero luogo in Roma li 23 e 24 marzo, licenziando lo schema definitivo, quale è nello allegato *D* alla presente relazione. In queste sedute la Commissione apportò, di concerto coll'Autore, leggiere modificazioni alle norme di calcolo proposte dal prof. Panetti, allo scopo di renderle più semplici e quindi di più facile e sicura applicazione (Vedi allegati *B* ed *E*).

## II.

## VISITA SUI LUOGHI DEVASTATI DAL TERREMOTO DEL 1908.

La relazione della Sottocommissione che visitò le località devastate dal recente terremoto, è ricca di osservazioni e di insegnamenti ed è venuta in buon punto, non solo per illuminare la Commissione su molti particolari tuttora incerti od oscuri, che non valevano a chiarire le relazioni frammentarie dei giornali e le relazioni affrettate di incompetenti, ma anche per sfatare talune leggende, che, per rivalità di Comitati o di Ditte costruttrici, s' erano andate a poco a poco formando contro certi sistemi di costruzione, che la Commissione ritiene, non solo degni della più grande attenzione, ma suscettibili di risolvere il problema delle abitazioni in tutte quelle regioni nelle quali soccorrono materiali adatti, e sempre quando non facciano difetto la pratica e l'onestà dei costruttori.

Sebbene la relazione della 1<sup>a</sup> Sottocommissione sia allegata alla presente relazione, si è creduto opportuno riferirne in sunto i punti principali, in quanto essi valgono a dare ragione della maggior parte delle conclusioni a cui la Commissione addivenne nelle sedute plenarie dei 27 e 28 febbraio, 1, 2, 3, 4 marzo.

Anzitutto la Sottocommissione notò che:

1° in generale le murature costituenti gli edifici delle zone colpite sono di pessima struttura, che il materiale pietroso impiegato è quasi sempre di forma irregolare e più generalmente di ciottoli fluviali, nemmeno spaccati, che le malte non presentano consistenza per cattiva calce e cattive sabbie e che i fabbricati non hanno fondazioni corrispondenti ad un buon tipo costruttivo;

2° i solai sono in generale difettosi, perchè hanno poca presa sulle murature e perchè pochissime sono le travi impalettate alle estremità e quindi predisposte a fungere da catena, o che anche semplicemente attraversino i muri, sui quali poggiano per tutta la grossezza dei medesimi. Onde ne segue che nei movimenti sismici, le teste delle travi sfilandosi ad un'estremità, il soffitto tende a cadere e che, per altre scosse sopraggiungenti, le travi, urtando contro il muro, che prima loro serviva d'appoggio, ne determinano la caduta. Anche i tetti rovinati pongono in vista costruzioni rudimentali e spesso si mostrano sprovvisti di membrature atte a resistere alla spinta dei puntoni;

3° le case baraccate antiche, con ossature di legnami disposte in senso verticale, orizzontale e diagonale, tra di loro collegate e racchiuse entro le murature perimetrali e trasversali, benchè presentino lesioni e scompaginamenti nelle masse murali, pure sono rimaste in piedi, salvando la vita alle persone che ospitavano;

4° lo stesso può ripetersi delle case intelaiate, cioè di quelle la cui ossatura è di legname, mentre le pareti negli specchi formati dalle membrature di legno sono riempite di muratura;

5<sup>o</sup> migliore resistenza presentarono le case costrutte con ottima muratura di mattoni; quelle basse di uno, od al più di due piani; quelle fondate su roccia o su terreno sodo e quelle che hanno larghe, solide e profonde fondazioni;

6<sup>o</sup> in generale, le sopraelevazioni di case antiche, originariamente di un solo, od al più di due piani, caddero in rovina;

7<sup>o</sup> le murature di buona qualità, di costruzioni speciali, giacenti entro terra e quindi poste sotto il livello del suolo, in generale non subirono rotture o deformazioni. Così rimasero illesi molti ponti ferroviari in grazia delle loro fondazioni e della loro limitata elevazione fuori terra, le gallerie ferroviarie, le vasche oleifere di Gioia Tauro e simili.

Seguono, con speciale importanza, i rilievi fatti dalla Sottocommissione in ordine alle costruzioni sorte dopo il terremoto del 1905 a Castiglione, a Favelloni Piemonte, S. Leo di Briatico ed a Melicuccà ad opera di speciali Comitati di soccorso.

Premesso che nelle dette località, lontane dall'epicentro, le scosse furono meno imponenti, come può desumersi dalla carta sismologica, Allegato F', la Sottocommissione ha rilevato:

1<sup>o</sup> che le case di Castiglione, intelaiate, costruite sul tipo baraccato, non presentano lesioni;

2<sup>o</sup> che in quelle di Favelloni Piemonte, con intelaiatura e soffitti di cemento armato, ma colle pareti formate di blocchetti parallelepipedi di cemento e sabbia, vuoti internamente, murati con malta comune, ma non collegati tra di loro, nè coll'ossatura della fabbrica, mentre l'ossatura rimase integra, le pareti si lesionarono ed in alcuni punti caddero staccandosi dall'ossatura.

La detta Sottocommissione notò pure, a proposito delle case di Favelloni, che i blocchetti impiegati per la formazione delle pareti, a motivo della loro grande porosità, dovuta alla cattiva qualità della sabbia ed alla sua eccessiva quantità in confronto del cemento, si lasciavano attraversare dall'acqua di pioggia e che per la copertura dei tetti vennero usate lastre « Eternit », del tipo e colle dimensioni di quelle che più propriamente si adoperano per la formazione di rivestimenti di pareti e non di quelle specialmente fabbricate per materiale da copertura. Le dette lastre, a motivo della struttura inadatta e delle loro grandi dimensioni, si incurvarono sotto l'azione dei raggi solari, dando così luogo a discontinuità, le quali lasciavano libero adito alle acque di pioggia;

3<sup>o</sup> che nelle case di S. Leo, costrutte con ossature di pilastri laterizi, collegati da un triplice ordine di architravi di cemento armato, cioè alla spiccata dei muri, a metà dell'altezza, e in sommità, con pareti di muratura di pietrame, listata di mattoni, con solai di travicelli di legno impalettati all'esterno, con tetto di legno e copertura di « holz cement », non si ebbero lesioni. La Sottocommissione ha per altro constatato che la copertura presentava una grande permeabilità alle acque di pioggia;

4<sup>o</sup> che, finalmente, le case di Melicuccà vennero quasi tutte atterrate, ad onta che, per la natura del terreno su cui poggiavano, le scosse siano state meno sensibili che altrove. A proposito di queste case, i cui autori, certo in



buona fede, ritengono appartenere alle costruzioni in cemento armato, la 1<sup>a</sup> Sottocommissione non si perita di affermare che, e per la mancanza di collegamenti tra le diverse membrature e per la pessima qualità del materiale adoperato, non solo non hanno diritto di essere annoverate fra le costruzioni di cemento armato, ma sono la negazione di ogni sana regola d'arte.

Anzi la detta Sottocommissione, purè encomiando gli sforzi ed il buon volere dei Comitati di soccorso che ebbero ricorso al cemento armato, constatò che: « nessuno di essi ha fatto delle vere e proprie costruzioni di tale natura » e cita per contro, ad esempio, quattro costruzioni di cemento armato in Messina, le quali rimasero incolumi.

La detta Sottocommissione non ha mancato di visitare la casa del dottor Cammareri in Messina, sopravvissuta alla generale rovina e della quale tanto si è parlato e scritto nei primi giorni che seguirono al disastro. Detta casa non è costruita con cemento armato, come si disse, nè pare sia fondata su platea generale di calcestruzzo, come si asserì. Ha muri di fondazione continui della grossezza di un metro e mezzo. La casa è rialzata di m. 1,20 sul suolo della via ed i muri corrispondenti a tale sopraelevazione hanno la grossezza di m. 1,30 e sono interamente di mattoni. Nella parte soprastante, composta di un solo piano terreno, la grossezza dei muri perimetrali è di cm. 70 e quella dei muri interni di 50 e di 40 cm. Tutte le murature sono eseguite con malta di calce e pozzolana. Da questi dati emerge chiaro il perchè della resistenza opposta da questa costruzione all'urto del terremoto; ma non meno chiaro risulta la impossibilità di assumerla come tipo obbligatorio per le case che dovranno sorgere sulle zone sismiche.

Ci asteniamo, per brevità, dal citare altri esempi di costruzioni rimaste incolumi, riferiti nella relazione della prima Sottocommissione; ma non possiamo invece trattenerci dal rilevare il passo che si riferisce alla poca o nessuna efficacia dimostrata dalle catene di ferro applicate alle fabbriche dopo i terremoti del 1894 e 1905, in conseguenza del modo poco razionale tenuto in tale applicazione, e della cattiva compagine delle murature.

Da tutto quanto siamo andati sommariamente spigolando nella relazione della prima Sottocommissione, rampollano conseguenze importanti, che è utile fin da ora di mettere in evidenza, siccome quelle che furono il germe di ulteriori e definitive conclusioni.

Risulta anzitutto provato che il sistema delle case *baraccate*, secondo le norme imposte coi regolamenti del Governo borbonico subito dopo il terremoto del 1783, è un sistema che può considerarsi buono anche oggi e da consigliarsi in tutti quei casi nei quali difettano materiali per sistemi di costruzioni più perfetti, o meglio rispondenti alle speciali condizioni create alle costruzioni nelle zone sismiche e dove invece si può a buon mercato, e sul luogo stesso, avere a disposizione legname di buona qualità, di dimensioni considerevoli per le baraccature, mattoni o pietre di forma regolare, quanto meno con due piani di posa, calce e sabbia di buona qualità.

Altrettanto può dirsi, e a più forte ragione, delle case intelaiate.

La necessità di ottimi materiali agglomeranti e di razionali sistemi costruttivi, per sè intuitiva, è luminosamente confermata dai rilievi fatti sul luogo

del disastro e di ciò la Commissione si preoccupò nel votare il 2 marzo 1909 l'ordine del giorno allegato *C*.

La razionalità del costruire non concerne solo le murature, ma si estende alla natura delle fondazioni, al modo di comporre i solai e di assicurarli ai muri, alla costruzione dei tetti, la spinta dei quali va evitata coi mezzi suggeriti dall'arte e dalla scienza del fabbricare.

È per sè chiaro, e del resto lo confermano i rilievi della prima Sottocommissione, che sarebbe assurdo condannare in modo assoluto le ordinarie costruzioni in muratura, quando alla esecuzione di esse concorrano materiali ottimi e presieda la mente direttiva di un architetto esperto e nutrito di buoni studi e siano di altezza limitata. La casa del sig. Cammareri a Messina informi.

Pure, senza raggiungere le dimensioni veramente eccezionali dal sig. Cammareri assegnate ai muri della sua casa, che riuscirebbero proibitive in riguardo ai mezzi pecuniari della massima parte dei privati, si possono, seguendo i criteri suesposti, ottenere case di solida e resistente ossatura.

Risulta altresì dalle constatazioni fatte che il materiale da impiegarsi nelle costruzioni intelaiate (cioè con ossatura di legname, con specchi di muratura tra le membrature) deve presentare dei collegamenti tra elemento ed elemento e colle intelaiature, indipendenti dall'azione delle malte.

E qui, dopo di aver messo in sufficiente luce i punti più importanti della relazione della 1<sup>a</sup> Sottocommissione, quelli cioè che furono come i capisaldi delle discussioni e delle definitive deliberazioni, facciamo punto, tralasciando di riferire le osservazioni e le proposte formulate dalla Sottocommissione stessa a conclusione delle osservazioni da essa raccolte sui luoghi del disastro, sia perchè alcune di dette proposte vennero modificate dalla Commissione plenaria e sia perchè alle altre verrà fatto richiamo nell'ultimo capitolo.

### III.

#### CENNO RIASSUNTIVO DEGLI STUDI ESAMINATI DALLA COMMISSIONE.

Se è fuor di dubbio che alla seconda Sottocommissione, incaricata di riferire sulle pubblicazioni, sulle proposte e sui disegni concernenti sistemi costruttivi per le zone sismiche, non è mancato il materiale di studio, si può con pari sicurezza affermare che il pregio complessivo di questi lavori non è in armonico rapporto col numero dei medesimi. Astruendo dai lavori su questo argomento, e non da ieri solamente, pubblicati all'estero da scienziati ed ingegneri di fama mondiale, dalle relazioni ufficiali sui terremoti dell'isola d'Ischia (1883) e delle Calabrie (1894), dettate da illustrazioni della scienza e dell'ingegneria italiana, i lavori di più o meno recente compilazione, stati comunicati alla nostra Commissione dai Ministeri dei Lavori pubblici e della Guerra, ovvero direttamente pervenuti ai singoli commissari, oltrepassano la settantina e la Sottocommissione che ne fece un accurato esame ebbe sì frequenti occasioni di compiacersi che uomini forniti di non comune ingegno e di buoni studi e provvisti di molta esperienza in materia di costruzioni, siansi

occupati con amore del grave argomento, formulando osservazioni e concludendo con proposte praticamente utili e degne della massima considerazione; ma non potè a meno di constatare la insufficienza di molte, la stranezza e la poca praticità di parecchie proposte.

E, siccome ufficio della seconda Sottocommissione era quello di porre in rilievo le proposte utili e praticamente consigliabili, che potevano condurre a definire le norme generali cui debbono soddisfare le costruzioni antisismiche, non quello di emettere un giudizio sul merito di ciascuna, così la medesima si restrinse a riferire in Commissione delle prime, omettendo le altre o limitandosi ad accennarle.

Qui pertanto la Commissione si è ristretta alle considerazioni ed alle conclusioni contenute nelle relazioni, nei regolamenti ufficiali e nelle memorie di ordine scientifico e critico, senza parlare delle peculiari proposte che concernono speciali tipi costruttivi, determinati progetti di edifici, particolari materiali edilizi, dovute ad iniziative private e all'industria, progetti e materiali che potranno essere adottati dai proprietari o dagli enti che dovranno eseguire le nuove costruzioni, in quanto rispondano alle norme generali prescritte dal regolamento proposto.

Per procedere con certo ordine, la seconda Sottocommissione ha diviso le pubblicazioni in due gruppi: *Relazioni e provvedimenti ufficiali*, e *Pubblicazioni di scienziati ed ingegneri italiani ed esteri*, e ne riassunse in modo sintetico il contenuto, lumeggiandone le parti che potevano servire di guida ai lavori della Commissione.

Cominceremo quindi dalle Relazioni ufficiali concernenti gli effetti del terremoto nelle provincie meridionali, e dalle norme e provvedimenti governativi per le costruzioni, le ricostruzioni ed i restauri degli edifici nelle zone sismiche.

In queste relazioni ed in questi provvedimenti, dei quali il più antico risale al 1784, la Sottocommissione ha raccolto ampia messe di notizie e di suggerimenti dei quali ha fatto tesoro.

1. - Dopo il terremoto che nel 1783 devastò le Calabrie, il Governo borbonico emanò il 20 marzo 1784 dei provvedimenti che, anche oggi, in cui disponiamo di materiali allora ignorati e di cognizioni e mezzi tecnici incomparabilmente migliori e più efficaci, appaiono informati ad una grande saggezza ed è veramente a deplorare che, nel giro di pochi lustri, essi siasi lasciati cadere nell'oblio, mentre la loro scrupolosa osservanza e la loro estensione ad altre regioni avrebbero risparmiato alla Patria nostra i tremendi lutti di questi ultimi tempi, in ispecie del 1894, del 1905 e del 1908, sapendosi di case che, costrutte sotto l'impero di queste prescrizioni, resistettero a tutti i terremoti successivi.

Le istruzioni dettate dal Governo borbonico, anzitutto non ammettevano case di oltre due piani, compreso il terreno, e di conseguenza ordinavano la demolizione di tutti i piani in più e solo facevano un'eccezione per un ammezzato, alto non oltre a dieci palmi (m. 2,65) nelle case prospicienti a piazze od a vie molto larghe. In secondo luogo ordinavano la demolizione di qua-

lunque muro, che, anche di poco, avesse deviato dalla verticale, la rimozione di tutti i balconi e di tutti gli sporti in condizioni statiche non rassicuranti. In terzo luogo prescrivevano l'incatenamento delle travi dei solai ai muri, e la riforma dei tetti in guisa da evitare qualunque spinta delle loro armature contro i muri.

Dalle norme emanate dal Governo borbonico ebbe origine il sistema delle *case baraccate*, le quali, come si disse, fecero ottima prova e sono ancora oggi, in particolari circostanze, raccomandabilissime.

2. - Segue, in ordine di tempo, il regolamento pontificio edilizio per la città di Norcia (28 aprile 1860).

In tale regolamento è sancito il principio che le nuove fabbriche non debbano avere più di due piani (cioè piano terreno ed un piano soprastante) senza esclusione di sotterranei, e non superare l'altezza di m. 8, misurata dalla gronda al suolo. È, a preferenza di ogni altro sistema, consigliato quello delle case baraccate, ad esempio di quelle già esistenti e che hanno fatto così buona prova. È ordinata la demolizione dei terzi piani in tutte le case notevolmente lesionate. È proibito di fabbricare su terreni di scarico ed in pendio, e si prescrive che le fondazioni debbano oltrepassare la superficie del terreno vergine e raggiungere un fondo consistente.

Quanto alla grossenza dei muri, il regolamento ingiunge che la medesima non sia mai minore di cm. 60 e che i muri d'ambito siano rinforzati da una scarpa uguale ad  $\frac{1}{20}$  dell'altezza e siano collegati ai muri di tramezzo in modo tale da formare una massa tutta unita.

Nelle nuove fabbriche le volte sono solo ammesse per i locali sotterranei, a condizione che si facciano di mattoni o di pietre spugnose, con sesto semicircolare e con rinfianco sino al terzo della monta. Sono tollerate le volte a pianterreno nelle case esistenti, a patto che vengano rinforzate con tiranti di ferro.

L'armatura dei tetti dev'essere costituita da travi poggiate orizzontalmente sui muri o sopra regolari incavallature; quella dei solai, da travi penetranti nei muri per tutta la loro grossezza ed impalettate, come quelle dei tetti, ai muri sui quali poggiano.

Le pietre debbono essere conciate, di qualità resistente e di dimensioni non troppo piccole, esclusi i ciottoli di forma rotonda, e tutti i materiali, specialmente la calce, debbono essere di buona qualità.

Merita, per la sua praticità, di venir segnalata quella parte del regolamento, nella quale si sanciscono pene pecuniarie o corporali agli operai i quali si prestino ad eseguire opere in contravvenzione alle disposizioni del regolamento e premi alle persone che presentino saggi di buona sabbia rinvenibile a non molta distanza dalla città di Norcia, in cave copiose e della migliore pietra stratiforme, oppure indichino il luogo più opportuno per impiantarvi fornaci da calce, tenuto conto della buona qualità della pietra calcarea, della comodità del combustibile e di quella dei trasporti.

3. - La relazione dalla Commissione per le prescrizioni edilizie dell'isola d'Ischia, istituita dal Ministro dei Lavori pubblici dopo il terremoto del luglio 1883 (composta dagli Ispettori Giordano e Comotto) è un

documento importantissimo, nel quale, dopo un accenno alla topografia dell'isola, alla sua costituzione geologica, alle passate eruzioni vulcaniche ed ai terremoti cui l'isola andò soggetta ed alle cause probabili dei medesimi, si passa a discorrere degli effetti del terremoto del luglio 1883, alla ricerca delle zone più o meno pericolose ed alle indagini sul sistema di costruzione sino ad allora seguito nell'isola d'Ischia.

I rilievi fatti dai due egregi ingegneri concordano con quelli fatti dalla nostra 1<sup>a</sup> Sottocommissione e cioè: fondazioni cattive ed insufficienti, case a tre ed a quattro piani sopra terra, costrutte con muratura di pietra tufacea di qualità scadente ed in pezzi di forma irregolare, con malta pessima (cioè con calce scarsa, in parte sostituita da terra argillosa), molte volte gettata *a sacco* nella grossezza del muro, talchè non fu infrequente il caso di muri spaccati in due nel senso di loro grossezza, volte a tutti i piani, generalmente *a vela*, eccessivamente ribassate, quasi piate al centro, mal costrutte, con materiale irregolare, con poca e pessima malta, senza tiranti di ferro. Radi i solai, limitati all'ultimo piano, con travi insufficientemente incastrate. Tetti a tegole ordinarie, non assicurate all'armatura: comunissimi, specie nelle case coloniche, i terrazzi, grossi talvolta 30 cm. quindi pesantissimi, gettati su volte o sopra solai.

Nulla, e persino disastrosa, fu riscontrata l'azione delle catene di ferro con cui vennero rafforzati parecchi edifici dopo il terremoto del 1881, forse perchè gli ancoraggi non distribuivano gli sforzi sopra una superficie sufficientemente estesa.

Quali siano le conclusioni cui sono pervenuti i due compianti Ispettori è agevole prevedere dalla natura delle constatazioni fatte e che abbiamo brevemente riepilogate. Premesso infatti che, per le speciali condizioni dell'isola, le costruzioni in muratura avrebbero avuto necessariamente il sopravvento sopra altri sistemi più sicuri, ma più costosi, perchè manca il materiale sul posto, prescrivono per le murature buoni ingredienti razionalmente impiegati, raccomandando l'impiego di mattoni, l'uso dei quali è consigliato fin dai tempi di Plinio <sup>(1)</sup> e che in Italia venne chiaramente dimostrato raccomandabile, specialmente a Siena.

Gli ingegneri Giordano e Comotto sconsigliano l'uso dei muri a scarpa, incomodo nella costruzione e che agevola le infiltrazioni delle acque di pioggia <sup>(2)</sup>; proscrivono, tranne che per i sotterranei, l'impiego di volte e di piattabande in muratura; consigliano l'impiego di solai, ben costrutti e bene collegati ai muri, condannano l'uso della terra pigiata (*pisé*), che ritengono non possa avere applicazione che nella costruzione dei muri di cinta.

Venendo poscia a parlare del numero dei piani e della massima altezza che può essere consentita alle case, osservano anzitutto che essa dipende dal genere di costruzione adottato e quindi che può essere maggiore nelle costruzioni di legno, di ferro, o miste e dev'essere minore per quelle di sem-

(1) « Latere factae parietes minore noxia quatiuntur ».

(2) Analoghe obiezioni possono farsi ai muri parabolici del Giappone.

plice muratura; che anche il genere di copertura più o meno leggero può influire sul limite di altezza ammissibile e che il partito migliore sarebbe sempre quello di case composte del solo pianterreno, sul riflesso che durante i terremoti il terrore e l'istinto della conservazione spingono gli abitanti a fuggire all'aperto in qualunque modo.

In conclusione, e tenuto di ogni cosa il debito conto, gli ing. Giordano e Comotto ritengono che le case non debbano avere più di due piani sopra-terra, con altezze che non superino 10 m., e meglio m. 9,50 sopra il suolo. Essi ammettono come pratiche le costruzioni interamente di legno, perchè riconoscono alle medesime le qualità richieste per resistere nel miglior modo a tutte le deformazioni e la possibilità di ottenere, colla loro ossatura, una specie di gabbia di forma invariabile sotto qualsiasi azione di forze e ritengono che gli inconvenienti che si attribuiscono a tali costruzioni, quali la durata limitata, l'azione del tarlo e la facile preda agli incendi, possano vincersi coi mezzi dei quali dispone l'industria moderna, soprattutto quando si abbia ricorso al legno di castagno, il quale si trova in abbondanza nelle provincie meridionali.

Gli ingegneri Giordano e Comotto illustrano ampiamente l'uso delle case *baraccate*, delle quali dimostrano la sicurezza ed i vantaggi coll'esempio di quelle costrutte nelle Calabrie, nel Beneventano, a Norcia, a Lisbona (dopo il terremoto del 1755), nel Cile, a Lima e che vennero anche adottate nel Giappone; case, il costo delle quali non supera quello delle ordinarie in muratura e che all'esterno possono essere abbellite come quelle di Lisbona, con l'impiego di maioliche inverniciate a gran fuoco, l'industria delle quali, già fiorente nel mezzogiorno d'Italia, riceverebbe, da un largo impiego di mattonelle smaltate, un grande incremento e concludono, conformemente alle premesse, con una serie di norme espresse in due distinti regolamenti, le quali collimano in gran parte colle norme deliberate dalla nostra Commissione e raccomandando l'istituzione di uno speciale ufficio di direzione e sorveglianza, costituito di persone competenti, dal quale dipendano la sanzione di tutti i progetti di edifici pubblici e privati di qualche importanza, la sorveglianza della loro esecuzione, e la cura di ogni particolare edilizio, inculcando al Governo la necessità morale di dare ai privati l'esempio di essere per il primo ossequente al regolamento nella costruzione delle fabbriche che dovesse erigere da sè o col concorso delle provincie e dei comuni.

I predetti ingegneri consigliano ancora al Governo di influire sulle costruzioni dei privati e di agevolarle con una collezione di disegni e modelli dei nuovi tipi di costruzioni, non dimenticando quelli bellissimi di Lisbona e, per evitare difficoltà e monopoli, di creare nei punti più importanti depositi di buoni materiali ad equa tariffa.

4. - Le Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici nei comuni liguri danneggiati dal terremoto del 22 febbraio 1887, non sono precedute da una relazione, nella quale siano espressi i criteri ispiratori di tali norme, le quali, per quanto concerne le fondazioni, il divieto di costruire vòlte, la natura dei materiali occorrenti per la esecuzione delle murature, la forma-

zione dei solai, il concatenamento delle diverse parti della fabbrica, gli aggetti dei balconi e dei cornicioni e l'armatura dei tetti, sono evidentemente condotte su quelle della relazione degli ing.<sup>ri</sup> Giordano e Comotto, colle sole varianti, che sono rese indispensabili dalla diversa natura dei materiali da costruzione e delle abitudini locali. È per altro ammessa per le case un'altezza maggiore di quella proposta per l'isola d'Ischia, ammettendo che le case possano essere composte di tre piani oltre il terreno.

Le prescrizioni concernenti i restauri sono poche e piuttosto vaghe.

5. - Altra ed importantissima tra le pubblicazioni ufficiali è la *Relazione scientifica sul terremoto del 16 novembre 1894 in Calabria e Sicilia*.

Questa relazione è divisa in quattro distinti Capitoli. La parte sismologica è trattata dal prof. A. Riccò, la tecnica dall'ing. capo E. Camerana, la geologica dal prof. Di Stefano e la storica dal dott. M. Baratta.

Lungo ed incompleto riuscirebbe il riassunto di questi accuratissimi lavori, che possono, da chi ne abbia vaghezza, e con maggior profitto essere letti, come hanno fatto i membri della nostra Commissione, nel testo originale. Ci limiteremo quindi a riferire le conclusioni più importanti.

Nel campo sismologico, la ricerca degli effetti del terremoto sulle costruzioni, per quanto condotte con incomparabile diligenza, non ha potuto fornire elementi molto attendibili per la determinazione della velocità di proiezione dei corpi e dell'intensità del terremoto, e ciò specialmente a causa delle incomplete, per quanto numerose, osservazioni e delle intermittenze nelle registrazioni dei sismografi.

Il prof. Riccò si dimostra decisamente avverso ad ammettere l'esistenza del moto *vorticoso*, la quale non si concepisce senza l'esistenza di un vortice sotto ciascun oggetto che ha rotato, in tutta l'estensione dell'area scossa dal terremoto; vortici che dovrebbero anche girare in sensi diversi, con tali spostamenti del suolo, a qualche distanza da questi, che non risultano provati dalle osservazioni raccolte. Egli però soggiunge che tanto la rotazione degli oggetti, riscontrata in parecchi casi, quanto il senso di moto vorticoso risentito dall'uomo, si possono spiegare con un moto ondulatorio del suolo in varie direzioni, succedentisi rapidamente; il che non è inverosimile e s'accorda d'altra parte coll'impressione risentita e colle registrazioni dei sismografi.

Nella parte seconda l'ing. Camerana, studiando gli effetti prodotti dalla scossa in relazione colle condizioni del sottosuolo, nota che le osservazioni fatte portano a concludere che le costruzioni poggianti direttamente sullo gneiss compatto e sul granito ebbero danni minori di quelle poggianti sopra le argille, sulle arenarie plioceniche o sopra l'alluvione quaternaria; il che si spiega riflettendo che la roccia, movendosi come una sola massa, agisce, rispetto all'edificio, come una solida platea, per mezzo della quale, anche nei moti più pericolosi, l'edificio viene sollevato od abbassato tutto d'un pezzo, o fatto oscillare con movimenti sincroni, mentre, se fra la roccia che riceve il primo impulso ed il fabbricato sono interposti terreni di scarsa coerenza, questi vengono rotti e sgretolati ed il fabbricato deve partecipare ad un complesso di movimenti disordinati, discordanti e contrari talora colle sue proprie oscillazioni, che non potranno a meno di comprometterne la stabilità; il

che, poi, succede tanto più facilmente quando la formazione interposta ha poca potenza, com'è il caso dei terreni sedimentari esaminati e non ha grossezza sufficiente per attutire le scosse, ovvero quando il deposito è formato di materiali incoerenti, mentre, a parità di potenza, si avrà uno scuotimento minore quando la formazione è costituita da un materiale soffice, come le marne e le argille.

Sul grave argomento della delimitazione della zona così detta pericolosa, l'A. si limita ad osservare che la triste esperienza fatta dai paesi già distrutti due o tre volte, malgrado gli spostamenti avvenuti dopo ogni distruzione, provano che, salvo casi speciali, è ugualmente soggetto a scosse tutto il territorio, giacchè l'azione sismica non è limitata ad una sola formazione, ma interessa tutta l'ossatura della regione.

L'ing. Camerana, senza escluderlo, non attribuisce grande importanza all'orientamento delle fabbriche, sia perchè è molto difficile determinare la direzione dell'oscillazione prodotta dal terremoto, sia perchè questa direzione è diversa attorno al centro di scuotimento anche durante uno stesso terremoto.

Circa le fondazioni, l'A. osserva che esse si sono riscontrate quasi dappertutto insufficienti e che, se si spingono in una certa misura quelle dei fabbricati di qualche rilievo, si può affermare che mancano quasi affatto nei fabbricati modesti e che non sono mai in relazione con la natura del sottosuolo; senza dire che in luoghi montuosi, come a Santa Cristina, a Delianova ed altrove, molti fabbricati sorgono in siti ripidi, con deboli muri di sostegno.

Crediamo superfluo seguire l'A. nell'esame dei sistemi costruttivi e dei materiali impiegati, perchè le sue osservazioni a questo riguardo concordano appuntino con quanto ne dissero gli ingegneri Giordano e Comotto e coi rilievi fatti dalla nostra prima Sottocommissione.

Nella parte terza della relazione in parola il dott. Baratta fa la storia delle commozioni telluriche avvenute dal 1184 nelle Calabrie ad oggi, allo scopo di giungere alla determinazione della zona sismologicamente instabile delle Calabrie. Alla lettura di quelle pagine la mente si ritrae atterrita dalle scene di rovine e di desolazioni alle quali, per una fatalità sismica, quelle nobili regioni sono da secoli condannate e si rifugia naturalmente nel pensiero di provvedimenti atti a prevenirle; provvedimenti con felice risultato applicati da quasi due secoli in alcune regioni delle provincie meridionali, ma che non furono pur troppo osservate, per il colpevole oblio che seguì ad un lungo periodo di tranquillità.

Nell'ultima parte della Relazione sul terremoto del 1894 il prof. Di Stefano termina il dotto suo lavoro diretto a chiarire quale sia la relazione tra il terremoto delle Calabrie del 1894 e la tettonica e la costituzione del suolo, osservando:

1° che tanto in questo, come nel terremoto del 1783, gli abitati posti sulle rocce della serie cristallina soffrirono relativamente poco se solide, e molto invece se, come è frequentissimo il caso, erano molto e profondamente disgregate;

2° che effetti disastrosi si ebbero nelle case poggianti sopra sedimenti dei terreni terziari e quaternari, poco solidi, incoerenti e di poca grossezza e sulle alluvioni recenti;



3° che i calcari concrezionati e silicei del miocene superiore oppongono, per la loro solidità, una maggiore resistenza agli effetti del terremoto ;

4° che pessima è la condizione delle case che sorgono proprio sul limite tra i terreni cenozoici e quelli cristallini, mentre, quelli che sono eretti quasi sul limite tra i terreni secondari, costituiti di solidi calcari e quelli cristallini, risentono assai meno gli urti sismici di altri che non si trovano nelle stesse condizioni.

Le riferite conclusioni del prof. Di Stefano, più complete ed esposte con linguaggio strettamente scientifico, concordano con quelle esposte da Deodato De Dolemieu nella sua *Memoria sopra il terremoto delle Calabrie nell'anno 1783*, della quale ci occuperemo più innanzi.

6. - *Le Norme per la costruzione ed il restauro degli edifici danneggiati dal terremoto nelle provincie calabresi ed in quella di Messina*, approvate con R. decreto 16 settembre 1906, sono più complete di quelle relative alla regione ligure, e si comprende che gli Autori delle medesime hanno tratto largo frutto dagli studi fatti e dalle osservazioni raccolte in occasione di anteriori terremoti. Quindi in esse non è trascurata la scelta delle località più adatte all'impianto di nuovi abitati ed è anche dato un pensiero, per quanto vago, all'orientazione generale dei medesimi.

La nostra Commissione si è giovata di queste norme, alcune delle quali ha riprodotto quasi integralmente nel Regolamento da essa compilato.

La relazione, presentata nel luglio 1906 al Ministro dei Lavori pubblici dalla Commissione composta degli ingegneri superiori e capi del Genio civile R. Ravà, R. Simonetti ed A. Pullini, è densa di osservazioni e di proposte, degne della massima attenzione.

In essa si fa anzitutto rilevare che, se non è lecito ancora di formulare previsioni attendibili intorno ai movimenti tellurici, la storia di questi ha reso possibili alcune importanti deduzioni intorno alla determinazione delle regioni sismiche, dei centri sismici in una determinata regione, la constatazione di un periodo di scosse successive alla scossa principale e la somiglianza degli effetti nei vari terremoti dei quali si ha cognizione.

Si nota in seguito che, dato il modo di propagazione del movimento tellurico dall'ipocentro all'epicentro, il movimento nella zona prossima all'epicentro è esclusivamente o prevalentemente sussultorio e che allontanandosi dall'epicentro si trasforma in sussultorio ed ondulatorio, acquistando prevalenza il moto ondulatorio a misura che aumenta la distanza dall'epicentro e si attribuisce il moto vorticoso ad un rapido e successivo cambiamento nella direzione delle onde sismiche. Rispetto ai fabbricati questi movimenti del suolo si trasformano in una serie di urti e quindi di vibrazioni, che si trasmettono agli edifici in modo più o meno asincrono e con effetti diversi, secondo che i medesimi sono più o meno saldamente collegati al terreno. In altre parole, i movimenti alterni del terremoto non sarebbero dovuti a movimenti continui in un unico punto, ma invece a movimenti alternati dovuti a sforzi rapidissimi e discontinui (urti), che alla loro volta generano altri movimenti rapidissimi, non continuativi (oscillazioni o vibrazioni).

Passando agli effetti prodotti negli edifici dal terremoto, la relazione dice che essi si possono riassumere in strapiombi dei muri perimetrali con distacchi da quelli ad essi normali, maggiori nelle parti più elevate di essi, in lesioni orizzontali, o presso il piano a terreno, o presso quello dei solai, od in altri piani di minor resistenza dei muri, lesioni prossime alla verticalità verso gli estremi degli archi o piattabande delle porte o finestre, od inclinate secondo la congiungente i vani dei successivi piani, nella lesione o rovina degli archi e delle vòlte, in deformazioni ed avvallamenti di solai, nella sconnessione dell'orditura dei tetti e in danni gravissimi alle scale. Gli Autori della relazione biasimano, come del resto tutti quelli che ebbero occasione di esaminare da vicino gli edifici delle Calabrie, il sistema seguito nella costruzione dei medesimi, la cattiva qualità dei materiali adoperati e la noncuranza nel costruire. E, per quanto concerne le modalità da osservarsi nelle costruzioni e ricostruzioni degli abitati, si astengono dallo esaminare i sistemi di costruzione aventi come base essenziale il ferro e l'acciaio, perchè non risultano applicabili generalmente, per considerazioni di spesa, di clima e di abitudini, nelle regioni meridionali e per altri motivi tralasciano di occuparsi di vari altri sistemi di costruzione, di legno, o di legno e di ferro, più utili per provvedimenti d'urgenza che non per costruzioni definitive. Non omettono per altro di osservare che qualunque costruzione, o di legno, o di legno e ferro, o di acciaio, se razionalmente formata, risponde allo scopo di salvaguardare sufficientemente l'incolumità degli abitanti e, parlando delle fondazioni, osservano come a due sistemi distinti ed opposti mirino le varie proposte che ad esse si riferiscono: quello, cioè, di fondazioni rigidamente collegate al suolo o di fondazioni rese indipendenti sino ad un certo punto dal suolo, ed osservano che, mentre il 2° sistema è teoricamente accettabile, in pratica i procedimenti ad esso ispirati in generale non solo sembrano mancanti delle sufficienti garanzie di regolare funzionamento, ma pare abbiano cagionato seri inconvenienti per causa del peso notevole della fabbrica e della rilevante resistenza d'attrito sulle fondazioni e dichiarano inammissibile il sistema di interporre tra la fondazione del fabbricato ed il suolo un sottile strato di sabbia, o di terreno soffice, perchè, secondo essi, o le fondazioni debbono essere rigidamente collegate al terreno, o debbono riposare sopra un potente cuscino anelastico, a costituire il quale, ma solo per modestissimi fabbricati, ammettono di ricorrere a molle e sfere di acciaio.

Dopo un rapido esame dei vari sistemi di costruzione ammissibili, gli autori affermano risolutamente che le costruzioni formate con pareti e solai di cemento armato propriamente detto, con speciali modalità e salvo l'adozione di altri speciali materiali per talune parti dell'edificio, sono le più adatte a resistere alle varie sollecitazioni che hanno origine dai movimenti tellurici e quindi tra le più convenienti contro gli effetti del terremoto. Aggiungono però che, adottando tale genere di costruzione, sono da proscriversi le fondazioni costituite da pilastri isolati e che la soprastruttura deve, o poggiare liberamente sulla fondazione, ovvero essere completamente e potentemente ancorata alla medesima; nel primo caso, per evitare la trasmissione degli urti sismici diretti e nel secondo per formare delle fondazioni e della sopra-

struttura un tutto, il quale vibri col minor possibile asincronismo. In ogni caso è indispensabile che muri, solai e tetti siano fra di loro invariabilmente connessi in guisa da costituire un sistema, la cui linea baricentrica rimanga sempre contenuta nell'interno dell'edificio, quali che siano i movimenti del medesimo.

Gli Autori della diligente relazione in discorso, dopo aver toccato della opportunità di una conveniente orientazione dei fabbricati, passano ad esaminare i punti del terreno nei quali è certamente pericoloso fabbricare e, pur dando la preferenza alle rocce cristalline, non escludono la possibilità di fondare su rocce meno compatte, su terreni marnosi ed argillosi, ma a condizione che l'edificio si faccia riposare, o su adatta platea generale o su suolo artificialmente costipato, ricorrendo insomma a quei mezzi che l'arte del costruire può suggerire, e che valgono ad assicurare una migliore ripartizione delle pressioni ed a rendere possibile un'equa trasmissione dei movimenti tellurici.

Sarebbe superfluo riassumere qui le prescrizioni contenute nella relazione in parola, riferentisi ai particolari costruttivi, per la massima parte concordanti con quelle contenute in iscritti ed in relazioni anteriormente esaminate.

Lo stesso può dirsi delle norme da seguirsi nelle riparazioni dei fabbricati danneggiati o pericolanti e delle precauzioni da osservare nelle nuove costruzioni e nelle ricostruzioni di edifici pubblici o di uso pubblico, colle quali si chiude la relazione.

Passiamo ora alle pubblicazioni e memorie italiane ed estere più interessanti, riguardanti sistemi di costruzione da seguire nelle zone sismiche.

1. - La pubblicazione più antica che meriti di essere ricordata è quella, a cui già abbiamo fatto cenno, del sig. Deodato De Dolemieu dal titolo: *Memoria sopra i terremoti della Calabria nell'anno 1783*, della quale la Commissione ebbe in comunicazione la traduzione stampata a Napoli nel 1785. In questa memoria si parla degli incendi che aggiunsero la loro forza distruttrice a quella del terremoto e si dice che la violenza di questo fu tale che le persone che si trovavano in aperta campagna furono gettate al suolo, che gli alberi piegarono fino a terra i loro tronchi e che molti furono spezzati a livello dal suolo; che tutto ciò che era nella così detta *piana* fu distrutto, mentre le costruzioni fondate sul terreno sodo e sul dorso dei monti risentirono danni minori.

Per dare un'idea della violenza di questo terremoto, il De Dolemieu narra che a Cinquefondi, villaggio a poco più di un miglio da Polistena, venne interamente demolita un'antica torre quadrata, la cui costruzione risaliva al periodo saraceno e che era di una solidità eccezionale, sì per la grossezza dei muri che per la qualità della malta, che faceva di tuttata la costruzione un monolite saldo come uno scoglio. Ad onta di ciò la torre fu rovesciata e cadendo si ruppe in parecchi blocchi, meravigliosi per la loro compattezza e per le loro dimensioni. Basti il dire che in uno di questi blocchi si conteneva una scala intera.

L'A. non sa comprendere come gli abitanti di Oppido (città completamente rasa al suolo), dopo tanti disastri patiti, fossero nondimeno talmente attaccati al suolo della loro sventurata città da opporsi, come ad una inaudita tirannia, al disegno del Governo di trasportare la città in altro luogo meno pericoloso.

Bagnara, Seminara, Palmi, furono ridotte ad un mucchio di rovine. Le case furono precipitate le une sulle altre così che appena si poteva presumere ciò che esistesse prima del terremoto e le conseguenze di questo ebbero origine dallo stato di incoerenza del terreno. In uno spazio lungo 30 miglia e largo 18, compreso tra il fiume Metramo, i monti ed il mare, non rimase intatto un solo edificio: si è potuto dire che non rimase pietra sopra pietra, che non vi fu campo che non abbia mutata figura e posizione, mentre i luoghi soprastanti alla pianura sfuggirono alla devastazione; come se la forza che scosse i terreni di pianura non sia stata sufficiente a sollevare i monti che ne formavano la cornice. La rovina di Nicotera, Tropea e Monteleone, paesi edificati sul Capo Vaticano o sul suo prolungamento, era riservata alla scossa avvenuta il 28 marzo.

L'epicentro dei terremoti del 5 febbraio e del 28 marzo dello stesso anno 1783, fu diverso: quello del 28 marzo fu sotto i monti che sorgono sull'istmo posto tra i golfi di S. Eufemia e di Squillace, e in questo secondo terremoto la natura spiegò una forza superiore a quella delle scosse precedenti, sollevò e sconquassò la massa della montagna: ma, non ostante la violenza di questa commozione, le rovine della contrada non sono paragonabili a quelle cagionate nella *Piana* dalla scossa del 5 febbraio. La ruina di Pizzo era stata preparata dai terremoti precedenti e nondimeno gli scheletri delle fabbriche rimasero in piedi. Così gli abitati di Nicotera, Tropea, Monteleone, Squillace, Nicastro, Catanzaro, Sanseverino e Cotrone poterono essere restaurati.

2. - Il sig. Ed. I. T. Manby, nel suo studio sul terremoto di Granata (25 dicembre 1884) inserito nel vol. LXXXV degli Atti dell'Istituto degli Ingegneri civili di Londra, dopo una minuta descrizione degli effetti prodotti da quel terremoto, riferisce le opinioni degli scienziati sulle cause del terremoto ed in ispecial modo riassume la relazione della Commissione nominata dal Governo spagnuolo, nella quale si esprime l'avviso che le vie debbano incontrarsi ad angolo retto ed essere dirette obliquamente rispetto all'andamento degli strati geologici; che la larghezza delle vie non debba mai essere minore del doppio della massima altezza fissata per le costruzioni, che le case non abbiano più di un piano e siano costrutte bene e con materiali di qualità eccezionale e che in ogni distretto siano eretti osservatorii sismici.

L'A. esprime il convincimento che i danni prodotti dal terremoto sarebbero stati incomparabilmente minori qualora le località per la costruzione dei villaggi fossero state scelte con miglior criterio e le case fossero state più saldamente costruite.

3. - Importantissimo, per la competenza e la fama dell'A., è lo studio del Lescasse *Sulle costruzioni giapponesi e sulle costruzioni in genere riguardo ai terremoti*.

Egli dice che le case giapponesi sono di legno, spesso formate dal solo piano terreno sopraelevato sul suolo e che quando sul pianterreno si eleva un altro piano, questo non eccede l'altezza di m. 2,40. Rarissimo è il caso di case a due piani sopra il pianterreno.

Le case giapponesi hanno poca fondazione, o non ne hanno affatto.

Il basamento è in muratura; qualche volta di pietre poste a secco. Su questo basamento sono disposte delle cavità ripiene di sabbia, destinate a ricevere le estremità inferiori dei ritti, oppure sono collocati dadi di pietra entro cui i detti ritti si affondano, sempre con l'interposizione di sabbia. Tra questi ritti se ne collocano altri, a cui sono raccomandate delle pareti di carta.

Le maggior parte delle case hanno le pareti interne, e spesso anche le esterne e di facciata, mobili così, che possono essere rimosse, restando solo in piedi i ritti e le traverse orizzontali dei solai e quelle che servono di sostegno ai tetti. Mancano completamente di legamenti e di saette (controventi). I tetti sono molto pesanti, con intelaiature formate da grosse travi, sulle quali sono sovrapposti orizzontalmente dei tavoloni, coperti da un intonaco di terra e di calce; sopra tutto ciò, una copertura di tegole pesantissime.

Come si vede queste case non sono tali da resistere a scosse di qualche intensità e difatti si sconnettono facilmente e cedono con grande facilità.

Il Lescasse non crede che lo strato di sabbia che i Giapponesi pongono tra il suolo e la casa assicuri lo scorrimento di questa senza che essa ne risenta danno, perchè lo scorrimento del suolo non è rapido come quello del foglio posto sopra un tavolo e sotto alcuni oggetti e che si toglie istantaneamente senza trascinare seco gli oggetti che vi stanno sopra. I Giapponesi sostengono per altro che, se anche le loro case partecipano al movimento del suolo, vi partecipano in una misura limitata. I Giapponesi non hanno le ossature delle loro case rigidamente tra di loro connesse; queste ossature sono slegate, colle giunzioni scorrenti negli intagli, in guisa tale da permettere all'intero sistema una leggiera deformazione.

L'A. è decisamente contrario a questo genere di costruzioni, fatte con armature a connessioni scorrevoli, con poca o nessuna fondazione e con pesantissime coperture.

Esse infatti cadono abbastanza facilmente e, se si hanno in genere poche vittime, ciò è dovuto principalmente alla circostanza che le case, essendo generalmente di un solo piano e con pareti mobili, possono essere con tutta facilità abbandonate al primo manifestarsi del terremoto.

Ma nel Giappone è anche diffuso un sistema di case baraccate, le cui pareti, della grossezza media di m. 0,22, sono formate con intelaiature di grosse tavole, o di travicelli molto distanti e di cui si riempiono gli intervalli con pietre o mattoni. Per riparare le pareti, così sottili, dalla umidità e proteggere i legnami formanti l'ossatura, si chiodano all'esterno, e diagonalmente sulle membrature, delle tavole della grossezza di 2 cm., larghe da 8 a 10 cm. e finalmente su queste si fissano specie di tegole piane o mattonelle, talvolta smaltate. Queste tegole hanno la misura di cm. 30  $\times$  cm. 30 e portano agli angoli dei piccoli fori per le chiodature. La piccola intercapedine risultante fra il muro interno e questo rivestimento, dovuta alla grossezza del

tavolato a stecche in diagonale, basta ad impedire l'adito alla umidità ed il Lescasse dice di avere veduto delle case molto vecchie costrutte con questo sistema ed in buono stato di conservazione.

Da pochi anni soltanto si è introdotto infine nel Giappone l'uso delle costruzioni di mattoni e forse il primo fabbricato importante di tal genere è l'arsenale di Yokohama (1867). All'epoca in cui il Lescasse scriveva (1877) l'uso delle costruzioni a mattoni per case civili si era già molto diffuso nel Giappone: ma siccome da 20 a 25 anni non s'erano avuti dei terremoti violenti, così a quell'epoca non si avevano dati sperimentali. È per altro degno di nota che molti camini di officine, costruiti con mattoni, con o senza armature esterne, hanno resistito a tutti i terremoti, se non violenti, certo non trascurabili.

Il Lescasse propone per la costruzione delle case il seguente sistema di muratura armata. Quando la fondazione volge al suo termine, poco più sotto del piano di risega si colloca un telaio formato con lame di ferro di mm. 60  $\times$  mm. 20, congiunte tra di loro per mezzo di occhi attraversati da chiavarde. A questo telaio si collegano montanti di ferro tondo, i quali rimangono annessi nella muratura che li avvolge da ogni parte ed il cui diametro è di mm. 40 per tutta l'altezza del pianterreno, di mm. 35 a mm. 30 per il piano superiore, rilegata da un'intelaiatura di lame identica a quella posta in fondazione. Il Lescasse ammette la possibilità di un secondo piano e per questo riduce a mm. 50  $\times$  18,5 le dimensioni delle lame componenti l'intelaiatura. L'A. dice di avere costruito con questo sistema parecchie case, le quali hanno fatto buonissima prova contro l'urto dei terremoti.

4. - Pervennero alla nostra Commissione parecchi fascicoli in lingua giapponese, illustrati da numerose figure e concernenti i sistemi di costruzione usati nel Giappone; ma da essi non si poté trarre conclusioni sostanzialmente diverse da quelle che si possono leggere nei lavori dell'Alfani, del Lescasse, del Baratta e del Milne. Uno di questi fascicoli (il più importante) contiene una serie numerosa di tipi di giunzioni di legnami, utili al più per una scuola industriale.

Da questi fascicoli emerge che non sempre i Giapponesi fondano sulla sabbia, come afferma il Lescasse, ma anche su pietre, però disposte a riseghe, in modo da offrire sempre una larga base d'appoggio ai montanti. Il primo strato di pietre della fondazione non poggia sul suolo, ma sopra uno strato di grossi ciottoli destinati a rendere la fondazione indipendente dal suolo.

Risulta altresì da questi fascicoli, che, nelle case intelaiate, unicamente i montanti hanno fondazione, cosicchè le case risultano portate da questi montanti come i mobili dai loro piedi e stanno come su stampelle.

5. - Dell'ing. John Milne si ha una comunicazione fatta al Collegio degli ingegneri civili di Londra, che ha per titolo: *On construction in earthquake countries*, oltre una relazione fatta in nome della Commissione americana, incaricata di riferire sul terremoto che il 18 aprile 1906 colpì così terribilmente la città di S. Francisco. Il Milne ha fatto anche lunga dimora nel Giappone ed ebbe quindi opportunità di occuparsi delle commozioni telluriche che così frequenti in quella regione.

Il Milne dà grande importanza alla scelta della località per l'impianto degli edifici, raccomanda o fondazioni libere, oppure profonde, di scansare le vòlte, oppure di prolungarne la costruzione nei piedritti, di sfalsare gli assi delle aperture e di evitare il collegamento di quelle parti della fabbrica che sono soggette a muoversi secondo periodi vibratorii diversi e consiglia infine di costruire i camini con base larga e poca altezza, con cappello leggero e senza ornamenti.

Rileva infine che a Tokio alcuni tetti sono fatti in modo da poggiare liberamente sui muri, che le pareti possono essere fatte in modo da riuscire più leggiere in alto col mezzo di mattoni vuoti e che riesce utilissimo l'impiego di tiranti verticali, destinati a collegare le parti più elevate con quelle più basse dei muri.

6. - Immediatamente dopo il terremoto e l'incendio di S. Francisco del 18 aprile 1906, fu deciso dal Governo degli Stati Uniti di procedere ad una inchiesta sul modo di comportarsi e sulla resistenza delle costruzioni e dei materiali da costruzione; e ne fu affidato l'incarico ad una Commissione composta dei signori Grove Karl Gilbert, del Comitato geologico; Richard Lewis Humphrey, segretario della Commissione sui materiali da costruzione; John Stephen Sewell, capitano del Corpo degli Ingegneri navali, e Frank Soulé, decano del Collegio dell'ingegneria civile dell'Università di California.

Questa Commissione presentò quattro relazioni. Da quella del sig. Richard Humphrey, che tratta degli effetti del terremoto sulle varie strutture e materiali costruttivi, riportiamo i brani nei quali si riassumono gl'insegnamenti che possono ricavarsi dagli effetti prodotti dal terremoto:

A) Le cause delle rovine in San Francisco debbono riassumersi come segue:

1° la pressione esercitata dai committenti sugli architetti per ottenere costruzioni della minima spesa. Ciò non è conciliabile con i principii corretti dell'arte del costruire e porta al risultato di ottenere strutture resistenti agli ordinari carichi, ma che rovinano se assoggettate a sforzi straordinari. Così il palazzo dell'Università di Stanford, di cui la parte poveramente costruita con semplici listature di pietrame resistette nelle condizioni ordinarie, ma rovinò nel terremoto, mentre la parte a struttura più solida, come i dormitorii, uno in cemento armato e l'altro di solida muratura di pietrame, resistette;

2° progetti e costruzioni addirittura disonesti.

B) Nei paesi soggetti a terremoti dovrebbero tenersi presenti le seguenti avvertenze:

1° evitare le località sopra o presso le fratture;

2° eseguire fondazioni e soprastrutture in tal modo che l'edificio si muova come un tutto unico;

3° eseguire le strutture di legno con incorniciature piuttosto pesanti, con membrature verticali continue, con collegamenti diagonali e con fondazioni solide;

4° provvedere che le strutture in acciaio riposino su fondazioni ade-

guate e collegate diagonalmente. Ciò è importantissimo, essendo assolutamente essenziale la rigidità;

5° fare che le strutture di mattoni e pietrame sieno interamente circondate da listelli con malta di cemento Portland;

6° collegare le murature in modo perfetto alle membrature di incorniciamento;

7° evitare il materiale superfluo nelle soprastrutture, ed omettere le decorazioni pesanti;

8° evitare gli ammezzati;

9° il cemento armato è un ottimo materiale per costruzioni.

7. - Nell'annata III (1877) del periodico *l'Ingegneria civile e le arti industriali* si legge una memoria dell'ingegnere del Genio civile Pesso sul *Consolidamento delle fabbriche nelle Calabrie contro i danni del terremoto*.

Superfluo sarebbe il riassumere qui i suggerimenti dati dal Pesso per l'incatenamento delle fabbriche, e quanto egli dice intorno alle case *baraccate*, perchè non si farebbe che ripetere quanto su tale argomento abbiamo riassunto da altri lavori venuti dopo quello del Pesso, ma dei quali, per considerazioni indipendenti dalla cronologia, abbiamo ritenuto doverci occupare prima, senza negargli però il merito della priorità.

Solo noteremo, a proposito degli incatenamenti, che il metodo di mettere le catene in tensione mediante il riscaldamento delle medesime, se è teoricamente ragionevole, non è praticamente consigliabile; tanto vero che nella pratica ordinaria non si segue e si applica solo nei casi in cui si tratti di correggere lo strapiombo dei muri e di eliminare le crepe delle costruzioni vòltate, specialmente delle cupole, come fecero il Poleni alla cupola vaticana ed il Rondelet in quella di S. Genoveffa a Parigi.

8. - È degna di menzione una nota apposta dalla Direzione del periodico alla memoria del Pesso, nella quale, riferendosi alla comunicazione fatta dal sig. E. Barrault nella seduta del 6 aprile 1877 alla Società degli ingegneri civili di Francia intorno agli studi fatti da Lescasse nel Giappone, scrivesi: « nulla diremo delle costruzioni civili con muri di legno e di carta del Giappone, giacchè, anche per ciò che si riferisce ai terremoti, non vogliono essere « portate ad esempio, ma rejette ».

Merita appena un cenno, a titolo di curiosità, la comunicazione che il signor Brunton <sup>(1)</sup> faceva all'Istituzione degli ingegneri civili di Londra, dalla quale risulta che gl'Inglesi, essendo stati incaricati di costruire buon numero di fari in quelle coste, seguendo in sulle prime le norme direttive del Giappone e raffinandone l'idea, avevano pensato di premunirsi dai terremoti ponendo sotto la piattaforma di ciascuna torre delle sfere, le quali avrebbero dovuto impedire che si propagassero le vibrazioni alla parte superiore.

Il sig. D. Stevenson, cui venne affidato l'incarico della costruzione dei detti fari, pensò che, a neutralizzare l'azione del terremoto, valesse una *discontinuità*

---

(1) *The Japan Lights*, by Rich. Henry Brunton, M. Inst. C. E., seduta 14 nov. 1876.



nelle parti rigide costituenti l'edificio e propose un apparecchio al quale impose l'appellativo di *giunto asismatico*, consistente in sfere di bronzo interposte tra ralle dello stesso materiale assicurate a due distinte piattaforme.

Questo sistema, applicato ai primi fari, non rispose all'aspettazione dell'autore, perchè la libertà di movimento, se valeva a neutralizzare sino ad un certo punto l'azione della scossa sismica, era, in certe circostanze, cagione di gravi inconvenienti, come nel caso di venti violenti. Lo Stevenson cercò di mettere riparo a questi inconvenienti ricorrendo ad una robusta molla di acciaio, fissa nella sua parte inferiore e raccomandata alla sua sommità ad una sfera, posta nel bel mezzo della piattaforma superiore. Ma questo rimedio ebbe effetti limitati ed il sistema dello Stevenson fu in seguito abbandonato.

Gli Inglesi ricorsero allora al sistema delle costruzioni di muratura, con dimensioni considerevoli e con fondazioni molto ampie e tali costruzioni in muratura vanno estendendosi ogni giorno più nel Giappone.

Prima di chiudere queste osservazioni crediamo importante di far rilevare che nella seduta della Società degli ingegneri civili, nella quale il Barrault riferì il risultato degli studi del Lescasse, venne sancito il principio che nelle costruzioni antisismiche si dovesse dare la massima importanza alla elasticità dei sistemi.

9. - A. Favaro. *Le norme per aumentare la resistenza degli edifici contro il terremoto* (Istituto Veneto, 1883-84, serie VI) e gli *Studi sul terremoto* sono due lavori, il secondo dei quali si può considerare come un'appendice del primo ed è completamente dedicato a studi sismologici.

Nel primo di questi lavori, l'A. dallo studio degli effetti prodotti dal terremoto nel Cile (1822), in Toscana (1846), a Messina (1783), ad Urbino ed a Bagnara (1873), alla Martinica (1839), a Casamicciola (1883) trae la conclusione che le case debbono essere fondate sulla roccia ed osserva che, come le onde più pericolose sono quelle che si abbattono sui muri normalmente alla loro direzione, così occorre orientare gli edifici diagonalmente rispetto alla direzione delle onde. Raccomanda fondazioni solide ed edifici bassi e fa notare che nel Cile il piano soprastante al pianterreno è sempre leggerissimo e fatto di legno. Riferisce le norme fissate dal Governo spagnuolo dopo il terremoto di Granata (1884) e delle quali abbiamo già fatto cenno parlando dei lavori del Manby.

L'A. ripete quanto fu detto dal Lescasse sulle case del Giappone e parlando dei *terremoti dell'antichità* riferisce le idee degli antichi e dice dei provvedimenti escogitati per prevenire ed attenuarne i danni. È singolare che in Sicilia e nel Veneto si ricorreva all'isolamento delle regioni sismiche col mezzo di pozzi profondi, dei quali esistono ancora quattro ad Udine scavati nel secolo XIII.

10. - A questo gruppo di pubblicazioni appartiene l'importante lavoro del P. G. Alfani: *I terremoti e le case*, di cui si è fatta una recente edizione, mentre la parte sostanziale di esso vide la luce qualche anno addietro.

Il libro del P. Alfani, benchè piccolo di mole, è ricco di osservazioni e di suggerimenti di grande importanza e, non ostante la sua veste semplice e quasi popolare, è informato ai dettati più rigorosi della scienza.

Con semplici deduzioni, appoggiate alla teoria delle vibrazioni dei corpi elastici e rincalzate dalla osservazione, l'A. dà ragione delle conclusioni alle quali pervenne il compianto P. Bertelli e che espose nella conferenza sismologica tenuta a Firenze nel maggio del 1887, che cioè:

1° avendosi a scegliere l'area più conveniente per fabbricare, si debba dare la preferenza alle rocce ed ai terreni più compatti, escludendo quelli di poco recente formazione, i terreni argillosi e sabbiosi, evitando soprattutto di fabbricare sul confine di questi terreni, cioè là ove questi si appoggiano a quelli più antichi, di maggiore compattezza, perchè in tali località si manifestano più notevoli e l'*asincronismo* di oscillazione e la *interferenza* ed il *rinsacco*, analogamente a ciò che si verifica nel maremoto fra l'acqua del mare e la spiaggia:

2° che in riguardo ai fabbricati nuovi si procuri che i muri esterni si presentino obliquamente rispetto alla direzione della scossa, cioè rispetto all'impulsione sismica prevalente nella regione;

3° si evitino gli edifici di molta elevazione, o che presentino in alto delle masse considerevoli;

4° si procuri che i fabbricati siano solidamente costrutti, con materiali possibilmente squadrati, od almeno inframmezzati a brevi intervalli da filari di mattoni o da legamenti di pietra, specialmente alle cantonate; che la calce e la rena siano di buona qualità e non s'adoperi acqua salmastra per l'estinzione della calce e per l'impasto delle malte; evitando l'impiego delle volte nelle parti della fabbrica emergenti dal suolo.

5° Ritenuto che le diverse parti di un medesimo edificio, in dipendenza della differente loro massa, struttura ed orientamento, sono soggette a vibrazioni diverse anche sotto l'azione della medesima scossa e che questa dissimetria e questo asincronismo di movimento sono le precipue cagioni dei guasti e delle rovine che si manifestano nei fabbricati, si debba cercare, per via di opportuni concatenamenti, di costringere codesta specie di pendoli, di diversa lunghezza, massa e ritmo, ad oscillare insieme come se costituissero un solo pendolo composto.

E qui, dopo avere esposte le norme più ovvie e sicure per raggiungere questo incatenamento, quelle cioè che si possono leggere nelle istruzioni governative precedentemente riassunte, il P. Bertelli si occupa in modo speciale della costruzione delle scale, siccome il mezzo più diretto di scampo, da mantenersi, per quanto è possibile, illeso. Il P. Bertelli consiglia di evitare l'uso di volte rampanti e, quando si può, di fare le *scale a sbalzo*, cioè cogli scalini infissi solidamente ad un capo nel muro; oppure, come dicono i toscani, *a stratta*, cioè con un muro intermedio che serva d'appoggio alle estremità degli scalini di due branche laterali, procedenti in senso opposto; ricorrendo invece a speciali armature di ferro allorchè la scala debba essere *a pozzo*.

In seguito il P. Alfani, sulla traccia di parecchi lavori del prof. Omori, Presidente della Commissione giapponese sui terremoti, passa a studiare coll'aiuto dell'analisi le condizioni teoricamente necessarie pel rovesciamento delle colonne, per la loro rottura ed estendendo i risultati di questi studi ai muri, giunge alla conseguenza che la figura della sezione di questi, che assicura, a

parità di massa muraria, il massimo grado di stabilità sismica, è quella parabolica. E ciò è intuitivo perchè tale profilo è di uniforme resistenza, rispetto a forze normali al suo asse longitudinale <sup>(1)</sup>.

(1) Questa proprietà della forma parabolica giapponese trova la sua dimostrazione nel semplice calcolo seguente, comunicato dal Commissario Prof. Ceradini:

« Si immagini come prima ipotesi un solido ad asse rettilineo, incastrato orizzontalmente ad un estremo, libero all'altro, di sezione rettangolare con larghezza costante  $a$ , di grossezza  $b_x$  variabile parabolicamente in guisa che sia  $b_x : b_1 = x^2 : l^2$ , essendo  $b_1$  la grossezza del solido all'incastro,  $l$  la lunghezza del solido, ed  $x$  la distanza dell'estremo libero dalla sezione di spessore  $b_x$ .

« Si avrà :

$$b_x = b_1 \frac{x^2}{l^2}. \quad (I)$$

« Un simile solido, essendo soggetto alla sola azione del peso proprio, è di uniforme resistenza a flessione, e la relativa tensione unitaria massima  $\sigma$  si ottiene uguagliando il momento delle forze interne in una sezione al momento flettente, e cioè facendo :

$$\sigma \frac{a b_x^3}{6} = \frac{1}{12} a b_x x^3 \delta$$

« dove  $\delta$  esprime il peso dell'unità di volume della muratura. Tale eguaglianza, a cagione della (I), conduce a  $\sigma = \delta \frac{l^2}{b_1}$ , valore indipendente da  $x$ , condizione appunto dell'uniforme resistenza su tutta la lunghezza del solido.

« Passando ora al caso del muro antisismico, basta disporre il detto solido verticalmente e immaginarlo sollecitato orizzontalmente dalla forza  $\delta'$  per unità di volume, dovuta all'accelerazione sismica  $\alpha$ , in modo che  $\delta' = \delta \frac{\alpha}{g}$ . Tale solido rimane sempre, per l'azione di flessione, solido di uniforme resistenza relativo alla tensione unitaria massima  $\sigma' = \delta' \frac{l^2}{b_1}$ , dove la sezione d'incastro  $b_1$  è alla base del muro, disposta orizzontalmente.

« Nella ipotesi del muro verticale parabolico, va considerata anche l'influenza delle forze applicate in sommità alla gronda ed in corrispondenza all'altezza dei diversi piani. In sommità posa il tetto con un carico  $P$ , il quale induce nella sezione di gronda uno sforzo orizzontale  $P' = P \frac{\alpha}{g}$ , agente con braccio  $p$ . Occorrerà allora alla sommità del muro una grossezza di muro  $b_0$  data da :

$$P' p = \sigma' \frac{a b_0^3}{6},$$

« da cui :

$$b_0 = \sqrt[3]{\frac{6 P' p}{\sigma' a}}$$

« e sarebbe  $P' p$  il momento flettente dipendente dalla parte di muro di profilo parabolico sovrastante a  $b_0$  immaginato il detto profilo esteso fino alla grossezza zero, e l'altezza  $x_0$  di questa parte ipotetica di profilo sarebbe infatti data dalla :

$$P' p = \frac{1}{12} a b_0 x_0^3 \delta'.$$

« Considerazioni simili si ripetono ai vari piani ».

Prof. C. CERADINI.

Infine l'A., distinguendo le costruzioni da erigere nei luoghi soggetti a terremoto, le raggruppa in due categorie: *ricoveri d'urgenza*, *ricoveri permanenti* e ne delinea i caratteri peculiari, cioè: rapidità di costruzione, stabilità sufficiente, protezione dalle intemperie ed economia per le prime e per le seconde; sezione parabolica per i muri e non solo per quelli di perimetro, ma anche per quelli interni sempre quando essi abbiano notevole lunghezza ed una funzione statica importante; concatenamento delle singole parti dello edificio; tetti portati da incavallature controventate ed osservanza di tutte le prescrizioni formulate dal P. Bertelli.

Il P. Alfani non poteva a meno di prevedere le obiezioni che avrebbe sollevato il precetto di costruire i muri con profilo parabolico su entrambe le faccie; e noi crediamo dover qui riassumere quanto egli contrappone a queste obiezioni.

Anzitutto egli pensa che, tenuto conto dell'importanza del risultato, si dovrebbe passare, senza troppe difficoltà, sugli inconvenienti inerenti ad un tale profilo ed opina che a tali inconvenienti esistano facili rimedi, sia modificando le pareti interne dei muri con rivestimento di legno, sia ingrossando i muri con mattoni vuoti, solidamente collegati. Aggiunge infine che, a suo avviso, neppure la considerazione della maggiore spesa dovrebbe essere di ostacolo all'adozione dei presidii accennati, perchè, dopo tutto, l'aumento di spesa di primo impianto ovvierebbe a spese ulteriori gravissime e a danni incalcolabili.

11. - Il prof. M. Baratta nel suo *Studio sulle nuove costruzioni in Calabria dopo il disastroso terremoto dell'8 settembre 1905*, passa in rassegna tutti i tipi di costruzioni stati adottati nelle singole regioni.

Dopo aver rilevato che le case costrutte razionalmente e con buoni materiali hanno quasi ovunque resistito al terremoto e che per es. le case dei così detti « Americani », cioè degli emigrati arricchiti, eseguite a regola d'arte, senza badar a lesinare sulla spesa, hanno presentato una resistenza incomparabilmente superiore alle altre, anche nelle zone che più vennero tormentate dal terremoto, non si nasconde la difficoltà che incontra l'applicazione delle buone norme del fabbricare in Calabria, ove difettano i mattoni per murature, la buona sabbia e la buona ghiaia per le costruzioni di cemento armato.

Discorrendo delle case costrutte a Martirana dal Comitato lombardo sotto la direzione degli ing. Broggi e Nava, fa appunto rilevare come il costo piuttosto rilevante delle medesime debba attribuirsi specialmente alla circostanza che, ad eccezione delle pietre e della sabbia, tutti gli altri materiali si dovettero acquistare in località lontano parecchio.

È superfluo seguire passo passo l'A. nella minuta e particolareggiata rassegna delle costruzioni di Favelloni, Martirana, Jacursi, Ajello, Castrolibero, S. Leo ecc., che illustra con numerose figure, tanto più che, se non avesse scritto prima che intervenisse il fatale terremoto del 1908, avrebbe modificato in qualche punto le sue impressioni.

Non si può tuttavia non rilevare ciò ch'egli dice a proposito delle costruzioni di Melicuccà, eseguite dal Comitato della città di Livorno, che egli

avrebbe definito come case baraccate, nelle quali il legno è sostituito da elementi di cemento armato. Il prof. Baratta fa osservare che l'ossatura è fatta di pezzi di riporto, e crede che ciò presenti il vantaggio di scansare le costose armature, perchè sostegni, banchine e solette possono essere preparati ovunque si abbia a disposizione buona sabbia e buona ghiaia e, una volta sufficientemente stagionati, essere collocati in opera; ma per verità, malgrado le speranze allora concepite dal prof. Baratta, la prova del terremoto del 1908 dimostrò come questo sistema sia ben lungi dal presentare la resistenza del cemento armato eseguito sul posto e col quale si ottengono dei collegamenti perfetti in tutti i sensi, tanto vero che, come ha riferito la 1<sup>a</sup> Sottocommissione, le case di Melicuccà *sono quasi tutte cadute*.

12. - In due lettere dei 26 e 27 febbraio corrente anno, state trasmesse alla nostra Commissione dal Ministro dei Lavori pubblici, il prof. Tassutaro Nakamura dell'Università di Tokyo insiste sulla necessità di strade molto larghe e suggerisce di determinare la larghezza in modo che essa risulti maggiore dell'altezza delle fabbriche confrontanti colla via, accresciuta di m. 20, il che equivale ad assegnare alle vie fiancheggiate da case alte m. 10 una larghezza di oltre a 30 m.

Il detto professore non ammette in tesi generale che le case di legno possano avere carattere di permanenza, perchè insidiate da troppe cause di deterioramenti, permanenti ed eventuali. Per edifici costrutti col sistema seguito finora a Reggio ed a Messina non crede si possa ammettere più di un piano e solo si possano consentire due ed anche quattro piani quando le case siano costrutte con legname. Peraltro è di parere che sia anche possibile fabbricare case a due ed anche a tre piani con muratura di mattoni o di pietre, a condizione che mattoni e pietre siano di forme regolari e si faccia uso di malta di cemento, con grossezze che non oltrepassino un centimetro e si provveda l'edificio di solida ed appropriata fondazione.

#### IV.

##### PROPOSTE DELLA COMMISSIONE.

I lavori della Commissione dovevano, necessariamente, mettere capo alla sismologia, la quale, per opera di illustri e infaticabili ricercatori, perseguendo concetti rigorosamente scientifici e scartando quindi a mano a mano ipotesi non avvalorate da fatti, è in questi ultimi anni maravigliosamente progredita. A questi benemeriti studiosi il nostro Paese ha offerto ed offre, malauguratamente, ampia messe di studi.

Ciò non ostante, e per confessione degli stessi più reputati sismologi, i risultati delle ricerche fatte, per quanto importanti, sono ancora scarsi e malsicuri, o sono di natura tale da non offrire al costruttore quei dati che gli sono indispensabili per una sicura determinazione delle dimensioni delle varie parti onde componesi l'ossatura di un edificio.

La velocità, ad esempio, colla quale la crosta terrestre assume il moto di *va e viene*, che in linguaggio scientifico dicesi *accelerazione*, e che è uno

dei dati che più da vicino interessano il costruttore, è ancora poco meno di un' incognita.

Dal confronto fra gli effetti osservati cogli elementi ricavati dalle tracce lasciate dai sismografi si giunse a concludere una scala sismografica, nella quale i movimenti terrestri sono classificati in gradi, che vanno dal grado I (accelerazione di mm. 17 per 1'') al grado X (accelerazione di mm. 2500 per 1'') nella scala italiana e dal grado I (accelerazione mm. 300 per 1'') al grado VII (accelerazione mm. 4000 al 1'') nella scala giapponese. Il P. Alfani è d'avviso che il grado X della nostra scala rappresenti la massima accelerazione possibile in Italia e che se, per eccezione, nel recente terremoto tale accelerazione è stata sorpassata, essa non abbia, se non di poco, superato i mm. 3000 al 1''. In talune scale, poi, l'accelerazione si fa ascendere persino a 10 m. a 1'' <sup>(1)</sup>.

Come si vede, regna ancora su questo punto capitale molta incertezza, e d'altra parte l'assumere nei calcoli, ed a scopo di sicurezza, le accelerazioni massime, vale quanto esporsi a risultati praticamente inattendibili a cagione delle eccessive dimensioni che ne scaturirebbero adottando gli abituali carichi di sicurezza datici dalla scienza della resistenza dei materiali da costruzione. Sarebbe poi assolutamente arbitrario assumere, pel caso speciale del lavoro dovuto ai terremoti, coefficienti di lavoro più elevati.

Nè maggiori e più sicure cognizioni si posseggono intorno al moto verticale. Il P. Alfani lo afferma in un suo scritto recente mandato alla nostra Commissione in risposta ad alcuni quesiti rivoltigli. Non potendo pertanto disporre di dati sicuri, la nostra Commissione dovette abbandonare il metodo diretto e, nel dettare le norme di calcolo, appigliarsi, come sarà detto più innanzi, ad un procedimento in apparenza meno rigoroso, ma praticamente più sicuro.

Dove sembrano concordare tutti i sismologi, si è nell'ammettere che la crosta terrestre si comporta nei fenomeni sismici come un sistema elastico vibrante, onde nascono le ricerche sulla velocità di propagazione della scossa e le ipotesi sulla natura dei movimenti, sull'esistenza dei moti riflessi, sulla sovrapposizione di moti distinti per direzione e fase, colla quale si spiega la scossa *vorticosa* e sulla presenza di linee *nodali* e di *ventri* della superficie vibrante, ossia di zone in cui si localizzano rispettivamente i moti di minima e di massima ampiezza.

E, per vero dire, non si saprebbero spiegare, senza il sussidio di queste ipotesi, le anomalie constatate nei terremoti in genere, e particolarmente in quest'ultimo, di case, poste l'una in prossimità dell'altra, costruite collo stesso sistema, di egual pianta, orientazione e numero di piani, una delle quali è rovinata e l'altra rimasta in piedi, come avvenne a Messina.

Sismologi e geologi sono pure concordi nell'ammettere che se una casa è edificata sopra un terreno compatto ed è a questo saldamente congiunta, la casa deve necessariamente vibrare col suolo sottoposto e, come dice il P. Alfani, identificarsi, rispetto alle vibrazioni, col suolo, mentre invece, se il suolo è detritico, friabile o comunque sciolto, esso verrà spostato dalla sua posi-

---

<sup>(1)</sup> Nell' unita carta isosismica, i gradi segnati sono quelli della scala italiana del MERCALLI.

zione d'origine, con quali conseguenze per i fabbricati soprastanti non è chi non veda.

Il Bertelli, servendosi dello apparecchio Mariotte, ha chiaramente dimostrato le deplorabili conseguenze cui va soggetta una casa, la quale sorga sulla linea di congiunzione di due terreni di densità o di compattezza differenti e sia soggetta all'urto sismico.

Lo studio del Serpieri sui terremoti di Urbino e Bagnara (1873) e su quello di Messina (1783) è una splendida riprova delle deduzioni teoriche del Bertelli <sup>(1)</sup>.

Diversa assai è la condizione nella quale sono posti i fabbricati secondo che si trovano in piano o sopra un terreno in pendio.

Tutte queste deduzioni, apparentemente ovvie, sono della più grande importanza per ciò che ha tratto colla scelta del sito più conveniente per l'ubicazione della casa e getta molta luce sul problema, tanto controverso e pure così importante, delle fondazioni nelle zone sismiche.

Pur lasciando alla Commissione incaricata delle indagini sismologiche il definire le zone meno pericolose comprese nelle regioni sismiche della Sicilia e della Calabria, la nostra Commissione, considerata l'urgenza del provvedere alle prime e più impellenti necessità del vivere sociale nei paesi che furono teatro dell'ultima catastrofe tellurica, ha creduto intanto di stabilire che fosse vietato di costruire su terreni paludosi, franosi ed atti a scoscendere, o sul confine fra terreni di natura e di andamento diverso, o sopra suolo a forte pendio, a meno che si tratti di rocce compatte, nel qual caso però si debba procurare all'edificio una serie di piani di appoggio orizzontali (art. 1 delle Norme - alleg. D).

In tema di fondazioni, due sono le opinioni prevalenti, ispirate a concetti diametralmente opposti. Una delle due scuole patrocina il sistema di tenere la casa indipendente dal suolo, nello intento di eliminare, o quanto meno di attenuare, la comunicazione degli urti dal suolo alla soprastante costruzione. Questa scuola propone di interporre tra la fondazione ed il suolo uno strato di sabbia, oppure di infiggere i sostegni verticali delle case di legno entro cavità riempite di sabbia, o di far poggiare la costruzione sopra sfere libere di muoversi entro certi limiti in apposite ralle, ovvero su lenti sferiche o cilindriche, o finalmente sopra rulli cilindrici inerociati. L'altra scuola invece afferma la necessità di radicare profondamente le fondazioni nel suolo, basandosi sul fatto che nei terreni compatti, ed in profondità, gli effetti sismici per costante esperienza sono attenuati e non danno luogo a dislocazioni e ruine.

Indubbiamente far riposare un edificio sopra un insieme rigido, sia esso un masso naturale di terreno roccioso, od artificiale ottenuto con una robusta platea generale semplice od armata, oppure sia un robusto telaio solidamente connesso, dà garanzia di resistenza, ma l'interposizione fra il suolo e la base del fabbricato di sostanze o di apparecchi atti a favorire la mobilità relativa, non appare tecnicamente consigliabile. Questi ultimi mezzi, sostenuti anche

---

(1) Cfr. P. G. Alfani: « I terremoti e le case ».

da costruttori nostrani e forestieri, da molto tempo furono posti in opera nel Giappone, vennero anzi da ingegneri inglesi perfezionati ed applicati, come appare dagli scritti del Lescasse, alla costruzione dei fari nelle Indie, ma dovettero abbandonarsi dopo l'infelice esito avutone. Sembrò quindi alla Commissione partito più ragionevole il non insistere sopra un principio, forse discutibile teoricamente, ma la cui applicazione, per un cumulo di circostanze, non ha fatto buona prova in pratica. Per questi motivi la Commissione ha ammesso le fondazioni radicate solidamente al suolo, a muri continui e concatenati, e l'uso di telai d'appoggio formati da membrature rigide e collegate col resto dell'armatura, oppure di robuste platee generali armate, riposanti direttamente sopra un suolo incompressibile, sia naturale, sia consolidato artificialmente (V. art. 4, Norme, all. D).

In ogni caso, quindi, la soprastruttura dev'essere solidamente collegata alle fondazioni, o alle piattaforme di fondazione, affinchè le scosse comunicate dal suolo vengano trasmesse, per quanto è possibile, sincronicamente a tutto l'edifizio.

Le disposizioni contenute nel ricordato art. 4 delle *Norme* sono informate a questi concetti.

Va da sè che, allo scopo di creare una costruzione, la quale dai fondamenti al tetto, componga un tutto talmente concatenato da vibrare sincronicamente col suolo, occorre preordinare le parti così che nessuna sfugga alla solidarietà dell'insieme e quindi, mentre sono assolutamente da ripudiarsi i sistemi costruttivi finora pur troppo invalsi, non solo nei piccoli, ma anche nei centri più importanti delle regioni colpite dall'ultimo terremoto, si deve dare la preferenza a quelli nei quali lo scheletro resistente dell'edifizio risulta composto di montanti, di traverse e di diagonali, cioè di membrature tra di loro indissolubilmente collegate e completate con riempimenti murali o con pareti sottili, tanto all'esterno quanto all'interno, le quali diano leggerezza all'insieme della struttura e tali che, pur non essendo suscettibili di sconnettersi sotto l'azione dei moti sismici, servano opportunamente a difendere l'interno delle abitazioni dalle troppo rapide variazioni di temperatura e dalle azioni meteoriche in genere.

Tutti quelli che visitarono le località, che furono teatro delle recenti rovine, tutti, ad una sola voce, condannarono la soverchia altezza delle case, la cattiva qualità del materiale impiegato, l'uso di mattoni crudi, quello di pietre informi, di ciottoli di fiume o di torrente, di forma rotonda, neppure spaccati, di malte incapaci di agglomerare i materiali, perchè composte di calci e di sabbie di cattiva qualità, l'abuso delle strutture a volta, soprattutto nei piani alti, non trattenute da catene di ferro, l'impiego di terrazzi pesantissimi, di solai con travi maestre insufficientemente incastrate nei muri, di tetti pesanti con armature spingenti i muri di perimetro, di scale portate da volte ecc... E tutti ad una sola voce furono concordi nello ammettere la bontà e la razionalità delle case *baraccate*, prescritte dal Governo borbonico dopo il terremoto del 1783, e di cui sono testimoni eloquenti parecchie costruzioni, le quali sfidarono quasi impunemente l'impeto dei successivi terremoti.

Ma occorre notare che quanto nel 1784 rappresentava il non *plus ultra*



degli avvedimenti tecnici, coi nuovi mezzi che il progresso dell'industria edilizia ha posto a servizio dei costruttori, è stato sopravvanzato da sistemi più perfetti. Il ferro da solo, o combinato col cemento, dà modo all'architetto di raggiungere, se non più economicamente, certo con maggiore sicurezza e con pari, se non maggiore facilità, il grado di stabilità conseguibile col sistema baraccato, la cui potenzialità ha un limite nella lunghezza dei montanti di legno, i quali sono, come a dire, le colonne portanti di tutto il sistema e che, quando si è costretti a comporli di due o più pezzi, sono ragione di debolezza del sistema, per quanto si pongano in atto i più sottili accorgimenti; mentre che di ferro si possono avere montanti di qualsivoglia lunghezza e, volendoli comporre di più parti, si possono ottenere, per via di chiodature, saldi come se fossero di un sol pezzo e con uguale saldezza si riesce a collegarli colle traverse orizzontali ed a controventarli. Uguali se non maggiori agevolezze si possono ottenere dall'impiego del cemento armato, tanto nel raggiungere qualsivoglia lunghezza nei sostegni, quanto nell'ottenere i collegamenti orizzontali e quelli inclinati, perchè è la materia stessa del cemento armato, che a' luoghi opportuni si ripiega e si prolunga orizzontalmente od obliquamente per dar corpo alle ossature degli orizzontamenti o dei contravventi, non altrimenti che dal tronco di un albero si dipartono li rami in tutte le direzioni, formati della stessa sostanza e dallo stesso succo nutriti. Ed anche su questo punto ci conforta l'autorevole parere di ingegneri e di costruttori, che hanno fatto le loro prove in questo genere di costruzioni, il quale, da un ventennio a questa parte, è andato a mano a mano acquistando il favore dei tecnici per la facilità e la sicurezza con cui, mercè di esso, si risolvono problemi, dianzi molto ardui, come quelli di superare portate grandissime e coprire spazi estesissimi, pur conservando alla copertura tale resistenza da renderla atta a sopportare pesi notabilissimi.

Il problema di determinare il tipo di struttura più conveniente per la casa antisismica sarebbe idealmente risoluto se, come bene osservava il Ministro dei Lavori pubblici, il problema proposto alla nostra Commissione fosse quello unicamente. Ma il problema è ben altro e consiste nella determinazione di parecchi tipi di costruzione, i quali, pur tutti servendo al concetto fondamentale di ossature le quali assicurino la incolumità delle persone, si pieghino alle numerose esigenze locali, non contrastino coi bisogni e colle consuetudini del luogo, si prestino allo impiego dei materiali che si possono avere sul posto od a poca distanza da esso, soprattutto poi siano in armonia coi mezzi finanziari delle popolazioni e coi bisogni diversi delle città e del contado.

Fortunatamente, ad agevolare la soluzione del problema, soccorrono due considerazioni tra di loro correlative. Anzitutto si è notato che le case di moderata altezza, costruite con buoni materiali, specialmente con mattoni e con ottimi agglomeranti, sostennero abbastanza bene l'impeto del terremoto. Sarebbe quindi improvvido, solo per amore dell'ottimo, condannare irremissibilmente le costruzioni in muratura, almeno quelle ad un sol piano. Analogamente sarebbe illogico rinunciare ai vantaggi che presentano le case baraccate, solo perchè non se ne possono fare i montanti d'un pezzo unico, od im-

porre le ossature di ferro e di cemento armato là ove manca il materiale adatto, nè è possibile, eccettochè con grave spesa, trasportarlo da lontano.

Altra considerazione influente sul sistema costruttivo ed avente con esso una stretta connessione è quella dell'altezza delle case.

Le oscillazioni, che in occasione di commozioni telluriche si manifestano negli edifici, oltre che dai moti del suolo, dipendono anche dalle caratteristiche fisiche e geometriche dell'insieme e delle singole parti delle fabbriche, e dal tempo che lo scuotimento impiega a trasmettersi alle varie masse. Sono quindi inevitabili fenomeni di dissonanza e di consonanza, disaccordi nei periodi di vibrazione, battimenti e conseguenti azioni dislocanti e sveltamenti. Per queste ragioni le parti più elevate degli edifici di una certa altezza sono spesso le più sollecitate, e quindi le più esposte al pericolo, come è pienamente risultato e confermato dalle osservazioni delle rovine avvenute in seguito a terremoti. Segue da ciò che una casa di poca altezza, anche solo mediocrementemente costrutta, possa resistere, se non più efficacemente, almeno quanto una casa di più perfetta struttura, ma di maggiore altezza.

Già, l'altezza delle case è sempre stata una delle più gravi preoccupazioni di tutti i governi che, a volta a volta, dovettero dettare norme edilizie per le zone sismiche e naturalmente, e per maggior sicurezza, in tempi nei quali la tecnica costruttiva non disponeva dei mezzi di cui è ricca la tecnica moderna, fu saggio consiglio vietare le case di più che due piani compreso il terreno.

Questo divieto venne mantenuto nelle norme emanate posteriormente e solo vi si derogò nel regolamento del 1906 concernente le costruzioni e ricostruzioni nelle Calabrie ed a Messina, ammettendo anche un terzo piano. La nostra Commissione però, in seguito alla constatazione degli effetti prodotti dall'ultimo terremoto, mentre non ritenne di poter ammettere in via normale la costruzione di case per uso di abitazione aventi più di un piano sopra il pianterreno, non poté esimersi dal riconoscere che le esigenze sociali si sono, nel giro di due secoli, talmente accresciute, che il divieto assoluto di elevare edifici di più di due piani potrebbe, in determinate circostanze, essere cagione di gravi inconvenienti ed impedire il naturale svolgimento di certe industrie.

È parso quindi alla nostra Commissione che in determinati casi, e sotto l'osservanza di speciali cautele, si potesse derogare alla regola generale e permettere la costruzione di edifici di più che due piani, mai destinati però ad abitazione, così come in altri si dovesse, come ad es. nei fabbricati rurali, limitare le case al solo pianterreno, ammettendo che il vano tra il solaio ed il tetto si potesse utilizzare per deposito di derrate.

Con questa limitazione di altezza, che si accorda con le condizioni statiche di strutture meno perfette, e quindi più economiche, la nostra Commissione crede di avere corrisposto al voto espresso dalla Giunta parlamentare d'inchiesta sulle condizioni dei contadini nelle provincie meridionali, che, cioè, nelle ricostruzioni delle case rurali in Sicilia e nella Calabria, si abbia a procedere con criterio di discentramento, promovendo la diffusione delle case rurali e la loro distribuzione sulla superficie coltivata, in opposizione alla tendenza prevalente di aggrupparle intorno ai centri abitati.

La relativa modicità della spesa di tali costruzioni e la facoltà di utilizzarne il sottotetto (art. 6) le renderà atte agli usi agricoli e ne favorirà indubbiamente l'impianto nel centro dei poderi, allontanandola dagli abitati, ovunque non faccia difetto l'acqua, e ciò a maggior comodo dei coltivatori e con vantaggio dell'igiene e della moralità.

In base alle esposte considerazioni, la Commissione, premesso che per *altezza di un edificio* si deve intendere la differenza di livello fra la sua linea di gronda e la zona più bassa del suolo circostante, in vicinanza dell'edificio stesso, in altre parole la somma delle altezze dei piani che costituiscono il fabbricato, nonchè dell'eventuale sopraelevazione del pianterreno sul livello del suolo e della linea di gronda sul soffitto dell'ultimo piano, e ritenendo che l'altezza normale di ogni piano non debba eccedere i 5 m. (art. 2), è stata condotta nel corso de' suoi studi a distinguere i fabbricati, in ordine alla loro altezza, in tre categorie: *bassi*, *normali* ed *eccezionali*, senza per altro farne cenno esplicito nelle Norme. Ha posto nella prima categoria gli edifici costituiti dal solo pianterreno con pavimento a livello del suolo, od anche elevato sopra il medesimo di non oltre ad un metro e mezzo, siano essi con o senza cantine nel sotterraneo, ed ha collocato nella categoria degli edifici normali le case composte del piano terreno e di un piano soprastante, il primo al livello del suolo o sopraelevato non più di un metro, di guisa per altro che l'altezza totale della casa non ecceda i 10 m. (art. 2).

Finalmente ha considerato come eccezionali gli edifici i quali comprendono più di due piani sopra terra ed in genere tutti quelli la cui altezza supera i 10 metri, e così, mentre ha ammesso che si possa, senza speciali autorizzazioni e solo osservando le speciali norme di costruzione delle quali si dirà in seguito, consentire la costruzione di edifici di uno o di due piani, ha prescritto (art. 3) tassativamente che per la costruzione degli edifici appartenenti alla 3ª categoria debba ottenersi caso per caso il parere del Consiglio superiore dei Lavori pubblici, il quale non potrà pronunciarsi se non sopra disegni particolareggiati e di esecuzione, esclusi quindi i disegni di massima.

In ordine al modo di comportarsi degli elementi organici delle fabbriche, di quegli elementi, cioè, la cui funzione principale è quella di opporsi agli sforzi che tendono a deformare il sistema, a sconnettere e disgregarne le parti, la Commissione ha dovuto distinguerli: *a)* in elementi specialmente adatti a resistere a sforzi di compressione e debolmente resistenti a sforzi di tensione, flessione e taglio (murature in genere); *b)* in elementi resistenti ugualmente bene a qualsiasi specie di sollecitazione (legno di essenza forte, ferro duttile agglomerato od omogeneo); *c)* in elementi fragili, cioè resistenti alle azioni statiche, ma facili a rompersi se sollecitati ad urti (ghisa, lastre di pietra sottili od a struttura granulare e simili).

Fatta eccezione degli elementi dell'ultima categoria, i quali debbono essere assolutamente esclusi dalla costruzione di edifici che possono trovarsi soggetti alle azioni sismiche, quelli delle altre due sono da ammettersi senza inconvenienti, essendo evidente che per gli elementi della categoria *a)* riesce facile il consolidamento rispetto agli sforzi di tensione, di flessione e di taglio, impiegandoli insieme ad elementi della categoria *b)*, funzionanti a mo' di ner-

vature, costrette ad essere solidali, nelle loro eventuali deformazioni, coll'opera muraria. Il complesso di queste nervature costituisce l'*armatura* dell'edificio.

Se questa armatura è immersa nell'opera muraria e vi aderisce sì fortemente da formare un tutto con essa, si ha la *muratura armata* (ad esempio il cemento armato). Se questa adesione non si verifica in modo così eminente, l'opera muraria sarà semplicemente *animata* (mattoni vuoti o tambelloni forati attraversati da legamenti metallici, da cunei, anche di pietra o laterizio, e simili). Se, infine, le nervature investono solo l'opera muraria all'esterno, o vi sono bene incastrate a semplice ricoprimento, la muratura si dirà *ingabbiata*.

Passando, dagli elementi costitutivi, alla compagine degli edifici, ossia al modo con cui gli elementi delle categorie *a)* e *b)* sono disposti e scambievolmente collegati, altre distinzioni si rendono necessarie.

Si hanno così:

1° edifici a *struttura ordinaria*, quelli cioè con pareti di muratura e con sistemi orizzontali portanti (solai e tetti), semplicemente appoggiati alla muratura;

2° edifici *intelaiati*, formati da un'ossatura di membrature verticali (montanti, ritzi o colonne) e di altre orizzontali (traverse o correnti), capaci di resistere a sollecitazioni di qualsivoglia specie, collegate alle strutture separanti un piano dal successivo, e distribuite in modo da segnare tutte le linee fondamentali del fabbricato, quelle cioè che formano le tracce dei muri di telaio tanto perimetrali quanto interni, principali e secondari, e le loro intersezioni. Queste membrature scompongono ogni parete dell'edificio in specchi od intelaiature elementari, di figura quadrilatera, che importa rendere indeformabili e solidali coi montanti e colle traverse cui fanno capo, non solo col mezzo di razionali calettature e coll'aiuto di chiodature e di inchiodature, ma anche coll'addizione di membrature diagonali (contravventi).

Appartengono evidentemente a questa categoria gli edifici ad ossatura completa di legno, di ferro e di cemento armato.

Gli edifici intelaiati con ossatura di legno, completa o parziale, immersa nella muratura, sono quelli detti *baraccati*;

3° edifici *ingabbiati* sono le case di muratura, rinforzate da montanti di ferro, disposti agli angoli dei muri, saldamente infissi nelle fondazioni e rilegati, a livello delle fondazioni, dei solai e del tetto, con catene collegate alle travi dei solai. In questo tipo di case, e quando per la notevole lunghezza dei muri, i montanti angolari risultassero troppo distanti, sono naturalmente raccomandati montanti intermedi estendentisi a tutta l'altezza del muro, assicurati alle stesse catene che collegano i montanti angolari,

Spetterà in ogni caso ai tecnici di suggerire a quale tra gli accennati tipi convenga attenersi, tenuto il debito conto dell'uso cui l'edificio è destinato, della bontà dei materiali disponibili ed, in equa e ragionevole misura, della diversa spesa alla quale si va incontro appigliandosi all'uno piuttosto che all'altro di questi tipi. Evidentemente il sistema delle *ingabbiature* esterne si adatta più specialmente a edifici già esistenti e che occorra di armare e robustare, mentre i due primi tipi sono da adottare nelle nuove costruzioni.

Questa latitudine nella scelta del tipo di fabbrica e questa libertà di adattamento alle necessità locali ed alla disponibilità dei materiali, non solo giuste e ragionevoli, ma quasi doverose, impongono la necessità di essere esigenti sino allo scrupolo in tutto ciò che concerne la qualità dei materiali e le pratiche costruttive.

Di ciò la Commissione ritenne dovesse formare oggetto uno speciale articolo del regolamento (art. 5), mentre ha nell'ordine del giorno del 2 marzo 1909 (allegato C) fatto voto che, ad agevolare l'impiego di buoni materiali da costruzione e di buoni agglomeranti, siano concesse tariffe di favore per trasporti, ed esenzione o mitigazione delle dogane e dei dazi.

Analogamente, ed in correlazione ai criteri esposti per la determinazione dell'altezza delle case, dovette dettare norme per la costruzione delle opere elevantisì sopra il piano di gronda, vietando in modo assoluto quelle di non indiscutibile necessità (art. 6).

Negli art. 7 ed 8 sono concretati in norme i concetti antecedentemente svolti intorno al modo di comporre le ossature indeformabili e le costruzioni in muratura ordinaria. Tenendo poi conto dei mezzi svariati, che l'industria odierna mette a disposizione del costruttore, la nostra Commissione non ha esitato ad ammettere tra le costruzioni stabili quelle interamente di legno e delle quali vi sono esempi in Roma stessa, costruzioni solide, resistenti ai movimenti tellurici e che, osservando certe precauzioni e dando la preferenza a taluni materiali, possono rendersi sicuri contro gli incendi e confortevoli all'interno.

Prescindendo dalle norme espresse agli art. 10, 11, 12, 18, 19 e 21, che solo in veste diversa, o con varianti di poco momento, riproducono concetti universalmente ammessi e già espressi in norme ed istruzioni, antecedentemente pubblicate, la Commissione ha ritenuto indispensabile di richiamare l'attenzione dei tecnici sui mezzi che debbono ritenersi obbligatori per l'irrigidimento dei sistemi intelaiati o baraccati (articolo 13) e sulla natura delle strutture che sole possono ammettersi per i riempimenti o per i rivestimenti, che sono l'indispensabile complemento delle strutture intelaiate o baraccate (articolo 14), richiamando in special modo l'attenzione degli interessati sulla necessità di fare d'un pezzo solo i montanti, o quanto meno, se vengano, per necessità locali, composti di elementi distinti, di collegare questi in modo tale che permetta ai medesimi di comportarsi come se fossero d'un sol pezzo (art. 15).

Si constatò pur troppo, in occasione dell'ultimo terremoto, che le scale non poterono essere di nessun aiuto agli abitanti dei piani superiori, perchè, se a sbalzo, crollarono coi muri ai quali erano accollate e, se portate da volte rampanti, queste furono per la loro struttura irregolare le prime a cadere. S'imponneva quindi la necessità di vietare le scale a sbalzo e quelle portate da volte e di prescrivere che ogni scalino venisse assicurato a due muri maestri contemporaneamente, o fosse portato da una struttura indipendente dai muri della fabbrica e per sè stante (art. 16, 30).

Venne pure dato un pensiero alla necessità di collegare alle ossature delle fabbriche le intelaiature delle aperture tanto esterne quanto interne, al che si può agevolmente provvedere col prolungare alcune membrature del telaio

sino ad incontrare uno degli elementi dell'ossatura principale e, senza fare alcuna prescrizione circa la posizione che le aperture di un piano debbano avere rispetto alle aperture degli altri piani, punto controverso e sul quale diversi sono i pareri, si è limitata a stabilire che qualunque apertura debba distare non meno di un metro e mezzo dal più prossimo spigolo della fabbrica (art. 17).

L'ammissione delle coperture a terrazzo fu oggetto di lungo esame. Si riconobbe che, così come si è usato di costruirli fino a ieri, i terrazzi rappresentavano un grave pericolo a cagione del loro gran peso; ma si dovette d'altra parte ammettere che la consuetudine di siffatto genere di copertura è talmente radicata in talune regioni del mezzogiorno da rendere, se non inutile, vessatorio troppo qualunque provvedimento proibitivo. Sul riflesso che sul posto si possono avere materiali spugnosi leggerissimi, come la pomice per voltine e per riempimento, che l'industria provvede materiali in lastre sottilissime, resistenti ed impermeabili, carte e feltri asfaltati e pavimenti a struttura omogenea e continua, la Commissione ha ammesso la copertura a terrazzo in parziale o anche a totale sostituzione dei tetti, alla condizione però che il materiale di copertura non oltrepassi il peso di kg. 50 per m<sup>2</sup>.

L'art. 22 contiene le norme concernenti la larghezza delle vie. Anche su questo punto furono proposte le soluzioni più disparate. Gli abitanti delle città distrutte vagheggiando l'idea che la risurrezione di queste città debba avvenire facendo sorgere le case rovinate sui loro antichi allineamenti, giudicano eccessiva una larghezza minima di 10 m., mentre invece persone estranee alle località colpite dall'ultimo terremoto e che, mosse unicamente da amore della scienza, le visitarono allo scopo di studiare gli effetti del terremoto, come il sig. Tatsutaro Nakamura (Professore nell'Università di Tokio), non dubitano di asserire che la larghezza delle vie debba essere fissata in metri colla formula  $L=2h+10$ , o meglio con questa:  $L=h+h'+10$ , nella prima delle quali  $h$  rappresenta l'altezza media dei fabbricati sorgenti ai due lati della via e nella seconda  $h$  ed  $h'$  rappresentano l'altezza effettiva delle fabbriche prospicienti. Invero il Prof. Tatsutaro Nakamura parte dal supposto che, quando le case crollano, i frammenti di esse non vengono proiettati sulla via ad una distanza, dal piede dei muri esterni, superiore alla corrispondente altezza della casa; talchè, applicando la formula da lui proposta, rimarrebbe sempre, nella peggiore delle ipotesi, una larghezza libera nel mezzo della strada di almeno 10 m.

Evidentemente havvi esagerazione in amendue i campi. Anzitutto non si deve ritenere che la resurrezione delle città e dei villaggi distrutti debba consistere nella ricostruzione delle case crollate con identico disegno e sugli allineamenti antichi, perpetuando la consuetudine delle vie strette e delle case a molti piani. La nostra Commissione invece ritiene che la resurrezione (per servirci della parola ormai consacrata) delle due città di Messina e di Reggio, per dire soltanto dei due centri più importanti, debba consistere nella costruzione di case di non grande altezza, linde ed aggraziate, con vie, quanto più si può, ampie e regolari e con interposti giardini. Misurata alla stregua di questo concetto, una larghezza minima di via ragguagliata a 10 m. non parrà certo soverchia. D'altra parte dobbiamo aver fiducia che qualora il

Governo, come non è a dubitarsi, faccia scrupolosamente osservare le norme costruttive proposte dalla nostra Commissione, non si abbiano più a deplorare rovine complete di case ed i danni possano limitarsi alla caduta di qualche sporgenza, di qualche porzione di parete costrutta negli specchi delle ossature e non sufficientemente a questa collegata, ed allora la larghezza minima di via proposta dal Prof. Tatsutaro Nakamura, la quale si eleverebbe a 30 m. quando l'altezza media delle case confrontanti è di m. 10, sembrerà giustamente eccessiva.

Del resto la larghezza minima di 10 m. è stata proposta in regolamenti anteriori e la nostra Commissione ritiene che debba essere osservata a tutto vantaggio, non solo dell'igiene e della bellezza delle città, ma anche e soprattutto per la sicurezza degli abitanti e per agevolare l'apprestamento dei soccorsi in caso di nuove scosse.

Con ciò non si pretende che a questa regola non si possano ammettere eccezioni, massime quando si ponga mente a che la larghezza delle vie può considerarsi come una funzione dell'altezza delle case tra cui la via è compresa, onde segue che, con lo scemare dell'altezza delle case, possa diminuire la larghezza delle vie. Appunto muovendo da questo riflesso la nostra Commissione ha accolto alcune eccezioni che ha precisato all'art. 22.

Le considerazioni fatte ed i principii svolti or ora portano logicamente alla conclusione di vietare, come si propone all'art. 23, la sopraelevazione di edifici esistenti quando questi già abbiano un'altezza uguale o superiore a 10 m.; gli ampliamenti di edifici, la cui struttura non corrisponda alle condizioni proposte; le fabbriche di qualsivoglia specie, la costruzione delle quali possa avere per effetto di ridurre la larghezza delle vie e quella degli intervalli di isolamento al disotto di quella risultante dall'applicazione dell'art. 22.

In fatto di nuove costruzioni, nulla sarebbe da aggiungere a quanto precede, se la nostra Commissione non avesse ritenuto di dover proporre lo studio delle norme da seguirsi nei calcoli di stabilità e resistenza delle costruzioni. Allo studio di queste norme, tentato per la prima volta, già si è fatto accenno in principio di questo capitolo; ma ritienasi che sia prezzo dell'opera il dirne alquanto più diffusamente, tanto più che all'art. 24 la Commissione ha creduto doversi limitare a dichiarare da quali azioni si dovessero considerare sollecitate le costruzioni.

Allo scopo di dare al costruttore una guida alquanto più sicura, che il semplice criterio induttivo, per proporzionare nel miglior modo le parti resistenti di un edificio, si ritenne opportuno di affermare la convenienza dei calcoli di verifica rispetto all'azione delle scosse di terremoto.

Si tratta del resto di un indirizzo non affatto nuovo e di evidente utilità, soprattutto per gli edifici baraccati ed intelaiati, riconosciuti come i più adatti nelle regioni sismiche.

Data, invero, per questi edifici l'abitudine di proporzionare le dimensioni delle ossature alle sole azioni statiche, è naturale che esse risultino incapaci di reggere a sollecitazioni non prevedute.

Se non che il quesito presenta una doppia serie di difficoltà, entrambe gravissime. Le prime, come già si è accennato in principio di questo capitolo,

si riferiscono alla mancanza di dati sicuri sulle caratteristiche dei movimenti del suolo, che a tutt'oggi si rilevano con istrumenti non perfettamente astatici e senza distinguere, nelle registrazioni, ciò che è moto assoluto del sostegno da ciò che deve ritenersi dovuto alle oscillazioni proprie del sismografo.

Le altre difficoltà consistono nella natura stessa del problema, la cui soluzione rigorosa si dovrebbe ottenere con mezzi che sono del dominio della fisica matematica e che non possono condurre a risultati suscettibili di pratica applicazione nel campo delle costruzioni, stante la varietà dei sistemi resistenti e la loro complicazione.

L'unico spediente per semplificare la risoluzione del problema, allo stato attuale della scienza, appare essere quello di sostituire al fenomeno dinamico un fenomeno statico, che, con una certa approssimazione, gli equivalga, ricorrendo a forze orizzontali e verticali per rappresentare le azioni sismiche, l'effetto delle quali deve sovrapporsi a quello del peso della costruzione.

Nella relazione del Commissario Prof. Panetti (Alleg. B) sono ampiamente discussi i rapporti intercedenti tra le dette forze e l'accelerazione dei movimenti, accelerazione la quale rappresenta il potere distruttivo delle scosse cui va soggetta la crosta terrestre durante le commozioni telluriche.

Occorre qui accennare al criterio che la Commissione, facendo proprie le proposte del Commissario Prof. Canevazzi, ha posto a fondamento del metodo diretto a determinare l'intensità di tali forze, riferendosi cioè a tipi determinati di fabbriche, dei quali siasi constatata l'incolumità in un numero abbastanza grande di casi e nel dedurne le forze massime, che, operando nel modo immaginato, avrebbero potuto essere sopportate dall'edificio in parola, per poi servirsene nel calcolo di edifici nuovi. Fra queste forze primeggiano per importanza quelle orizzontali, per il fatto che il loro modo di operare è fondamentalmente diverso da quello dei pesi, che soli si considerano nei calcoli statici delle costruzioni. Si ritenne quindi opportuno di mettere in evidenza gli effetti di queste forze, con esempi di calcolo diretti anche a dimostrare in quali parti dell'edificio si concentri la sua funzione resistente alle scosse sismiche, visto che una distinzione, non sempre chiara, fra gli scopi delle ricerche dei sismologi e quelle degli ingegneri, induce parecchi nell'errore di trasportare le conclusioni dei primi nel campo applicativo del costruttore.

Basti citare il noto problema dell'Omori e dell'Alfani sulla figura più razionale da attribuire alla sezione trasversale dei muri isolati allo scopo di raggiungere la massima stabilità. La conclusione alla quale giunsero i due illustri sismologi, citata da molti come dogma indiscutibile da applicarsi ogni qualvolta si vogliano ottenere edifici sicuri contro le scosse sismiche, è l'indice più evidente del dissidio esistente tra le conclusioni della scienza pura e la realtà dei fatti, perchè nella pratica non si tratta di muri isolati, ma sempre di un sistema di muri tra di loro collegati e bisogna pensare che in un fabbricato, che, per quanto semplice, è sempre un organismo complesso, la resistenza del tutto è in primissimo luogo affidata al buon collegamento delle varie sue parti ed alla robustezza degli attacchi fra le strutture verticali e quelle orizzontali portanti. Questi principi fondamentali, fino ad un certo punto intuitivi, risultano nel modo più evidente dalle verifiche di sta-



bilità svolte, a modo di esempio, nel lavoro del Commissario Prof. Panetti (all. E).

Queste verifiche rivelano la grande influenza dei collegamenti, dalla saldezza dei quali dipende il grado di perfezione di tutto il sistema resistente. Si comprende quindi come negli esempi di calcolo, lasciando da parte il caso di strutture nelle quali manca ogni collegamento ed in cui le forze orizzontali solleciterebbero i muri con momenti di flessione dovuti a tutta la massa delle parti sovrastanti con braccio di leva eguale alla loro altezza sul piano di fondazione, si tratti di edifici collegati da travi impalettate, e più specialmente dei fabbricati con telai rigidi a maglie rettangolari, considerando per ultimo quelli con pareti rigide, che si oppongono alla deformazione di questi telai.

Risulta da questi esempi che le strutture a cui manca ogni collegamento sono da escludersi senza riserva, cioè in modo assoluto, nelle regioni soggette a terremoto, e che quelle fornite di collegamenti si chiariscono tanto più atte a resistere ed a prestarsi alle diverse esigenze dell'edificio quanto più sono perfetti i collegamenti tra i vari elementi di cui il sistema è composto.

Un altro criterio fondamentale universalmente ammesso in Italia si volle sancire colle norme di calcolo: quello, cioè, secondo cui un edificio destinato ad opporsi efficacemente agli effetti delle scosse di terremoto, deve avere il suo centro di gravità più in basso che sia possibile, il che torna a dire che la struttura dei diversi piani della casa deve farsi ognor più leggera quanto più essi si allontanano dal suolo. Coerentemente a questo principio, la nostra Commissione suggerisce di assumere per il piano terreno tali forze orizzontali le quali siano, colle rispettive masse, in un rapporto minore di quello da assumersi per il piano immediatamente sovrastante.

A proposito dei sistemi costruttivi seguiti dai Giapponesi, si è venuta adagio adagio creando tutta una leggenda, in grazia della quale si crede che l'adozione di un sistema di case simili a quelle dei Giapponesi possa essere la sicurezza delle abitazioni e la salvezza degli abitanti. A sfatare questa leggenda basta sapere che nel terremoto di Mino Owari (28 ottobre 1891) morì dal 4 al 5 per  $\%$  della popolazione, mentre rovinarono in media undici case per ogni persona perita — circa la metà delle case. Non è quindi alla saldezza delle abitazioni che si deve il numero relativamente piccolo di vittime; ma si invece nella natura di esse abitazioni, composte per la maggior parte del solo pianterreno, leggere, con pareti mobili e persino facilmente sfondabili al menomo urto, in modo da permettere la fuga degli abitanti al primo manifestarsi del terremoto, deve ricercarsi il maggior coefficiente di tale risultato. Ma case così fatte, così poco rispondenti al clima, alle abitudini di vita delle popolazioni del mezzogiorno della nostra penisola, non si possono nè consigliare, nè imporre ed è giocoforza trovare, con altri mezzi meno impropri, la soluzione del gravissimo problema.

Il criterio del centro di gravità più basso che possibile, è in aperta opposizione a quello seguito dai Giapponesi nelle loro costruzioni, leggere, debolmente vincolate al suolo e coronate da tetti pesantissimi, locchè si potrebbe fino ad un certo punto giustificare colla flessibilità dei sostegni, se il gran-

numero di case costantemente cadute durante i terremoti che avvennero nel Giappone non fosse la più aperta condanna del principio stesso.

Fissati così i criteri ai quali la Commissione si è ispirata nel formulare le norme da seguirsi nelle nuove costruzioni, si comprende che essa non potesse scostarsene trattandosi di ricostruzioni e di riparazioni, di cui ai Titoli II e III, e che il compito suo a questo riguardo dovesse logicamente ridursi a richiamare in entrambi i casi i costruttori all'osservanza delle norme esposte nel Titolo I (art. 25 e 26), con quelle eccezioni che erano imposte dalla diversità dei casi stessi. Naturalmente, nello accomunare le riparazioni alle ricostruzioni la Commissione non ha dimenticato che sin dall'inizio dei suoi lavori, e su speciale invito del Ministro dei Lavori pubblici, essa aveva precisato il carattere delle riparazioni delle quali era suo compito l'occuparsi, cioè di quelle organiche, com'è detto all'art. 28 (Vedasi Capo I, ordine del giorno votato nell'adunanza plenaria del 26 gennaio).

Trattandosi di ricostruzioni, era importante decidere se ed in quale misura potessero essere utilizzate le vecchie fondazioni. La Commissione fu concorde nel ritenere (art. 27) che l'utilizzazione delle fondazioni esistenti non potesse venire permessa se non nel caso in cui esse non presentino lesioni e non siano deficienti. Così ritenne all'art. 29 di dover condannare le volte esistenti alla sommità degli edifici, obbligando a sostituirle con strutture non spingenti, ammettendo solo che possano essere conservate negli edifici da ripararsi le volte esistenti ai piani inferiori, alla condizione però che non presentino lesioni, che non siano impostate contro muri lesionati o strapiombanti e che vengano rinforzate con tiranti capaci di eliderne le spinte.

Nello stesso Titolo III, concernente le riparazioni, sono enumerati i provvedimenti da osservarsi in ordine alle scale, ai tetti, agli aggetti, alle strutture soprastanti al piano di gronda, ed alle canne di scarico, tutti ispirati ai concetti svolti trattando delle norme relative alle nuove costruzioni, norme dalle quali, come si è detto, la nostra Commissione ritiene sia prudente allontanarsi il meno possibile. Così propone all'ultimo comma dell'art. 30 che le altezze dei fabbricati, di cui è ammessa la riparazione, debbano essere ridotte nei limiti fissati agli art. 2 e 3.

Naturalmente non potevano essere compresi in questa misura d'ordine generale gli edifici aventi importanza artistica, od interessanti sotto il rispetto della storia e dell'archeologia. Questi erano da classificarsi tra gli edifici eccezionali e per la riparazione di essi venne prescritto che per ciascuno dovesse essere tracciato il metodo da tenersi per il loro consolidamento, con riguardo però alle disposizioni concernenti gli edifici di altezza superiore a m. 10 (art. 31).

Gli articoli 32 e seguenti del Titolo III comprendono le precauzioni da osservarsi per l'utilizzazione di fondazioni difettose, per il consolidamento di edifici lesionati, elevanti oltre il pianterreno, costrutti coi sistemi ordinari, cioè non intelaiati, ne' baraccati; per il risarcimento parziale di murature con lesioni e fessuramenti non diffusi, e non strapiombanti; per la riparazione delle ossature di cemento armato, e degli edifici intelaiati o baraccati e di quelli solo parzialmente caduti.

Il Titolo IV contiene le norme igieniche da tenersi presenti in ogni caso. Sebbene sembrasse sufficiente richiamarsi alla legge 22 dicembre 1888, la Commissione ha ritenuto prudente stabilire che la minima altezza netta dei piani non possa essere minore di 3 m. Infatti nelle numerose decapitazioni di case potrebbe accadere che i proprietari si ritenessero autorizzati a destinare ad uso di abitazione i locali eventualmente risultanti sotto il tetto, con altezze assolutamente insufficienti. Per analoga ragione ritenne di dovere richiamare le Autorità all'osservanza del decreto 25 novembre 1900 concernente le norme igieniche prescritte per la costruzione dei fabbricati scolastici.

A raggiungere sicuramente l'altissimo scopo propostosi dal Governo del Re affidando ad apposita Commissione lo studio delle norme da rendersi obbligatorie per la costruzione di nuovi edifici, la ricostruzione delle case rovinate e la riparazione di quelle lesionate, non basta che queste norme abbiano forza di legge: occorre che tutti, dal pubblico ufficiale al più modesto agente, dall'architetto all'ultimo operaio, tutti concorrano all'opera santa coll'opporli alle pratiche costruttive, da tutti deprecate, procurando che le nuove norme vengano sinceramente osservate.

La rigorosa applicazione di queste norme, non è lecito dissimularselo, urterà troppi interessi perchè non abbia a sollevare qui e colà delle opposizioni ed occorre prevedere una coalizione di interessati, tendenti a sottrarsi alla vigilanza delle autorità. Di fronte ad un simile pericolo è doveroso correre al riparo di sanzioni che possano essere promosse da chiunque vi abbia interesse, in qualunque modo ed in qualunque tempo, senza la comoda salvaguardia della prescrizione.

Queste sanzioni sono specificate al Titolo V, e rispecchiano le idee espresse dalla Commissione in apposito ordine del giorno.

Per ultimo la Commissione ha rivolto un pensiero alla difficile posizione in cui, alla promulgazione delle norme da essa proposte, si sarebbero trovati quei proprietari, che, stretti dall'urgenza di provvedere ai propri casi, hanno intrapreso costruzioni di sana pianta, o si sono accinti a lavori di ricostruzione e di riparazione.

Poichè sarebbe grave far colpa ad essi di inosservanze, nè volute, nè tentate, e d'altra parte importa farne rientrare al più presto l'azione nella cerchia delle disposizioni emanate, nello interesse così dei singoli come della universalità, la medesima propone al Titolo VI alcune disposizioni transitorie miranti allo scopo anzidetto.

Nel chiudere questa relazione, che riassume e sintetizza i propri lavori, la nostra Commissione non può sottrarsi ad un senso di vivo compiacimento, che sorge naturalmente dal fatto che in tutti gli stadi per cui è passata l'opera sua prima di toccare la meta, anche in quelli più contrastati e difficili a superarsi, sempre fu sorretta da una mirabile concordia d'intenti.

Per fermo il pensiero della Patria fece apparire lieve la fatica spesa in prò di due nobili quanto infelici regioni italiane e fece apprezzare in tutta la sua grandezza l'onore fatto alla Commissione invitandola ad essere, in certa guisa, arbitra dei destini a venire di sì gran parte d'Italia.

Vada alle due antiche e gloriose città di Messina e di Reggio, vada alle minori Città ed ai villaggi, già così ridenti, della costa calabra, l'augurio di una risurrezione più prossima che sia possibile.

Oh sì! ritorni presto la pace operosa a regnare sulle risorte città, sì che le rinnovate immagini di esse, impresse nel bronzo, come già quella dell'antica *Zancle* nei sigilli senatoriali, perpetuino attraverso i secoli le sofferte sventure ed i miracoli della solidarietà umana!

Roma, 24 marzo 1909.

*Il relatore*

Prof. A. REYCEND.

Letta ed approvata dalla Commissione nella seduta dell'8 aprile 1909.

*Il Presidente*

I. MAGANZINI

*I Segretari*

G. FORNARI

G. CANONICA

---

## ALLEGATI

---



## RELAZIONE DELLA SOTTOCOMMISSIONE

incaricata di visitare le località colpite dal terremoto del 1908.

La prima Sottocommissione, composta dei signori :

Prof. Cesare CERADINI, - *Presidente* ;

Prof. Giovanni SALEMI PACE ;

Prof. Silvio CANEVAZZI ;

Ing. capo Enrico CAMERANA ;

Ing. capo Mederico PERILLI ;

ebbe l'incarico di visitare i luoghi colpiti dal terremoto in Calabria e Sicilia, per esaminare come si sono comportate le costruzioni antiche e moderne, in vista degli ammaestramenti che se ne potevano trarre per le nuove costruzioni.

In adempimento del mandato si recò la Sottocommissione sopra luogo nei giorni dal 4 al 10 febbraio 1909 corrente e, giusta il programma che era stato stabilito, dietro discussione avvenuta in seno alla Commissione plenaria, accedette prima ai paesi di Nocera Tirinese, Falerna, Castiglione, Monteleone, Favelloni Piemontese, S. Leo di Briatico in provincia di Catanzaro, indi a Gioia Tauro, S. Anna, Seminara e Melicuccà in provincia di Reggio Calabria e finalmente a Reggio ed a Messina.

Dall'esame minuto e coscienzioso dei fabbricati di ogni genere che si sono presentati alla sua attenzione, sia di antica, sia di moderna costruzione, comprese anche le abitazioni costruite dai Comitati di soccorso nei centri devastati dal terremoto del 1905, ebbe a rilevare quanto segue :

1° In generale le murature costituenti gli edifici sono di pessima struttura: il materiale pietroso impiegatovi è quasi sempre di forma irregolare, e più generalmente di ciottoli fluviali nemmeno spaccati, e le malte non presentano consistenza per cattiva calce e cattive sabbie usate (Vedi fig. 1).

Le murature sono quindi in generale poco consistenti: i fabbricati, da informazioni assunte, non avrebbero poi fondazioni corrispondenti ad un buon tipo costruttivo.

2° I solai sono in generale difettosi, perchè hanno poca presa nella muratura e perchè rarissime sono le travi impalettate alle estremità e disposte così da servire da catena, o che anche semplicemente attraversino tutta la grossezza dei muri di appoggio. Ne deriva che nei movimenti sismici, sfilate da un lato del soffitto le teste delle travi, esso ha tendenza a cadere, e per altre scosse sopraggiungenti, le travi, urtando contro il muro che serviva già loro di appoggio, ne determinano la caduta (fig. 2). Anche i tetti in rovina rivelano costruzioni rudimentali, per nulla provviste di organi atti a resistere alla spinta dei puntoni (fig. 3). La fig. 4 fa vedere, invece, come un tetto inca-tenato abbia impedito a Seminara la caduta dei muri su cui appoggiava.

3° Le case baraccate antiche, con ossature unite di legnami disposti in senso verticale, orizzontale e diagonale racchiusi, entro le murature di

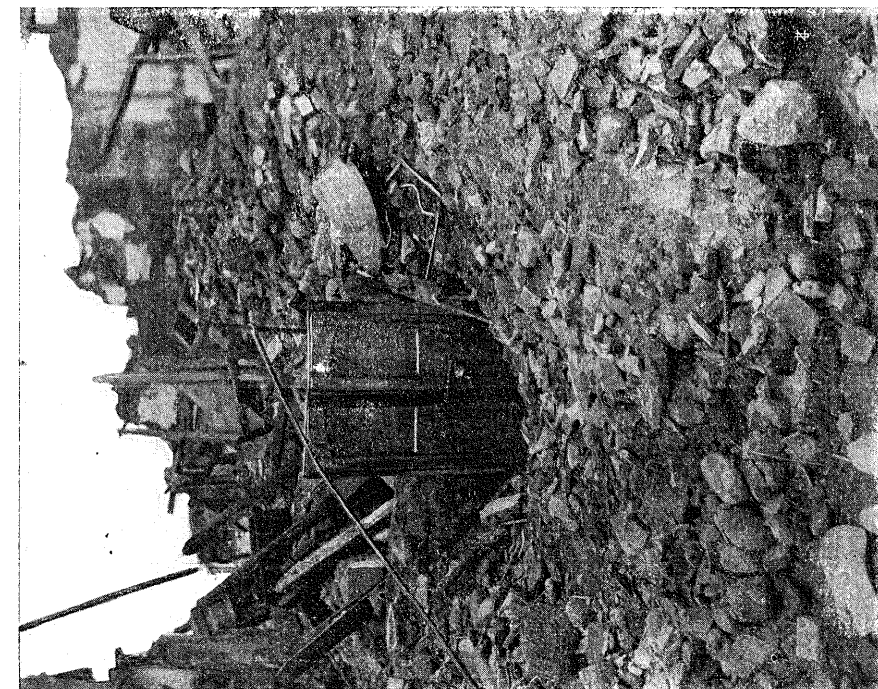


Fig. 1. — Rovine di case costruite con ciottoli e cattive malte  
(Reggio Calabria).

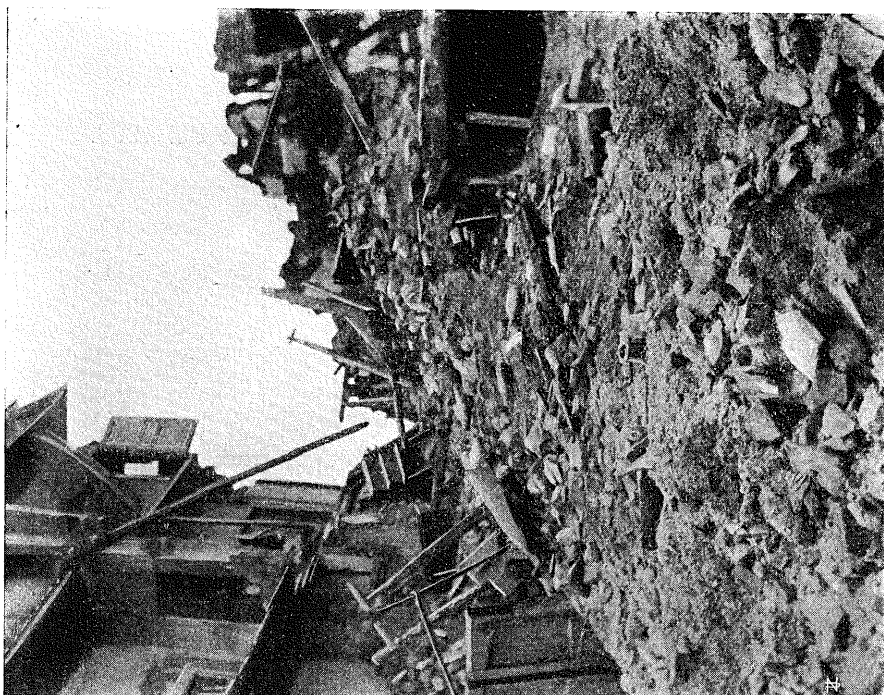


Fig. 2. — Rovine di case costruite con ciottoli e con solai e tetti  
non incatenati (Messina).





Fig. 3. — Rovine di case con cattiva muratura, tetti e solai non incatenati (Messina).



Fig. 4. — Tetto incatenato, non caduto (Duomo di Seminara).



Fig. 5. — Casa baroccata rimasta incolume a Reggio Calabria.



Fig. 6. — Casa baroccata rimasta incolume a Monteleone.

perimetro e trasversali, abbenchè presentino lesioni e scompaginamento delle masse murali, pure sono rimaste in piedi, salvando la vita delle famiglie che le abitavano (fig. 5 e 6).

Lo scompaginamento delle masse murali è tanto più forte, quanto più la muratura è fatta male, come può vedersi nella fig. 7, dove, caduta la parte murale, senza recar danno alle persone, è rimasta in piedi l'ossatura di legname, col tetto a posto.

4° Egualmente dicasi delle case intelaiate, cioè di quelle in cui l'ossatura è di legname a faccia vista, e le pareti, negli specchi formati dai correnti di legno, sono costituite del riempimento di muratura (fig. 8).

Uguale risultato si è ottenuto anche con le incatenature orizzontali e verticali delle case con chiavi o tiranti di ferro (fig. 9).

5° Migliore resistenza presentarono le case fatte con ottima muratura di mattoni; quelle basse ad uno o due piani al più; quelle fondate su rocce o su terreno saldo e quelle che hanno larghe, solide e profonde fondazioni.

6° Le case di antica e buona costruzione, originariamente dotate del solo piano terreno, o del piano terreno e di un primo piano, e che vennero in progresso di tempo sopraelevate, ebbero in generale a perdere la sopraelevazione, che cadde in rovina, danneggiando anche la parte inferiore, nonchè le case vicine, che poi da sole avrebbero resistito perchè basse e baraccate.

7° Le murature di buona qualità, di costruzioni speciali, giacenti dentro terra, e quindi al di sotto del livello del suolo, in generale non subirono rotture o deformazioni; così rimasero illesi molti ponti ferroviari, per le loro fondazioni e per la loro limitata elevazione fuori terra, le gallerie ferroviarie, le vasche oleifere di Gioia Tauro e simili.

8° Importanti sono le osservazioni fatte sulle costruzioni moderne eseguite dopo il terremoto del 1905 nei paesi di Castiglione, di Favelloni, di S. Leo di Briatico, e di Melicuccà dai Comitati di soccorso.

Quelle di Castiglione, costruite dal Comitato Napolitano, sono del tipo intelaiato (fig. 10) e non presentano lesioni, ma in questa località anche gli edifici di vecchia costruzione non ebbero a soffrire, essendosi il paese nel recente terremoto trovato fuori dell'area mesosismica.

Quelle di Favelloni, erette dal Comitato piemontese (fig. 11 e 12) sono costituite da membrature principali di cemento armato, disposte in parte verticalmente agli angoli delle fabbriche, ed in parte orizzontalmente a formare cintura sul piano di fondazione ed all'altezza del piano di gronda. Il pavimento ed i solai sono costituiti da una soletta, munita di nervatura; i muri propriamente detti sono formati di blocchetti parallelepipedi di cemento e sabbia, vuoti internamente, murati in malta comune; la copertura del tetto è fatta con larghe lastre di *clerit*, di quelle più adatte e anzi indicate per pareti e rivestimento, mentre quelle speciali pei tetti sarebbero più resistenti. Ora sebbene la località di Favelloni siasi essa pure trovata fuori dell'area mesosismica, nell'ultimo terremoto, pure le pareti delle descritte case si sono lesionate, distaccandosi talvolta completamente la muratura di blocchetti dai pilastri ed architravi in cemento armato ai quali in effetto essa non era stata bene collegata, e rimanendo i pilastri, in generale, integri. Gli abitanti di queste case mostrarono vivo risentimento verso i costruttori delle medesime, non sentendovisi essi più al sicuro; fecero poi notare che i muri esterni, costruiti coi detti blocchetti, per essere questi molto porosi, tramandano molta umidità negli ambienti, a segno tale che in tempo di piogge

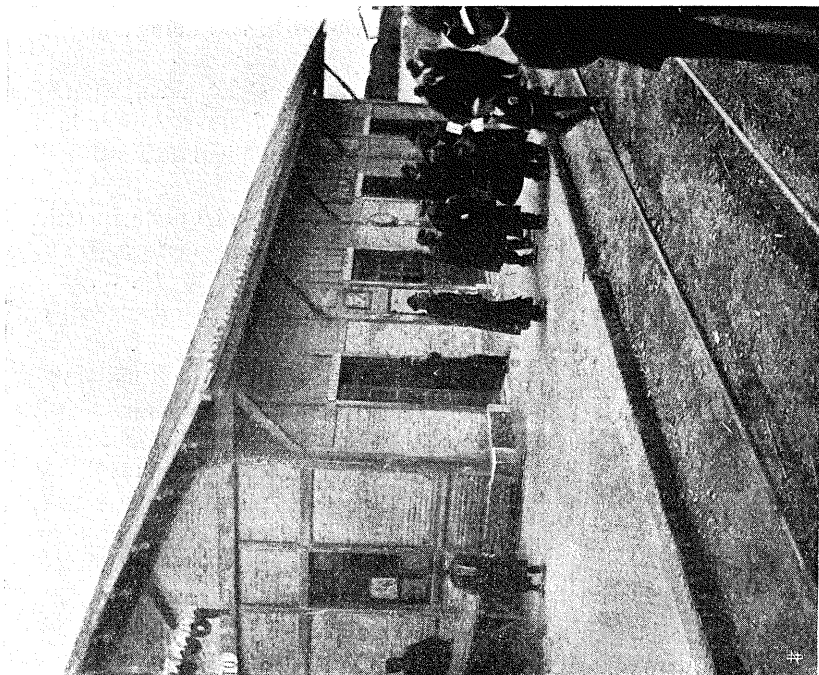


Fig. 8. — Stazione ferroviaria a Spartivento (casa intelaiata).

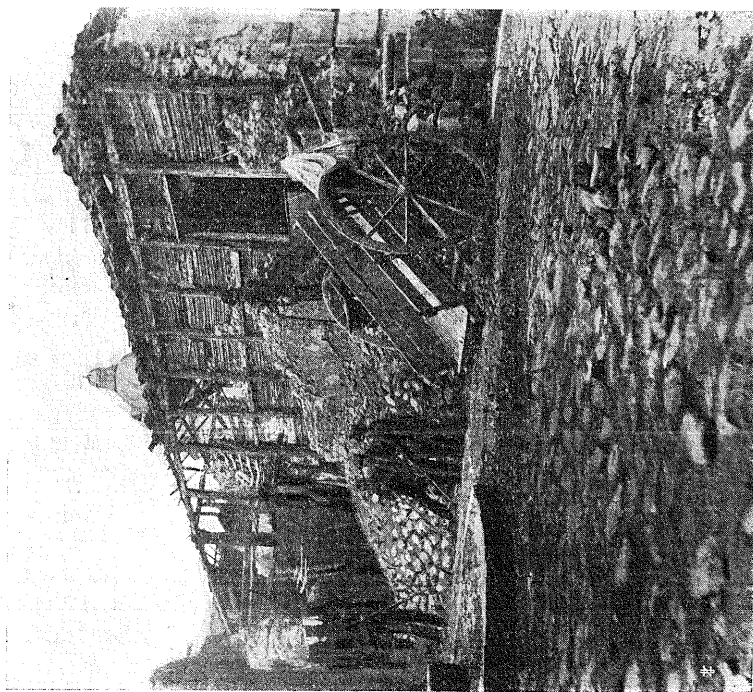


Fig. 7. — Casa haraccata con muratura cattiva, novinata (Seminara).

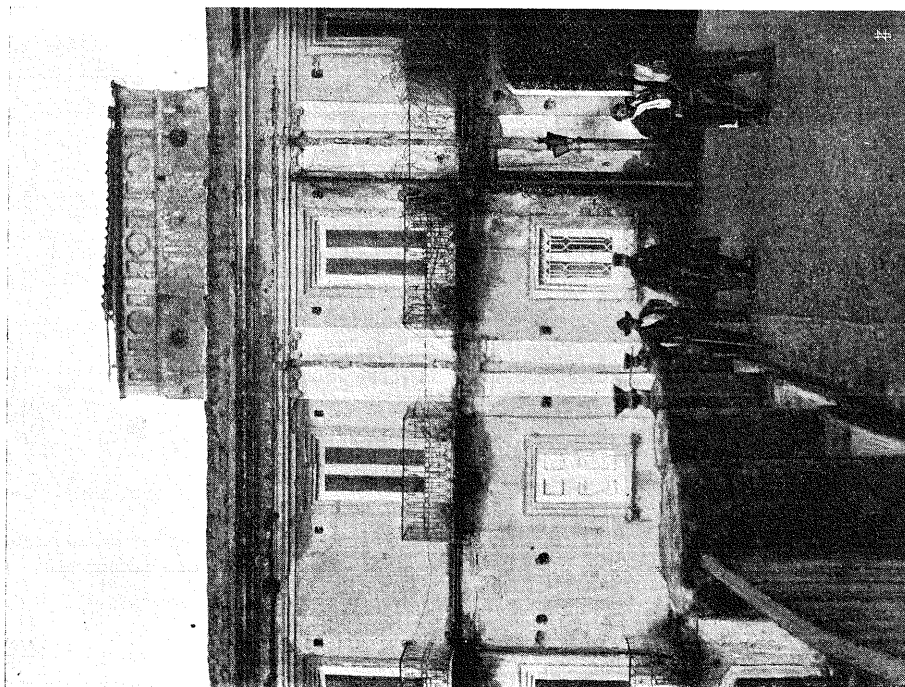


Fig. 9. — Casa incatenata con tiranti di ferro a Mellicuccia.

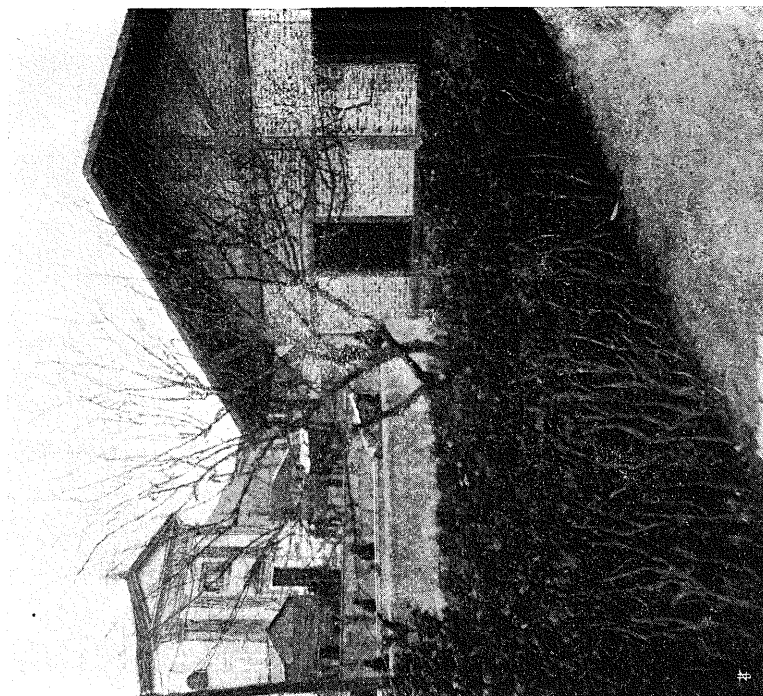


Fig. 10. — Case intelaiate a Castiglione.



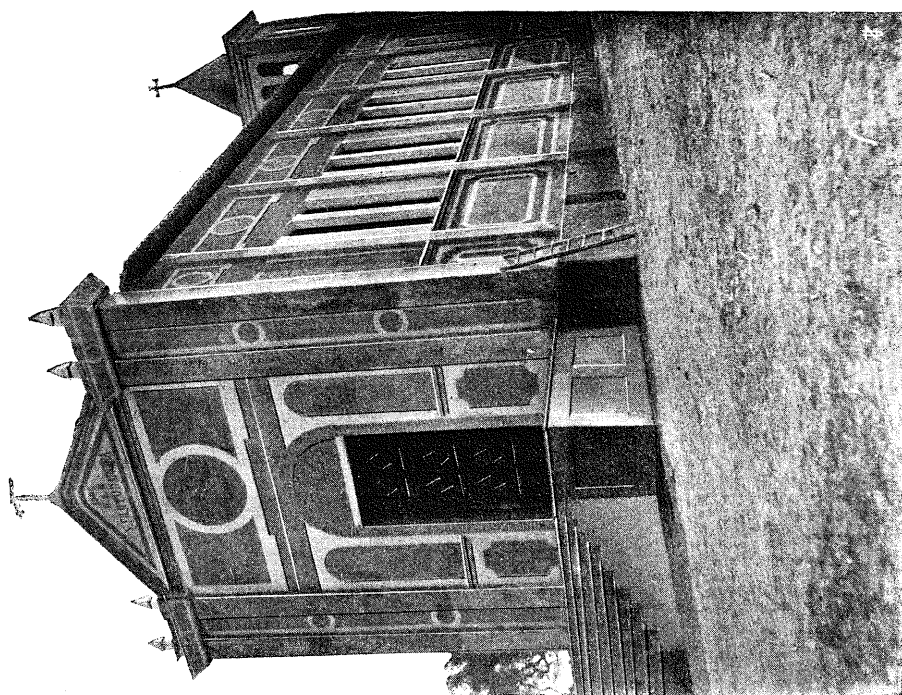


Fig. 12. — Chiesa di Favelloni Piemonte con ossatura di cemento armato.

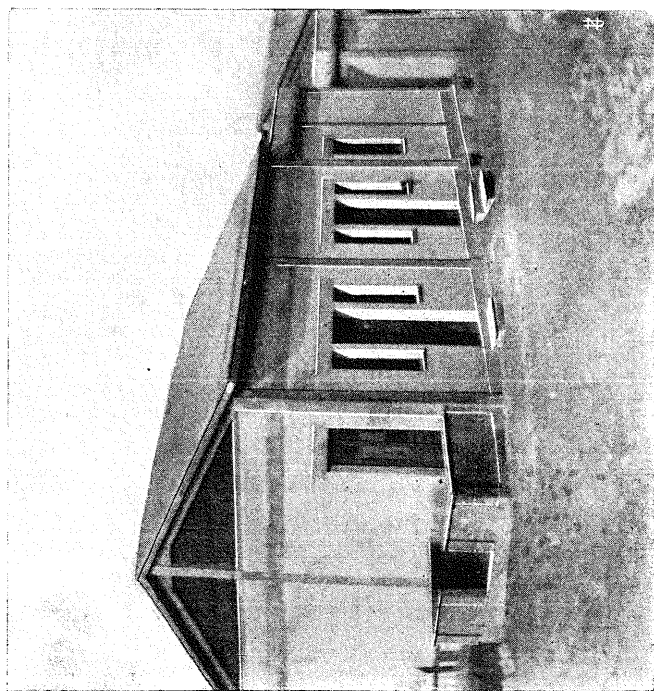


Fig. 11. — Casa con ossatura di cemento armato a Favelloni Piemonte.

insistenti ha luogo un continuo passaggio di acqua dall'esterno all'interno. Fecero anche notare di avere penetrazione di acqua dal tetto per il fatto che le grandi lastre di *eternit* pel calore si incurvano, dando così luogo a discontinuità per le quali passa l'acqua di pioggia; il che forse non sarebbe avvenuto se si fossero impiegate le speciali lastre di *eternit* più piccole e ben sovrapposte.

Per quanto riguarda il tipo in muratura, la Sottocommissione ebbe poi a constatare che i blocchetti erano infatti molto porosi e di poca consistenza a cagione della cattiva qualità della sabbia e della piccola proporzione del cemento adoperato, locchè deve certamente, imputarsi a poca diligenza dei costruttori e degli assistenti, dopochè i rappresentanti del benemerito Comitato avevano lasciato quei luoghi.

Vennero pure costruite case di lamiera di ferro rivestite interamente di legno o di sughero (fig. 13), ma riuscirono poco gradite agli abitanti durante l'estate, a motivo del gran calore che internamente conservano, mentre invece i costruttori asseriscono che tali tipi danno eccellenti risultati anche in climi caldissimi.

Le case di S. Leo di Briatico a due piani, costruite dal Comitato lombardo, hanno l'ossatura formata da pilastri laterizi, rilegati con triplo ordine di architravi in cemento armato e cioè allo spiccato dei muri, all'altezza della gronda e a metà altezza e le pareti sono in muratura di pietrame listata con mattoni (fig. 14). I solai sono su travicelli di legno inchiodati all'esterno ed il tetto è di tavole di legno con sovrappostavi copertura di *holzement* e cioè composta di quattro strati di cartone e pece con sopra sabbia e ghiaia sciolta. Queste fabbriche non avrebbero lesioni, ma nella località il recente terremoto non fece danni nemmeno alle altre, e solo si ebbe notizia da quelli che le abitano della grande permeabilità del tetto alle acque di pioggia. Essi aggiunsero anche l'espressione del loro malcontento per essere dette costruzioni a due piani, preferendole, per maggior sicurezza, ad uno solo, tanto che dopo il secondo terremoto abbandonarono quei piani superiori per rifugiarsi ancora nelle vecchie baracche provvisorie di legno, pur tanto deploarate al momento della loro costruzione nel 1905 e 1906.

Le case di Melicuccà ad un sol piano, costruite dal Comitato livornese, sebbene per la natura del terreno le conseguenze delle scosse sismiche siano ivi state meno fatali che altrove, vennero tuttavia *quasi tutte atterrate* (fig. 15). Costituite essenzialmente da pilastri verticali, compresi fra architravi orizzontali al livello del terreno e della gronda, per la scarsezza del ferro impiegatovi, per il nessun collegamento di esso nelle diverse membrature e per la pessima qualità dei materiali impiegati, si può colla maggior sicurezza asserire che mai fu compiuta opera più contraria alle sane regole dell'arte. Per fortuna non essendo dette case state ancora abitate, non si ebbero a lamentare vittime.

Pure ammirando gli sforzi di quei Comitati di soccorso che ebbero a ricorrere al cemento armato, devesi constatare che nessuno di essi ha fatto una vera e propria applicazione di tal struttura, circostanza che ben chiaramente emerge dalle cose esposte.

9° *Vere costruzioni di cemento armato* se ne visitarono quattro in Messina, rimaste tutte incolumi.

La prima di queste è costituita da un padiglione ad un sol piano con tre lati liberi, ed il quarto addossato alla stazione sussidiaria dei Ferry-boats al porto. L'edificio ha soffitto e pavimento in soletta armata (fig. 16).

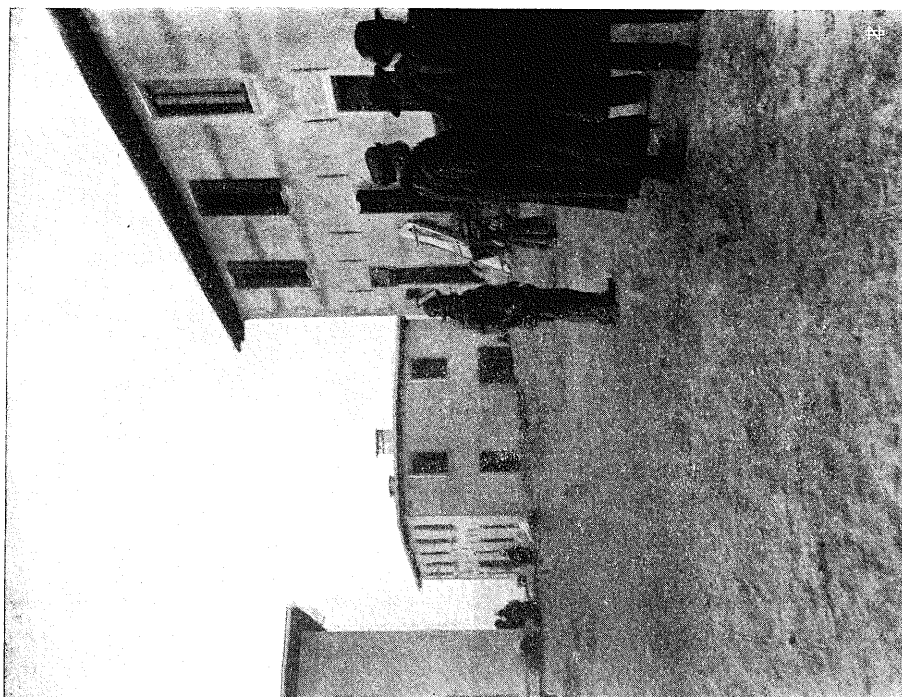


Fig. 14. — Oase di struttura mista, cemento armato e muratura,  
a S. Leo di Briatico.

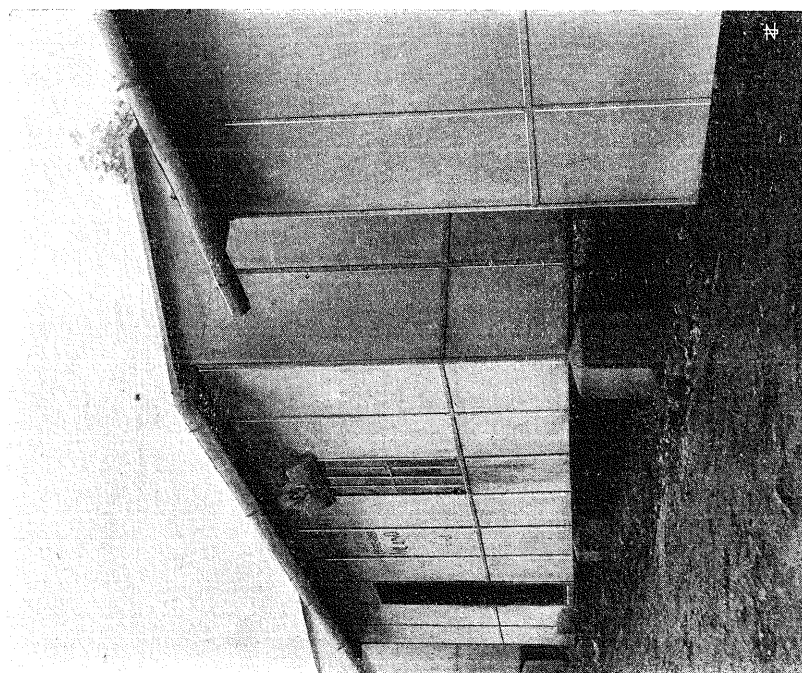


Fig. 13. — Casa di lamiera di ferro  
rivestita internamente di legno e sughero a Favelloni Piemonte.



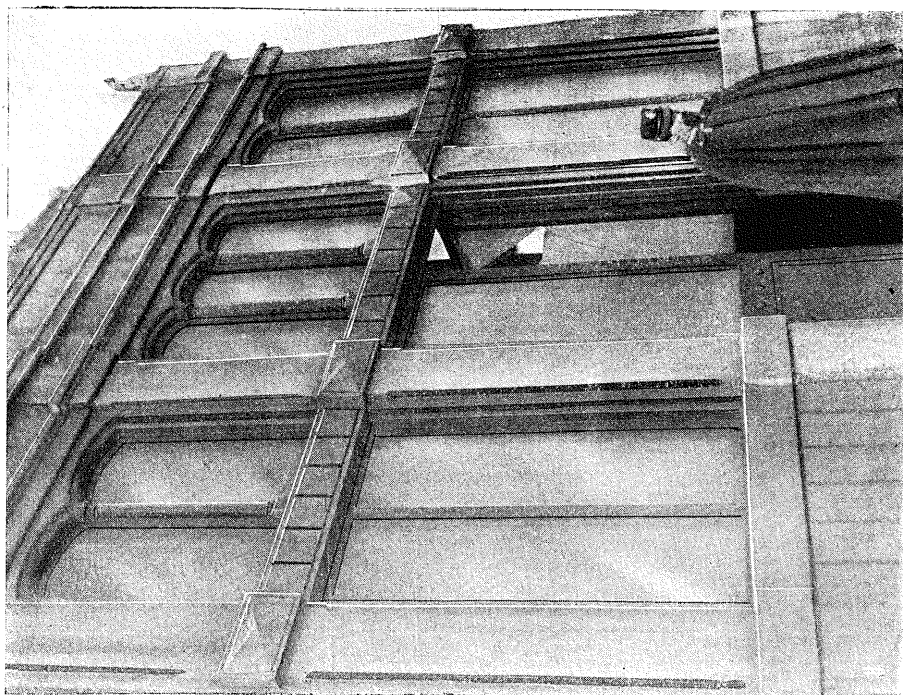


Fig. 16. — Stazione dei *ferry-boats* di Messina  
(padiglione in cemento armato).

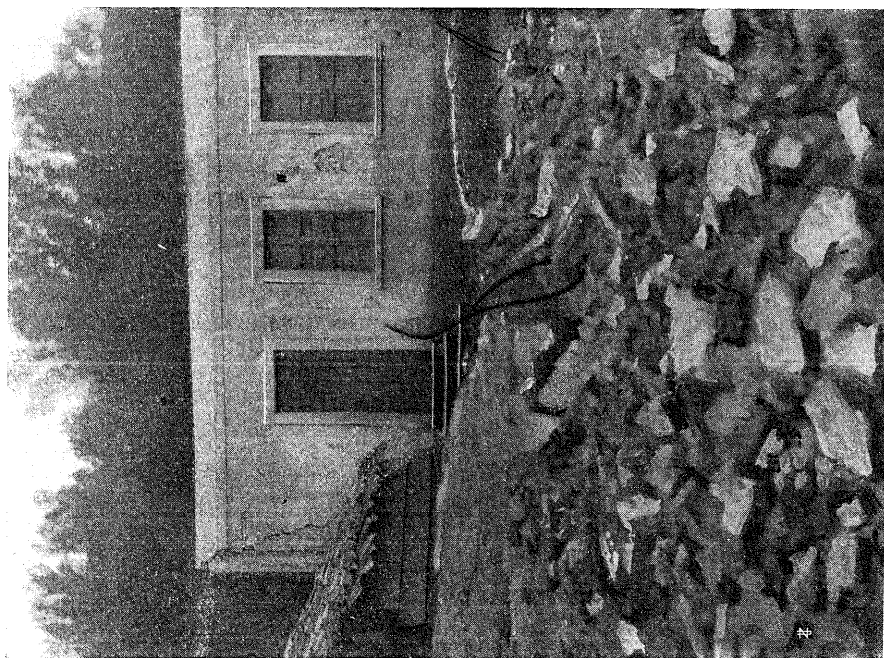


Fig. 15. — Case di Melicuccà rovinate.

La seconda è rappresentata soltanto da un grande solaio sostenuto da pilastri con travi di m. 10,70 di portata e interasse di 2 m. con soletta di 12 cm.; serve esso al deposito degli accumulatori nella officina centrale per la luce elettrica.

La terza è costituita dal completamento ad un fabbricato di due piani appartenente alla Ditta Perroni-Paladini per l'aggiunta di un nuovo ambiente in un angolo rientrante del fabbricato esistente. Si ottenne il nuovo ambiente erigendo due muri ad angolo retto collegantisi col fabbricato vecchio; i due muri di 25 cm. di grossezza sono assai bene costruiti nel sistema Repeci, il pavimento al piano terreno ed i soffitti sopra questo e sul primo piano sono con soletta in cemento armato.

A questo edificio trovasi poi aggregato un corpo di fabbrica comprendente al piano terreno un grande magazzino di deposito di materiali per la esecuzione dei lavori in cemento armato, ed al piano sotterraneo un locale di pari ampiezza (m.  $16 \times 16$ ) destinato a luogo di lavorazione e di deposito. Il pavimento del locale al piano terreno è sostenuto da due grandi travi in cemento armato appoggianti sui muri perimetrali e al mezzo su un pilastro in cemento armato: le grandi travi sorreggono poi travi di ferro a doppio T e volte. Anche questa costruzione, sebbene di dimensioni eccezionali, nulla ebbe a soffrire dal terremoto.

Si ebbe poi ad osservare che la copertura del torrente Portalegni, essa pure in cemento armato nel tratto che attraversa la città di Messina, non si è sfondata sotto il peso delle macerie.

10° La Sottocommissione ha poi visitato specialmente la casa o villa del dott. Cammareri in via S. Martino a Messina (fig. 17), costruita ad un solo piano terreno con un unico corpo cantinato, della quale molto si è parlato e scritto, appunto perchè, di recente costruzione, non ebbe a subire alcun danno nell'ultimo terremoto. Essa non è di cemento armato, come si diceva, nè venne costruita su platea generale di calcestruzzo come venne asserito. Essa ha però muri di fondazione continui, i quali presentano sino al piano stradale una grossezza di m. 1,50 e sono formati di muratura di pietrame in malta di calce e pozzolana per una prima altezza di m. 1,50 e di muratura di mattoni con eguale malta per la restante altezza di 1,20. I muri in elevazione sono in mattoni; per l'altezza di 1,20 fra il piano stradale ed il piano terreno, hanno grossezza di m. 1,30, poi fino alla gronda i muri esterni hanno grossezza di m. 0,70 e gli interni di m. 0,50 e m. 0,40.

11° Fra le poche case rimaste incolumi o poco lesionate a Messina devesi menzionare il Casino o Villa Lanzara presso piazza Vittoria (fig. 18) costruito prima del 1894, con cantina e primo piano: non se ne poté visitare l'interno, ma l'esterno, assai accurato in tutte le sue parti, lascia arguire che si tratta di un'opera egregiamente costruita, la quale non ebbe a soffrire verun danno.

Anche la stazione della tramvia Sicula ed alcuni edifici di poca altezza lungo la strada a sinistra della villa Cammareri non ebbero danni di rilievo.

L'edificio dell'Amministrazione della condotta d'acqua di Messina è una fabbrica ad angolo di recente e buona costruzione, di cui uno dei lati riposa su platea generale di calcestruzzo, mentre l'altro lato è dotato di cantine e non ha platea. È una fabbrica con piano terreno e due piani superiori. La parte su platea generale ebbe danni minori dall'altra parte.

12° Relativamente ai serbatoi d'acqua della città di Messina si raccolsero

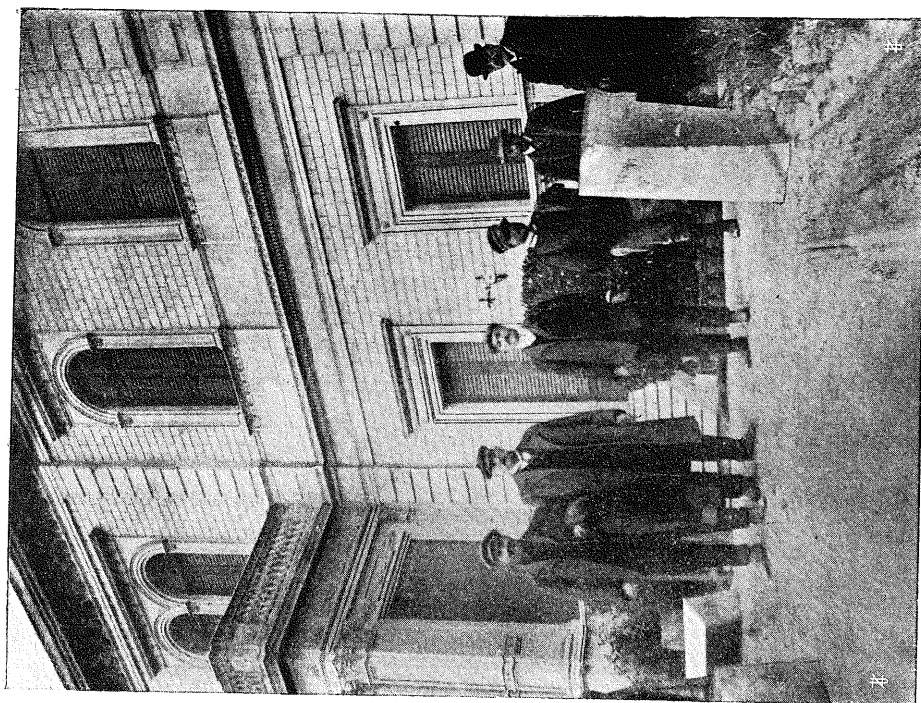


Fig. 18. — Villino Lanzara a Messina.

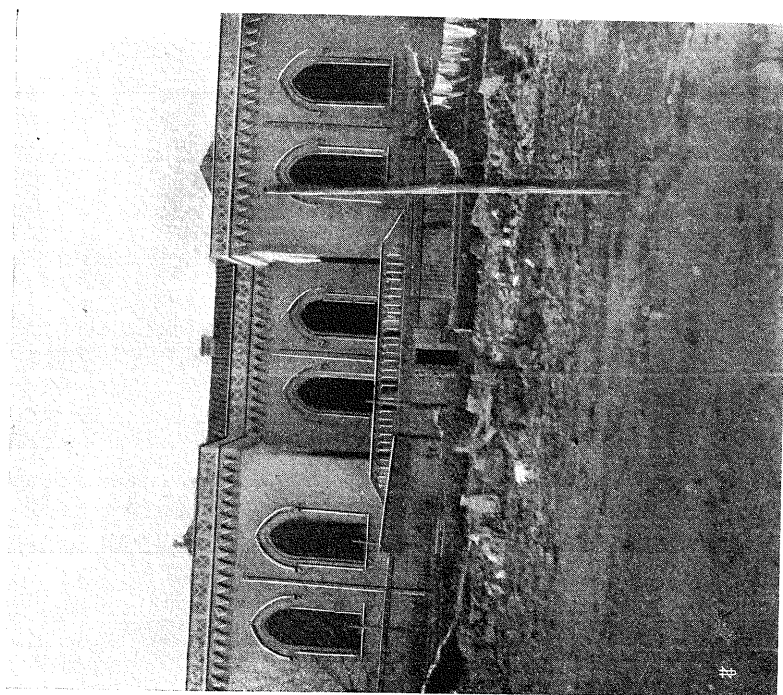


Fig. 17. — Casa del Dottor Cammarelli a Messina.

dall'Ingegnere capo del comune le seguenti notizie. Tre di esse sono in muratura di pietrame irregolare con paramento interno di mattoni della grossezza di 40 cm., ed uno è in cemento armato. Tutti e quattro sono entro terra ed alti m. 5 sulla platea generale di fondazione. I due denominati Gonzaga e Noviziato, in muratura, riposano su roccia cristallina, quello denominato Trapani, pure in muratura, riposa sul quaternario e questi sono tutti e tre lesionati; il quarto, detto Torre Vittoria, in cemento armato, è rimasto illeso ed è il solo che si potè conservare in esercizio.

13° La Sottocommissione, avuta notizia al momento della sua partenza da Reggio che a Villa San Giovanni esisteva una casa rimasta incolume, perchè costruita con intelaiatura di ferro, pregava quell'Ingegnere capo del Genio civile di visitarla e di riferire, e ne ebbe la seguente telegrafica risposta:

« In Villa S. Giovanni, frazione Pizzo Superiore, esiste un fabbricato « quasi intatto, composto di un atrio e sei vani con scantinato e piano superiore. « Esso è formato con poutrelles metalliche verticali situate negli spigoli col-  
« legantisi rigidamente con intelaiature orizzontali formate di travi come le  
« precedenti, situate al piano terreno ed all'altezza dei soffitti; gli scomparti  
« sono riempiti di muratura laterizia. Tale casa appartiene a Vincenzo Lofaro  
« industriale, il cui fratello ritornò recentemente dall'America ».

14° Infine la Sottocommissione ha avuto l'opportunità di osservare che le catene di ferro messe ai fabbricati dopo i terremoti del 1894 e del 1905 a poco servirono, perchè non facenti corpo colle murature, che erano deboli, o perchè mal disposte nelle diverse parti dei fabbricati stessi.

15° Rispetto ai fabbricati ferroviari la Sottocommissione ha constatato che nella zona mesosismica sono stati essi pure danneggiati, meno alcuni costruiti in muratura di mattoni con intelaiature complete di legno, sulla linea per Reggio, in precedenza alla stazione di Pellaro (fig. 8).

Tutto ciò premesso in linea di fatto, dopo uno scambio di idee e di impressioni riportate dalla recente visita, la Sottocommissione, sia in ordine alle riparazioni dei danni ai fabbricati prodotti dal recente terremoto, sia in ordine alle norme costruttive da proporsi alle località comprese nelle zone soggette a frequenti terremoti, è venuta alle seguenti conclusioni:

1° In primo luogo rispetto alle riparazioni dei fabbricati danneggiati, poichè questi sono per la quasi totalità di cattiva costruzione e presentano lesioni che ne intaccano e sconnettono le parti principali, le murature, cioè i soffitti, i tetti, si stima più prudente la loro intera demolizione.

Pei pochi fabbricati nei quali le lesioni riguardano solo muri secondari e siano eseguiti con buona muratura, si ammette di poterli conservare assoggettandoli ai lavori necessari ad assicurarne la stabilità avvenire, fra i quali alla riduzione della loro altezza a quella misura che sarà prescritta.

In proposito l'ing. PERILLI, pure condividendo i detti apprezzamenti, ritiene che possa permettersi la riparazione di fabbricati che siano in certo grado lesionati anche in qualche parte principale, purchè caso per caso ne sia stata riconosciuta la opportunità e sul progetto concreto tecnico di riparazione si riporti l'approvazione dell'Autorità competente.

2° Rispetto alla costruzione dei nuovi fabbricati, la Sottocommissione è di parere:

a) In riguardo al tipo da adottare:

Che convenga tenerli ad un solo piano o a due al più, alti in tutto al massimo m. 10 dal piano di terra alla gronda, siano essi cantinati o no ;

Che quelli riuniti in un solo isolato è desiderabile abbiano tutti la stessa altezza, o, se debbono essere elevati su un terreno in pendio, ciascuno sia fondato su piani orizzontali ed abbia la gronda ricorrente allo stesso livello con quello degli altri adiacenti.

I Commissari CANEVAZZI e PERILLI opinano che si possa permettere per taluni fabbricati, specie per edifici industriali e per edifici di uso pubblico, anche altezza maggiore del limite indicato; dovranno però tali edifici sorgere isolati fra ampie strade, o avere larghi spazi all'ingiro; i relativi progetti particolarmente studiati dovranno volta per volta riportare l'approvazione dell'Autorità competente.

*b) In riguardo alla struttura :*

Che sia ammissibile quella essenzialmente in legno, e quella baraccata o intelaiata, cioè costituita da elementi di legno, o di ferro, o di cemento armato, fra di loro razionalmente concatenati, tali cioè da resistere a tutti gli sforzi che si possono sviluppare, e con le pareti in opera muraria solidali all'orditura principale.

In questi casi i ritzi dell'ossatura principale dovranno essere ciascuno di un sol pezzo, o resi tali con sistemi indeformabili, e le murature di riempi-

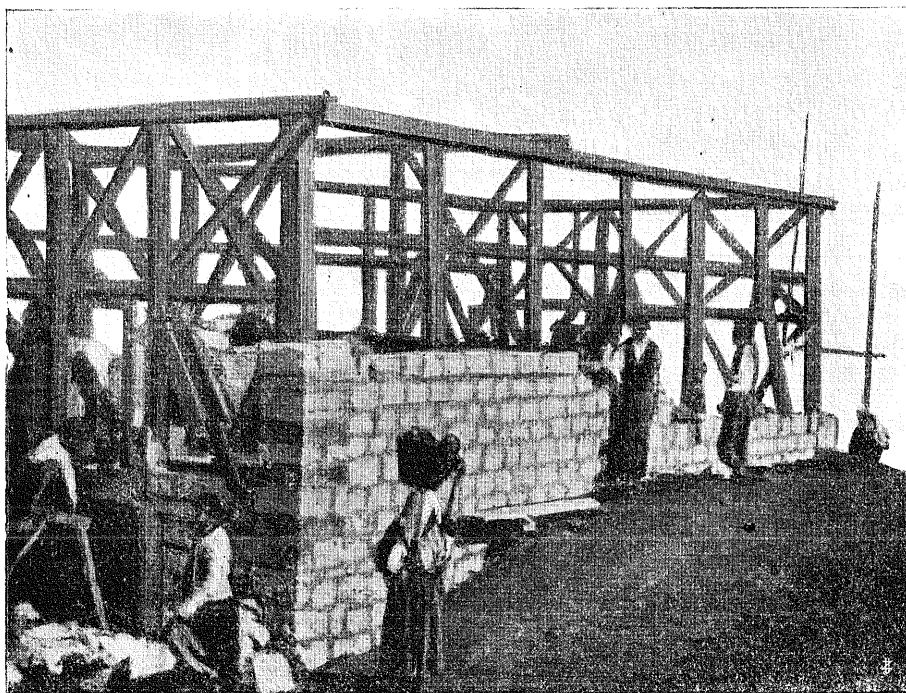


Fig. 19. — Casa baraccata in costruzione nel circondario di Monteleone.

mento dovranno essere di mattoni o di pietre parallelepipedo messe in opera a strati orizzontali e regolari con buona malta, come quelle costruite dopo il 1905 nel circondario di Monteleone (fig. 19).

Il prof. SALEMI PACE e l'ing. CAMERANA escludono, per le case baraccate, la muratura di pietra di qualsiasi genere, ammettendo solo l'uso di materiali leggeri, quali le pomici ed i mattoni vuoti.

Riguardo ai fabbricati ad un piano i Commissari CERADINI, CANEVAZZI e PERILLI stimano ch'essi possano eseguirsi anche in sola muratura di mattoni e di pietra lavorata disposta a strati orizzontali, purchè i muri, di conveniente grossezza, si elevino su buone e salde fondazioni e siano tra di loro collegati con catene di cintura.

c) Circa ai particolari degli edifici:

Che in generale si debbano proporzionare le grossezze dei muri e delle altre parti essenziali costituenti il fabbricato in modo che il centro di gravità dell'insieme risulti il più basso possibile;

Che siano abolite le scale in muratura e le vòlte;

Che si possano permettere i balconi e gli aggetti ad essi assimilabili, purchè di limitata sporgenza, con lastre in lamiera di ferro o di cemento armato, ed in genere di tale struttura e modalità da essere resistenti e solidamente concatenati agli organi principali dell'edificio;

Che i solai siano bolzonati ed imbragati con legamenti esterni, sempre per i travi maestri, parzialmente per quelli secondari;

Che i tetti siano incatenati, eliminando qualsiasi spinta orizzontale, e siano di struttura leggera e resistente;

Che i tramezzi siano collegati con le intelaiature principali ed ingabbiati;

Che tutte le condotte di scarico, di ogni genere e specie, non debbano intaccare lo spessore dei muri.

d) Riguardo all'ubicazione, che sia evitato di costruire edifici a cavaliere del confine di terreni di andamento e natura geologica diversa.

e) Riguardo finalmente alle fondazioni la Sottocommissione opina:

Che, per quanto sia possibile, si facciano insistere sulla roccia consistente; in caso contrario si cercherà un banco sodo o si renderà tale cogli ordinari mezzi dell'arte del costruttore. Sul banco sodo, naturale o artificiale, si impianteranno le fondazioni mediante zatterone in legname o platea di calcestruzzo armato;

Che per gli edifici di un sol piano, cantinato o no, potranno essere usate fondazioni a riseghe per ogni muro perimetrale e interno, avvertendo però di renderle solidali con opportuni collegamenti, nello intento di impedire le dislocazioni di base.

Roma, 12 febbraio 1909.

LA SOTTOCOMMISSIONE

C. Ceradini - *Presidente*.

G. Salemi Pace.

S. Canevazzi.

E. Camerana.

M. Perilli - *relatore*.

## ALLEGATO B.

## COMMISSIONE REALE

per le norme costruttive nei paesi danneggiati dal terremoto.

---

### Sui calcoli di stabilità e di resistenza degli edifici ai moti sismici.

#### 1. - Premesse.

Il calcolo di un edificio stabile e resistente alle scosse sismiche richiederebbe anzi tutto la conoscenza esatta dei movimenti in cui esse consistono e che sono oggi ancora molto imperfettamente noti.

Tuttavia, come la semplice analisi qualitativa dei loro effetti sulle costruzioni ha già permesso di dedurre preziosi criteri direttivi sul modo più razionale di edificare, così l'uso dei calcoli, siano pure fondati su elementi numerici non ben certi e su ipotesi di prima approssimazione, dev'essere considerato come un notevole progresso.

La loro opportunità è sopra tutto evidente per le costruzioni intelaiate (nel senso più largo), cioè per quelle nelle quali la funzione resistente è concentrata in un'ossatura che si svolge lungo le linee fondamentali dell'edificio.

In vero, data l'abitudine di proporzionare tale ossatura in base alle sollecitazioni che sono effetto esclusivo dei pesi, è naturale che essa riesca inadatta a sopportare sforzi che non furono affatto preveduti nel progettare.

Calcoli che tengano conto dei fenomeni sismici, e vengano a stabilire delle relazioni fra i movimenti del suolo e i loro effetti sugli edifici, saranno dunque di prezioso ausilio al costruttore, e daranno altresì modo di trarre dalla futura esperienza criteri meno imperfetti per stabilire le ipotesi fondamentali da cui si fanno dipendere. In questa loro speciale applicazione consiste del resto il metodo di indagine seguito dalla Commissione giapponese per lo studio dei terremoti, la quale ha tentato, com'è noto, di procurarsene un controllo sperimentale, riproducendo artificialmente i fenomeni sismici per mezzo dell'apparecchio del dott. Mano su modelli di strutture edilizie riprodotte nella scala di  $\frac{1}{2}$  ad  $\frac{1}{5}$  del vero.

#### 2. - Caratteristiche dei movimenti del suolo.

Nelle scosse del terreno si distinguono essenzialmente i moti orizzontali e i moti verticali o sussultori. Entrambi hanno il carattere di vibrazioni e si propagano da uno o più centri di scossa interni alla scorza terrestre (*ipocentri*), rivelandosi alla superficie del suolo con moti di ugual fase e intensità lungo zone grossolanamente circolari (*omosite*), concentriche intorno ad una regione che dicesi l'*epicentro* della scossa.

Anche nel caso di un epicentro unico si hanno, oltre i moti principali, dei moti riflessi dalle superficie di confine fra terreni diversi per densità, struttura e giacimento. Quindi le scosse sismiche risultano dalla sovrapposizione di movimenti svariati e discordanti per fase e direzione.



La composizione di due moti oscillatori orizzontali aventi direzioni normali o fortemente inclinate l'una rispetto all'altra, può dar luogo (se avviene con una conveniente differenza di fase fra i moti componenti) ad una traslazione rotatoria, colla quale soltanto si può spiegare il fenomeno della scossa vorticoso, concordemente segnalata nei terremoti più disastrosi.

### 3. - Effetti delle scosse sismiche sugli edifici.

L'elemento caratteristico più importante dei movimenti sismici è la loro accelerazione, perchè proporzionalmente ad essa si sviluppa la forza d'inerzia colla quale reagisce ogni massa rigidamente collegata al suolo. L'insieme di queste forze costituisce la sollecitazione dinamica provocata dalla scossa, che si sovrappone alla sollecitazione statica effetto del peso.

Perciò si dice che l'accelerazione misura il *potere distruttivo della scossa*.

In particolare nascono, in conseguenza di essa, forze orizzontali che inflettono e tendono a rovesciare le strutture verticali portanti, possono smuovere l'edificio dalla sua sede, se l'attrito, oppure l'ancoramento che ve le trattengono non sono sufficienti, e fanno variare la pressione sugli appoggi, aumentandola in alcune parti e diminuendola in altre; il tutto con vece alterna per la natura oscillatoria dei moti che provocano tali effetti.

Le forze verticali, sviluppate sopra tutto dal moto sussultorio, concorrono colle forze orizzontali a far variare le pressioni sugli appoggi, e creano alternativamente aumenti e diminuzioni della sollecitazione dei sistemi portanti a vòlta, a solaio, a terrazzo e a tetto.

Però l'elasticità della compagine di un edificio viene a complicare gravemente il fenomeno. In causa delle deformazioni il moto non si trasmette istantaneamente dal suolo alle parti più elevate dell'edificio, e quindi le forze d'inerzia per unità di massa non si sviluppano in tutti i punti colla medesima intensità. Su questo ritardo influisce il rapporto fra l'accelerazione del suolo e la rigidità del sistema, al quale il moto si trasmette.

Inversamente, una volta acquisita la velocità, la massa oppone una resistenza allo smorzamento ed alla inversione del moto, a cui va soggetto il sostegno. La forza viva che le corrisponde si trasforma allora in lavoro di deformazione della struttura resistente, mettendone a repentaglio la stabilità, e provocando il distacco e la proiezione delle parti, che non sono saldamente collegate ad essa.

Le scosse del suolo operano ancora in virtù della loro frequenza, sia per il modo di agire delle sollecitazioni ripetute ed alterne sulla coesione dei corpi che facilmente disgregano, sia nel caso fortuito della risonanza colle oscillazioni proprie dell'edificio, o di una parte di esso, producendovi una crescente ed esagerata ampiezza di scuotimenti e quindi un aumento in alcuni casi gravissimo della forza viva, sopra tutto nelle parti alte, il cui effetto è noto col nome di *svettamento*.

Può finalmente accadere che le oscillazioni indotte dalle scosse del terreno nelle strutture attigue o confrontanti di un edificio, non troppo bene collegate fra loro, non siano sincere per differenze di forma, dimensioni, o massa delle strutture stesse. In tal caso esse si staccano, e oscillando ciascuna per proprio conto cozzano l'una contro l'altra, producendo inevitabilmente lo sfasciamento della più debole.



#### 4. - Ipotesi fondamentali di calcolo.

La risoluzione più soddisfacente dei problemi di resistenza delle costruzioni alle scosse sismiche consisterebbe dunque in un'analisi matematica del fenomeno concepito in tutta la sua complessità, prendendo a considerare schemi rappresentanti i tipi fondamentali degli edifici, e supponendoli perfettamente elastici e convenientemente collegati nelle loro parti e al suolo nel modo che i particolari costruttivi meglio giustificano.

Ma le difficoltà di una ricerca di questo genere sono così grandi, anche per gli schemi più semplici, che bisogna senz'altro rinunciarvi.

L'unico metodo che, allo stato attuale delle nostre cognizioni, può dare dal punto di vista pratico una soluzione accessibile del problema consiste (e già da molti è stato riconosciuto) nel sostituire convenzionalmente le azioni dinamiche con sollecitazioni puramente statiche, da fissare in modo che producano, per quanto è possibile, gli stessi effetti.

Tali sollecitazioni si dicono perciò *rappresentatrici degli effetti sismici*. Il ricorrere ad esse nelle verifiche della resistenza e della stabilità equivale in fondo a supporre che tali forze abbiano il tempo di sviluppare tutta l'azione deformatrice di cui sono capaci, e ad ammettere per compenso che operino staticamente, ossia senza provocare lo sviluppo di forze vive. Già la Commissione edilizia americana, incaricata di studiare gli effetti del terremoto di S. Francisco, affermò, come prima delle sue conclusioni, che un edificio progettato con collegamenti atti a resistere ad una pressione di vento uguale a 30 libbre per piede quadrato (circa 150 kg. per m<sup>2</sup>) avrebbe resistito impunemente alla scossa del 18 aprile 1906. È però necessario riconoscere che, se una norma di questo genere può avere il suo lato seducente per la semplicità, tutta americana, del criterio fondamentale di verifica che viene a sancire, non si saprebbe come giustificarla per la mancanza di una base razionale. Essa infatti considera in modo esclusivo un elemento affatto indifferente rispetto alle azioni sismiche, quale è lo sviluppo delle facciate di un edificio, e non tiene invece conto della massa a cui sono proporzionali le forze d'inerzia.

In omaggio ai buoni principii della meccanica le forze rappresentatrici degli effetti sismici, da applicarsi alle singole parti di un edificio, si devono dunque fissare in un conveniente rapporto colle masse corrispondenti, ovvero, ciò che riesce più semplice per la pratica, in relazione ai rispettivi pesi.

Riferendosi a questi ultimi, il coefficiente che serve a definire le azioni sismiche convenzionali non è altro che il rapporto dell'accelerazione sismica alla gravità. Esso costituisce quindi una caratteristica da fissare per ogni regione in base agli elementi forniti dalla geodinamica, e si potrebbe indicare col nome di *rapporto sismico*.

Tenuto poi conto che, qualunque ne sia la causa, l'ampiezza delle oscillazioni provocate dai terremoti negli edifici aumenta dai piani inferiori ai superiori, come risultò in modo non dubbio dalle segnalazioni di apparecchi sismografici identici collocati ad altezze diverse in uno stesso fabbricato;

riconosciuta l'opportunità di sancire, anche colle ipotesi fondamentali di calcolo, il principio universalmente ammesso, secondo il quale le case stabili alle scosse sismiche devono avere il centro di gravità più basso possibile, e quindi le strutture dei piani superiori più leggiere di quelle degli inferiori;

si propone per il calcolo delle forze relative ai piani sovrastanti a quello

terreno, nonchè per tutta l'altezza degli edifici eccezionali, di aumentare del 50 % il rapporto caratteristico.

Rispetto ai calcoli di resistenza queste forze si possono sempre considerare operanti nelle due direzioni fondamentali di ogni edificio (lunghezza e larghezza) e in entrambi i sensi di ogni direzione, intendendo che, quando la speciale struttura del fabbricato lo esiga, si sostituiscano le forze a cui dà luogo una scossa comunque diretta colle loro componenti nelle direzioni fondamentali, e si proceda indi alla verifica della stabilità, valendosi del principio della sovrapposizione degli effetti.

A questo proposito è però bene notare che la verifica della resistenza rispetto ai due sensi opposti di una data direzione, nei quali le forze orizzontali possono operare, anzi operano di fatto ad ogni inversione di movimento della scossa, non richiede due ricerche distinte, se non quando si tratti di montanti disuguali, oppure aventi sezione non simmetrica rispetto all'asse di flessione, e di più costruiti con materiale che si comporti diversamente rispetto ai due generi fondamentali di sollecitazione (trazione e compressione).

La verifica della resistenza nelle due direzioni fondamentali di un edificio è invece di norma necessaria, a meno che le proporzioni dell'ossatura siano tali da assicurare che in una delle due direzioni essa presenta una resistenza maggiore che nell'altra, poichè allora basta farne la verifica nella direzione in cui il margine di sicurezza è meno largo, il che ha luogo d'ordinario in direzione trasversale.

### 5. - Grandezza delle forze rappresentatrici degli effetti sismici.

Le accelerazioni massime dei movimenti del suolo sono già state oggetto di molte ricerche, ma allo stato attuale della scienza sembra che gli unici elementi di cui possiamo disporre per i nostri calcoli consistano nei ragguagli stabiliti dall'Alfani e dal Cancani fra le scale sismiche del Mercalli e del Rossi Forel e la scala assoluta Giapponese, nella quale ogni grado è definito dal valore dell'accelerazione massima. Ora non vi è chi non veda quanto tali elementi siano incerti, atteso che l'applicazione delle scale convenzionali è gravemente influenzata dalla diversa resistenza degli edifici nelle regioni colpite dalle scosse, e i numeri della scala Giapponese sono dedotti con mezzi di osservazione tuttora imperfetti, come quelli dei prismetti di altezza diversa appoggiati su di un piano.

D'altra parte il valore preciso di queste accelerazioni ha soltanto una importanza relativa, dato il modo convenzionale di calcolo prescelto; poichè, come già si è notato, il moto vibratorio generato negli edifici dai movimenti sismici è influenzato dai vincoli di compagine e dal rapporto fra la velocità di detti movimenti e quella di trasmissione dello scuotimento elastico nella massa resistente.

Vale quindi meglio dedurre direttamente per determinati tipi di fabbriche, di cui siasi constatata l'incolumità in un numero abbastanza grande di casi, quali siano le forze massime che, operando nel modo supposto, avrebbero potuto essere sopportate dall'edificio, per servirsene poi nel calcolo dei fabbricati nuovi, assicurando, secondo la loro importanza, un margine di stabilità più o meno largo.

In base a questo principio, indicato dal Commissario Prof. Canevazzi, e dalla Commissione accettato, come fondamento dei criteri di scelta delle forze rappresentatrici degli effetti sismici, si è osservato :

che a Seminara una casa baraccata di 3 piani, appartenente al Sindaco, costruita con buona muratura, è rimasta intatta;

che di un'altra, pure baraccata, di 2 piani, è rovinato il muro di pessima qualità che la circondava, ma è restata in piedi l'ossatura col solaio e col tetto;

che a Reggio Calabria la casa Rognetta baraccata, con grandi ambienti rinforzati da diagonalì sistemate nel solo muro d'ambito, è pure rimasta in piedi quantunque lesionata in più punti <sup>(1)</sup>.

Tenendo quindi conto che le costole montanti ed i correnti di queste case hanno le dimensioni ordinarie dei legnami da costruzione, prossime cioè ai 20 cm. di lato, e che le prime vi sono distribuite a distanze variabili da 2 a 3 m., si è potuto stabilire che le forze convenzionali da introdurre nei calcoli, per quanto risulta da questi esempi analizzati in base ai carichi di sicurezza abitualmente adottati, corrisponderebbero ad una accelerazione di 700 ad 800 mm. per secondo, cioè ad una scossa disastrosa secondo la scala del Cancani e ad una scossa fortissima e rovinosa della scala Mercalli.

Non è però escluso che la sollecitazione sopportata da quelli edifici possa essere stata assai più grave, poichè verosimilmente il cemento unitario massimo dei materiali, formanti il sistema resistente, vi ha superato di molto il carico di sicurezza.

Ma è anche giusto notare che, dato il carattere di vera eccezione dei terremoti gravissimi, sarebbe eccessivo pretendere per gli edifici di tipo corrente un margine di stabilità rispetto alle più violente scosse sismiche uguale a quello che si richiede per le abituali sollecitazioni statiche.

Quindi un edificio calcolato per l'accelerazione sopra indicata, secondo gli ordinari carichi di sicurezza, si dovrà considerare come resistente in buone condizioni ad una scossa di accelerazione doppia, la quale non dovrebbe provocarvi tensioni unitarie superiori ai limiti pratici di elasticità dei rispettivi materiali, e darà garanzia contro il pericolo di uno sfasciamento disastroso anche per scosse di intensità quattro o cinque volte più grandi.

Tali scosse, di accelerazione uguale ad  $1/3$  circa della gravità, sembrano, per affermazione dei sismologi, superiori a quanto si è mai verificato fra noi.

Perciò appunto, dovendosi scegliere dei numeri concreti per lo svolgimento degli esempi di calcolo annessi, <sup>(2)</sup> si sono adottate forze orizzontali rappresentatrici degli effetti sismici uguali ad

$1/12$  dei rispettivi pesi per le strutture del piano terreno;

$1/8$  per quelle del piano superiore, e per tutta l'altezza degli edifici eccezionali in genere; tenendo conto di quanto è stato convenuto in proposito all'aumento del rapporto sismico nel paragrafo 4 <sup>(3)</sup>.

Resta poi ben chiaramente stabilito che, tanto allo scopo di ottenere un più largo margine di stabilità, desiderabile sempre e da esigersi sopra tutto

<sup>(1)</sup> Delle due ultime citate case sono date le fotoincisioni nelle fig. 5 e 7, che illustrano l'alleg. A alla relazione della Commissione.

<sup>(2)</sup> Vedi alleg. E.

<sup>(3)</sup> Tali coefficienti corrispondono abbastanza bene per le case normali (a 2 piani) alle proposte della Commissione americana per lo studio degli effetti del terremoto di S. Francisco di California accennate al § 4. La pressione di 30 libbre per piede quadrato conduce appunto a numeri analoghi a quelli qui assunti pei calcoli di resistenza.

*Questi coefficienti possono per aumentare ad  $\frac{1}{8}$  per il piano terreno e  $\frac{1}{6}$  per piano superiore.*

per edifici destinati a costituire asilo prolungato ad un gran numero di persone, quanto per tener conto di ulteriori accertamenti scientifici sul potere distruttivo delle scosse, i rapporti suddetti potranno essere fissati a valori più alti sia in casi speciali, sia per mezzo di nuove istruzioni, poichè la scelta fatta non ha carattere assoluto.

Rimarrà invece invariato il principio fondamentale che ad essa ci ha condotti, nonchè resteranno ferme le ipotesi, i criteri e i procedimenti di calcolo che qui si illustrano.

Per le forze verticali, quantunque sembri accertato che l'accelerazione del movimento è sempre numericamente minore di quella che si verifica nelle scosse orizzontali, si è ritenuto necessario assumerle eguali alla metà dei rispettivi pesi, cosicchè le azioni statiche risultano aumentate del 50 %.

Riesce così possibile tener conto del fatto che la sollecitazione dinamica a cui la scossa sussultoria dà luogo, si accosta al fenomeno dell'urto assai più di quella provocata dal moto ondulatorio, mentre resta meglio assicurata la rigidità dei sistemi portanti a solaio, a tetto ed a terrazzo, nella quale, come si vedrà, devesi riconoscere un efficacissimo fattore di irrobustimento degli edifici.

#### 6. - Definizione dei sistemi resistenti, ai quali si possono applicare i calcoli di verifica degli edifici.

L'attitudine a resistere alle scosse sismiche in un fabbricato riposa anzi tutto sulla efficacia dei collegamenti delle varie sue parti, per la quale una coppia di muri paralleli si comporta come un complesso che presenta alle azioni che lo sollecitano, una solidarietà più o meno perfetta.

Se si fa astrazione da essa, si cade necessariamente nei noti quèsi di stabilità dei muri isolati, i quali conducono a dimensioni e forme assolutamente prive di applicabilità pratica nelle costruzioni edilizie. Perciò appunto nelle regioni soggette ai terremoti hanno trovato fortuna le costruzioni in legno ed i sistemi baraccati e nella modernissima edilizia nord-americana hanno fatto buona prova le case intelaiate in ferro quantunque di grande altezza; e in conseguenza ogni regolamento edilizio per tali ragioni suggerisce o prescrive di dare la preferenza a quei sistemi di costruzione nei quali la funzione resistente è concentrata in una ossatura a collegamenti completi.

Lo studio statico di siffatte ossature si può fare scomponendole in tante *travature piane*, disposte sia nell'una, sia nell'altra delle due direzioni fondamentali di ogni edificio.

Se ne considererà una per ciascun *telaio piano completo* formato di costole montanti e di travi o correnti, capaci, per i collegamenti che le riuniscono, di costituire un *sistema resistente con sufficiente base di appoggio*.

D'ordinario si hanno quindi da considerare tali travature estese a tutta la larghezza dell'edificio.

Nel senso della lunghezza si devono invece arrestare in corrispondenza di tutti quelli ambienti, nei quali manchino i collegamenti orizzontali, o siano semplicemente incompleti ed imperfetti, come è il caso delle scale: sicchè la struttura resistente riuscirà in questi casi suddivisa in più travature accostate, ma fra loro indipendenti.

Rispetto al tipo di travatura, al quale si devono applicare i calcoli, si possono distinguere due categorie:

1° edifici la cui ossatura è irrigidita per mezzo di un sistema di diagonali o controventi più o meno complesso, ma sempre staticamente completo, ovvero per mezzo di pareti che per la loro struttura armata e per il perfetto loro collegamento colle costole montanti e colle travi correnti che ne costituiscono il telaio, assicurano la indeformabilità statica del telaio stesso;

*Telaio denso*

2° edifici nei quali i mezzi di irrigidimento si limitano ad irrobustire gli attacchi delle costole colle travi nei punti di incrocio, e in genere tutti quelli che, sia per un' incompleta controventatura, sia per deficiente rigidità e collegamento delle pareti al telaio che le incornicia, non presentano *in modo sicuro* uno almeno dei caratteri richiesti per la prima categoria.

*Telaio rado*

I sistemi della prima categoria corrispondono a travature i cui correnti sono costituiti dalle costole montanti e le cui pareti possono essere piene ed a reticolato. Data la nota equivalenza fra queste due modalità diverse delle pareti rispetto al modo di resistere delle membrature di contorno (costole montanti di facciata), queste possono essere calcolate indipendentemente dal genere di parete che si considera. Il carattere fondamentale di questi sistemi consiste nel fatto che, astraendo dalle azioni locali delle forze distribuite, le loro membrature sono chiamate a resistere semplicemente a compressione o a tensione.

I sistemi della seconda categoria corrispondono a travature con maglie quadrilatera, le cui membrature sono chiamate a resistere sopra tutto a flessione.

Il comportamento di questi due sistemi tipici è, come dimostreranno gli esempi, profondamente diverso (Ved. All. E).

Di resistenza assai superiore rispetto alle forze orizzontali rappresentatrici degli effetti sismici, è il sistema a collegamenti diagonali, o a pareti rigide non disgregabili che li equivalgono. In quelli a maglie quadrilatera la funzione resistente è sopra tutto affidata alla rigidità delle travature dei solai, dei terrazzi e del tetto, alla quale debbesi se i montanti, invece di comportarsi come mensole libere dal piede alla sommità, fruiscono di un incastro quasi perfetto a livello di ogni ripiano.

In pratica poi esiste tutta una serie di strutture, aventi proprietà intermedie, che permettono di passare per gradi successivi dall'uno all'altro di questi tipi. Così, dagli edifici ad ossatura completamente metallica, con diagonali e controdiagonali di grande momento d'inerzia, riunite in modo perfettamente rigido agli angoli delle maglie quadrilatera, e collaboranti le une per tensione, le altre per compressione, si passa ai sistemi intelaiati in cemento armato e in legno, pure con doppio ordine di diagonali, di cui lavorano soltanto in modo sicuro ed efficace quelle compresse.

Seguono, e quasi li equivalgono rispetto alla rigidità delle maglie, i sistemi intelaiati con pareti murarie di buona fattura, solidamente concatenate da chiavi di ferro, se la compagine dei muri stessi non è troppo gravemente interrotta dalle porte e dalle finestre, e finalmente vengono i sistemi con pareti a struttura incoerente di semplice riempimento, la quale tuttavia deve pur sempre opporre una qualche resistenza alla deformazione delle maglie quadrilatera.

Necessariamente quindi, applicando i metodi di calcolo caratteristici dei tipi fondamentali ai sistemi pratici di costruzione che rappresentano qualcosa di intermedio, bisognerà valersi di convenienti ipotesi, amplificando e riducendo un poco le sollecitazioni per tener conto del modo di resistere, non

sempre ben definito, di alcune strutture, il che può farsi molto semplicemente, introducendo nelle formule un opportuno coefficiente di correzione.

Come regola generale sta però sempre quella che, in caso di dubbio, devono applicarsi i metodi di calcolo, ai quali corrispondono le sollecitazioni massime del sistema resistente.

#### 7. - Criteri sul modo di scegliere e di concentrare le forze applicate ai sistemi resistenti.

Come forze da applicare a ciascuna delle travature sopra definite per eseguire il calcolo d'insieme si assumono quelle che può svilupparvi la corrispondente parte di edificio; ossia, in mancanza di ipotesi più attendibili, la parte limitata fra i piani medii degli scomparti adiacenti, nei quali le travature considerate lo suddividono.

Nel computo delle forze orizzontali possono essere omesse:

a) le strutture murarie *parallele alla direzione della forza* che si considera, quando:

1° la loro continuità non sia interrotta dalle membrature del telaio, cosicchè dette strutture conservino l'ufficio di sostenere il proprio peso;

2° si tratti di murature non disgregabili, cioè corrispondenti alle prescrizioni degli art. 5 e 8 delle Norme.

Ciò perchè, quando si verificano queste due condizioni, è ammissibile che la stabilità di un muro, parallelo alla direzione della forza, sia sufficientemente assicurata dalla sua stessa compagine resistente;

b) i sopraccarichi nelle case ad uso di abitazione, attesa la loro esiguità in confronto dei sopraccarichi ipotetici di verifica dei solai, nonchè la loro indipendenza e mobilità rispetto all'appoggio. Fanno eccezione i sopraccarichi preveduti nei locali ad uso di magazzino, di archivio o di biblioteca.

In via di approssimazione, e *per quanto concerne il calcolo d'insieme*, a cui questi criteri si riferiscono, le forze orizzontali si possono concentrare in corrispondenza dei ripiani o piani di pavimento e di gronda, applicandole ai nodi della travatura in cui si concentra la funzione resistente dell'edificio.

Nell'eseguire questa concentrazione, e sempre in mancanza di ipotesi più attendibili, si potrà seguire il solito criterio di attribuire a ciascun ripiano le forze ripartite nel rispettivo scomparto, comprese fra metà e metà altezza di ogni piano.

È però sempre necessario un calcolo di dettaglio, nel quale si tenga conto della effettiva distribuzione delle forze lungo le membrature del sistema, considerate come solidi resistenti isolatamente.

Un temperamento alle norme statiche per la valutazione delle forze orizzontali, è opportuno per quanto riguarda la massa delle pareti normali alla direzione della scossa, se eseguite in buona muratura rispondente alle condizioni enunciate in a). Sarebbe in fatti esagerato considerarle come compagini disgregate, capaci soltanto di esercitare una spinta in ragione della loro massa, e inette a collaborare coll'ossatura resistente alle sollecitazioni di flessione.

Ora, tenendo conto della grande rigidità a flessione delle murature di grossezza normale rispetto a quella offerta dai montanti di un sistema intelaiato o baraccato, è lecito dedurne, per il noto principio di elasticità, che la resistenza delle murature ai momenti flettenti dev'essere bene utilizzata, prima che quella del telaio sia in qualche modo compromessa.

Come criterio fondamentale per apprezzare il concorso delle pareti murarie normali alla direzione della scossa, si afferma quindi la loro attitudine a prendere su di sè quella parte della sollecitazione a flessione, che, combinata col minimo sforzo normale di compressione simultaneo, dà luogo ad uno stato limite di buona resistenza valutato cogli abituali carichi di sicurezza.

Con questo s'intende che per buone murature si potrà anche fare assegnamento su di una piccola resistenza delle malte alla trazione, per esempio di  $1/2 \text{ kg/cm}^2$ .

Siccome però questo criterio generale può in taluni casi condurre a calcoli eccessivamente laboriosi, è opportuno suggerire il seguente metodo più sbrigativo, la cui applicazione è però prudenza applicare alle sole strutture murarie del piano terreno.

Esso consiste nel ridurre di una quantità conveniente la forza orizzontale che ogni parete del piano terreno, normale alla direzione della scossa, deve trasmettere al telaio del 1° ripiano, secondo quanto stabilisce il paragrafo 5 per determinare le forze rappresentatrici degli effetti sismici.

La quantità da dedursi dev'essere uguale alla forza che, trasportata a livello del 1° ripiano, misura la stabilità propria del muro sottostante.

E poichè sono ammesse correntemente negli edifici ad un solo piano le buone murature di altezza non superiore a 8 volte la grossezza alla base, è ragionevole determinare la forza suddetta in modo che tali murature non esercitino più alcuna spinta.

Ciò conduce per l'accelerazione supposta negli esempi ( $1/12$  della gravità) a prendere la forza da sottrarre uguale ad  $1/3$  del peso del muro moltiplicato per il rapporto fra la grossezza al piede e l'altezza.

Operando nel modo qui indicato, è ragionevole trascurare la flessione supplementare che la spinta ripartita del muro provocherebbe nel tratto corrispondente di telaio.

### 8. - Ipotesi semplificative.

Come ipotesi semplificative si possono accettare quelle che la scienza delle costruzioni suggerisce per i sistemi definiti al paragrafo 6, ai quali si ridusse lo studio della resistenza e stabilità degli edifici intelaiati o baraccati alle scosse sismiche.

Per i sistemi della 1ª categoria (in quanto concerne la determinazione delle sollecitazioni delle aste di parete nel calcolo d'insieme) si può ammettere, come è uso nella teoria della travi a graticcio:

a) che di due diagonali di irrigidimento dello stesso scomparto lavori soltanto quella che si mostra più rigida rispetto al genere di sollecitazione, che è chiamata a sopportare;

così nel caso di un sistema intelaiato di ferro con diagonali aventi piccolo momento d'inerzia, lavora soltanto la diagonale tesa; nel caso di un sistema con ossatura di cemento armato o di legno, se i particolari di attacco in quest'ultima non sono eccezionalmente robusti e rigidi, lavora soltanto la diagonale compressa;

b) che la sollecitazione di una data diagonale si calcoli in base allo sforzo di taglio relativo alla sezione trasversale, che la incontra a metà lunghezza, dividendolo per il numero di diagonali parallele e collaboranti che la sezione sega, e per il coseno del loro angolo di inclinazione rispetto allo sforzo di taglio stesso.

Tale procedimento è particolarmente attendibile per il modo speciale col quale sono ripartite le forze, presso che ugualmente sui due correnti.

Per gli schemi della seconda categoria, si può supporre, a scopo di semplificazione, la perfetta rigidità dei ripiani, il che equivale ad ammettere che, per azione delle forze orizzontali, essi scorrano semplicemente, conservandosi paralleli alla loro primitiva giacitura, e inflettendo a foggia di **S** i singoli tronchi dei montanti compresi in ciascuno dei piani dell'edificio. In tale ipotesi ognuno di questi montanti viene cimentato nei suoi attacchi rigidi colle strutture dei ripiani da momenti flettenti uguali, e di facile calcolazione. Data la concentrazione delle forze a livello dei ripiani, di cui al paragrafo precedente, tali momenti hanno al piede ed alla sommità di ciascun tronco di montante sensi opposti, ma valori assoluti uguali, che si deducono in modo estremamente semplice moltiplicando la metà dell'altezza del piano corrispondente per la somma delle forze orizzontali concentrate in tutti i ripiani superiori.

Non si escludono però, come è naturale, procedimenti di calcolo meglio giustificati, consistenti in una indagine più razionale sul modo di resistere dei sistemi sopra definiti alle forze prescelte, sopra tutto per quanto riguarda quelli della 2ª categoria a maglie quadrilatera.

L'esempio 3º ne illustra un caso molto semplice limitandosi ai risultati algebrici di un noto quesito applicabile allo studio di edifici eccezionali ad un solo ambiente, quali chiese, teatri, e simili.

In genere poi si deve intendere che sono applicabili gli abituali metodi di indagine della scienza delle costruzioni, sia per combinare insieme l'effetto delle forze orizzontali e quello delle forze verticali allo scopo di determinare le sollecitazioni risultanti, sia per dedurne le dimensioni delle parti resistenti ricorrendo ai carichi di sicurezza abitualmente impiegati.

#### 9. - Calcolo dei sistemi ingabbiati per le riparazioni e delle armature di rinforzo in genere.

L'analisi svolta nei precedenti paragrafi, discutendo la funzione statica dei sistemi resistenti, a cui si possono ridurre i tipi fondamentali di edifici, fornisce anche una spiegazione semplice del modo di operare dei tiranti di concatenamento dei muri, rispetto alle forze orizzontali rappresentatrici degli effetti sismici.

Se infatti si pensa che un fabbricato resiste nelle migliori condizioni possibili quando il controventamento delle maglie quadrilatera della sua ossatura è perfetto, si è autorizzati a concludere che i tiranti di concatenamento dovrebbero assicurare nei muri, lungo i quali si svolgono, l'attitudine a irrigidire nel modo più completo il sistema costituito dai muri ad essi normali e dai ripiani.

Ora in un muro di fattura ordinaria non si fa assegnamento sulla resistenza a trazione, cosicchè la sua funzione di controventamento si limita, come è stato detto, a sostituire in ogni scomparto la sola diagonale compressa, ed è quindi necessariamente incompleta. L'ufficio delle chiavi si può dunque considerare come un integramento di questa speciale funzione dei muri, e in tale ipotesi è chiaro che esse si debbono calcolare come i montanti a tensione artificiale di una trave Howe, destinati ad elidere gli sforzi di trazione nelle diagonali principali.

Dalla teoria approssimata di questi sistemi, applicata alla compagine resi-



stente degli edifici, tenuto conto delle ipotesi fatte sulla concentrazione delle forze orizzontali a cui si suppongono soggetti, si desume quanto segue:

1° Gli sforzi di trazione pei quali si devono progettare le chiavi di collegamento dei muri a livello di un ripiano (solaio, terrazzo o tetto) dipendono dallo sforzo di taglio, che, per azione delle forze orizzontali applicate al corrispondente scomparto di edificio, si sviluppa a metà altezza del piano sottostante.

2° Nel caso di un edificio con semplice ordine di ambienti (senza muro intermedio) le chiavi dovranno quindi essere calcolate per sforzi di trazione uguali addirittura agli sforzi di taglio anzidetti.

3° Nel caso di un edificio con doppio ordine di ambienti (con muro intermedio) si può ridurre la capacità resistente delle chiavi alla metà degli sforzi suddetti, salvo per quelle collocate alla sommità dell'edificio, per le quali vale costantemente la regola indicata al n° 2.

4° Quando parallelamente alle chiavi corrano travi da solaio impalettate esternamente ai muri perimetrali, si può tener conto del sussidio che esse portano nella funzione di collegamento discussa, solo in quanto però la struttura dei muri perimetrali è in grado di assicurare la trasmissione delle tensioni date artificialmente alle travi stesse.

I bolzoni delle chiavi nelle armature di rinforzo in genere e i montanti dei sistemi ingabbiati in modo speciale debbono, secondo le note regole dell'arte edilizia, offrire una rigidità a flessione corrispondente alla robustezza delle catene ed una superficie di appoggio tale da escludere il pericolo che i cedimenti locali del muro possano neutralizzare la loro funzione.

Per i montanti delle ingabbiature occorre pure accertarsi della resistenza alle sollecitazioni locali prodotte dalle forze orizzontali, che si sviluppano nei muri ai quali servono di appoggio immediato, adottando in questa verifica quei temperamenti che sono già stati discussi nel paragrafo 7 e che dipendono più che altro dal genere, dalla bontà e dalle condizioni della muratura, che caso per caso spetterà a chi progetta, di apprezzare giustamente.

In genere però è raccomandabile la massima rigidità di queste parti per assicurare la ripartizione estesa ed uniforme dello sforzo trasmesso dal tirante, acciocchè il beneficio della solidarietà dei muri trasversali, nella loro importantissima funzione di controventamento, sia il più grande possibile.

*Roma, 4 marzo 1909.*

Prof. MODESTO PANETTI



## COMMISSIONE REALE

per le norme costruttive nei paesi danneggiati dal terremoto.

(R. Decreto 15 gennaio 1909)

## Primo ordine del giorno del 2 marzo 1909.

## LA COMMISSIONE,

Considerando che le maggiori cause dei danni cagionati dai terremoti nelle regioni Calabro-Sicule si debbono imputare alla cattiva costruzione delle muraure e alla deficiente qualità dei materiali, alla soverchia altezza delle case, e alla strettezza delle vie; condizioni di cose che sussistono in molti abitati delle suddette regioni, in aperta violazione dei regolamenti emanati anche dai passati regimi, costituendo una minaccia continua di disastri anche nelle località risparmiata dall'ultimo moto sismico;

considerando che se la Commissione non ha potuto proporre norme anche per gli abitati e per gli edifici esistenti, ove non trattisi di nuove costruzioni, ricostruzioni e riparazioni, le quali soltanto cadono sotto il disposto dell'art. 7 della legge 12 gennaio 1909 n. 12, e si è limitata perciò a proporre il divieto di alterare lo *statu quo* per impedire che si aggravino o peggiorino le condizioni di fatto contrarie alle disposizioni del regolamento;

riconoscendo la necessità di provvedimenti legislativi che tendano a far sparire poco per volta i lamentati inconvenienti;

## ESPRIME IL VOTO

che come provvedimento minimo da sancire con legge speciale sia da raccomandare:

1° il divieto di eseguire miglioramenti, lavori di riparazioni e di grande manutenzione ad edifici non rispondenti per struttura, altezza o larghezza di via alle norme del regolamento, e così, venuto il momento di rimediare ai guasti del tempo, gli edifici debbano ridursi o ricostruirsi secondo dette norme;

2° l'obbligo di ridurre l'altezza degli edifici troppo alti, che possano ritenersi di permanente minaccia di pericolo per importanti edifici o gruppi di edifici adiacenti o vicini;

3° che ad agevolare l'impiego di buoni materiali da costruzione specialmente adatti a costruzioni in regioni sismiche e di buoni agglomeranti, sieno concesse tariffe di favore per i relativi trasporti, e per le tasse di dogana, nonchè pei dazi;

4° che nessuna sanatoria e nessuna prescrizione possa ammettersi per opere eseguite in qualsiasi tempo, in contravvenzione a prescrizioni e regolamenti edilizi emanati dal presente e dal passato Governo in località sismiche.

*Il Presidente*

I. MAGANZINI.



## NORME TECNICHE ED IGIENICHE

obbligatorie per le riparazioni, ricostruzioni e nuove costruzioni degli edifici pubblici e privati nei comuni colpiti dal terremoto del 28 dicembre 1908 o da altri precedenti.

### TITOLO I.

#### Nuove costruzioni.

##### Art. 1.

È vietato costruire edifici su terreni paludosi, franosi, o atti a scoscendere, o sul confine fra terreni di natura od andamento diverso, o sopra un suolo a forte pendio, salvo quando si tratti di roccia compatta; nel quale ultimo caso è indispensabile preparare all'edificio uno od anche più piani orizzontali di appoggio, eseguendo gli scavi necessari.

##### Art. 2.

L'altezza dei nuovi edifici, rappresentata dalla massima differenza di livello fra la linea di gronda e il suolo circostante, in vicinanza immediata dell'edificio stesso, non può di regola superare i 10 m.

I nuovi edifici, siano inferiormente cantinati o no, debbono essere costruiti a non più di due piani, dei quali il terreno, avente il pavimento a livello del suolo, oppure sopraelevato sul medesimo non più di un metro e mezzo.

L'altezza dei piani, misurata fra pavimento e pavimento, oppure fra il pavimento e la linea di gronda, non può di regola superare i m. 5.

##### Art. 3.

Per edifici isolati, che abbiano all'intorno un'area libera di larghezza non inferiore a quella prescritta all'art. 22, comma *d*, possono essere ammesse, in seguito a parere favorevole del Consiglio superiore dei Lavori pubblici sul relativo progetto tecnico, numero di piani ed altezze, sia dell'intero edificio che dei singoli piani, maggiori di quelle stabilite al precedente articolo, quando siano giustificate da ragioni di pubblica utilità, di servizio pubblico, d'interesse artistico, o di esercizio industriale.

Tali edifici non possono però mai essere destinati ad uso di alberghi, scuole, ospedali, caserme, carceri e simili, e nemmeno ad abitazione, salvo che per il personale necessario alla loro custodia e vigilanza.

La loro altezza non può superare i 16 m., a meno che la destinazione dell'edificio non richiegga assolutamente altezza maggiore.

##### Art. 4.

Le fondazioni, quando è possibile, debbono posare sulla roccia compatta, o su terreno perfettamente sodo. In caso diverso si debbono adottare i mezzi dell'arte del costruttore per ottenere una buona fondazione.

Nel caso di edifici intelaiati o baraccati le costole montanti o i ritti dell'armatura debbono essere infitti a perfetto incastro nella roccia, o in una platea generale armata, o essere collegati ad un robusto telaio di base formato con membrature rigide.

Per gli edifici di muratura ordinaria le fondazioni debbono essere costituite da muri continui concatenati fra di loro.

In ogni caso la pressione statica unitaria sul terreno non roccioso, non deve superare i due chilogrammi per centimetro quadrato.

#### Art. 5.

I lavori di costruzione dei fabbricati debbono eseguirsi secondo le migliori regole d'arte, con buoni materiali e con accurata mano d'opera.

È vietata la muratura a sacco e quella con ciottoli, se non convenientemente spaccati e posti in opera con struttura listata.

È pure vietato l'impiego della ghisa e di qualunque altro materiale fragile per travi, per colonne, e in genere per parti essenziali dell'organismo resistente degli edifici.

#### Art. 6.

Al disopra del piano di gronda non si possono eseguire opere murarie di alcuna specie, non esclusi i fumaioi, salvo i muri di timpano intelaiati o baraccati eseguiti con materiale di riempimento assai leggero, nè vi possono trovar luogo ambienti abitabili o magazzini.

I parapetti dei terrazzi, superiori al piano di gronda, debbono essere di legno, di ferro, o di cemento armato.

Nelle case ad un sol piano, se armate robustamente con ossatura completa, come all'articolo seguente, il sottotetto può per eccezione adibirsi ad uso magazzino o granaio.

#### Art. 7.

Gli edifici debbono essere costruiti con sistemi tali da comprendere un'ossatura di membrature di legno, di ferro, di cemento armato, o di muratura armata, capaci di resistere contemporaneamente a sollecitazioni di compressione, trazione e taglio. Esse debbono formare un'armatura completa di per sé stante dalle fondamenta al tetto, saldamente collegata colle strutture orizzontali portanti (solai, terrazzi e tetti) e che contenga nelle sue riquadrature, oppure racchiuda nelle sue maglie, il materiale formante parete, o vi sia immersa.

Gli edifici debbono avere il loro centro di gravità più basso che sia possibile.

#### Art. 8.

Negli edifici col solo piano terreno è ammessa anche la muratura ordinaria, purchè:

- a) la costruzione sia fatta con buona malta;
- b) le parti murarie aventi funzione statica siano eseguite con mattoni o blocchi di pietra naturale od artificiale a facce piane, oppure a struttura listata, fatta con pietra spezzata e interrotta da corsi orizzontali di mattoni o da fasce continue di cemento armato, distanti non più di cm. 60 fra loro;

c) i muri perimetrali abbiano alla base una grossezza non minore di  $\frac{1}{8}$  dell'altezza e siano immorsati coi muri trasversali distanti non più di 5 m. Nel caso di intervalli maggiori i muri predetti, ed in genere quelli maestri debbono essere muniti di lesene di rinforzo, ripartite a distanza non superiore a m. 5, e di aggetto uguale almeno alla metà della grossezza del muro stesso;

d) la costruzione sia consolidata al piano del pavimento da collegamenti rigidi, e alla sommità dei muri maestri, tanto perimetrali quanto trasversali, da catene di ferro o telai di legno o di cemento armato rinforzati da squadre negli angoli.

In detti edifici bassi sono pure ammesse le strutture ad elementi forati collegati da anime metalliche o comunque formate da elementi concatenati o incastrati fra loro.

#### Art. 9.

Le costruzioni definitive di legno sono ammesse per edifici isolati, per villini, per case coloniche e simili, osservando le distanze prescritte dall'art. 22 nel caso di abitati, e devono avere sempre uno zoccolo in muratura.

#### Art. 10.

È vietato l'uso delle volte impostate al disopra del suolo. Sono ammesse quelle del piano sotterraneo, purchè con saetta non minore del terzo della corda, e munite di tiranti per elidere le spinte.

#### Art. 11.

Le strutture portanti dei piani superiori devono essere costituite unicamente da solai, con esclusione di quelli a voltine formate di materiali pesanti.

Nel caso di edifici di muratura ordinaria, le travi dei solai, in numero di una almeno ogni 3 m., debbono poggiare su tutta la grossezza dei muri, ed essere impalettate esternamente. Nei corpi di fabbrica multipli, le travi dei solai debbono essere di un sol pezzo per tutta la profondità dell'edificio, ed ove ciò non riesca possibile, le varie travi che si corrispondono, da ambiente ad ambiente, debbono essere robustamente collegate fra di loro nei punti di appoggio sopra i muri interni.

Nel caso di edifici intelaiati o baraccati le travi dei solai debbono collegarsi rigidamente coll'ossatura essenziale, costituente l'armatura della fabbrica.

#### Art. 12.

I soffitti ed i rivestimenti dei solai debbono formarsi con materiali leggeri, quali tele, assicelle sottili, cartone, lamierino, lastre sottili, reti metalliche, e simili, escludendo il cannucciato, comunque rivestito, e le altre strutture pesanti e facili a disgregarsi.

#### Art. 13.

Per i sistemi intelaiati o baraccati è obbligatorio uno almeno dei mezzi di irrigidimento seguenti:

a) connessioni rigide delle membrature nei punti d'incrocio;

- b) collegamenti diagonali o controventi;
- c) riempimento o rivestimento di struttura tale da opporsi efficacemente alle deformazioni.

## Art. 14.

Per riempimento o rivestimento, nelle costruzioni intelaiate o baraccate, sono ammesse le strutture seguenti:

- a) la muratura armata, animata od ingabbiata, od altrimenti consolidata, specialmente quando costituisce mezzo d'irrigidimento;
- b) le pareti semplici o doppie di lastre naturali od artificiali, di reti metalliche intonacate, di tavolati di legno iniettati o rivestiti o di qualunque altro materiale che presenti solidità, leggerezza e sia immune, per quanto è possibile, dall'azione del fuoco e dell'umidità atmosferica;
- c) le strutture murarie indicate al precedente art. 8, limitatamente al solo piano terreno.

Per le sole case coloniche isolate, è ammesso l'impiego di doppie pareti a listelli di legno o rete metallica, riempite di materiale leggero, anche se di argilla o di altre sostanze non cotte.

## Art. 15.

Gli edifici intelaiati di legno e quelli baraccati debbono avere le costole montanti di un sol pezzo, o quanto meno così saldamente e robustamente collegate o rafforzate nelle giunture, da non offrire veruna sezione di indebolimento. Tutte le unioni delle membrature fra loro debbono essere studiate in modo che non venga indebolita la resistenza delle parti costituenti l'organismo statico.

## Art. 16.

È vietato l'uso di scale a sbalzo o di quelle portate da archi e vòlte di muratura.

## Art. 17.

I vani delle porte e delle finestre debbono essere incorniciati di un solido telaio di ferro, di legno o di cemento armato. Nelle costruzioni murarie semplici si deve sovrapporre ai vani un architrave di legno, di ferro o di cemento armato esteso a tutta la grossezza del muro con arco di scarico. Nelle altre costruzioni deve essere rafforzata la struttura prolungando alcune membrature del telaio del vano fino all'incontro dei montanti e dei correnti dell'ossatura principale, salvo nel caso di pareti a struttura rigida.

Negli edifici di muratura i vani debbono tenersi a distanza non minore di m. 1,50 dagli spigoli del fabbricato.

## Art. 18.

È vietata qualsiasi costruzione in aggetto od a sbalzo, fatta eccezione per i balconi e le cornici.

I balconi non debbono mai sporgere dal muro d'ambito più di m. 0,60



e debbono essere sostenuti da mensole solidamente connesse con la travatura del solaio o colle costole montanti dell'armatura.

Le mensole e le lastre dei balconi debbono essere costituite da materiali atti a resistere alla flessione, e non fragili.

Le cornici non debbono mai sporgere dal muro d'ambito più di m. 0,40 e debbono eseguirsi a struttura leggiera e solidale col telaio di rinforzo a coronamento dell'edificio. Nel computo della sporgenza non è compreso il canale di gronda, se di lamiera.

Sono vietate le cornici di materiale murario e sono invece ammessi i protrondimenti del tetto dalla fronte dei muri, in sostituzione delle cornici.

#### Art. 19.

La struttura dei tetti deve escludere nel modo più assoluto qualsiasi spinta orizzontale, da eliminarsi mediante catene rese solidali col telaio di coronamento alla sommità dei muri. Le incavallature debbono essere collegate trasversalmente fra di loro.

Non sono richieste catene di collegamento nelle costruzioni con muri a timpano, reggenti tetti, la cui struttura sia costituita dai soli arcarecci, i quali però debbono essere impalettati agli estremi e collegati longitudinalmente, come è prescritto all'art. 11 pei travi di solaio.

Nei tetti a falde, il materiale di coperta non deve eccedere il peso di kg. 45 per metro quadrato anche se bagnato, e deve essere assicurato all'orditura.

#### Art. 20.

Ai tetti ordinari si possono sostituire, in tutto od in parte, terrazzi piani a livello della linea di gronda, purchè il materiale di semplice copertura non ecceda il peso di 50 kg. per metro quadrato.

#### Art. 21.

Le condutture di ogni specie, siano esse canne di camini o di caloriferi, o tubolature di acquai, di latrine o di acque piovane o potabili, ecc., debbono essere accuratamente isolate dalle membrature dell'organismo resistente. —

Nelle costruzioni di muratura ordinaria le condutture non debbono intaccare la grossezza dei muri.

#### Art. 22.

Nei nuovi centri abitati, o negli ampliamenti degli attuali, come pure nell'apertura di nuove strade nell'interno di quelli esistenti, sono obbligatorie le seguenti norme:

a) Le strade devono essere larghe almeno 10 metri.

Negli abitati aventi popolazione agglomerata inferiore ai 5000 abitanti, il Prefetto, su parere favorevole del Genio civile, o le altre Autorità superiori da cui debba eventualmente essere approvata la costruzione della nuova strada, possono consentire che tale larghezza minima sia ridotta a m. 8.

Nel caso che siano ammesse costruzioni da un solo lato della strada, la larghezza di questa può essere tenuta anche di m. 6.

b) Fermi restando i limiti massimi stabiliti dagli art. 2 e 3, le case non possono avere verso la strada sulla quale prospettano, altezza maggiore della larghezza della strada stessa diminuita :

1° di m. 3,50, quando si tratti di strade che devono avere una larghezza minima uguale a 10 m. ;

2° di m. 2, quando si tratti di strade la cui larghezza minima può essere di 8 m. ;

3° di m. 1, quando si tratti di strade lungo le quali può essere costruito da un sol lato.

c) Qualora si vogliano costruire fabbricati di altezza superiore a quelle stabilite dal precedente comma, essi debbono costruirsi in ritiro, per rispetto all'allineamento stradale, di una misura pari alla metà della maggiore altezza.

d) Per gli edifici di altezza superiore ai 10 m., è prescritto l'isolamento da ogni parte per una larghezza non minore della loro altezza.

e) La larghezza dell'intervallo d'isolamento fra i muri frontali di due edifici vicini, quando l'area frapposta non debba servire a pubblico passaggio, può essere limitata alla semisomma delle loro altezze.

Agli effetti del presente articolo sono computate come larghezze libere di strada e come intervalli d'isolamento anche le larghezze delle aree annesse all'erigendo edificio e destinate a giardino, a cortile, o comunque non coperte, anche se cintate e sottratte all'uso pubblico, che si trovino lungo le fronti del fabbricato.

#### Art. 23.

Sono vietate :

a) le sopraelevazioni degli edifici esistenti, quando questi abbiano raggiunto o superato l'altezza di 10 m. ;

b) i lavori di ampliamento di edifici la cui struttura non corrisponde alle prescrizioni del presente regolamento ;

c) le fabbriche di qualsiasi natura che possono ridurre sotto i limiti fissati dall'art. 22 la larghezza libera delle strade e degli intervalli d'isolamento ;

d) qualunque altra opera che non sia ammessa dal presente regolamento, oppure che possa aggravare o rendere permanenti le condizioni di fatto contrarie al medesimo.

#### Art. 24.

Nei calcoli di stabilità e resistenza delle costruzioni si debbono considerare :

1° le azioni statiche dovute al peso proprio ed al sopraccarico, aumentate di una percentuale che rappresenti l'effetto delle vibrazioni sussultorie ;

2° le azioni dinamiche dovute al moto sismico ondulatorio, rappresentandole con accelerazioni applicate alle masse del fabbricato nelle due direzioni (lunghezza e larghezza) ed agenti in entrambi i sensi di ogni direzione.

## TITOLO II.

### Ricostruzioni.

#### Art. 25.

Le ricostruzioni totali o parziali sul sito anteriormente occupato dagli edifici che per qualsiasi causa siano stati distrutti o demoliti od abbattuti, debbono eseguirsi con tutte le norme del precedente Titolo, salvo le tolleranze di cui agli articoli seguenti.

#### Art. 26.

Tolto il caso dell'esistenza di un piano regolatore che disponga altrimenti, le ricostruzioni sono permesse sui primitivi allineamenti, ma le nuove case non possono avere che il solo piano terreno e non superare l'altezza di m. 6,50, a meno che, a norma degli articoli 2, 3 e 22, non possa consentirsi un numero di piani e un'altezza maggiori.

#### Art. 27.

Nelle ricostruzioni è concessa l'utilizzazione delle fondazioni preesistenti, quando esse non presentino lesioni o deficienze, nel qual caso debbono essere ridotte alle condizioni stabilite dall'art. 4.

## TITOLO III.

### Riparazioni.

#### Art. 28.

Le riparazioni organiche, intese cioè a modificare o consolidare le strutture resistenti degli edifici o di qualche loro parte essenziale, debbono corrispondere, per quanto è praticamente possibile, alle norme di cui ai Titoli precedenti, tenuto presente quanto è disposto negli articoli seguenti.

#### Art. 29.

Le vòlte esistenti negli edifici da riparare sono tollerate, a condizione espressa che non siano lesionate, o non siano impostate su muri lesionati o strapiombati, e sempre quando sia provveduto ad eliminare le spinte coll'apposizione di robuste cinture, chiavi e tiranti. In ogni caso però dovranno sostituirsi con strutture non spingenti le vòlte in sommità degli edifici a più piani.

## Art. 30.

Nelle riparazioni degli edifici danneggiati saranno osservate, in quanto siano applicabili, le disposizioni contenute nel Titolo I, e specialmente si debbono:

1° sostituire le scale di muratura e a sbalzo, con scale di legno o sopra intelaiature, salvo il caso in cui i gradini poggino su due muri maestri;

2° sostituire i tetti spingenti con altri senza spinte;

3° ridurre gli aggetti, le cornici, i balconi e le strutture sovrastanti ai piani di gronda in conformità degli articoli 6 e 18 e disporre le condotte e le canne di scarico di qualsiasi specie in modo da non intaccare le murature, anzi da permetterne l'integrazione ove l'indebolimento sia avvenuto.

L'altezza di tali edifici deve essere ridotta a quella stabilita agli art. 2 e 3.

## Art. 31.

Per le riparazioni degli edifici di carattere nazionale, in ispecie per valore artistico, storico od archeologico, sarà stabilito, caso per caso, il partito da seguire pel loro consolidamento, con riguardo alle disposizioni del precedente art. 3.

## Art. 32.

Sono vietate le riparazioni degli edifici le cui fondazioni siano lesionate o insufficienti, se esse non siano previamente ridotte alle condizioni stabilite all'art. 4.

## Art. 33.

Gli edifici lesionati e non costruiti col sistema intelaiato o baraccato, elevanti oltre il piano terreno, previamente ridotti, ove occorra, a norma del precedente art. 30, devono essere rafforzati da montanti di legno, di ferro, o di cemento armato, infissi solidamente a incastro nelle fondazioni, continui fino alla sommità dell'edificio e rilegati fra loro da cinture al piano della risega di fondazione, e a quelli del solaio e della gronda, in modo da formare un'armatura a gabbia. I detti montanti debbono essere collocati almeno in corrispondenza di tutti gli spigoli dell'edificio e in ogni caso a distanza non maggiore di 5 m. l'uno dall'altro.

Le cinture debbono essere riunite con le travi del solaio, prolungandone una almeno ogni 3 m., impalettata esternamente. In mancanza, si debbono porre chiavi passanti ad ogni 3 m. almeno di distanza.

Negli edifici ad un solo piano può essere omesso l'ingabbiamento, ottemperando però a tutte le altre prescrizioni enunciate nei precedenti articoli, a condizione che le grossezze dei muri corrispondano alle norme contenute nell'art. 8 (comma c).

## Art. 34.

Le murature comunque lesionate, che presentano strapiombo o si manifestano eseguite coi sistemi esclusi all'art. 5, nonchè quelle in cui si nota fessuramento diffuso, debbono essere demolite.

Quelle semplicemente lesionate, che non presentino i caratteri anzidetti, oltre a quanto è prescritto all'art. 33, debbono venire riparate, riprendendone la costruzione per ciascuna lesione con muratura da farsi esclusivamente con buona malta, fino ad immorsarsi, con profondi attacchi, con la parte sana.

È vietato l'impiego di archi di muratura per puntellamento o collegamento di muri.

#### Art. 35.

Gli edifici di cemento armato, che presentino lesioni tali nelle membrature dell'ossatura resistente, da renderli inutilizzabili, debbono essere demoliti e rifatti per tutta la parte alla quale si estende la funzione portante della membratura danneggiata.

Quelle intelaiate di altri sistemi, o semplicemente baraccate, che si trovino nello stesso caso, possono essere riparate, sostituendo con altri nuovi gli organi lesionati, purchè si provveda ad un collegamento ben rigido colla rimanente armatura o intelaiatura.

#### Art. 36.

Nel caso di edifici non interamente caduti od abbattuti, alle parti da ripararsi vengono applicate le norme del presente Titolo, meno per quanto riguarda l'altezza, che deve ridursi uguale a quella permessa, a norma del precedente art. 26, per la parte da ricostruirsi.

### TITOLO IV.

#### Norme igieniche.

#### Art. 37.

Nelle costruzioni, ricostruzioni e possibilmente nelle riparazioni organiche debbono osservarsi le norme stabilite dalla legge 22 dicembre 1888, n. 5849.

L'altezza netta dei piani non sarà mai inferiore ai m. 3.

#### Art. 38.

Nella costruzione degli edifici scolastici dovranno osservarsi, oltre le prescrizioni del presente regolamento, anche le norme tecniche ed igieniche approvate con R. decreto 25 novembre 1900, n. 484.

## TITOLO V.

## Sanzioni.

## Art. 39.

Qualunque inosservanza delle disposizioni contenute nelle presenti norme è punita con l'ammenda da L. 10 a L. 1000 e, nei casi più gravi, con l'arresto fino a 6 mesi.

Alla pena medesima soggiace, oltre il committente, anche il direttore, appaltatore o assuntore dei lavori, ai quali può inoltre essere inflitta la sospensione dall'esercizio della professione o dell'arte.

## Art. 40.

Appena avuta notizia del fatto costituente la contravvenzione, il Pretore dovrà immediatamente ordinare gli accertamenti e rilievi che reputi necessari, e disporre tutti i provvedimenti che ritenga indispensabili ai fini delle presenti norme, compresa, ove occorra, la demolizione delle opere. Egli può valersi di tale facoltà, in ogni tempo e in qualunque stato e grado del giudizio.

Spetta pure al Pretore richiedere all'uopo l'ufficio di uno o più periti, scegliendo questi di preferenza nel personale tecnico dello Stato o di altra pubblica Amministrazione.

## Art. 41.

Salva l'applicazione dell'articolo precedente, i lavori che siano con sentenza irrevocabile riconosciuti non conformi alle prescrizioni delle presenti norme saranno modificati, e, ove risulti necessario, distrutti a spese dei contravventori.

Quando ai fini del giudizio siano necessari accertamenti tecnici, il Pretore, sentita la parte o le parti, nomina d'ufficio uno o più periti nel modo indicato nel precedente articolo. Non sono ammesse controperizie.

## Art. 42.

Una copia di ogni ordinanza o sentenza che venga pronunciata in esecuzione delle precedenti disposizioni, dovrà entro 5 giorni dalla sua data essere trasmessa al competente Ufficio del Genio civile.

## Art. 43.

Per tutte le costruzioni, ricostruzioni e riparazioni di cui è parola nelle presenti norme, la facoltà attribuita al Prefetto dall'art. 378 della legge sui lavori pubblici, è estesa anche in ordine alle modificazioni e alle demolizioni che egli ritenesse necessarie.

## Art. 44.

Ogni elettore amministrativo ha diritto di richiedere, anche in giudizio, limitatamente al territorio del comune nelle cui liste trovasi iscritto, che vengano eseguite le disposizioni contenute nelle presenti norme.

Lo stesso diritto appartiene al Ministero dei Lavori pubblici, sia direttamente, sia a mezzo dei suoi funzionari locali, nonchè per le costruzioni, ricostruzioni e riparazioni che venissero fatte nel territorio del comune alla rappresentanza comunale.

## Art. 45.

Le disposizioni di cui agli articoli 40, 41, 42, 43 e 44 sono applicabili anche quando l'azione penale sia prescritta o altrimenti estinta.

## Art. 46.

I sindaci, gli ufficiali del Genio civile, gl'ingegneri degli Uffici tecnici provinciali e comunali, gli agenti della forza pubblica, le guardie doganali e forestali, e in genere tutti gli agenti giurati a servizio dello Stato, delle provincie e dei comuni, sono incaricati di invigilare per la esecuzione delle disposizioni contenute nelle presenti norme.

## TITOLO VI.

**Disposizioni transitorie.**

## Art. 47.

Per i lavori di costruzione, ricostruzione e riparazione degli edifici, che si trovino in corso di esecuzione alla data della pubblicazione delle presenti norme, devono applicarsi le disposizioni dei Titoli precedenti, per quanto siano compatibili con lo stato avanzato delle costruzioni.

Spetta al sindaco, su conforme parere dell'Ufficio tecnico comunale, o di un perito scelto ai sensi dell'art. 40, di determinare caso per caso le modifiche o varianti che devono essere apportate alle opere in corso.

Contro l'ordinanza del sindaco è ammesso, entro quindici giorni dalla notifica, reclamo al Prefetto, il quale provvede in modo definitivo sentito l'Ufficio del Genio civile.

Il Prefetto può sempre, sentito il Genio civile, revocare o modificare d'ufficio l'ordinanza del sindaco.

Approvato dalla Commissione plenaria nelle sedute del 23 e 24 marzo 1909.

*Il Presidente*  
ITALO MAGANZINI.

*I Segretari*  
G. FORNARI  
G. CANONICA.





## ISTRUZIONI TECNICHE

sulle costruzioni di edifici nei territori sottoposti a scosse sismiche, e sui calcoli di stabilità e resistenza.

### I. - Modalità di costruzione.

Oltre alle buone regole d'arte e alle particolari prescrizioni contenute nelle Norme approvate con R. decreto del n. si consiglia l'osservanza delle norme e condizioni per le prove e per l'accettazione degli agglomeranti idraulici, e le prescrizioni normali per i cementi armati di cui al decreto 10 gennaio 1907; quelle per le prove e accettazione dei materiali ferrosi di cui al decreto 29 febbraio 1908; e tutte le altre che venissero stabilite circa i requisiti essenziali cui debbono soddisfare i materiali da costruzione.

Speciale riguardo si dovrà porre nell'assicurare la solidarietà, per quanto è possibile perfetta, delle strutture portanti verticali (muri, pilastri, costole montanti) con quelle orizzontali (solai, tetti e terrazzi) nei punti di incontro, poichè tale solidarietà costituisce il fattore più importante per dare ad un edificio la stabilità alle scosse sismiche.

Servono a questo scopo:

*nelle costruzioni murarie*, le catene o le travi da solaio impalettate, in quanto rendono solidale colle strutture portanti dei solai una porzione più o meno grande dei muri su cui riposano;

*nelle costruzioni baraccate*, l'uso delle squadre di irrigidimento degli attacchi delle travi coi montanti;

*nelle costruzioni di cemento armato*, la continuità dell'armatura metallica delle travi entro le costole montanti e viceversa, combinata con robusti raccordi ricavati di getto nella massa cementizia.

### II. - Ipotesi fondamentali dei calcoli di resistenza.

Alle azioni dinamiche si intendono sostituite sollecitazioni puramente statiche rappresentative degli effetti del terremoto, stabilite in rapporto colla accelerazione sismica e colle masse delle singole parti del fabbricato e dei sovraccarichi solidali con esso, supponendo che tali forze abbiano il tempo di sviluppare tutta l'azione deformatrice di cui sono capaci.

Perciò all'art. 24 delle Norme è stabilito che le forze da introdurre nei calcoli degli edifici stabili alle scosse sismiche si debbano empiricamente fissare in conveniente rapporto col peso delle singole parti del fabbricato e di tutto quanto è collegato ad esso in modo rigido.

Per quanto concerne le forze verticali, tutto si riduce a considerare amplificati di una opportuna percentuale i pesi del fabbricato e del sovraccarico <sup>(1)</sup>.

(1) Da ciò ne segue anzi tutto un aumento nelle sollecitazioni delle travi dei solai e dei tetti, e resta quindi assicurata, come è indispensabile, una maggior larghezza nel progettarle. In secondo luogo risultano pure degli incrementi negli sforzi normali delle parti portanti verticali (muri e montanti), che si devono sommare con quelli prodotti dalle forze orizzontali rappresentatrici delle scosse ondulatorie, come effetto di reazione sugli appoggi.

Tale aumento percentuale dei pesi per tener conto dell'azione dinamica della scossa sussultoria fu scelto, negli esempi di calcolo annessi, uguale al 50 per  $\%$ .

Per quanto concerne le forze orizzontali, esse vanno stabilite in base ad una accelerazione uguale ad una frazione della gravità, determinata, caso per caso, sulla scorta delle osservazioni sismiche locali, e da controllarsi applicando i procedimenti di verifica a speciali tipi di fabbricati, di cui siasi constatata in modo abbastanza generale l'incolumità.

Tenuto poi conto che l'ampiezza delle oscillazioni provocate dalle scosse sismiche in un edificio aumenta dal basso all'alto, e per uniformarsi a quanto prescrive l'art. 7 delle Norme, secondo il quale il centro di gravità dei fabbricati stabili ai terremoti deve riuscire più al basso che sia possibile, si determineranno le forze orizzontali relative al piano sovrastante a quello terreno negli edifici normali, aumentando del 50 per  $\%$  il rapporto fra la accelerazione orizzontale e la gravità, scelto come è sopra detto, il quale rapporto vale tal quale per il loro piano terreno e per gli edifici bassi.

Per gli edifici eccezionali, di cui all'art. 3, tale aumento si applicherà per tutta l'altezza, per compensare con più largo margine di stabilità i più gravi pericoli di rovina.

Per gli esempi di calcolo annessi alle presenti istruzioni, nella incertezza dei dati numerici sulla accelerazione orizzontale conseguente al moto sismico e rappresentativa dell'effetto del medesimo sul fabbricato (la quale accelerazione è l'elemento caratteristico più importante delle scosse di terremoto), è sembrato unico mezzo sicuro quello di dedurre un valore praticamente utile, riferendosi alle dimensioni dei buoni sistemi baraccati della Calabria, che hanno sopportato senza gravi inconvenienti il terremoto del 1908. Ciò ha condotto a stabilire come rapporti fra le forze orizzontali da introdurre convenzionalmente nei calcoli, e i corrispondenti pesi, i numeri seguenti:

*ultimo dopo  
zioni di cui  
mentavo a*  $\frac{1}{12}$  per il piano terreno degli edifici normali non più alti di 10 metri;  
 $\frac{1}{8}$  per il piano superiore dei detti edifici, e per quelli eccezionali in genere.

Tali criteri si devono però intendere proposti senza pregiudizio degli ulteriori accertamenti scientifici, i quali potessero indurre a modificare le ipotesi e i valori numerici dei rapporti, e riservando al discernimento degli autori dei progetti la scelta di rapporti più grandi, intesi ad assicurare un più largo margine di stabilità in circostanze speciali.

In ogni modo si deve tenere presente che un calcolo fatto in base ai rapporti anzidetti, ma sempre cogli abituali carichi di sicurezza, rappresenta (per il largo margine che intercede fra questi carichi di sicurezza ed i limiti di elasticità e di rottura) una sufficiente garanzia rispetto a scosse di potere distruttivo assai maggiore di quello definito dai rapporti stessi, quali devono verificarsi per provocare disastri di tanta gravità. D'altra parte poi le sollecitazioni dovute agli effetti sismici sono di brevissima durata e si verificano a grandi intervalli di tempo.

Quanto alla prescrizione di considerare le forze orizzontali successivamente nelle due direzioni fondamentali (lunghezza e larghezza) del fabbricato e nei due sensi di ogni direzione, devesi notare che:

1° la verifica nelle due direzioni può essere superflua quando risulti in modo certo che per una di esse la resistenza è meglio assicurata che per

l'altra, nel qual caso basta verificare questa seconda, la quale presenta il lato più debole ;

2° la verifica nei due sensi è inutile a meno che non si tratti di strutture non simmetriche, o con sezioni non simmetriche rispetto all'asse di flessione, quando siano costruite con materiali che si comportano diversamente rispetto alla trazione ed alla compressione, o tali in generale che, nei rapporti del lavoro del materiale, siavi differenza secondochè la spinta sismica è diretta in un verso piuttosto che nell'altro.

È sottinteso che, quando la particolare conformazione di un sistema speciale lo esiga, si potrà eseguire la verifica della resistenza rispetto ad una scossa altrimenti diretta, considerando le componenti delle forze a cui dà luogo nelle due direzioni fondamentali dell'edificio, salvo ad applicare il principio della sovrapposizione degli effetti.

### III. - Sistemi resistenti.

Lo studio pratico dei sistemi resistenti negli edifici si può ridurre al caso delle travature piane.

Nel senso della larghezza dell'edificio, ciascun telaio completo piano, formato di costole verticali o montanti e di travi trasversali o correnti, collegati in modo da costituire un unico sistema resistente con sufficiente base di appoggio, è da considerare come una travatura resistente alle forze testè definite.

Nel senso della lunghezza, qualora vi sieno delle soluzioni di continuità fra i collegamenti orizzontali, oppure esistano degli ambienti in cui tali collegamenti risultino imperfetti, come nel caso delle scale, la struttura resistente si calcolerà ritenendola suddivisa in più travature fra loro indipendenti.

Rispetto al tipo dell'armatura debbono contemplarsi due categorie principali di travature e cioè :

1ª quelle rese indeformabili per mezzo di diagonali formanti un sistema più o meno complesso, ma sempre staticamente completo ad elementi triangolari, ovvero irrigidite per mezzo di pareti che, per la loro struttura armata e per il perfetto loro collegamento colle costole montanti e colle travi correnti che ne costituiscono la cornice, assicurino la indeformabilità statica del sistema.

*telaio denso*

Data la equivalenza delle travature a parete piena e di quelle reticolari per quanto riflette il modo di resistere delle membrature principali, queste si calcolano indipendentemente dal fatto che si tratti dell'uno o dell'altro tipo.

Il carattere fondamentale di questi sistemi sta in ciò che, astraendo dalle azioni locali delle forze distribuite, le loro membrature sono chiamate a resistere a semplice compressione o trazione;

2ª quelle nelle quali i mezzi di irrigidimento sono limitati al robustamento degli attacchi delle costole colle travi nei punti di incrocio, e in genere tutte quelle che, sì per incompleta controventatura, sì per deficienza di rigidità e di collegamenti delle pareti coll'ossatura della fabbrica, non presentino in modo sicuro le condizioni della 1ª categoria.

*telaio rado*

Per questi sistemi la funzione resistente è concentrata in travature a maglie quadrangolari, le cui membrature sono chiamate a resistere sopra tutto a flessione.

In caso di strutture di genere intermedio a queste due caratteristicamente definite, si dovranno adottare convenienti ipotesi, amplificando o riducendo le sollecitazioni per tener conto del modo di resistere delle speciali costruzioni considerate ; tenendo però di regola generale, in caso di dubbio, l'applica-

zione dei metodidi calcolo che danno luogo a sollecitazioni più gravi del sistema resistente.

#### IV. - Ripartizione delle forze rappresentative degli effetti sismici.

Per il calcolo d'insieme del sistema, a ciascuna delle travature sopra definite si applicano le forze sviluppate nella corrispondente parte di edificio compresa fra le mezzerie degli scomparti adiacenti, nelle quali le travature lo suddividono.

Nel computo delle forze orizzontali si possono trascurare :

a) le strutture murarie parallele alla direzione della forza che si considera quando :

1° dette strutture conservino l'ufficio di sostenere il proprio peso, il che succede tuttavolta che la loro continuità non sia interrotta dalle membrature del sistema portante ;

2° si tratti di murature non disgregabili, e cioè rispondenti alle prescrizioni degli art. 5 e 8 delle Norme.

b) i sopraccarichi dei mobili nelle case ad uso di abitazione ed uffici, semprechè risultino facilmente spostabili. Invece si deve tener conto dei sopraccarichi dipendenti da mobili pesantissimi, quali scaffali di archivio, e librerie, e così pure è da calcolare il peso corrispondente a derrate o merci nei locali ad uso magazzino.

Sempre pel calcolo d'insieme le forze orizzontali si possono concentrare in corrispondenza dei piani dei solai o di gronda, attribuendo a ciascuno di essi le forze ripartite nel campo compreso fra metà e metà altezza di ogni piano.

Sarà poi opportuno in determinati casi di fare inoltre calcoli particolarreggiati per tener conto dell'effettiva distribuzione delle forze lungo le membrature del sistema, considerate come solidi resistenti isolatamente.

Un temperamento alle norme stabilite per la valutazione delle forze orizzontali è opportuno anche per riguardo alla massa delle pareti normali alla direzione della scossa, se eseguite come è detto sopra in a).

Esso dovrebbe a rigore consistere nel tener conto dell'attitudine di ogni buona muratura a prender su di sè quella parte della sollecitazione a flessione che, combinata col minimo sforzo normale di compressione simultaneo, dà luogo ad uno stato limite di buona resistenza valutato cogli abituali carichi di sicurezza, facendo anche eventualmente assegnamento sopra una piccola resistenza delle malte alla trazione, per esempio di  $\frac{1}{2}$  kg. per  $\text{cm}^2$ .

Nei casi ordinari, ad evitare calcoli laboriosi, si potrà (come si è fatto nell'esempio 1°) adottare il seguente metodo speditivo, limitandolo però alle sole murature del piano terreno. La forza orizzontale che ogni parete normale alla direzione della scossa trasmette al telaio del primo ripiano, quando si tratti di murature rispondenti alle prescrizioni degli art. 5 ed 8 suddetti, si ridurrà della quantità che misura al livello di detto primo ripiano la stabilità propria del muro sottostante. Per l'accelerazione supposta negli esempi qui uniti ( $\frac{1}{12}$  della gravità del piano terreno) la riduzione corrisponderà al terzo del peso del muro moltiplicato pel rapporto fra la grossezza al piede e l'altezza.

*muri trasversali  
dei piani terreni  
o degli scantinati*

### V. - Ipotesi semplificative.

Per i sistemi di 1<sup>a</sup> categoria indicati nel § III, si dovrà ammettere:

a) che di due diagonali di irrigidimento, sistemate in uno stesso riquadro, ne lavori soltanto una, scegliendo quella più rigida rispetto al genere di sollecitazione che le compete, in dipendenza della natura del collegamento;

b) che la sollecitazione di una determinata diagonale sia uguale allo sforzo di taglio relativo alla sezione trasversale che la incontra a metà lunghezza, diviso pel numero di diagonali parallele e collaboranti che la sezione sega, e per il coseno del loro angolo di inclinazione rispetto allo sforzo di taglio stesso.

Per i sistemi di 2<sup>a</sup> categoria si potrà ammettere, come procedimento approssimativo di calcolo, la perfetta rigidità dei ripiani (solai e tetti), il che equivale a supporre che, per azione delle forze orizzontali, essi scorrano parallelamente alla loro giacitura, inflettendo a forma di S i singoli tratti dei montanti tra piano e piano. In tale ipotesi ognuno di questi montanti viene cimentato, nei suoi attacchi rigidi colle strutture orizzontali che lo suddividono in più tronchi, da momenti flettenti di facile calcolo. Data la concentrazione delle forze al livello dei ripiani, di cui al paragrafo precedente, tali momenti risultano semplicemente uguali alla somma delle forze applicate ai ripiani sovrastanti al tronco di montante che si considera, moltiplicata per la metà dell'altezza del tronco stesso. Questa regola è applicata nel primo degli esempi del calcolo relativo ad un sistema con membrature di legno della seconda categoria.

Il secondo esempio illustra il procedimento di calcolo di un sistema di cemento armato della prima categoria.

### VI. - Metodi di calcolo più razionali.

È naturale però che le Norme non escludano procedimenti di calcolo più razionali fondati sopra un'indagine più rigorosa sul modo di resistere dei sistemi alle sollecitazioni, soprattutto per quelli della 2<sup>a</sup> categoria.

Nel caso di strutture non troppo complesse, come quelle a cui si possono ridurre gli edifici eccezionali ad un solo ambiente (come chiese, teatri e simili), è particolarmente raccomandabile il procedimento rigoroso, che consiste nello studio statico di un sistema formato da due montanti incastrati al piede e collegati rigidamente ad un architrave in sommità.

In questo ordine di idee si svolge il terzo esempio, il quale riassume le formule fondamentali, del resto note, per la risoluzione del problema anzidetto fondata sulla teoria dell'elasticità.

In generale poi va inteso che in tutto quanto non specifichino le presenti istruzioni, si dovranno seguire gli abituali metodi di indagine della scienza delle costruzioni, applicando, come si è già detto, i carichi di sicurezza adottati nelle costruzioni ordinarie, e tenendo presenti le norme e le prescrizioni sancite dai regolamenti emanati e da emanarsi per i materiali da usare nelle costruzioni dipendenti dal Ministero dei Lavori pubblici.



## ESEMPI DI CALCOLO DI COSTRUZIONI RESISTENTI ALLE SCOSSE SISMICHE

### I.

**ESEMPIO I.** — *Edificio a due piani con doppia fila di ambienti, costruito secondo il sistema baraccato, ad ossatura di legno completa, cioè con montanti rigidamente collegati alle travi maestre dei solai, ai correnti incatenanti i muri e al telaio in sommità dell'edificio, che, alla sua volta, forma sistema colle incavallature del tetto.*

Ne risulta il sistema a maglie quadrilatero, rappresentato nella fig. 1.

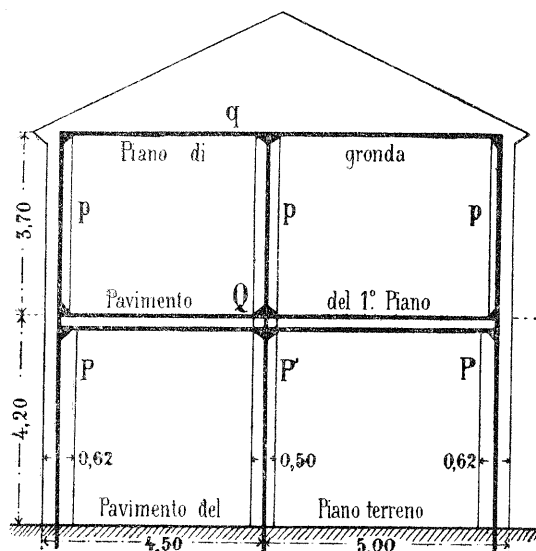


Fig. 1.

Le dimensioni fondamentali della sezione trasversale dell'edificio, indicate nella figura, sono:

Altezza del piano terreno,  $h_1 = \text{m. } 4,20$ ;

Altezza del 1° piano,  $h_2 = \text{m. } 3,70$ ;

Larghezza degli ambienti, misurata dai paramenti esterni dei muri di perimetro alla mezzaria del muro di colmo, m. 4,50 e m. 5;

Groschezza dei muri di perimetro: m. 0,62 al piano terreno, e m. 0,50 al 1° piano;

Groschezza costante del muro intermedio: m. 0,50.

Struttura dei muri:

Al piano terreno, struttura di mattoni, pesante  $1700 \text{ kg/m}^2$ ;

Al 1° piano, struttura a vespaio di mattoni vuoti, pesante  $800 \text{ kg/m}^2$  di volume apparente;

Solaio sopra il piano terreno di legno, con assito, pavimento di pianelle e soffitto leggero: peso totale (escluso il sopraccarico),  $150 \text{ kg/m}^2$ ;

Tetto con materiale di coperta di peso non superiore a  $45 \text{ kg/m}^2$  e soffitto leggero per il 1° piano: peso totale,  $120 \text{ kg/m}^2$ .

**Analisi dei pesi.**

Per un tratto di edificio lungo m. 2,50, supponendo che a tanto ammonti la distanza media alla quale sono distribuiti i telai trasversali dell'ossatura, e ritenuto che l'alleggerimento dovuto ai vani equivalga ad  $\frac{1}{5}$  del peso totale, risulta:

Per i muri del piano terreno:

$$\text{Muri di perimetro, ciascuno } 4,20 \left( \frac{4}{5} \cdot 2,50 \right) 0,62 \times 1700 = 8854 \text{ kg.}$$

$$\text{Muro intermedio, } 4,20 \left( \frac{4}{5} \cdot 2,50 \right) 0,50 \times 1700 = 7140 \text{ kg.}$$

Per i muri del 1° piano:

$$\text{ciascuno, } 3,70 \left( \frac{4}{5} \cdot 2,50 \right) 0,50 \times 800 = 2960 \text{ kg.}$$

Per il solaio sopra il piano terreno:

$$2,50 (9,50 - 2 \times 0,62 - 0,50) \times 150 = 2910 \text{ kg.}$$

Per il tetto:

$$2,50 (9,50 + 0,60) \times 120 = 3030 \text{ kg.}$$

Facendo uso delle notazioni della figura, i precedenti pesi espressi in tonnellate si indicheranno coi simboli seguenti:

$$P = 8,85 \quad P' = 7,14 \quad p = 2,96$$

$$Q = 2,91 \quad q = 3,03.$$

**Calcolo delle forze orizzontali.**

Supposta una uguale ripartizione fra i tre montanti che formano sistema, e calcolando le forze orizzontali rispetto ai corrispondenti pesi in base ai rapporti

$\frac{1}{12}$  per le strutture del piano terreno,

$\frac{1}{8}$  per le strutture del 1° piano,

si deducono le seguenti forze orizzontali, rappresentatrici degli effetti sismici (fig. 2):

$$R_1 = \frac{1}{12} \frac{2P + P'}{3} = 0,69 \text{ t}$$

$$S_1 = \frac{1}{12} \frac{Q}{3} = 0,08 \text{ t}$$

$$R_2 = \frac{1}{8} p = 0,37 \text{ t}$$

$$S_2 = \frac{1}{8} \cdot \frac{1}{3} q = 0,13 \text{ t.}$$

**Concentramento delle forze orizzontali.**

A livello del piano di gronda:

$$F_2 = S_2 + \frac{1}{2} R_2 = 0,31 \text{ t.}$$

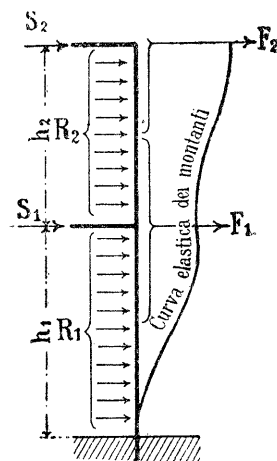


Fig. 2..



Per il calcolo della forza  $F_1$ , concentrata a livello del solaio, si tiene conto della riduzione alla quale dà luogo la stabilità propria del muro al piano terreno, supposto costruito in modo da soddisfare alle esigenze che le istruzioni indicano a giustificazione della ipotesi che esso sia in grado di contribuire a reggersi, o di reggersi del tutto da sé.

Tale riduzione consiste nel sottrarre dalla spinta a livello del solaio una forza uguale al peso totale della parete, moltiplicato per il terzo del rapporto fra la sua grossezza al piano del pavimento e l'altezza del muro.

Nel caso presente, trattandosi di muri la cui grossezza media fra quelli di perimetro e l'intermedio è superiore all'ottava parte dell'altezza, la loro stabilità, secondo le convenzioni accettate, è sufficientemente garantita senza il sussidio del telaio.

Si ha quindi semplicemente:

$$F_1 = \frac{1}{2} R_2 + S_1 = 0,18 + 0,08 = 0,26 \text{ t.}$$

Se ne deducono i seguenti

**Momenti d'incastro sollecitanti ciascun montante.**

Al primo piano:

$$M_2 = F_2 \frac{1}{2} h_2 = 0,31 \times \frac{3,70}{2} = 0,573 \text{ t. m.}$$

Al piano terreno:

$$M_1 = (F_1 + F_2) \frac{1}{2} h_1 = (0,26 + 0,31) \frac{4,20}{2} = 1,197 \text{ t.m.}$$

**Effetto delle azioni locali.**

Consiste nella flessione dei montanti, costretti a sopportare la forza orizzontale ripartita lungo le pareti, per concentrarla a livello dei ripiani.

Data l'ipotesi fatta sulle proprietà statiche dei muri del piano terreno, non sarebbe ragionevole considerarvi tale flessione in aumento della sollecitazione già dedotta per i corrispondenti tronchi dei montanti.

Al 1° piano si ha in corrispondenza degli incastri nelle travature del solaio e del tetto:

$$M' = \frac{1}{12} R_2 h_2 = \frac{0,37 \times 3,70}{12} = 0,114 \text{ t. m.,}$$

sempre in valore assoluto.

Quindi a livello del solaio, ove  $M'$  ed  $M_2$  hanno lo stesso segno, si ha il momento risultante:

$$M_2' = M' + M_2 = 0,687 \text{ t. m.}$$

A livello della gronda, ove i due momenti hanno segni opposti, si ha:

$$M_2'' = M_2 - M' = 0,459 \text{ t. m.}$$

**Calcolo dei montanti di legno a sezione quadrata per un carico di sicurezza di 60 kg./cm<sup>2</sup>.**

Lato della sezione del montante in cm. al piano terreno

$$\sqrt[3]{100000 \frac{M_1}{60}} = 10 \sqrt[3]{10 M_1} = 23 \text{ cm.}$$

al 1° piano

$$10 \sqrt[3]{10 M_2'} = 19 \text{ cm.}$$

a livello della gronda

$$10 \sqrt[3]{10 M_2''} = 17 \text{ cm.}$$

**Sollecitazione e calcolo dei correnti di collegamento.**

È questa la sollecitazione più grave dei sistemi a maglie quadrilatera.

Essa risulta di momenti di incastro, uguali alla differenza dei momenti flettenti, che sollecitano il montante immediatamente al di sotto e immediatamente al di sopra dell'attacco del corrente.

Siccome questi momenti hanno segno opposto, il momento di incastro anzidetto è uguale alla somma dei loro valori assoluti.

Nel caso presente si ha dunque

$$M = M_1 + M_2' = 1,197 + 0,687 = 1,884 \text{ t. m.}$$

Suppongasi ora che il solaio sia retto da travi maestre normali ai muri di prospetto e sistemate, come è regola indispensabile, in corrispondenza dei telai trasversali dell'ossatura resistente, di cui formano parte sostanziale grazie ai robusti collegamenti d'angolo, che vengono particolarmente raccomandati. Risulta che alla sollecitazione  $M$  sono chiamate a resistere membrature di due specie e precisamente:

1° correnti dissimulati nei muri trasversali, che sono in grado di aiutarli più o meno efficacemente nella loro importantissima funzione statica, se ben collegati col telaio di cornice;

2° travi da solaio soggette simultaneamente alla flessione provocata da carichi verticali che insistono su di esse (peso proprio del solaio e sopraccarichi effettivamente esistenti) e che si devono aumentare del 50 % per tener conto delle azioni dinamiche della scossa sussultoria.

Sembra quindi ragionevole ripartire equamente fra correnti e travi i vantaggi dei primi e le maggiori sollecitazioni delle seconde, facendo assegnamento sulla loro solidarietà alla resistenza di cui qui si tratta, favorita dai correnti longitudinali, che si devono sistemare nei muri di facciata e in quello intermedio.

Cominciando dal tener conto delle maggiori sollecitazioni, e supposto che travi e correnti si alternino per la presenza di un muro trasversale ogni m. 5,00, e che si abbia su ciascuna delle travi un sopraccarico totale di 200 kg. circa, si calcola il momento flettente agli incastri nel modo seguente. Sostituita per semplicità alle lunghezze effettive di ciascuna delle due campate la lunghezza media contata dalle mezzarie dei montanti, ossia m.  $\frac{9,50 - 0,62}{2}$

si ha come carico sovrastante espresso in tonnellate  $\frac{1}{2}Q + 0,20$ . Applicandovi l'aumento del 50 % risulta dunque

$$M_0 = \frac{1}{12} 1,5 \left( \frac{1}{2} Q + 0,20 \right) \frac{9,50 - 0,62}{2} = 0,918 \text{ t. m.}$$

Se ne deduce il massimo momento flettente all'incastro, della coppia trave-corrente, sommando insieme le sollecitazioni  $M + M_0$  relative alla trave con quella  $M$  del corrente:

$$M + M_0 + M = 4,686 \text{ t. m.}$$

Di questo momento una parte, verosimilmente grande, è sopportata dai muri trasversali, che funzionano come un imperfetto controventamento delle maglie quadrilatera, reagente soltanto per compressione.

Volendo abbondare a favore della stabilità, riterremo che tale aliquota sia del 40 % soltanto, cosicchè ciascuna delle due membrature sarà chiamata a reggere un momento di incastro uguale a

$$0,30 \times 4,686 = 1,406 \text{ t. m.}$$

Vi corrisponde, scelto il solito carico di sicurezza di 60 kg/cm<sup>2</sup>, una trave di legno di cm. 16  $\times$  cm. 30.

#### Sollecitazione e calcolo delle catene del tetto.

Esse costituiscono i correnti di coronamento dell'edificio, quindi nei loro attacchi coi montanti vanno soggette a momenti di incastro del genere di quelli esaminati nel paragrafo precedente.

Tali momenti sono semplicemente uguali a quelli che sollecitano i montanti in sommità. Si ha dunque nel caso presente

$$M_2'' = 0,459 \text{ t. m.}$$

Inoltre le catene sono sollecitate dallo sforzo di trazione, corrispondente alla spinta del tetto, che si deve calcolare in base al carico insistente sulle incavallature, aumentato del 50 %.

Nel caso presente, dedotto il peso del soffitto leggero e della piccola orditura relativa, si può ritenere che il carico statico raggiunga 100 kg/m<sup>2</sup>.

Supposta quindi la monta uguale ad  $\frac{1}{4}$  della luce e per conseguenza la spinta  $T$  metà del carico totale, si deduce

$$T = \frac{1}{2} 1,5 \times 100 \times 2,50 \times 9,50 = 1781 \text{ kg.}$$

Combinando le due sollecitazioni si deduce, per il solito carico di sicurezza, una sezione netta di cm. 15  $\times$  cm. 18 circa.

#### Sollecitazioni a sforzo normale dei muri di facciata e loro verifica.

(Forze verticali)

L'ipotesi della indeformabilità dei solai e del tetto, combinata con quella della concentrazione delle forze orizzontali in corrispondenza dei piani di pavimento e di gronda, equivale ad ammettere i punti di flesso dei montanti a

metà altezza di ciascun tronco. Se quindi si trascura l'influenza del montante sistemato nel muro intermedio riesce facile calcolare gli sforzi normali provocati dalle forze orizzontali, prendendone i momenti rispetto ai sottostanti punti di flesso.

Detta  $l$  la distanza fra gli assi dei montanti di facciata che è uguale a m. 8,88, si ha immediatamente:

per il 1° piano, essendo  $\frac{h_2}{2}$  il braccio di leva delle 3 forze  $F_2$  concentrate all'estremità superiore di ciascun montante,  $N_2 = 3 F_2 \frac{h_2}{2l}$

$$\text{per il piano terreno } N_1 = \frac{1}{l} \left[ 3 F_2 \left( h_2 + \frac{h_1}{2} \right) + 3 F_1 \frac{h_1}{2} \right]$$

Sostituendo i valori di  $F_1$  e di  $F_2$ , risultano gli sforzi

$$N_2 = 0,19 \text{ t.} \qquad N_1 = 0,79 \text{ t.}$$

che possono essere sia di trazione, sia di compressione, e si dovranno sommare algebricamente colle compressioni prodotte dalle forze verticali.

Limitando la ricerca a livello del pavimento del piano terreno, si calcolino anzitutto i pesi incombenti su ciascuno dei muri di facciata.

Ritenuto per semplicità che a ciascuno dei muri sottostanti si trasmette il carico dei solai compreso fra il muro stesso e la mezzaria della campata adiacente e che il peso  $q$  del tetto si ripartisca ugualmente fra i due muri di facciata, si ottiene

$$P + p + \frac{1}{4} Q + \frac{1}{2} q = 14,06 \text{ t.}$$

il cui effetto, in conseguenza delle scosse sussultorie, si ritiene aumentabile del 50 % per dedurne, sommandolo con  $N_1$ , la compressione massima  $1,5 \times 14,06 + 0,79 = 21,88 \text{ t.}$

Si può poi calcolare un minimo della pressione riducendo del 20 % la somma dei pesi e sottraendone lo sforzo  $N_{10}$ , con che si ottiene

$$0,8 \times 14,06 - 0,79 = 10,46 \text{ t.}$$

D'altra parte il muro, ritenuto stabile di per sè, deve resistere alla spinta  $R_1$ , che genera il momento

$$R_1 \frac{h_1}{2} = 0,69 \frac{4,20}{2} = 1,449 \text{ t.m.}$$

Il centro di pressione cade quindi ad una distanza massima dalla metà del muro uguale a  $\frac{1,449 \text{ t.m.}}{10,46 \text{ t.}} 100 = \text{cm. } 14 \text{ circa}$ , e la stabilità, avendo il muro cm. 62 di grossezza, è largamente assicurata.

Per il muro intermedio si ha:

$$\text{Compressione minima} = 0,8 (P' + p + \frac{1}{2} Q) = 9,24 \text{ t.}$$

L'eccentricità massima sarà dunque  $\frac{1,449 \text{ t.m.}}{9,24 \text{ t.}} 100 = \text{cm. } 15,7$  e, trattandosi di un muro di 50 cm. di grossezza, il centro di pressione disterà dallo spigolo cm. 9,3.

Facendo astrazione dalla resistenza a trazione delle malte, e supposto che

$\frac{1}{3}$  della lunghezza del muro riesca inefficace per la presenza dei vani, si ha come cemento massimo della muratura

$$\frac{2 \times 9,24}{3 \times 9,30 \times \frac{2}{3}} 1000 = 4 \text{ kg/cm}^2 \text{ appena.}$$

## II.

ESEMPIO II. — *Edificio a due piani con doppia fila di ambienti, costruito in cemento armato con ossatura perfettamente irrigidita, riducibile per le verifiche di stabilità e resistenza ad un sistema a maglie triangolari.*

Le dimensioni fondamentali della sezione trasversale dell'edificio, indicate nella fig. 3, sono:

Altezza del piano terreno  $h_1 = \text{m. } 4,50$

Altezza del 1° piano  $h_2 = \text{m. } 4,00$

Larghezza degli ambienti misurata dai paramenti estremi dei muri di perimetro alla mezzaria del muro intermedio

m. 4,00

e

m. 4,50

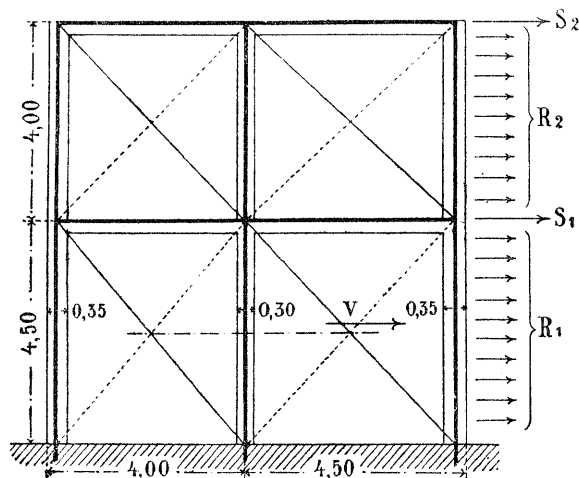


Fig. 3.

L'ossatura consiste in tre file di pilastri. Quelli corrispondenti alle due file di facciata hanno sezione quadrata di 35 cm. di lato, mentre i pilastri della fila intermedia ne hanno 30 appena.

Si suppone che i pilastri di una medesima fila siano distanziati di m. 4,00 da asse ad asse. Ad altrettanto ammonta quindi la lunghezza dello scomparto che interessa un telaio trasversale completo, composto di tre montanti, delle travi del solaio e del coperto e delle pareti di irrigidimento.

Tali pareti possono essere costituite da una soletta armata semplice o doppia, ovvero da una struttura di riempimento, nel qual caso si sottintende la presenza del numero indispensabile di diagonali.

Il piano terreno è composto di un solaio in cemento armato di tipo or-

dinario; il primo piano di un terrazzo pure in cemento armato, alleggerito per esempio da laterizi vuoti con sovrapposto strato d'asfalto protetto.

Si suppone che tanto il solaio quanto il terrazzo e le pareti (qualunque sia la loro struttura) pesino in media kg. 250 per m<sup>2</sup>.

Come peso del cemento armato si adotta, secondo le prescrizioni dell'allegato C al decreto del 10 gennaio 1907, il valore di 2500 kg/m<sup>3</sup>.

#### Analisi dei pesi di uno scomparto dell'edificio, lungo m. 4.

Peso dei muri del piano terreno :

$$2 \text{ pilastri } 2 \times 0,35 \times 0,35 \times 4,50 \times 2500 = 2750 \text{ kg.}$$

$$1 \text{ pilastro } 0,30 \times 0,30 \times 4,50 \times 2500 = 1010 \text{ kg.}$$

Peso delle pareti del piano terreno, ottenuto moltiplicando lo sviluppo complessivo della lunghezza in pianta dei muri stessi per l'altezza di m. 4,50 per il peso per m<sup>2</sup> di kg. 250 :

$$(8,50 + 12 - 4 \times 0,35 - 2 \times 0,30) 4,50 \times 250 = 20810 \text{ kg.}$$

Peso totale dei muri del piano terreno :

$$2750 + 1010 + 20810 = 24570 \text{ kg.}$$

Peso del solaio o del terrazzo :

$$8,50 \times 4 \times 250 = 8500 \text{ kg.}$$

Peso totale dei muri del 1° piano, la cui altezza è uguale a  $\frac{4}{4,50} = \frac{8}{9}$  quella dei muri del piano terreno.

$$\frac{8}{9} 24570 = 21840 \text{ kg.}$$

Calcolo delle forze orizzontali per l'intero scomparto in tonnellate.

$$R_1 = \frac{1}{12} 24,57 = 2,05 \text{ t.} \quad \frac{1}{8}$$

$$S_1 = \frac{1}{12} 8,50 = 0,71 \text{ t.} \quad \frac{1}{8}$$

$$R_2 = \frac{1}{8} 21,84 = 2,73 \text{ t.} \quad \frac{1}{6}$$

$$S_2 = \frac{1}{8} 8,50 = 1,06 \text{ t.} \quad \frac{1}{6}$$

Calcolo dei momenti flettenti.

A livello del pavimento del 1° piano :

$$M_2 = \left( S_2 + \frac{1}{2} R_2 \right) h_2 = \left( 1,06 + \frac{2,73}{2} \right) 4 = 9,68 \text{ t. m.}$$

A livello del pavimento del piano terreno :

$$\begin{aligned}
 M_1 &= R_1 \frac{h_1}{2} = 2,05 \times 2,25 = 4,612 \\
 &+ S_1 h_1 = 0,71 \times 4,50 = 3,195 \\
 &+ R_2 \left( h_1 + \frac{h_2}{2} \right) = 2,73 \times 6,50 = 17,745 \\
 &+ S_2 (h_1 + h_2) = 1,06 \times 8,50 = 9,010 \\
 M_1 &= \underline{\underline{34,562 \text{ t. m.}}}
 \end{aligned}$$

#### Sollecitazione a sforzo normale dei montanti (*Forze verticali*).

In conseguenza dei momenti flettenti sopra calcolati, i montanti estremi sono sollecitati l'uno a compressione, l'altro a trazione da uno sforzo che vale rispettivamente  $\frac{9,68}{8,50 - 0,35} = 1,19 \text{ t.}$  al 1° piano e  $\frac{34,56}{8,50 - 0,35} = 4,24 \text{ t.}$  al piano terreno.

Colla sollecitazione testè calcolata, devesi sommare quella dovuta al peso proprio del tratto di edificio considerato, escludendone soltanto il peso delle pareti del pianterreno, che si trasmette direttamente alle fondazioni.

Dall'analisi dei pesi si deducono i seguenti carichi insistenti sulla sezione d'incastro dei pilastri di facciata a livello del pavimento del piano terreno :

Pilastro del piano terreno (essendo 2,75 il peso  
della coppia di pilastri) . . . . .  $\frac{2,75}{2} = \text{t. } 1,38$

Pilastro del 1° piano . . . . .  $\frac{8}{9} 1,38 = \text{» } 1,22$

Peso di ciascun muro di facciata del 1° piano  
( $4 - 0,35$ )  $4 \times 0,25$  . . . . .  $= \text{» } 3,65$

Pressione esercitata dai muri trasversali, solai e terrazzo, sempre ammettendo le zone di concentramento limitate dalle mezzarie delle campate,

$$\frac{1}{4} [2 \times 8,50 + (8,50 - 2 \times 0,35 - 0,30) 4 \times 0,25] \text{ . . . . } = \text{» } 6,12$$

TOTALE.  $= \text{t. } \underline{\underline{12,37}}$

Aumentando il suddetto carico del 50 % per tener conto dell'effetto dinamico della scossa sussultoria, e sommandolo collo sforzo dovuto alle azioni orizzontali, si ottiene la compressione massima :

$$1,5 \times 12,37 + 4,24 = 22,79 \text{ t.}$$

Riducendolo del 20 % per tener conto della diminuzione di peso che può produrre l'accelerazione verticale, e sottraendone lo sforzo dovuto alle azioni orizzontali, si ottiene la compressione minima :

$$0,8 \times 12,37 - 4,24 = 5,66 \text{ t.}$$

### Effetto delle azioni locali.

Flessione prodotta dalle forze orizzontali ripartite lungo i pilastri di facciata.

Forza orizzontale applicata a ciascun pilastro di facciata al piano terreno corrispondente alla massa del pilastro stesso, a quella della parete di facciata e ad  $\frac{1}{3}$  della parete trasversale, supposto che la sua azione si suddivida ugualmente fra i 3 montanti:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{12} \left[ 1,38 + (4 - 0,35) 4,50 \times 0,25 + \right. \\ & \left. + \frac{1}{3} (8,50 - 2 \times 0,35 - 0,30) 4,50 \times 0,25 \right] = 0,69 \text{ t.} \end{aligned}$$

Momento flettente prodotto dalla forza suddetta, ritenuto secondo la consuetudine per il calcolo delle travi semi-incastrate di cemento armato uguale a

$$\frac{1}{10} 0,69 \times 4,50 = 0,310 \text{ t. m.}$$

### Calcolo dei pilastri.

Limitando la ricerca ai pilastri di facciata al piano terreno, si ha:

Compressione massima. . . . . = t. 22,79

Sforzo di taglio  $\frac{1}{3} (R_1 + S_1 + R_2 + S_2) = \gg 2,20$

Momento flettente. . . . . = t.m. 0,310.

Attesa però l'ipotesi vantaggiosissima in base alla quale sono state condotte le ricerche, e tenuto conto delle deficienze inevitabili dei collegamenti per la presenza di aperture nelle pareti, non è prudenza fare un troppo largo assegnamento su questo modo eccezionalmente favorevole di considerare la resistenza di un edificio.

Calcoleremo perciò i pilastri di cemento armato come se fossero privi di armatura e per il carico di sicurezza di 25 kg/cm<sup>2</sup>. Ne risulta, detto  $a$  il lato della sezione quadrata di ciascun pilastro,

$$\frac{22\,790}{a^2} + \frac{31\,000 \times 6}{a^3} = 25$$

e quindi  $a = 34$  cm.

Al collocamento ed alla percentuale dell'armatura si provvederà cogli abituali criteri, assicurando però meglio la solidarietà delle varie parti resistenti dell'ossatura.

### Calcolo delle membrature diagonali.

Se l'irrigidimento fosse ottenuto del tutto o in parte per mezzo di membrature diagonali, esse si calcolerebbero in base allo sforzo di taglio corrispondente alla sezione orizzontale, che le incontra a metà lunghezza.

Al piano terreno si ha (fig. 3): sforzo di taglio a m. 2,25 dal pavimento:

$$V = \frac{1}{2} R_1 + S_1 + R_2 + S_2 = 5,52 \text{ t.}$$



Se dunque vi ha una sola diagonale in ogni maglia quadrilatera, o, meglio, se essendovene due si suppone lavori soltanto la diagonale compressa, si ottiene come espressione dello sforzo, ritenuta l'inclinazione di  $45^\circ$ :

$$\frac{1}{2} 5,22 \sqrt{\frac{1}{2}} = 3,91 \text{ t.}$$

Ricorrendo alle formole dei solidi caricati di punta per la lunghezza massima della diagonale  $l = 450 \sqrt{2} \text{ cm.}$ , e ritenuta accettabile l'ipotesi intermedia fra quella delle estremità incastrate e quella delle estremità stesse libere di rotare, si ha per una sezione quadra di lato  $a$ , esprimendo tutto in cm. per un coefficiente di sicurezza uguale ad  $\frac{4}{8}$ :

$$3910 = \frac{1}{8} 2 \pi^2 \frac{E}{l^2} \frac{1}{12} a^4.$$

Si deduce quindi una sezione quadrata di 14 cm. di lato circa, alla quale si applicherà un'armatura più o meno robusta, secondochè la diagonale è destinata a resistere anche a trazione, e la parete dà o no un certo affidamento di collaborare con essa.

### Calcolo delle travi del solaio e del terrazzo.

Non presenta alcuna singolarità rispetto ai calcoli abituali delle costruzioni di cemento armato, salvo l'apprezzamento del carico sollecitante, da assumere del 50 % più grande del suo valore effettivo.

### III.

ESEMPIO III. — *Edificio eccezionale ad un solo piano (ambiente unico non intersecato da collegamenti intermedi, come chiese, teatri e simili).*

La costruzione dell'edificio si intende fatta secondo un qualsiasi sistema intelaiato con robustamenti che ne irrigidiscono gli angoli.

La travatura resistente in direzione trasversale consiste quindi in un telaio rettangolare (fig. 4) composto di due montanti incastrati al piede, di altezza  $h$  e riuniti rigidamente dall'architrave di lunghezza  $l$  che porta il coperto.

In questo caso merita, ed è anche cosa facile, procedere ad una verifica rigorosa della resistenza alle forze prescritte dal Regolamento, come rappresentatrici degli effetti sismici.

Tali forze, computate per ciascuno degli scomparti in cui le travature resistenti suddividono la lunghezza dell'edificio, hanno i valori seguenti:

a) in direzione orizzontale:

1° l'ottava parte del peso  $Q$  del coperto applicata a livello del piano di gronda;

2° l'ottava parte del peso  $P$  di ogni parete distribuita uniformemente lungo il rispettivo montante;

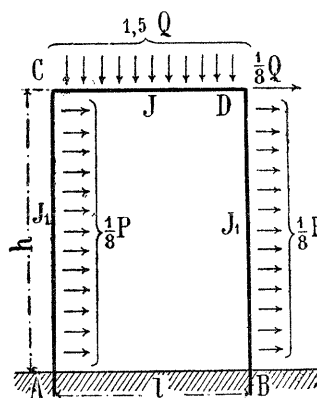


Fig. 4.

b) in direzione verticale:

3° un carico ripartito lungo la trave che regge il coperto, uguale al massimo ad  $1,5 Q$  e al minimo a  $0,8 Q$ , come già si è fatto negli esempi precedenti;

4° un carico applicato a ciascun montante, conseguenza del peso  $p$  della parte più o meno grande di parete che viene a gravare su di esso, secondo il tipo di costruzione della parete stessa.

Analogamente a quanto è dichiarato per il carico insistente sulla trave, anche il peso  $p$  si deve considerare amplificato al massimo ad  $1,5 p$  e ridotto al minimo a  $0,8 p$ , sempre per le considerazioni citate.

Esaminando l'effetto delle prime tre forze coi noti procedimenti della scienza delle costruzioni, applicati al telaio resistente sopra definito, si deducono le sollecitazioni dei montanti e della trave portante il tetto, che qui sono raccolte nel seguente prospetto per comodità di chi calcola.

Nelle formole seguenti, si è chiamato:

$J_1$  il momento d'inerzia medio di ciascun montante di lunghezza  $h$ ;

$E_1$  il modulo di elasticità del materiale di cui sono costituiti;

$I$  il momento d'inerzia medio dell'architrave di lunghezza  $l$ ;

$E$  il rispettivo modulo di elasticità.

Per brevità di notazione si è inoltre posto

$$\psi = \frac{E J h}{E_1 J_1 l}$$

Si ha in valore assoluto:

EFFETTI DELLE FORZE ORIZZONTALI			Effetti del carico amplificato $1,5 Q$	
a livello della gronda $\frac{1}{8} Q$	distribuite su ciascun montante $\frac{1}{8} P$			
Spinta al piede . . . .	$\frac{1}{16} Q$	$\frac{1}{8} P$	$\frac{3}{8} \frac{Q l}{h(2+\psi)}$	
Sforzo normale di appoggio	$\frac{3}{8} \frac{Q h}{l} \frac{\psi}{1+6\psi}$	$\frac{1}{4} \frac{P h}{l} \frac{\psi}{1+6\psi}$	$\frac{3}{4} Q$	
Momenti flettenti	al piede dei montanti	$\frac{1}{16} Q h \frac{1+3\psi}{1+6\psi}$	$\frac{1}{16} P h \frac{1+4\psi}{1+6\psi}$	$\frac{1}{8} \frac{Q l}{2+\psi}$
	alle sommità id. .	$\frac{3}{16} Q h \frac{\psi}{1+6\psi}$	$\frac{1}{8} P h \frac{\psi}{1+6\psi}$	$\frac{1}{4} \frac{Q l}{2+\psi}$
	a metà della trave .	0	0	$\frac{Q l}{16} \frac{2+3\psi}{2+\psi}$

Combinando queste azioni col noto principio della sovrapposizione degli effetti, e tenendo conto di quelli affatto intuitivi a cui dà luogo la 4ª delle forze enumerate, si deducono le seguenti sollecitazioni massime:

1ª Momento flettente al piede di ogni montante:

$$\frac{1}{8} \frac{Q l}{2+\psi} + \frac{1}{16} \frac{h}{1+6\psi} [Q(1+3\psi) + P(1+4\psi)];$$

2<sup>a</sup> Momento flettente alla sommità di ogni montante ed alle estremità della trave:

$$\frac{1}{4} \frac{Q l}{2 + \psi} + \frac{1}{16} \frac{h \psi}{1 + 6 \psi} [3 Q + 2 P]$$

3<sup>a</sup> Momento flettente a metà lunghezza della trave

$$\frac{Q l}{16} \frac{2 + 3 \psi}{2 + \psi}$$

4<sup>a</sup> Compressione massima al piede di ogni montante:

$$\frac{3}{4} (Q + 2 p) + \frac{\psi}{8(1 + 6 \psi)} \frac{h}{l} [3 Q + 2 P]$$

5<sup>a</sup> Tensione massima al piede di ogni montante:

$$\frac{\psi}{8(1 + 6 \psi)} \frac{h}{l} [3 Q + 2 P] - 0,4 (Q + 2 p)$$

6<sup>a</sup> Compressione e tensione massima alla sommità di ogni montante, rispettivamente uguali a quelle al piede, salvo l'omissione del termine  $p$ .

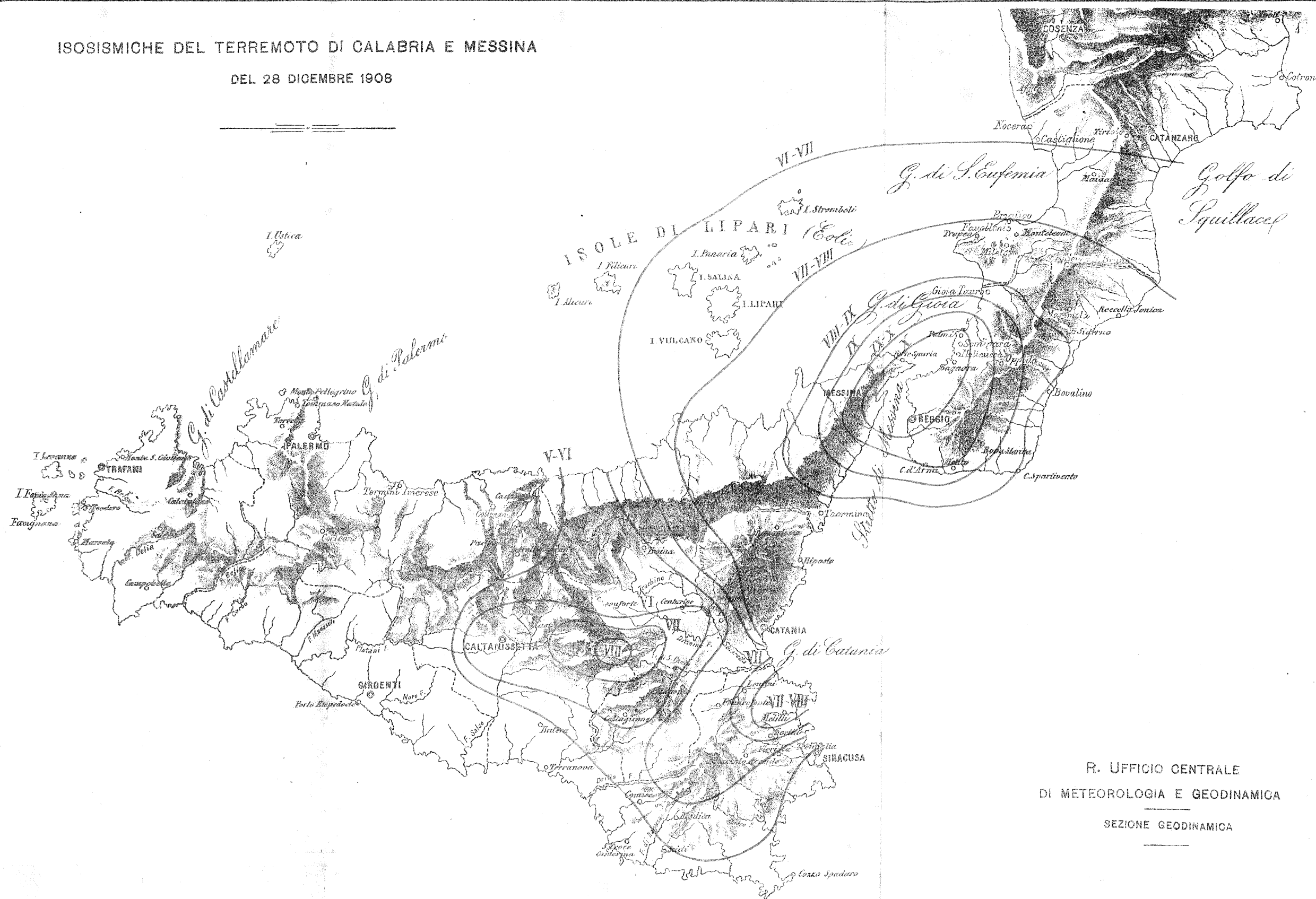
Combinando insieme le sollecitazioni 1<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> rispettivamente, si farà il calcolo dei montanti, salvo a verificarli per la tensione (se ha effettivamente luogo) determinata dalla 5<sup>a</sup> formola. Rispetto ad essa bisognerà accertare se la parte di fondazione resa solidale al piede del montante sia largamente sufficiente col suo peso a farle equilibrio.

Le formole 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> serviranno alle verifiche della resistenza della trave alle estremità e nella sezione di mezzo.



## ISOSISMICHE DEL TERREMOTO DI CALABRIA E MESSINA

DEL 28 DICEMBRE 1908



R. UFFICIO CENTRALE  
DI METEOROLOGIA E GEODINAMICA  
SEZIONE GEODINAMICA