

Corsi di aggiornamento

Progettazione in zona sismica

**Procedure semplificate e calcoli manuali
per il controllo dell'ordine di grandezza
dei risultati ottenuti dal programma di calcolo**

10 - Edifici in muratura

Vasto

30 settembre - 1 ottobre 2016

Aurelio Ghersi

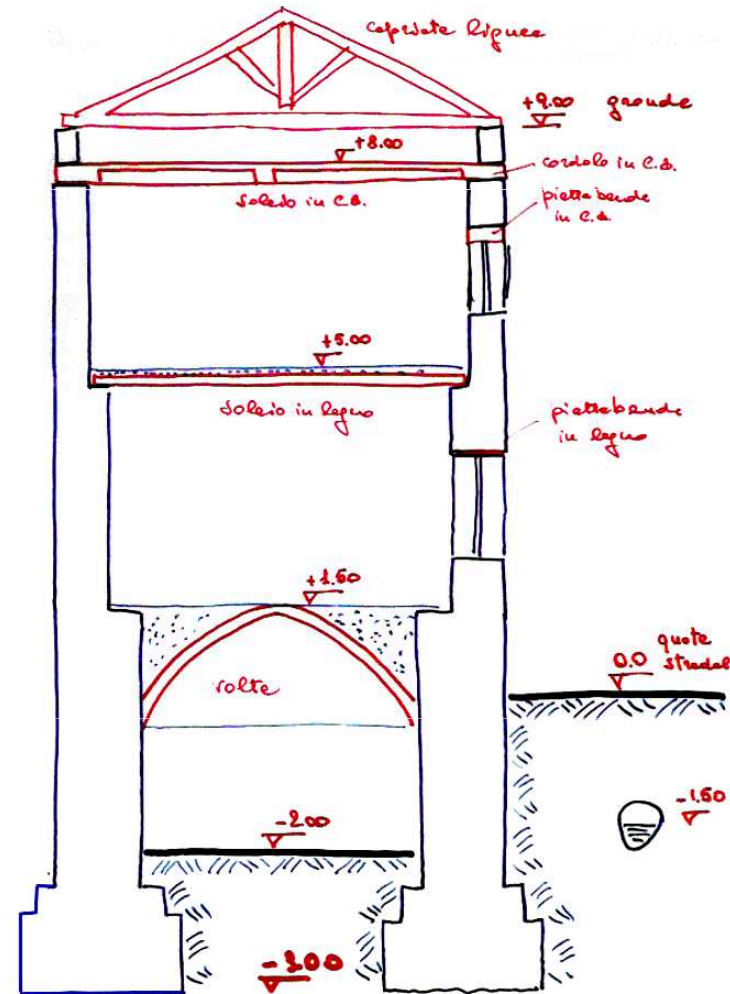
Edifici in muratura

- La muratura è un materiale usato da millenni. Non è possibile parlare in astratto di "edificio in muratura" ma occorre specificarne alcune caratteristiche.
- Una utile classificazione è stata proposta da Pagano
 - Edifici della I classe
 - Edifici della II classe
 - Edifici della III classe
- Gli edifici reali possono racchiudere caratteristiche di più classi

Classificazione degli edifici

Edificio reale, che racchiude elementi e caratteristiche appartenenti a più classi

- Volte
- Solai in legno
- Solai in c.a.





Classificazione degli edifici

Edifici della prima classe

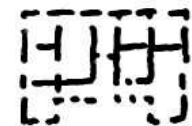
Sono caratterizzati da:

- Volte ed archi spingenti
- Muri di elevato spessore
- Altezza contenuta

CLASSE **1** • EDIFICI INTEGRALMENTE in MURATURA



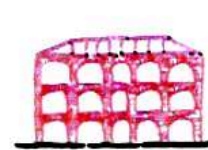
PROSPETTO



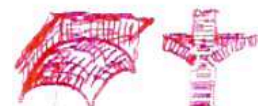
PIANTA



FISIOLOGIA



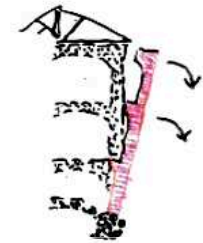
SEZ.



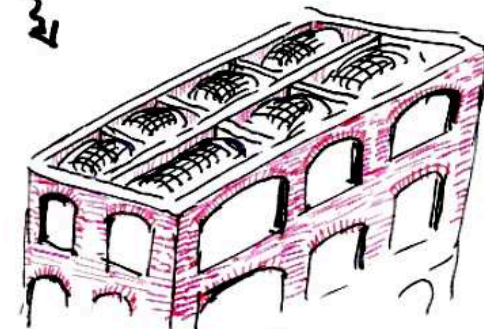
VOLTE + ARCHI



MODELLO
DI COMPORTAMENTO



PATOLOGIA



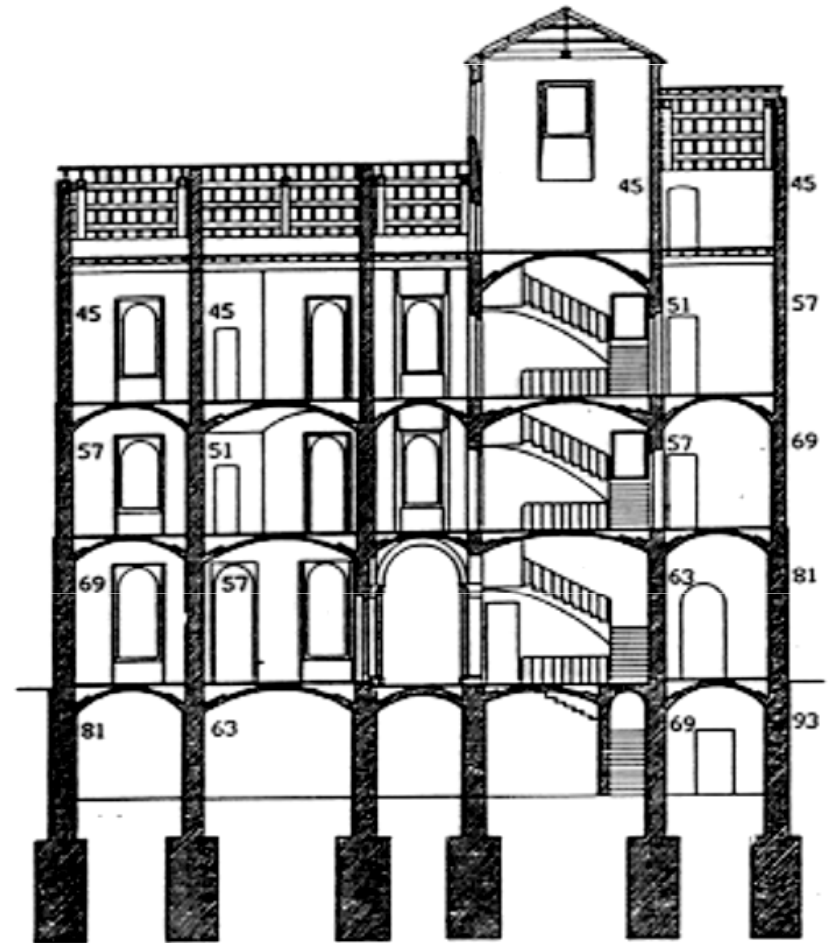
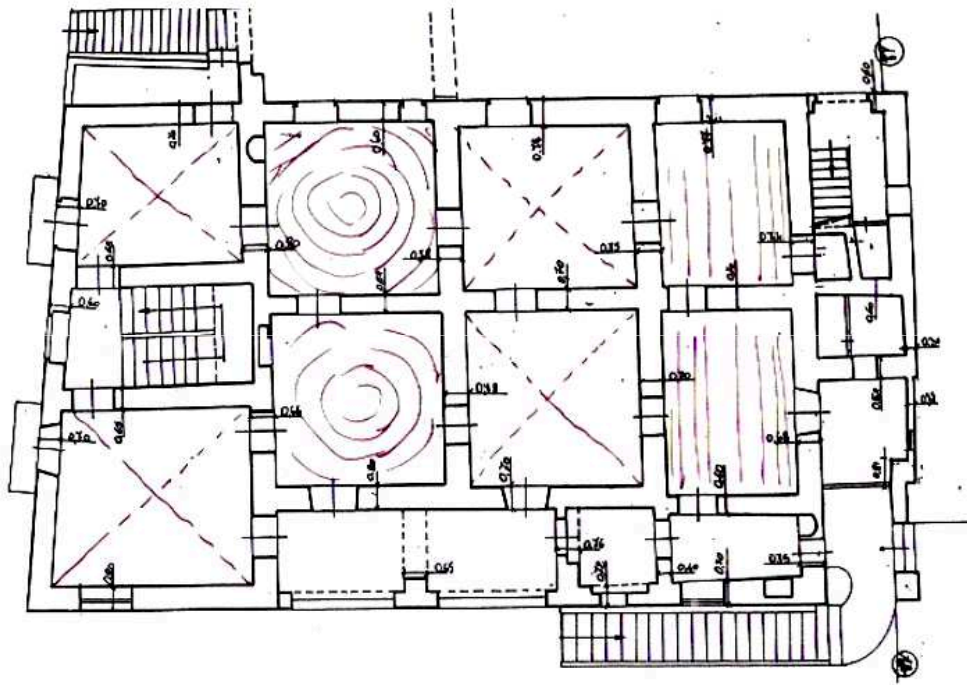
schizzo
illustrativo

1.3.6

(d)

Classificazione degli edifici

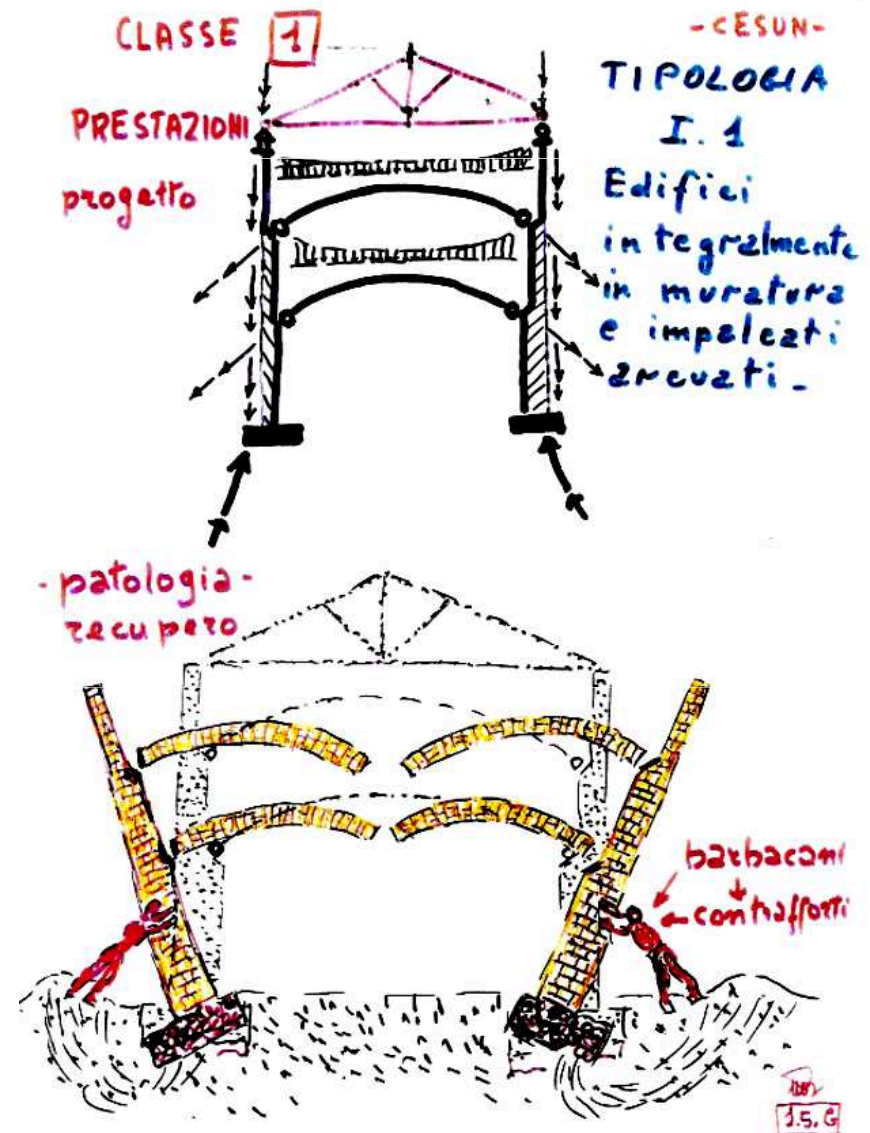
Edifici della prima classe



Classificazione degli edifici

Edifici della prima classe

Le pareti di facciata sopportano le spinte delle volte e possono ribaltare verso l'esterno (fenomeno instabile non lineare)



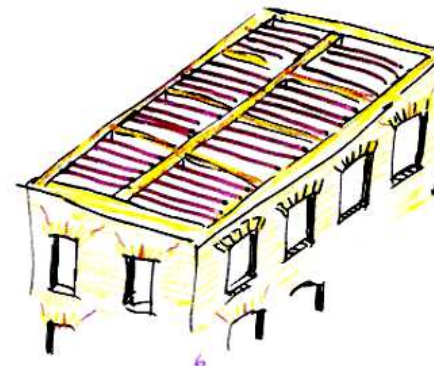
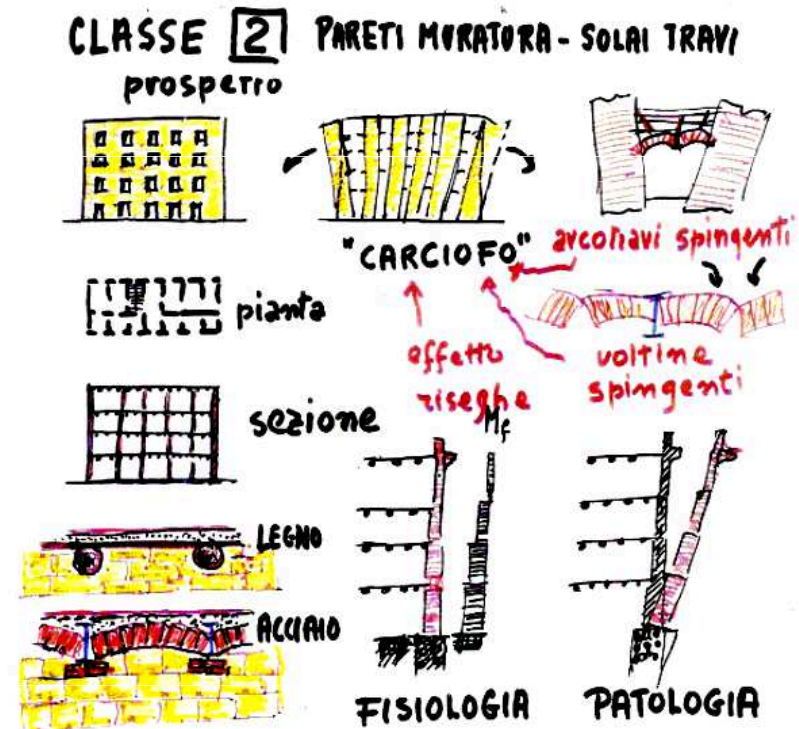
Classificazione degli edifici

Edifici della seconda classe

Sono caratterizzati da:

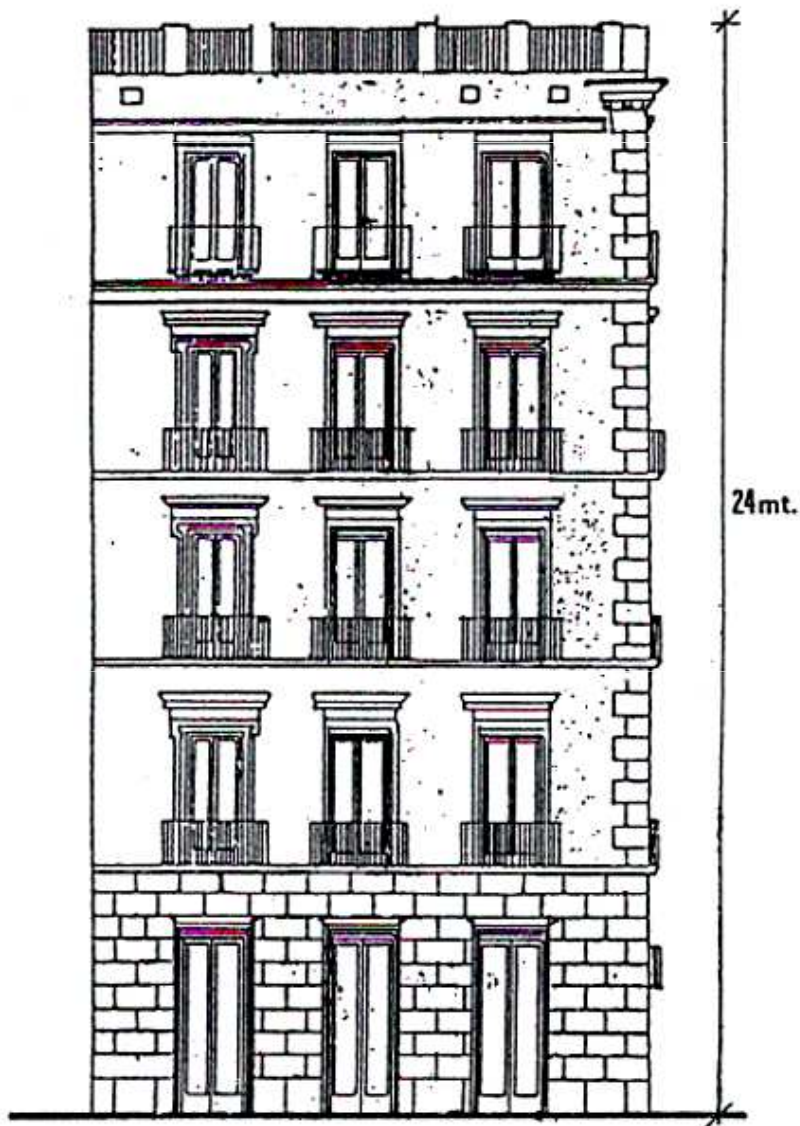
- Pareti murarie continue per tutta l'altezza dell'edificio
- Solai isostatici con travi in legno e, dalla fine del 1800, in ferro

L'introduzione delle travi metalliche non produce alcun miglioramento dello schema statico globale



Classificazione degli edifici

Edifici della seconda classe



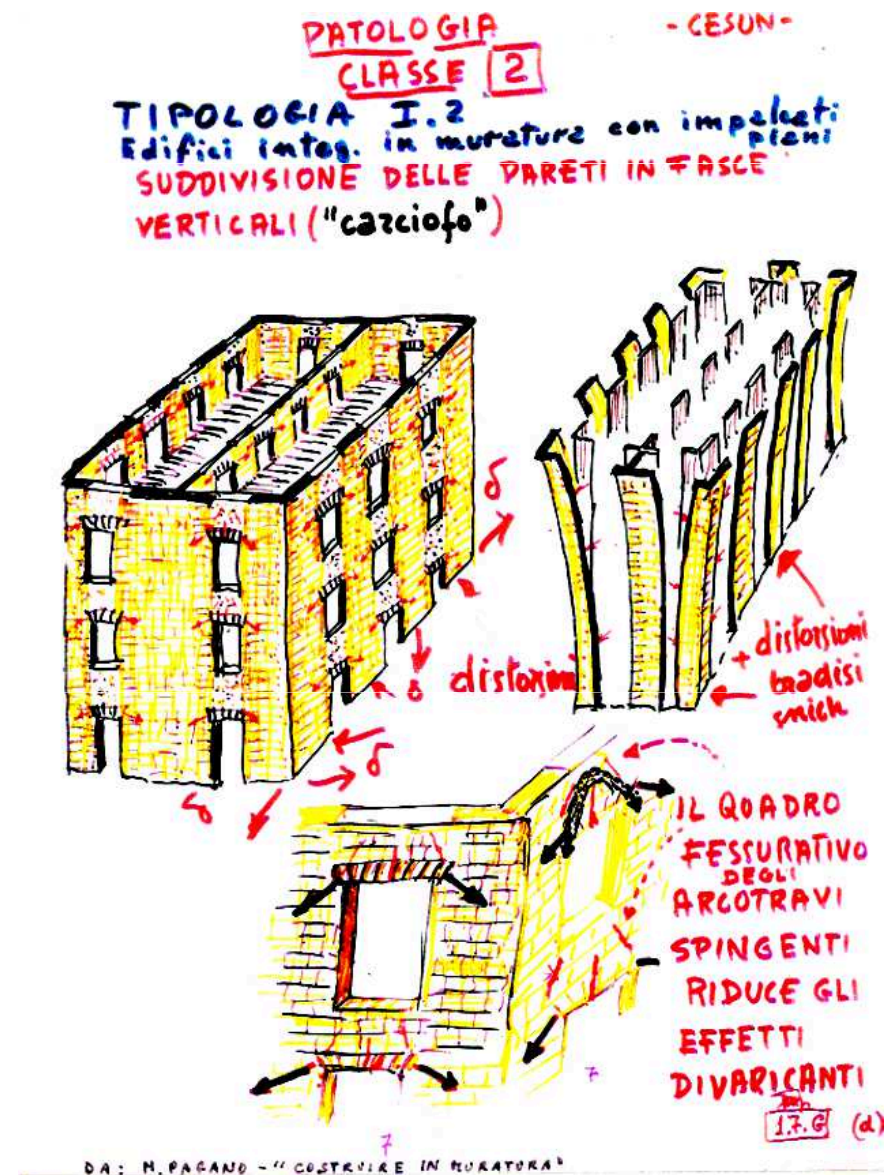
Classificazione degli edifici

Edifici della seconda classe

- Ripartizione non uniforme dei carichi verticali
- Micro effetti spingenti di voltine e piattabande
- Rottura delle croci di muro
- Eccentricità di forma delle pareti perimetrali e mancanza di incatenamenti



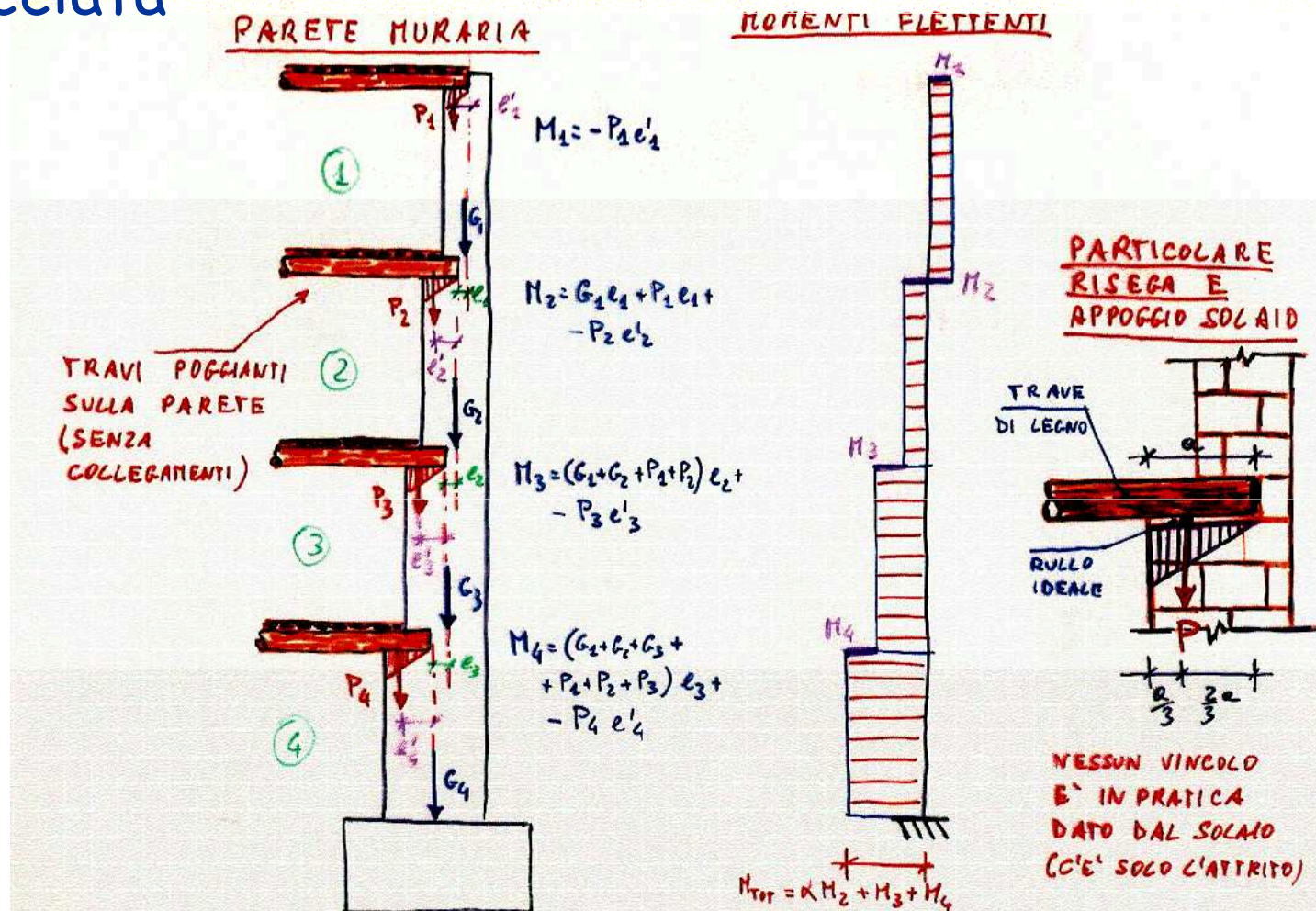
L'edificio tende ad aprirsi a "carciofo"



Classificazione degli edifici

Edifici della seconda classe

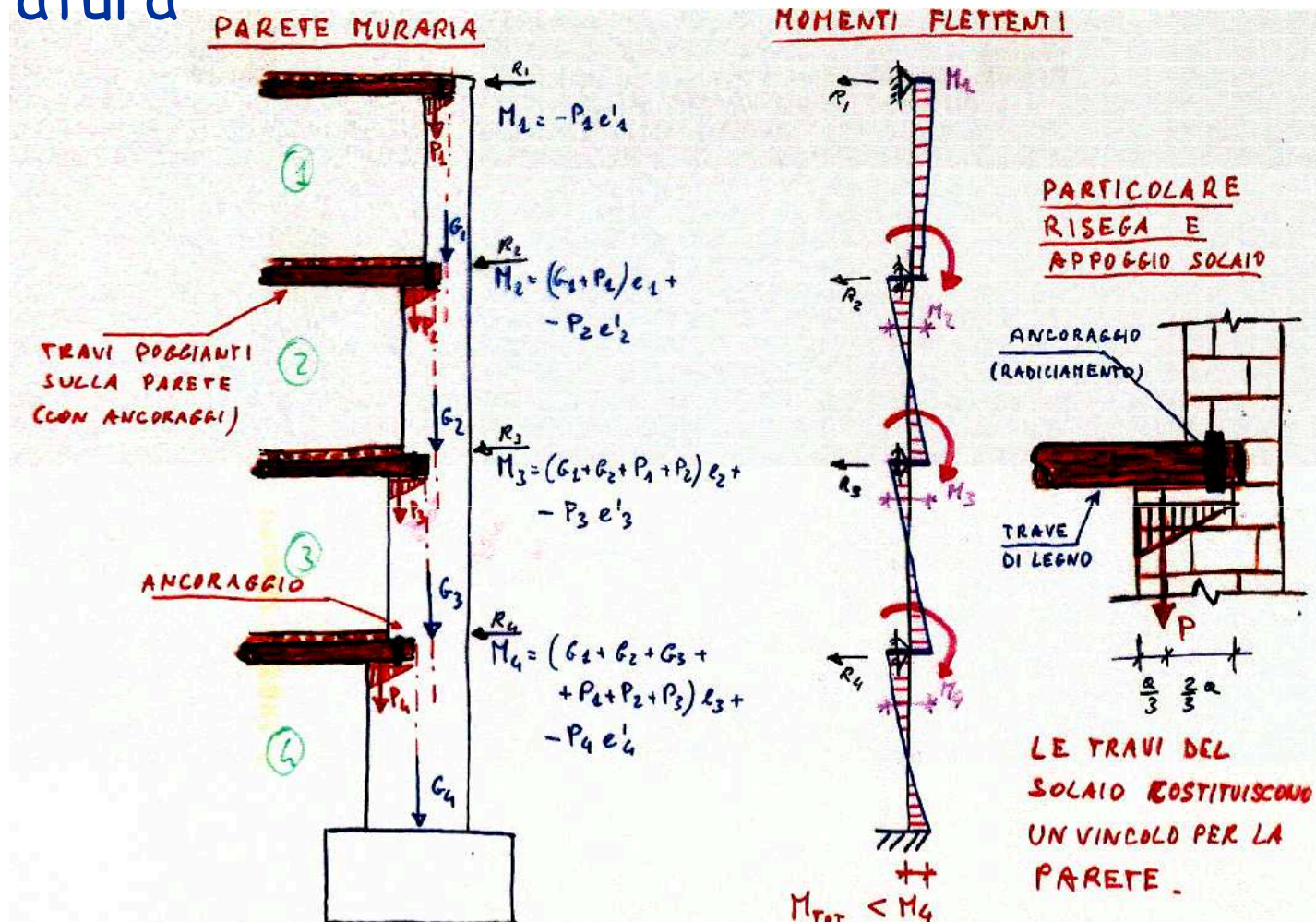
- Effetto benefico dei solai portati dalle pareti di facciata



Classificazione degli edifici

Edifici della seconda classe

- Effetto favorevole dei collegamenti delle travi alla muratura



Comportamento sismico di edifici di classe I e II

Se la muratura è molto scadente tende a disgregarsi, senza che il muro abbia un comportamento monolitico



Comportamento sismico di edifici di classe I e II

Se è migliore, le pareti di facciata, pur monolitiche, tendono a ribaltare verso l'esterno



Comportamento sismico di edifici di classe I e II

Le pareti di facciata tendono a ribaltare verso l'esterno



Comportamento sismico di edifici di classe I e II

Le pareti di facciata tendono a ribaltare verso l'esterno



Comportamento sismico di edifici di classe I e II

Edificio della I classe



Sono crollate per ribaltamento fuori dal piano le pareti di facciata poco caricate e scarsamente ammortate (anche se non soggette alle spinte delle volte).

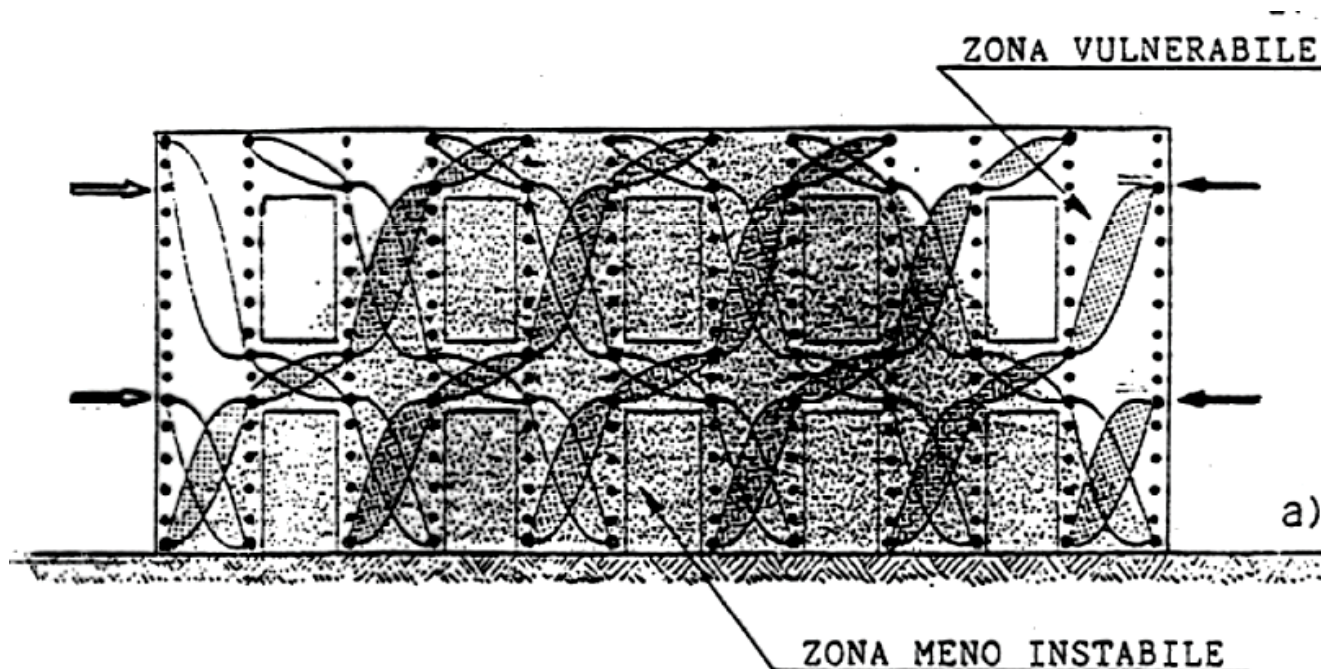
Edificio della II classe



Il ribaltamento di qualche parete di facciata determina il crollo dei solai a tutti i piani.

Comportamento sismico di edifici di classe I e II

- Se le pareti non ribaltano fuori piano, se ne può analizzare il comportamento nel piano
- Si formano puntoni compressi inclinati che riportano il carico sismico alla base ...
... ma non sono efficaci nelle parti alte



Comportamento sismico di edifici di classe I e II

- Crollo delle zone triangolari in alto, vulnerabili



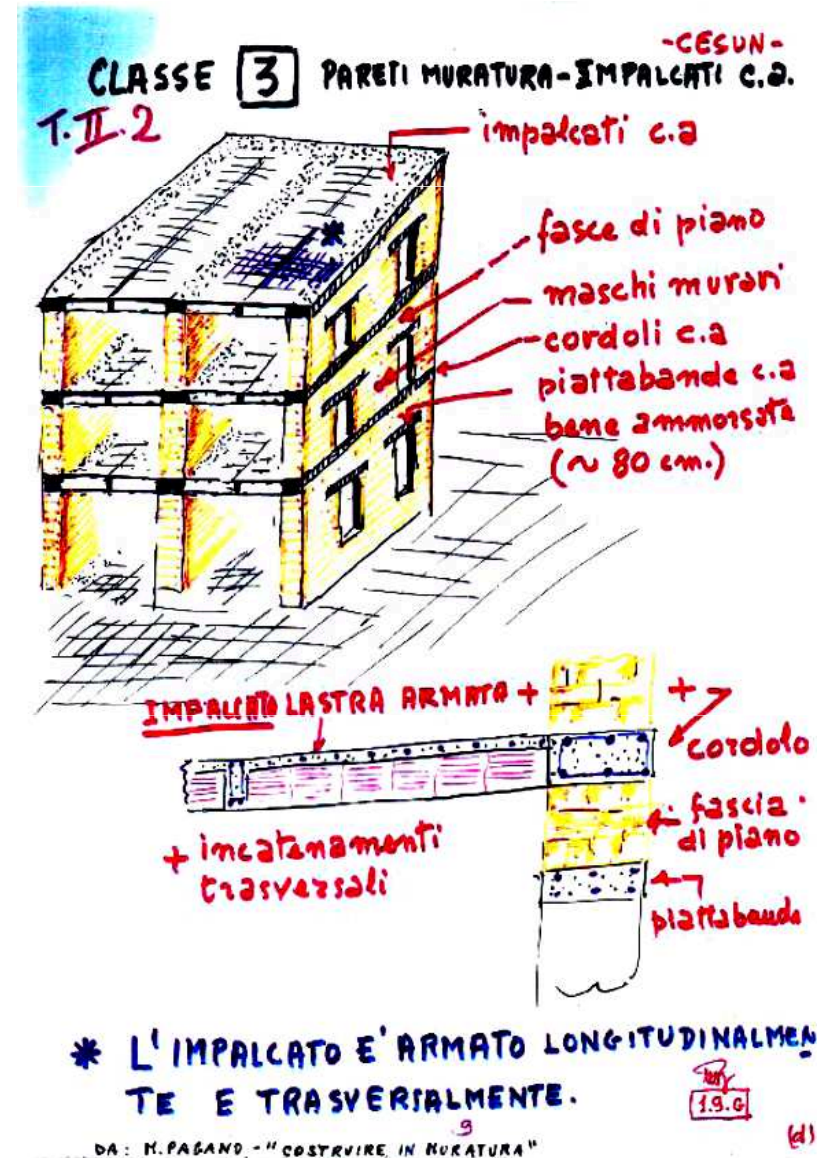
Classificazione degli edifici

Edifici della terza classe

1920-30

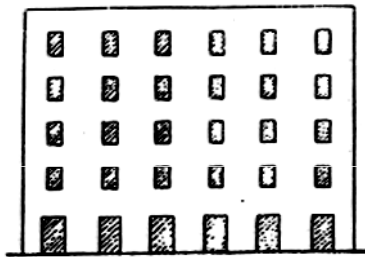
Introduzione degli
impalcati in c.a. negli
edifici in muratura

È l'unica tipologia di
edificio in muratura oggi
realizzabile,

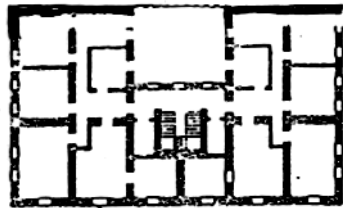


Classificazione degli edifici

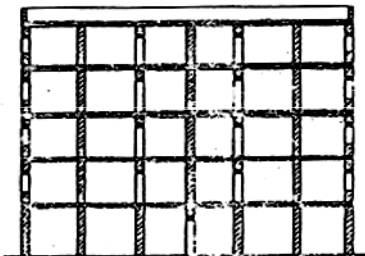
Edifici della terza classe



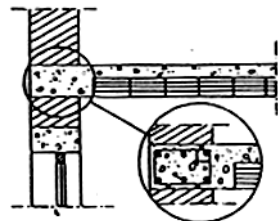
Prospetto



Pianta piano tipo



Sezione



Solai e cordoli
in c.a.



Classificazione degli edifici

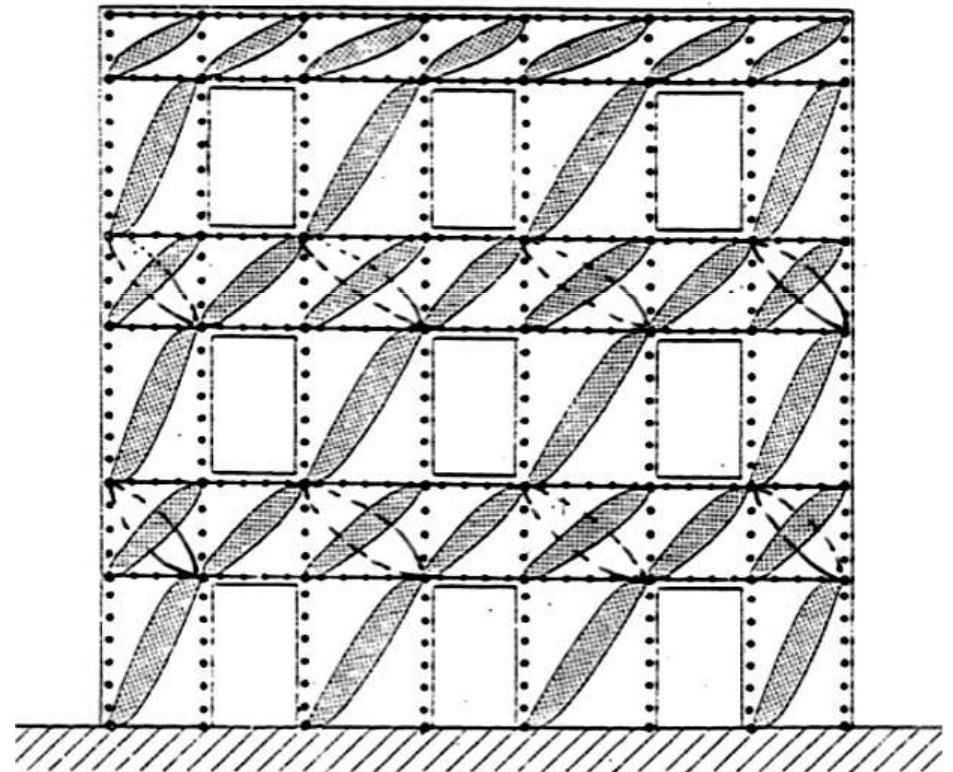
Edifici della terza classe

Vantaggi degli edifici della terza classe:

- Non vi sono strutture spingenti
- Le piattabande eliminano le spinte degli architravi
- Gli impalcati in c.a. costituiscono una catena bidirezionale che impedisce ai muri perimetrali di ruotare verso l'esterno
- I cordoli ripartiscono il carico verticale su tutte le murature
- Le armature dei cordoli ricuciono le croci di muro

Comportamento sismico di edifici di classe III

- La presenza dei solai in cemento armato impedisce il ribaltamento delle pareti di facciata
- La presenza di cordoli fornisce resistenza flessionale alle fasce di piano nel piano
- Per azioni nel piano si possono attivare puntoni resistenti all'azione sismica in tutti i pannelli murari



Verifiche ed interventi

cenni

- Se la muratura è molto scadente, al di là di ogni calcolo, occorre intervenire per riqualificarla
 - In molti casi l'intervento migliore consiste nella demolizione e sostituzione con una muratura analoga ma di buona fattura (estesa, oppure locale con cucì e scucì)
 - Iniezioni di malta cementizia ed inserimento di barre di armatura possono avere effetto, ma occorre garantire che la parete diventi monolitica (e non è facile)
 - Rivestire la muratura con paretine sottili in c.a. collegate tra loro è efficace, ma stravolge completamente l'idea della muratura

Verifiche ed interventi cenni

- Se la muratura è decente, ma l'edificio è della I o II classe occorre verificare che non vi sia rischio di ribaltamento delle facciate
 - Molto spesso il giudizio (negativo) può essere espresso senza un calcolo
- Se vi è rischio di ribaltamento, occorre sempre intervenire per eliminarlo. Possibili provvedimenti:
 - Inserimento di catene
 - Realizzazione di solette orizzontali ben ammortate alla muratura
 - Cucitura delle croci di muro

Verifiche ed interventi cenni

- Se la muratura è decente e non vi è rischio di ribaltamento (edifici della III classe o di I e II su cui si è intervenuto), occorre verificare la resistenza ad azioni nel piano
 - Si potrebbero modellare le pareti con elementi finiti, ma più spesso si usano modelli a telaio
 - Occorre valutare se l'impalcato può essere visto come vincolo mutuo tra le pareti murarie oppure no
 - Si può effettuare una analisi lineare, che però molto spesso indicherà una capacità sismica molto bassa
 - È preferibile analisi non lineari, che consentono di cogliere meglio il comportamento verso il collasso

Bibliografia e ringraziamenti

Bibliografia (da cui sono tratte molte immagini):

- M. Pagano, *Costruire in muratura*, Liguori Editore, Napoli, 1990
- P. Lenza, A. Gheresi, B. Calderoni, *Edifici in muratura*, Flaccovio Editore, Palermo, 2011
- B. Calderoni, presentazioni dei Corsi di aggiornamento "Verifica sismica di edifici esistenti in muratura"

Un ringraziamento particolare a Pietro Lenza e Bruno Calderoni che sono oggi i miei punti di riferimento per quanto riguarda le strutture in muratura