Corso di aggiornamento

Problematiche specifiche nel progetto di strutture antisismiche con pareti in c.a.

Parma
19-20 aprile 2013

Aurelio Ghersi, Edoardo M. Marino

6 – L'elemento parete: scorrimento

Scorrimento tra parete e impalcato

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

S. Angelo dei Lombardi,
edificio in costruzione

Si nota lo scorrimento della parete in corrispondenza della ripresa di getto

Le barre verticali sono in genere fuoriuscite dalla sezione, senza tranciarsi

foto A. Ghersi

Scorrimento tra testa pilastro e trave
più frequente

23/11/1980 – Irpinia e Basilicata

Lioni

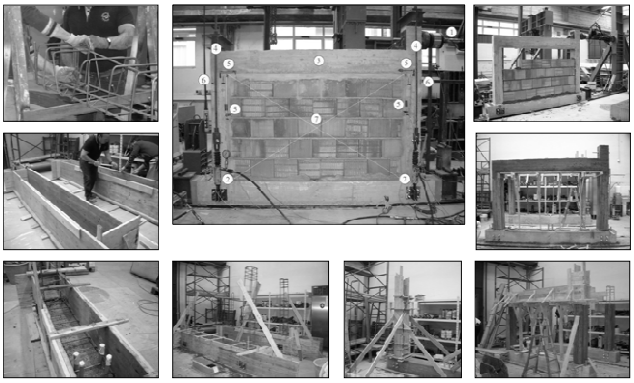
Lo scorrimento della testa del pilastro rispetto alla trave è stato tale da far perdere l'appoggio

Le barre verticali sono fuoriuscite dalla sezione, senza tranciarsi, e tirate verso il basso durante il crollo

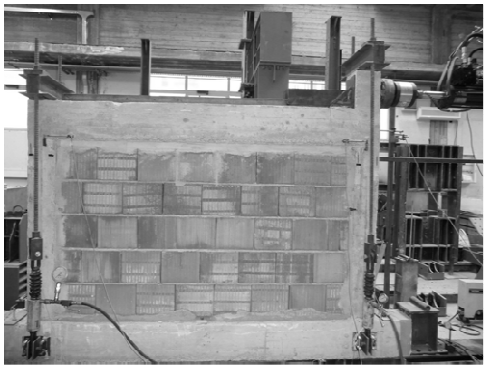
foto A. Ghersi

Verifica a scorrimento nella zona critica

Prova di scorrimento su telaio
Laboratorio Prove Materiali dell'Università di Catania

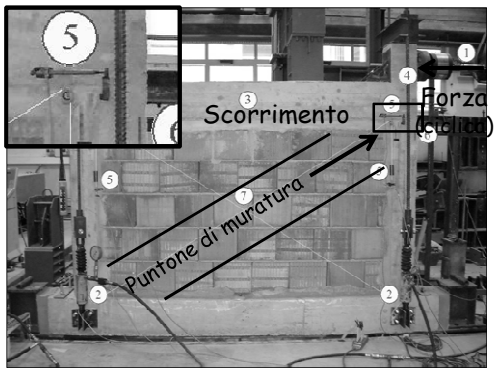


Prova di scorrimento su telaio
Laboratorio Prove Materiali dell'Università di Catania



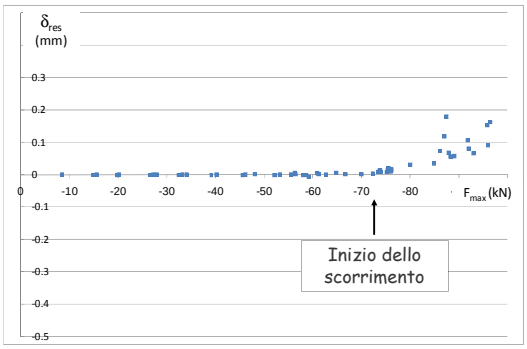
Prova di scorrimento su telaio

Laboratorio Prove Materiali dell'Università di Catania



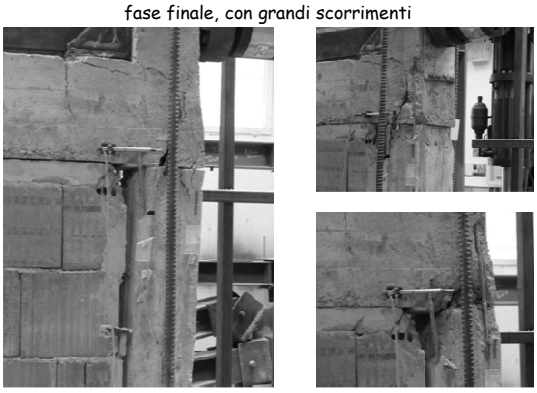
Prova di scorrimento su telaio

graficizzazione dei risultati sperimentali



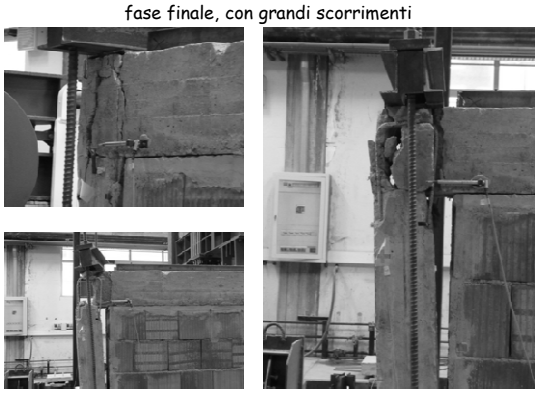
Prova di scorrimento su telaio

fase finale, con grandi scorrimenti

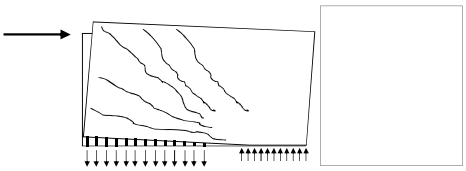


Prova di scorrimento su telaio

fase finale, con grandi scorrimenti

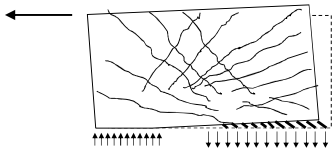


Descrizione del meccanismo di scorrimento



Nella prima fase di carico la parte alla base della parete in zona tesa è fessurata, la parte in zona compressa trasferisce l'azione a taglio ed impedisce gli scorrimenti.

Descrizione del meccanismo di scorrimento



Dopo diversi cicli di carico il calcestruzzo lungo il piano di scorrimento subisce degrado e gli scorrimenti si manifestano per valori minori del taglio

Verifica allo scorrimento

- Lungo il piano di scorrimento nelle pareti tozze occorre verificare che:

$$V_{Ed} \le V_{dd} + V_{id} + V_{fd}$$

V_{dd} Resistenza per effetto spinotto

V_{id} Resistenza a taglio di eventuali barre diagonali

V_{fd} Resistenza per attrito

Vedere foglio Excel "VerificaParete"

Verifica allo scorrimento
resistenza per effetto spinotto

- Resistenza a taglio delle barre verticali A_{sj} che attraversano la sezione di scorrimento

$\cancel{\frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \sum A_{sj}}$ Le barre sono parzialmente impegnate flessionalmente: ⇨ $0.25\, f_{yd} \sum A_{sj}$

- In alternativa, si deve considerare l'azione che determina l'espulsione del copriferro

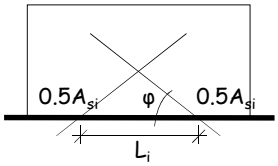
$$1.3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}}$$

- Si deve considerare il più piccolo tra i due valori

$$V_{dd} = \min \begin{cases} 1.3 \sum A_{sj} \sqrt{f_{cd} f_{yd}} \\ 0.25\, f_{yd} \sum A_{sj} \end{cases}$$

Verifica allo scorrimento
resistenza a taglio delle barre diagonali

$$V_{id} = \sum A_{si} f_{yd} \cos\varphi$$



Nota: La presenza delle armature inclinate determina però anche un incremento del momento resistente (e quindi del taglio sollecitante)

$$\Delta M_{Rd} = 0.5\, L_i \sum A_{si}\, f_{yd}\, \mathrm{sen}\varphi$$

- Per le pareti tozze una buona parte dello scorrimento deve essere affidato a barre diagonali

$$V_{id} \ge V_{Ed}/2$$

Parete con barre diagonali

Edificio in costruzione

Per contrastare lo scorrimento della parete sono state disposte barre inclinate che attraversano le riprese di getto

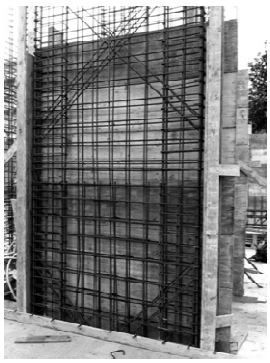


foto M. Dasasso

Verifica allo scorrimento
resistenza per attrito

- La resistenza allo scorrimento dovuto all'attrito può essere valutato come somma di due contributi
  - contributo del calcestruzzo
  - contributo dell'armatura compressa

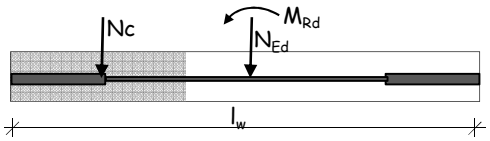
Verifica allo scorrimento
resistenza per attrito

- Contributo del calcestruzzo
  - concettualmente dovrebbe essere:

$$V_{fd} = \mu_f N_c$$

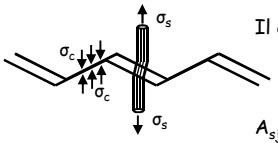
N_c valutato da verifica a presso-flessione

μ_f = 0.6, coefficiente d'attrito sotto azioni cicliche



Verifica allo scorrimento
resistenza per attrito

- Contributo dell'armatura compressa
  - Lo scorrimento relativo tra le facce di una lesione produce un incremento dello spessore della fessura che determina trazione nelle barre
  - La trazione è equilibrata da una forza di compressione agente sul calcestruzzo vicino alle barre



Il contributo dell'armatura vale

$$\mu_f \sum A_{sj,c} f_{yd}$$

$A_{sj,c}$ armatura in zona compressa

Verifica allo scorrimento
resistenza per attrito

- La resistenza allo scorrimento dovuto all'attrito potrebbe essere espressa con

$$V_{fd} = \mu_f \left(\sum A_{sj,c} f_{yd} + N_c\right) \qquad \mu_f = 0.6$$

- La normativa fornisce come indicazione

$$V_{fd} = \mu_f \left[\left(\sum A_{sj} f_{yd} + N_{Ed}\right)\xi + \frac{M_{Ed}}{z}\right] \qquad \mu_f = 0.6$$

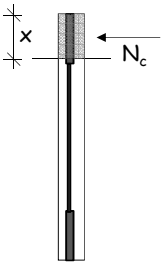
$\xi N_{Ed} + \frac{M_{Ed}}{z}$ corrisponde ad N_c

$\xi \sum A_{sj}$ corrisponde a $\sum A_{sj,c}$

Resistenza per attrito
confronto tra le due espressioni

Sezione 20x400
A_{sc} = 12 ϕ16, l_c = 80 cm
A_{snc}= 10 ϕ12, l_{nc} = 240 cm

N_{max}= -1000 kN
M_{Rd}= 6196 kNm



Asse neutro
x = 74.8 cm

Risultante tensioni di compressione
N_c = 1715 kN

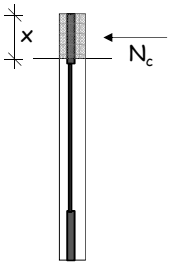
Armatura compressa

$$\sum A_{sj,c} = \frac{x}{l_c} A_{sc} = \frac{74.8}{80} \times 24.1 = 22.5 \text{ cm}^2$$

Resistenza per attrito
confronto tra le due espressioni

Sezione 20x400
A_{sc} = 12 ϕ16, l_c = 80 cm
A_{snc}= 10 ϕ12, l_{nc} = 240 cm

N_{Ed}= -1000 kN
M_{Rd}= 5543 kNm



$$V_{fd} = \mu_f \left(\sum A_{sj,c} f_{yd} + N_c\right) = 0.6\left(\frac{22.5 \times 391.3}{10} + 1715\right) = 1557 \text{ kN}$$

Secondo normativa

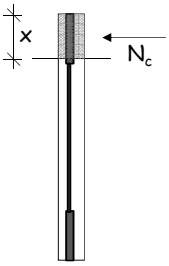
$$V_{fd} = \mu_f \left[\left(\sum A_{sj} f_{yd} + N_{Ed}\right)\xi + \frac{M_{Ed}}{z}\right] \quad 1732 \text{ kN}$$

59.5 cm² 0.187

Resistenza per attrito
confronto tra le due espressioni

Sezione 20x400
A_{sc} = 12 ϕ16, l_c = 80 cm
A_{snc}= 10 ϕ12, l_{nc} = 240 cm

N_{Ed}= -1000 kN
M_{Rd}= 5543 kNm



$$V_{fd} = \mu_f \left(\sum A_{sj,c} f_{yd} + N_c\right) = 0.6\left(\frac{22.5 \times 391.3}{10} + 1715\right) = 1557 \text{ kN}$$

Secondo normativa

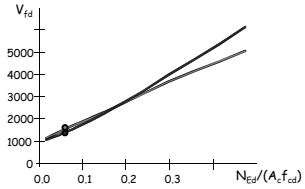
$$V_{fd} = \mu_f \left[\left(\sum A_{sj} f_{yd} + N_{Ed}\right)\xi + \frac{M_{Ed}}{z}\right] = 1413 \text{ kN}$$

Sono quasi uguali

Resistenza per attrito
confronto tra le due espressioni

Approccio teorico:
V_{fd}=1557 kN

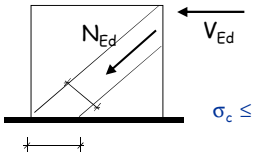
Da normativa:
V_{fd}=1413 kN



I due approcci forniscono valori simili fino a valori di N_{Ed} pari al 25% di $A_c f_{cd}$

Verifica allo scorrimento
resistenza per attrito

- L'azione esterna è trasmessa alla base della setto mediante un puntone compresso che non deve subire schiacciamento



$$N_{Ed} = V_{Ed}\sqrt{2}$$

$$A_c = b_w \xi l_w \sqrt{2}/2$$

$$\sigma_c \le \eta f_{cd} \Rightarrow V_{fd} = 0.5\,\eta\, f_{cd}\, \xi\, l_w b_w$$

ξl_w (porzione compressa alla base del setto)

La resistenza del puntone compresso rappresenta il limite superiore alla resistenza per attrito

Verifica allo scorrimento
resistenza per attrito

- L'azione esterna è trasmessa alla base della setto mediante un puntone compresso che non deve subire schiacciamento

$$V_{fd} = \min\begin{cases} 0.5\,\eta\, f_{cd}\, \xi\, L_w b_w \\ \mu_f \left(\sum A_{sj,c} f_{yd} + N_c\right) \end{cases} \qquad \eta = 0.6\left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \qquad \mu_f = 0.6$$