

Corso di aggiornamento professionale

Valutazione della vulnerabilità sismica di edifici esistenti in c.a.

Parma

27-28 maggio 2016

Aurelio Ghersi

11 - Giudizio sulla struttura (al variare della
resistenza o dello schema)

Come procedere?

Valutare come cambia la risposta al variare dello schema:

- Per la possibile variazione di resistenza delle singole sezioni
- Per la modifica dello schema, ad esempio per l'inserimento di una soletta rampante o delle tamponature

Variazione della resistenza

- La resistenza del calcestruzzo e dell'acciaio varia
- Si è individuato (e assunto come riferimento) il valore medio f_m
- Nei calcoli si è tenuto conto dell'incertezza utilizzando un fattore di confidenza FC ed utilizzando come valore di calcolo f_m / FC
- Ove fosse più gravoso si dovrebbe utilizzare nel calcolo $f_m \times FC$

Variazione della resistenza

Procedimento ideale:

- Considerare la resistenza come **variabile aleatoria**, con distribuzione lognormale definita da valore medio e scarto quadratico medio
- Effettuare più volte il calcolo, assegnando ogni volta a ciascuna sezione una resistenza del materiale differente (coerente con la distribuzione)
- Fare una analisi statistica dei risultati ottenuti

Variazione della resistenza

Procedimento possibile:

- Esaminare uno o più schemi limite con resistenza differenziata per vedere cosa cambia

- Ad esempio:

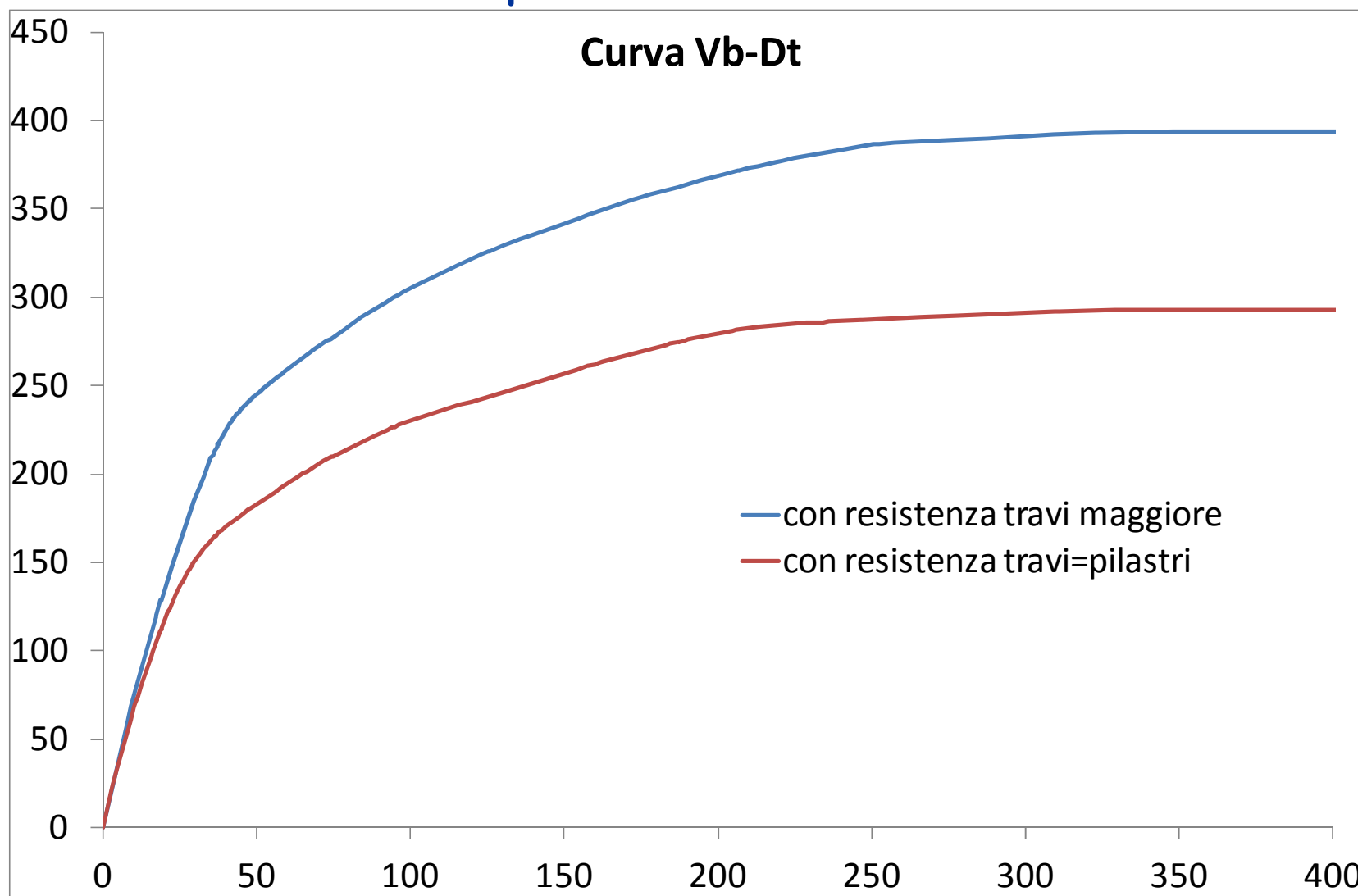
assegnare a tutti i pilastri la resistenza f_m / FC
e a tutte le travi la resistenza $f_m \times FC$

Questo schema porta a sollecitazioni maggiori nei pilastri e a un più forte rischio di rottura a taglio

Variazione della resistenza

risultati ottenuti

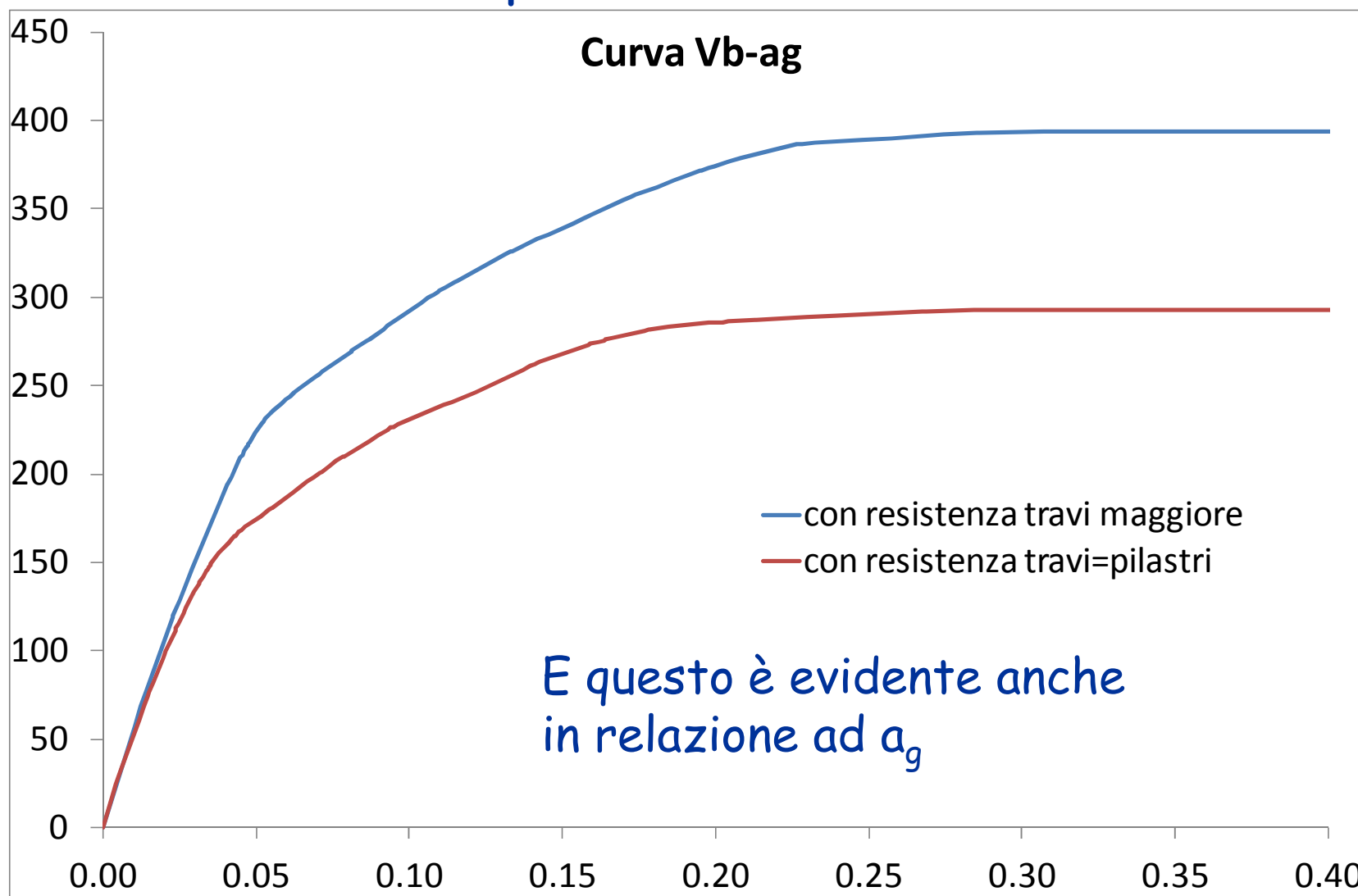
- La resistenza complessiva ovviamente aumenta



Variazione della resistenza

risultati ottenuti

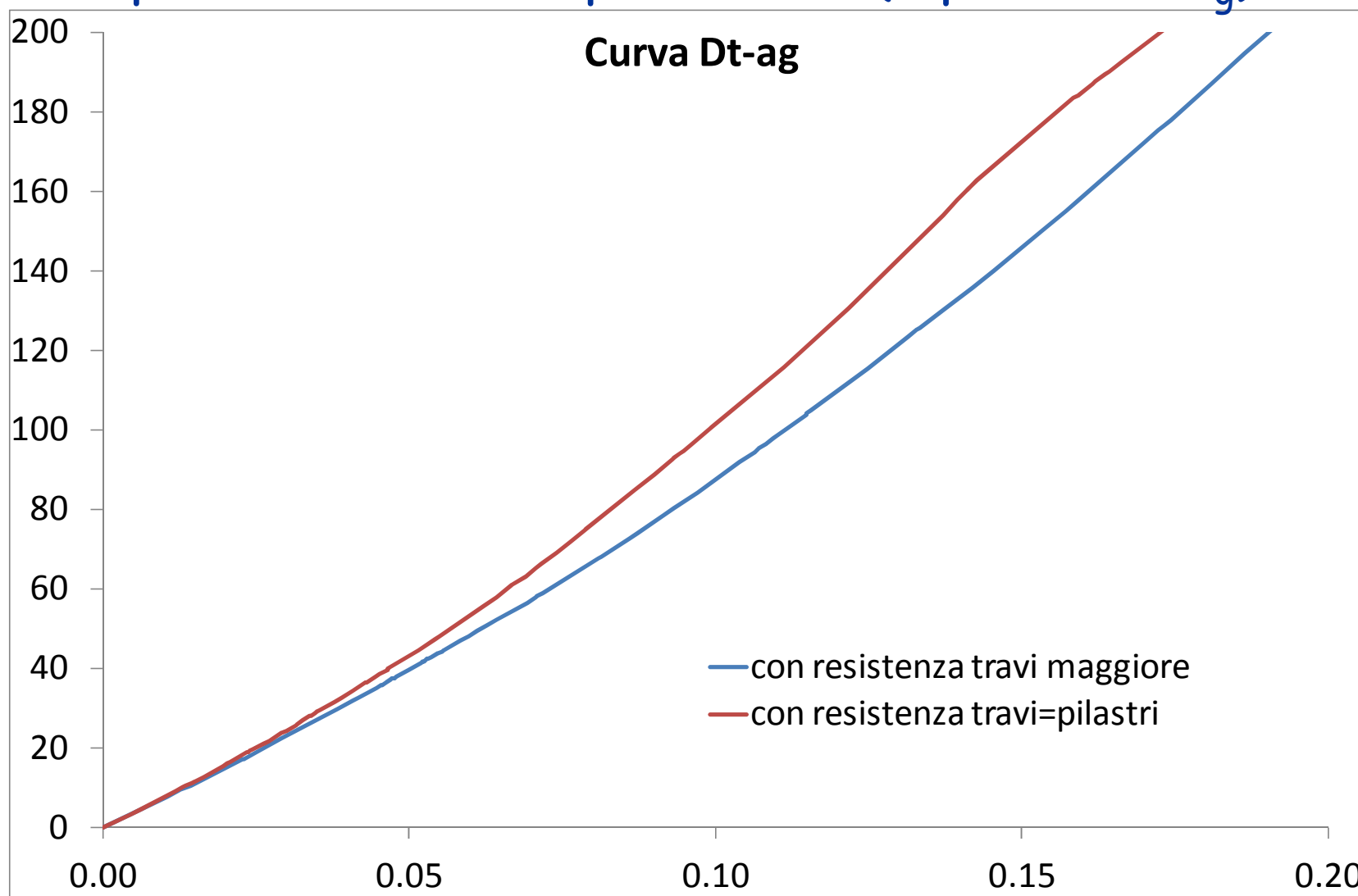
- La resistenza complessiva ovviamente aumenta



Variazione della resistenza

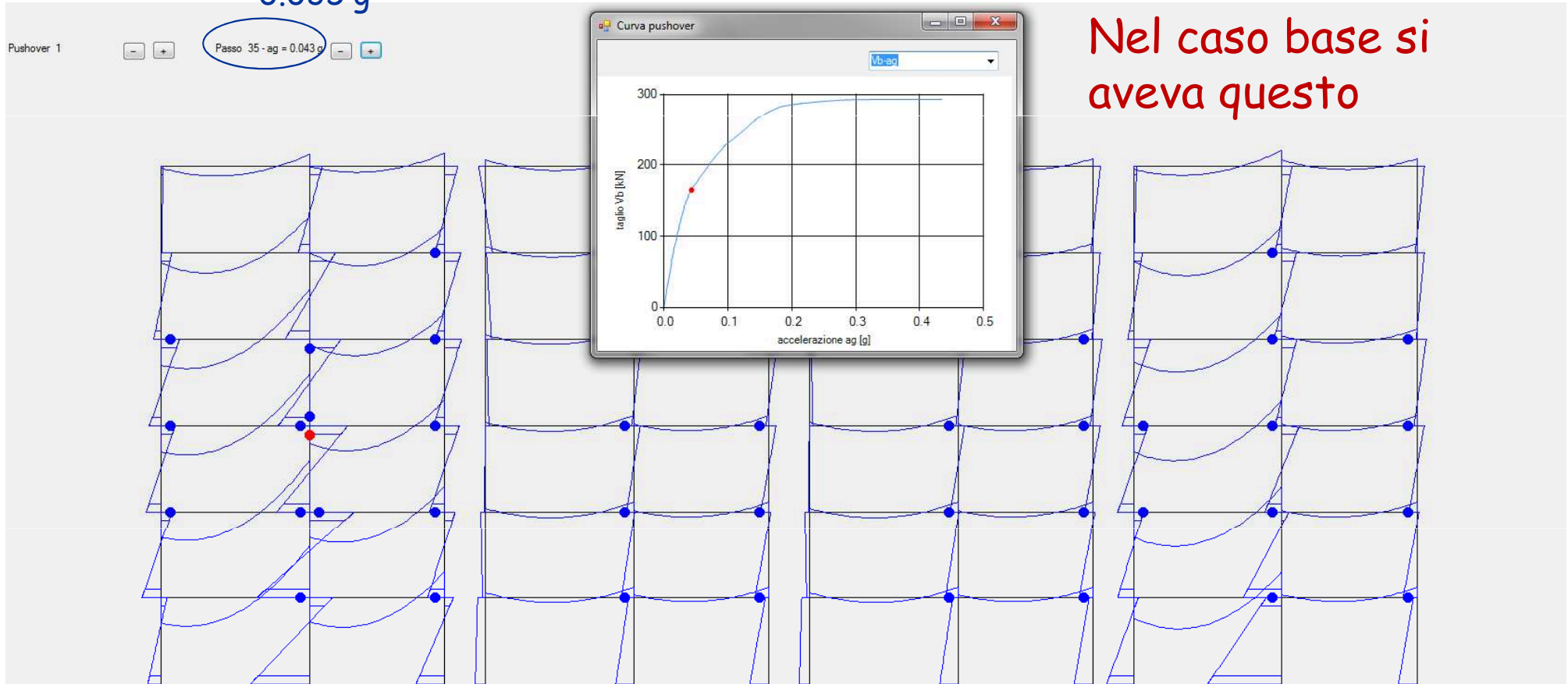
risultati ottenuti

- Lo spostamento è un po' minore (a parità di a_g)



Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.035 g



La prima cerniera in un pilastro si forma quando molte travi sono già plasticizzate. L'accelerazione sismica è ancora molto bassa

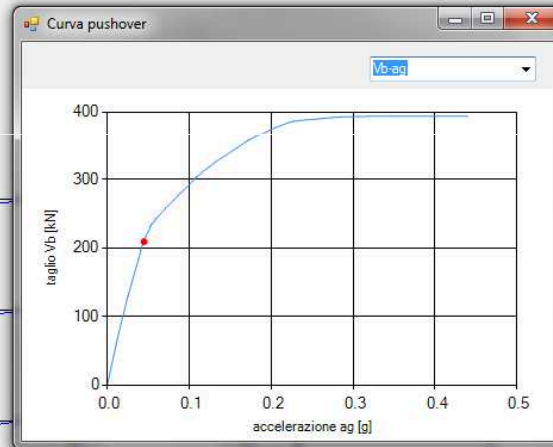
Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.045 g

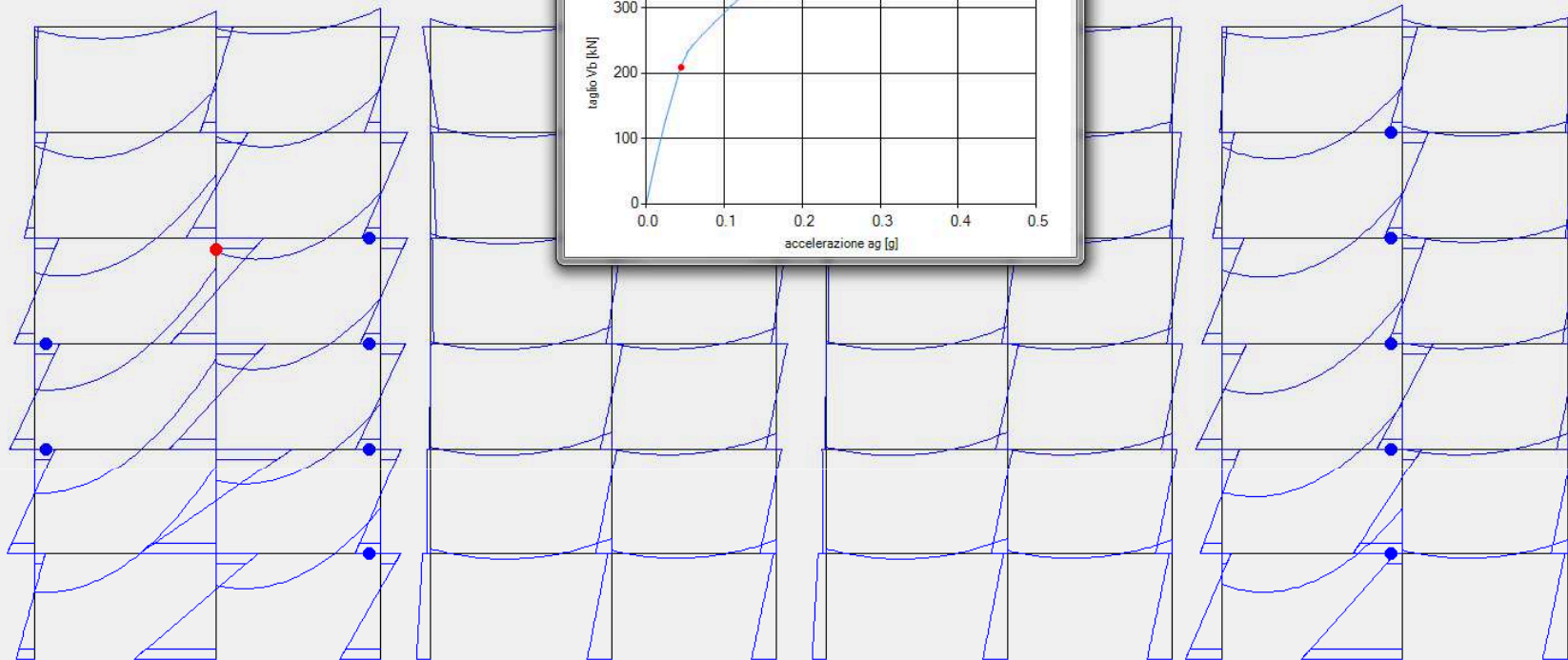
Pushover 1



Passo 12 - ag = 0.045 g



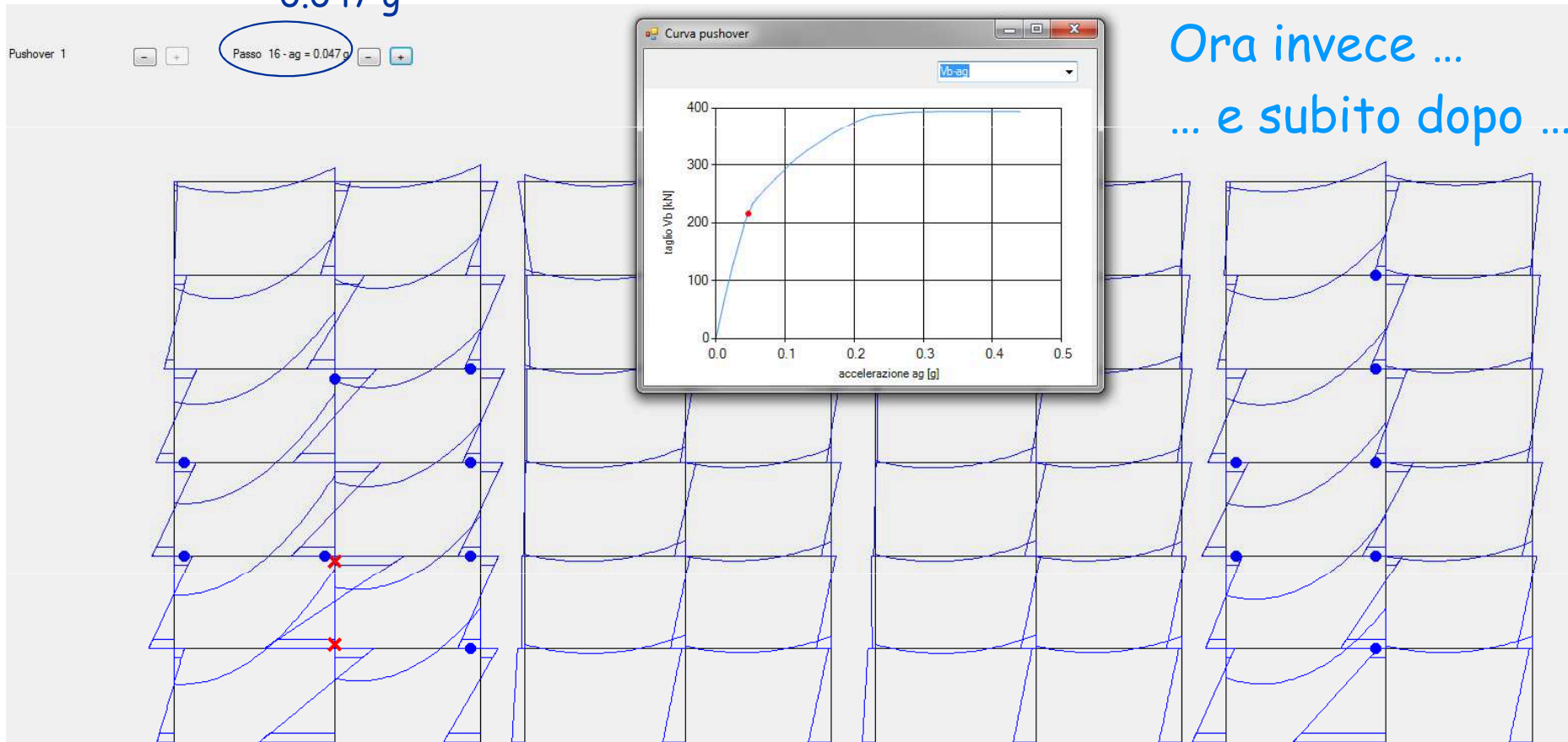
Ora invece ...



Si forma la prima cerniera in un pilastro per un'accelerazione bassa (0.045 g). Solo poche travi sono già plasticizzate

Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.047 g



Subito dopo (per 0.047 g) si ha una rottura a taglio in un pilastro

Variazione della resistenza

commento

- Una maggior resistenza delle travi (nell'ambito della possibile variabilità statistica) può modificare l'ordine di formazione delle cerniere e può portare a precoci rotture a taglio dei pilastri
- Con questo schema (limite) si deve concludere che la struttura può portare un sisma con $a_g = 0.047 g$ (anziché $0.105 g$)
- Ovviamente è uno schema limite
Il professionista deciderà quale peso dargli

Modifica dello schema

- Lo schema può essere modificato per tener conto dell'influenza di vari fattori

Ad esempio:

- Soletta rampante

Normalmente non inclusa nello schema, ma la trave intermedia su cui poggia è collegata al pilastro e quindi la soletta costituisce un vincolo mutuo

- Tamponature

La presenza di tamponature non è in genere inserita nello schema, ma esse provocano un irrigidimento e azioni concentrate sui pilastri in adiacenza agli estremi

Modifica dello schema

- Lo schema può essere modificato per tener conto dell'influenza di vari fattori

Questi fattori non possono essere trattati dal punto di vista probabilistico perché non sono variabili aleatorie definibili mediante una opportuna distribuzione probabilistica

Si parla in questo caso di **variabili epistemiche**

In mancanza di indicazioni probabilistiche affidabili solo il progettista può giudicare quale peso dare a ciascun fattore epistemico

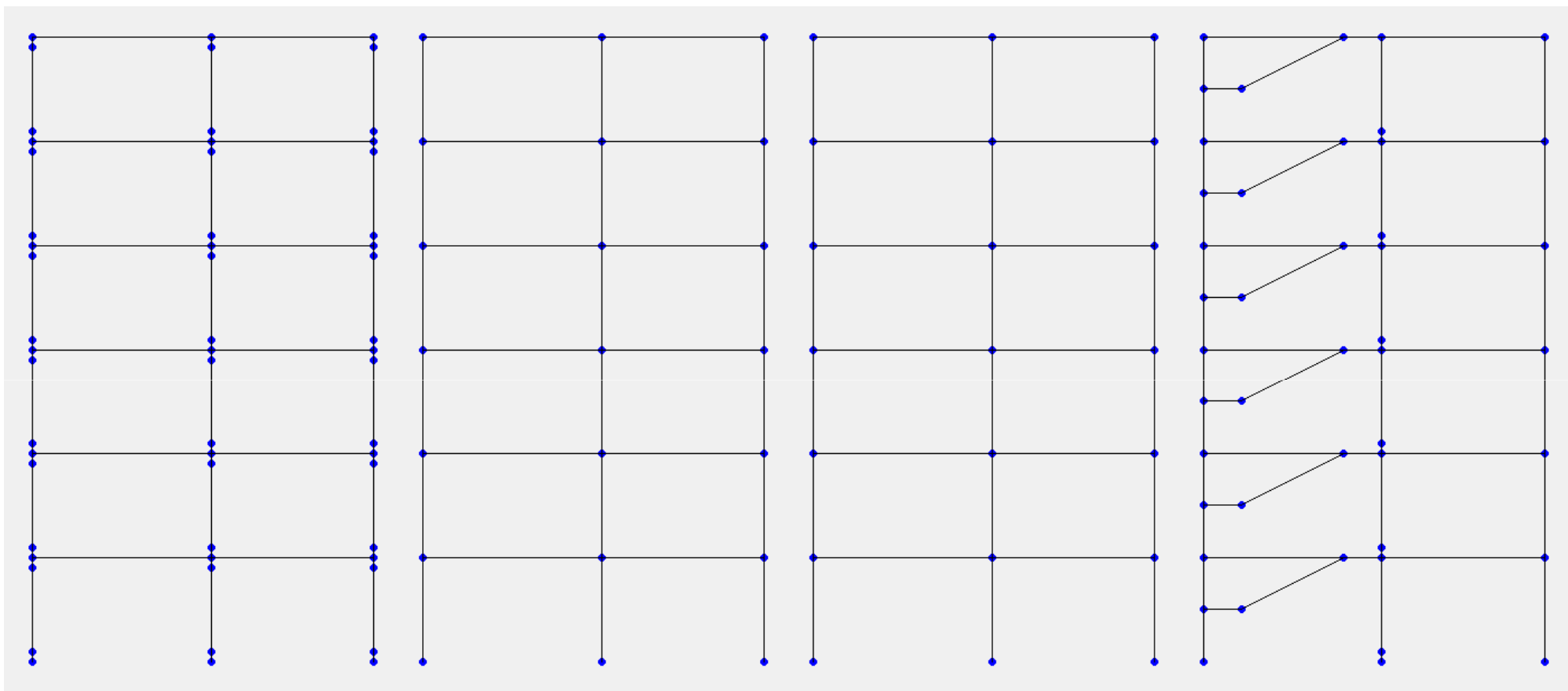
Modifica dello schema soletta rampante

- Ho modellato la struttura inserendo la soletta rampante a tutti i piani

Ho ipotizzato per ciascuna soletta due aste, collegate alla struttura base mediante cerniere (perché agiscono in un piano parallelo al telaio ed occorrerebbe forte rigidità torsionale per trasmettere un momento flettente)

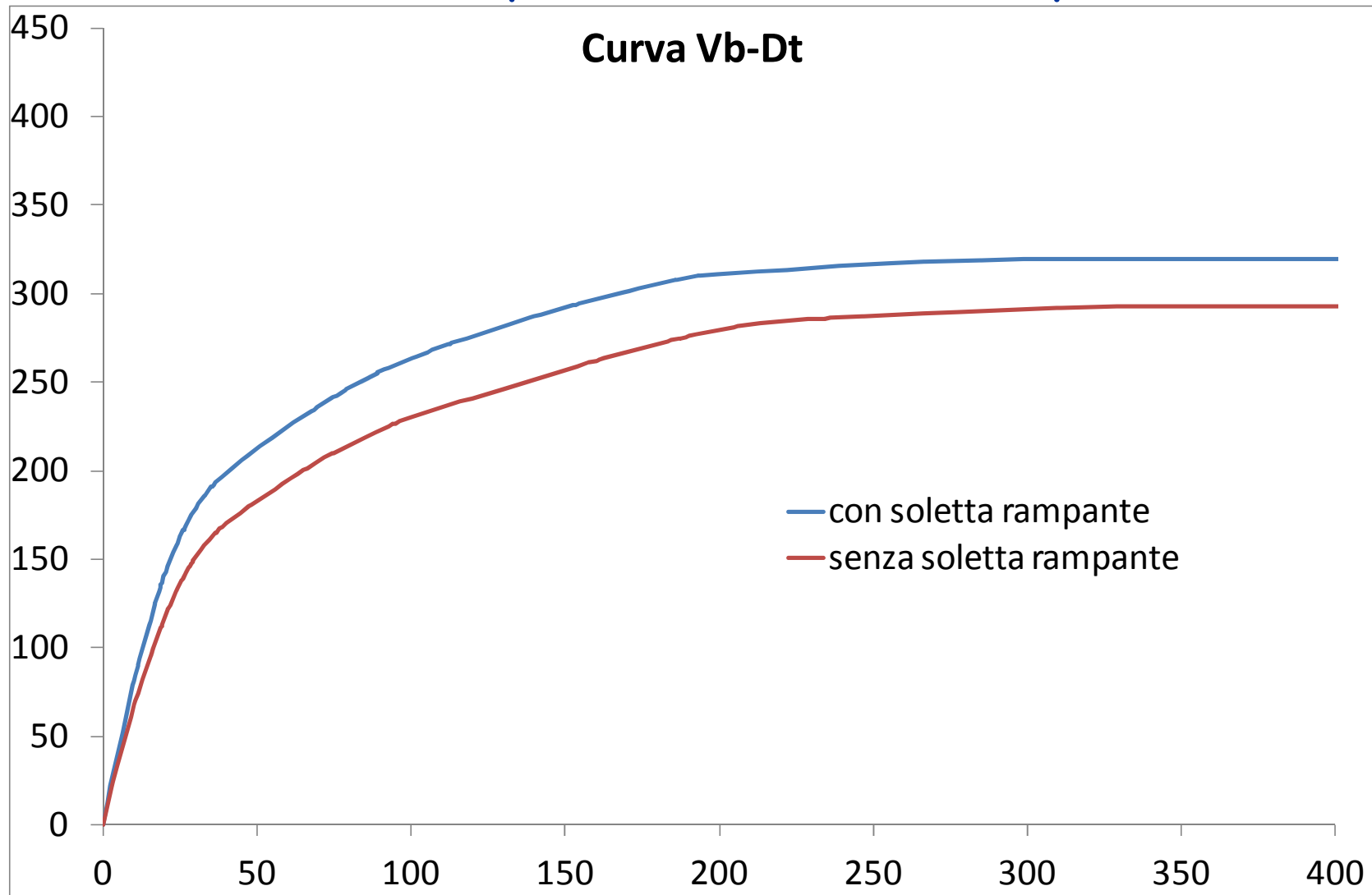
Modifica dello schema soletta rampante

- Schema utilizzato nel calcolo



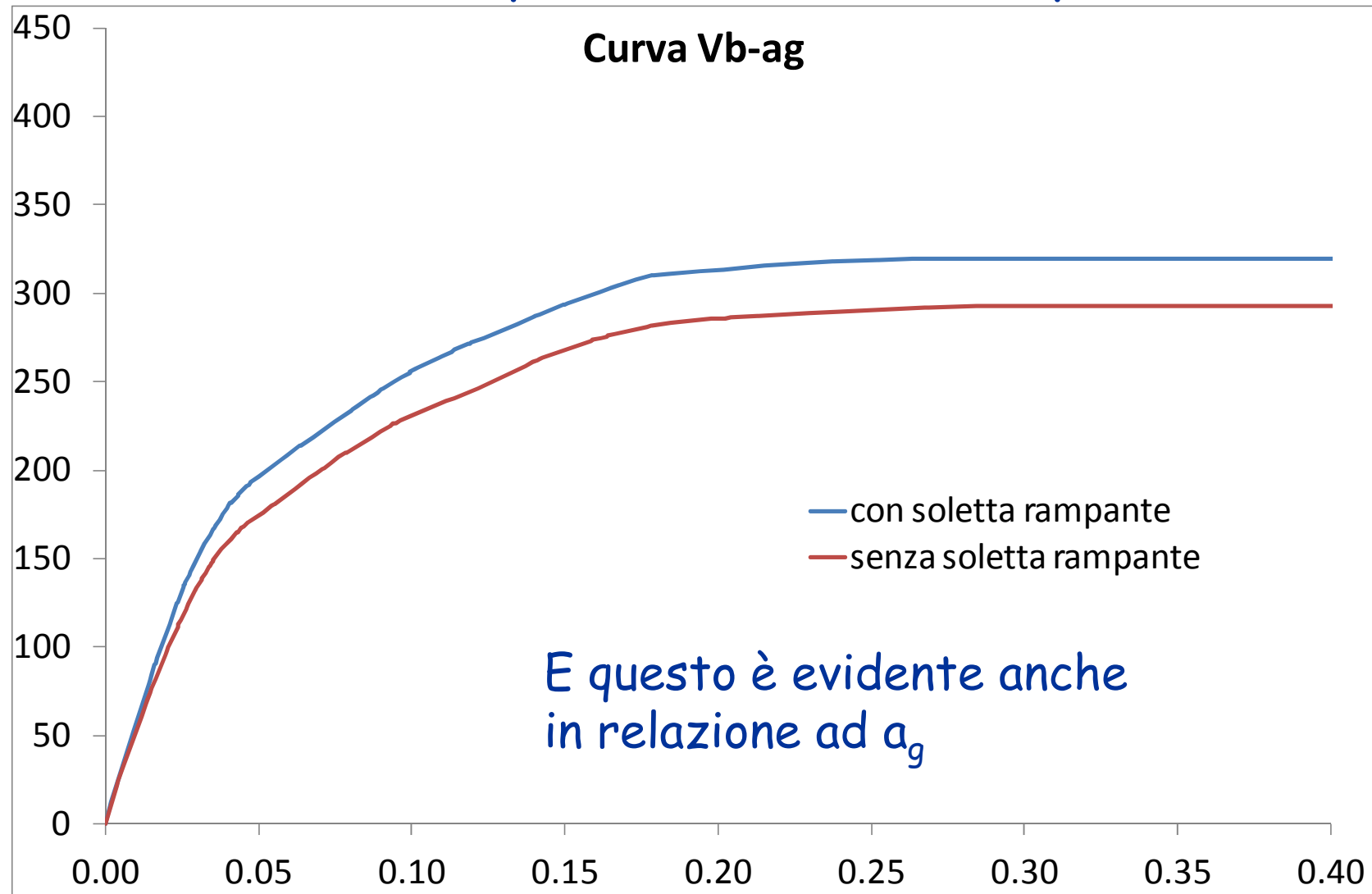
Modifica dello schema soletta rampante

- La resistenza complessiva aumenta un po'



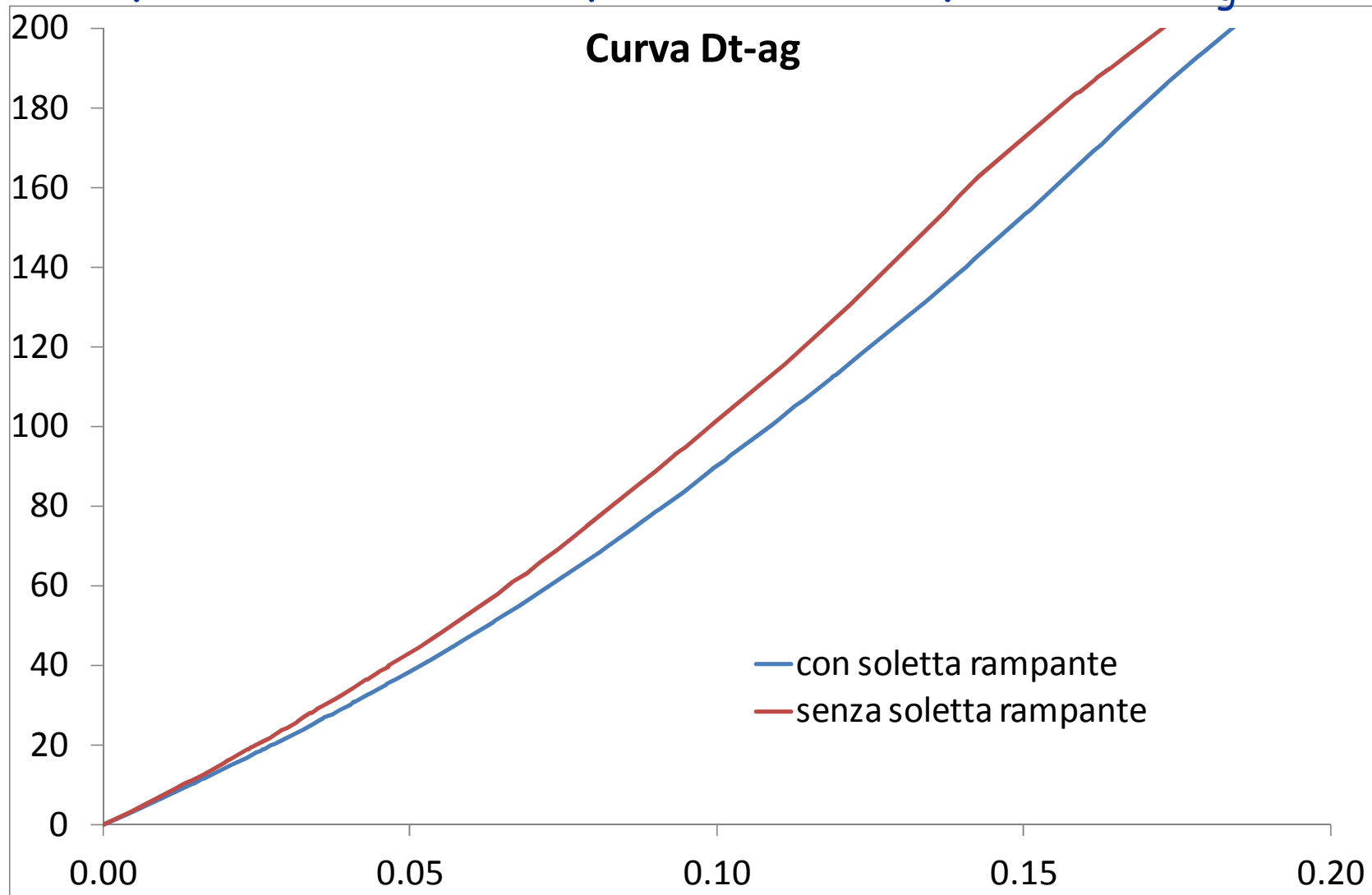
Modifica dello schema soletta rampante

- La resistenza complessiva aumenta un po'



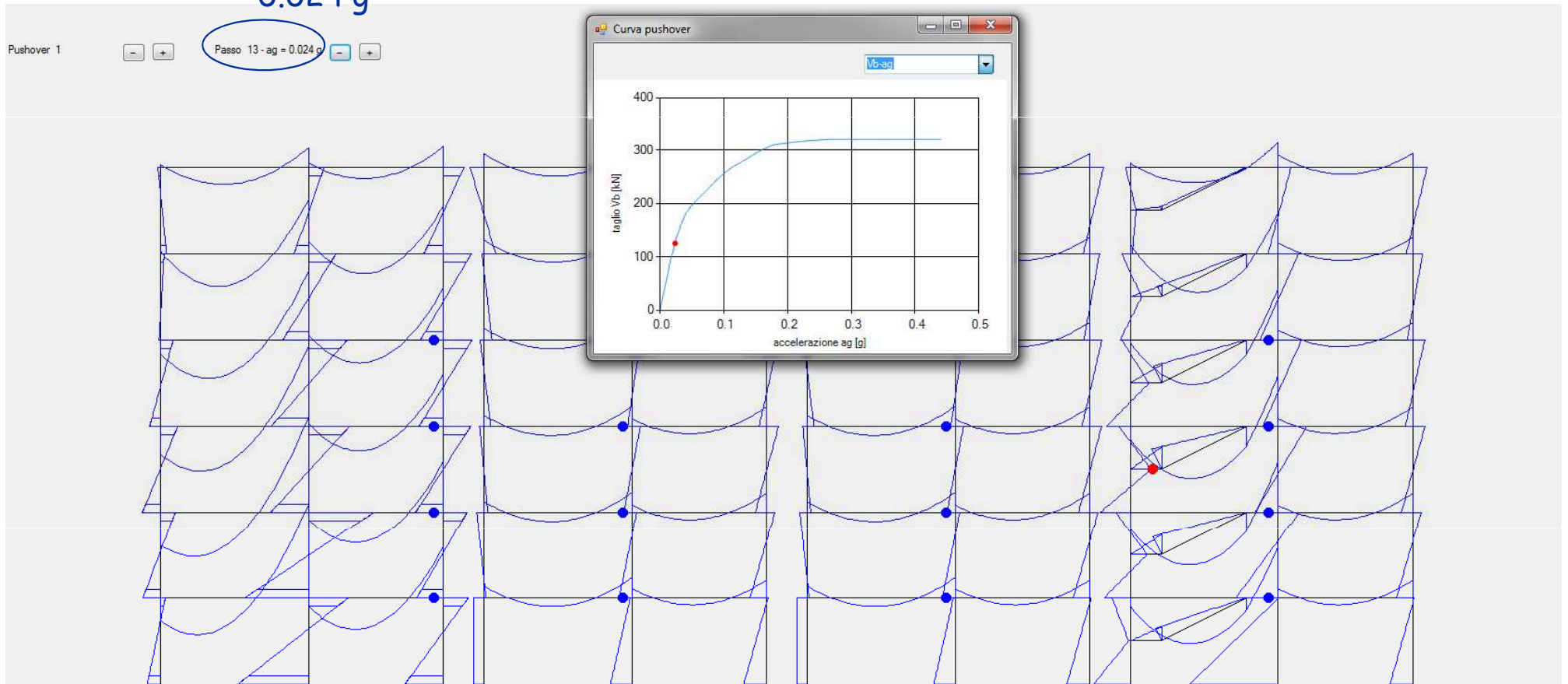
Modifica dello schema soletta rampante

- Lo spostamento è un po' minore (a parità di a_g)



Modifica dello schema soletta rampante

0.024 g



Anche la soletta comincia a danneggiarsi quando l'accelerazione sismica è ancora molto bassa

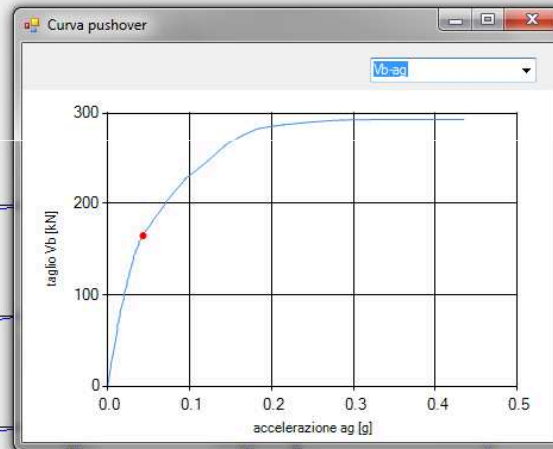
Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.035 g

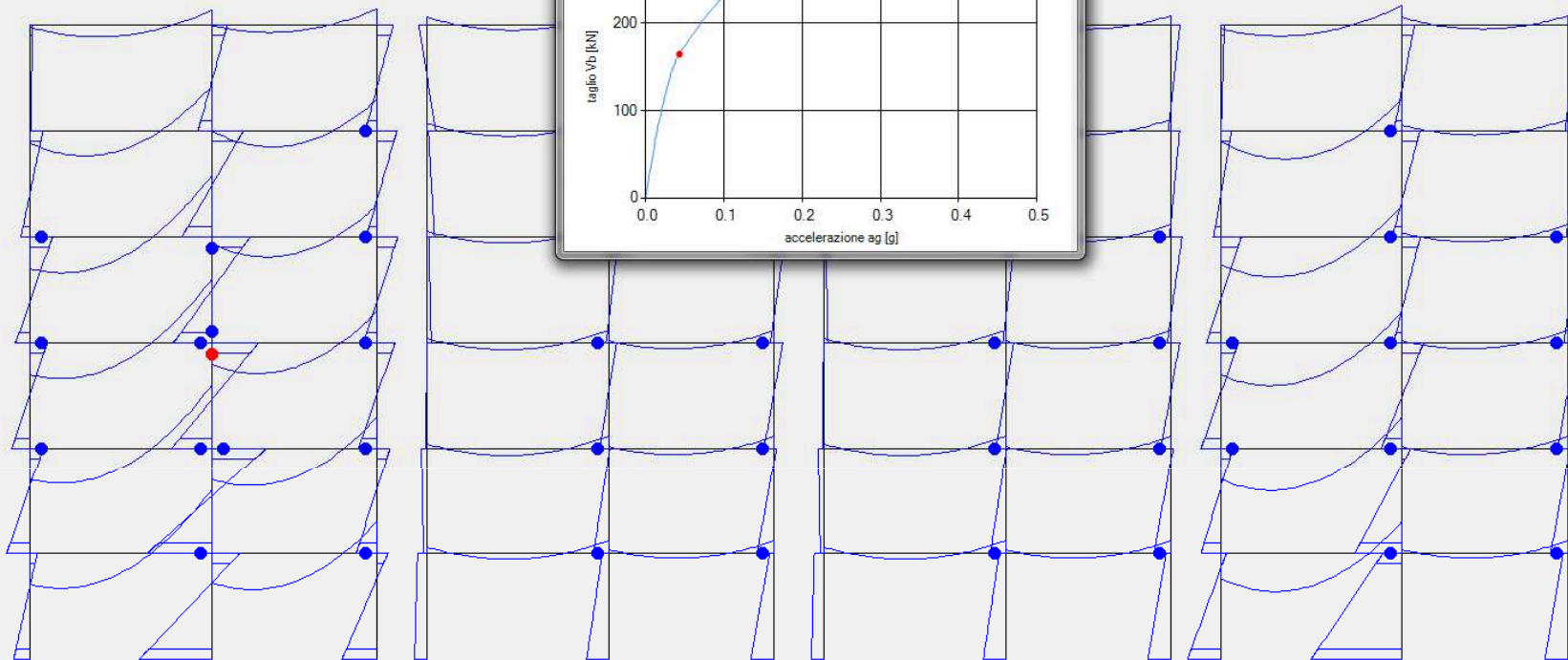
Pushover 1



Passo 35 - ag = 0.043 g



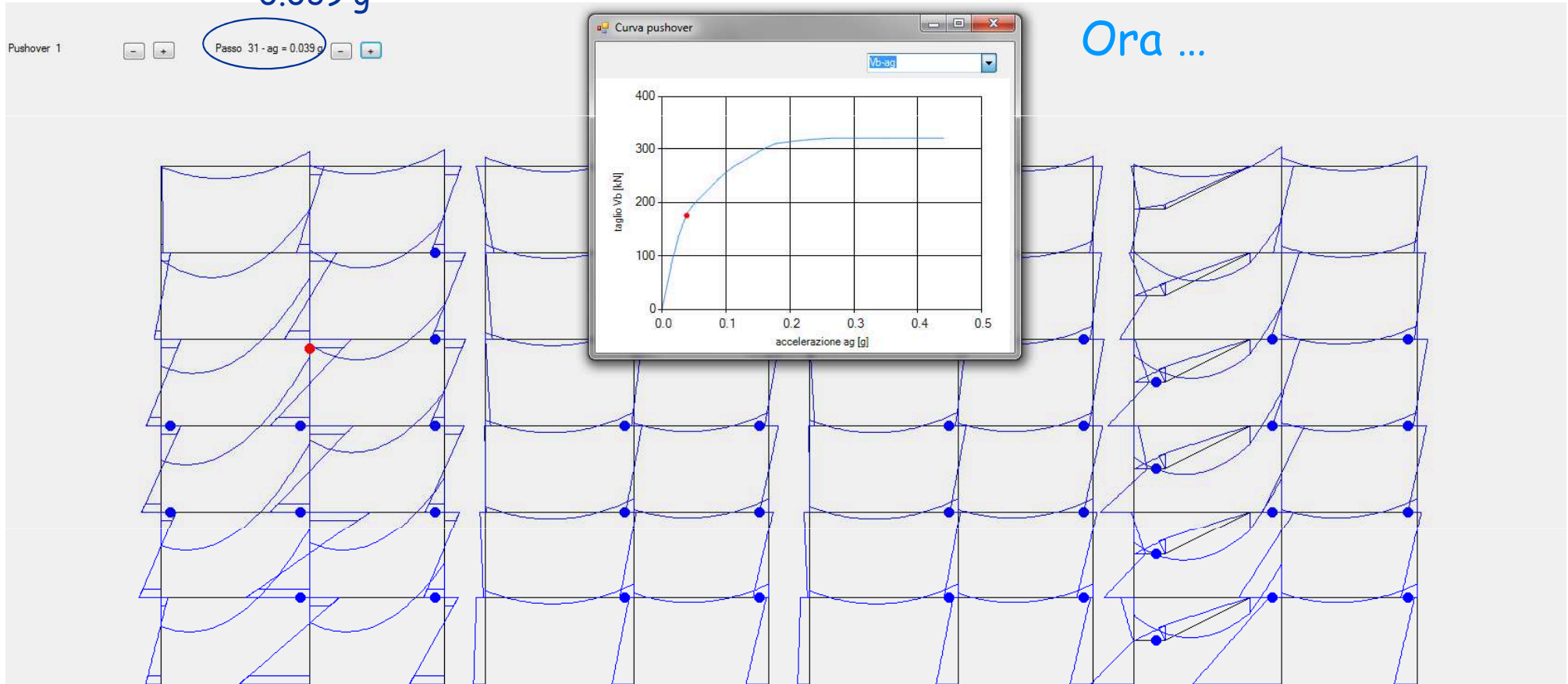
Nel caso base si
aveva questo



La prima cerniera in un pilastro si forma quando molte travi sono già plasticizzate. L'accelerazione sismica è ancora molto bassa

Formazione progressiva delle cerniere plastiche

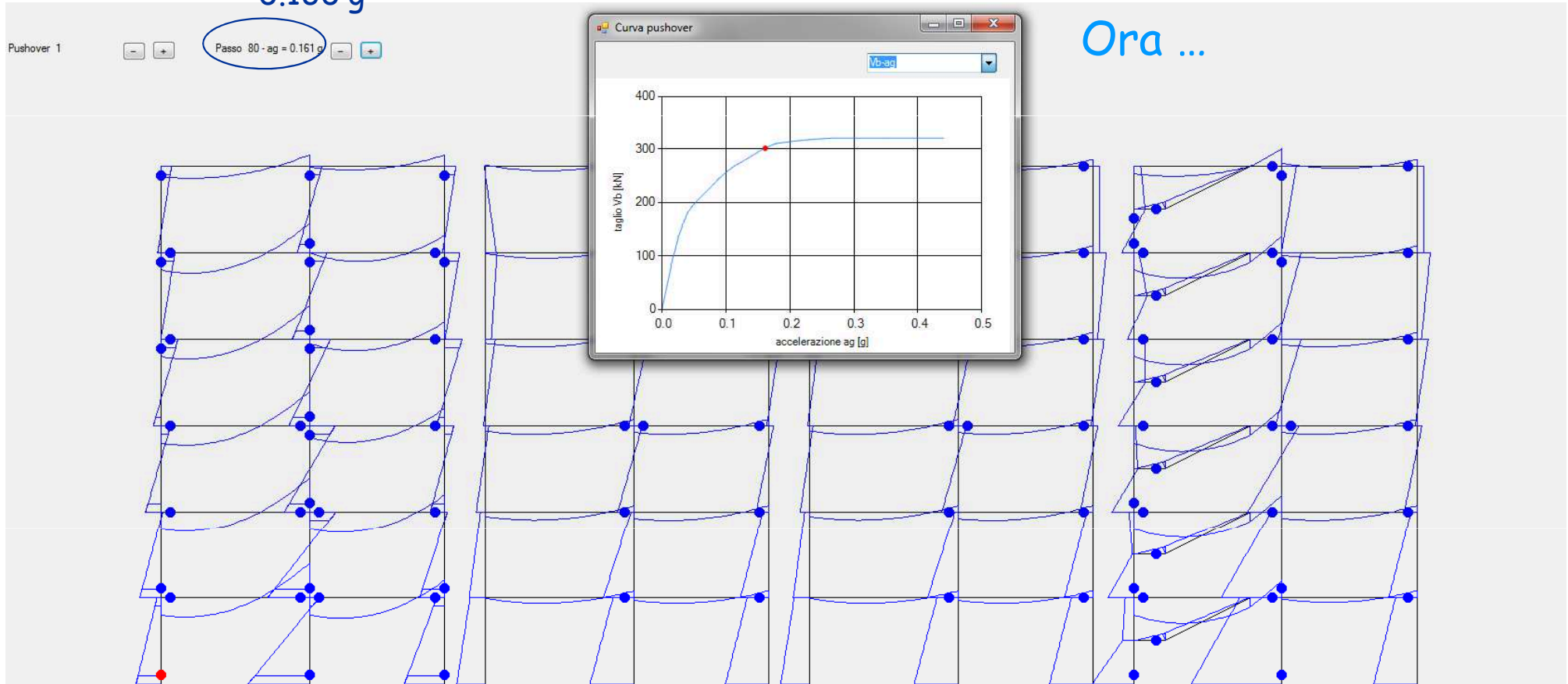
0.039 g



Si forma la prima cerniera in un pilastro per un'accelerazione bassa (0.039 g), quando molte travi sono già plasticizzate

Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.160 g



Per un valore di a_g pari a 0.16 g la struttura ha raggiunto oltre il 90% della sua capacità (in termini di V_b) ed è danneggiata in maniera diffusa, ma sempre principalmente nelle travi

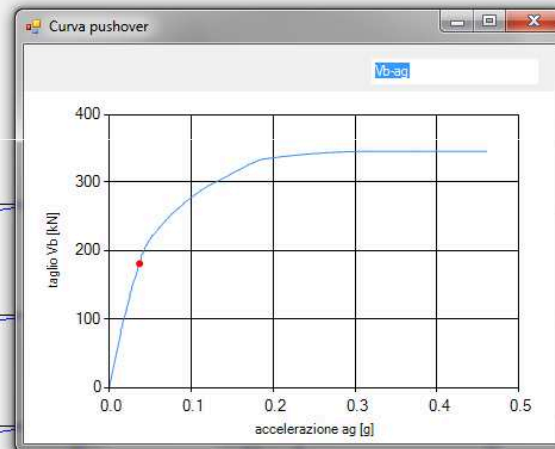
Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.037 g

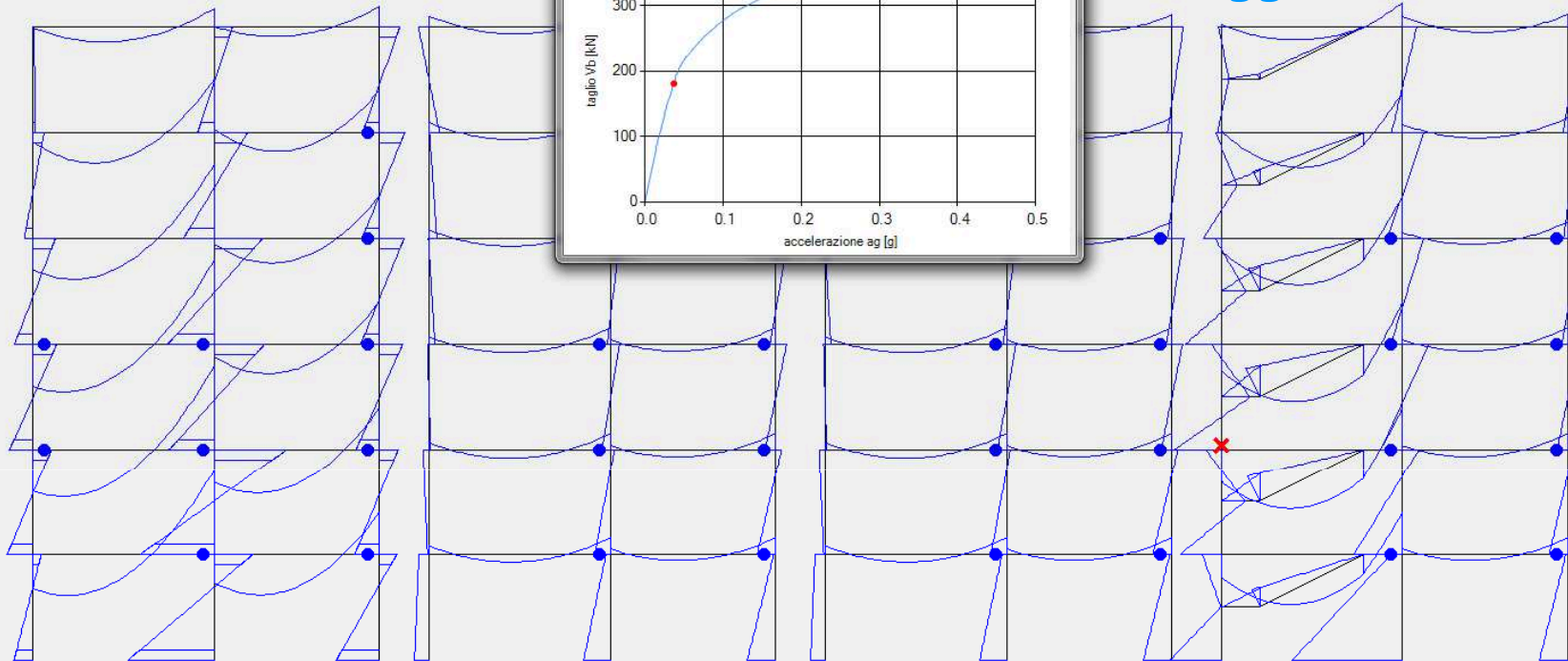
Pushover 1



Passo 27 - $a_g = 0.037\text{ g}$



Ma se la resistenza
della soletta fosse
maggiore ...



Per una accelerazione molto bassa (0.037 g) si avrebbe la rottura a taglio del tratto "corto" di pilastro vicino alla soletta

Formazione progressiva delle cerniere plastiche

0.037 g

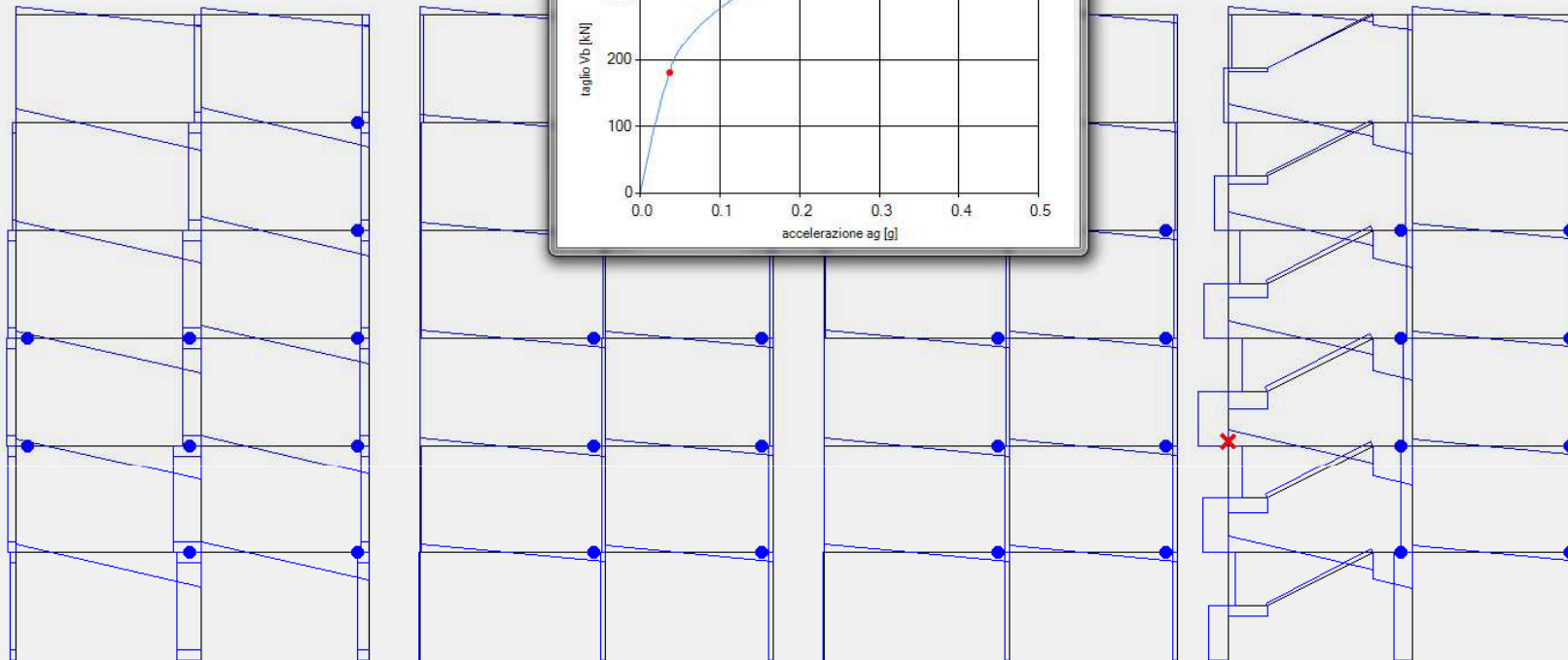
Pushover 1



Passo 27 - ag = 0.037 g



Diagramma del taglio



Ma se la resistenza
della soletta fosse
maggiore ...

Per una accelerazione molto bassa (0.037 g) si avrebbe la rottura a taglio del tratto "corto" di pilastro vicino alla soletta

Soletta rampante

commento

- La presenza di una soletta rampante può essere poco rilevante se la sua resistenza è modesta, perché si plasticizza anticipatamente, come le travi, ed il suo contributo scompare
- ... ma la soletta rampante porta un incremento del taglio nel pilastro adiacente e se la soletta non si plasticizza il pilastro può rompersi prematuramente a taglio

Modifica dello schema tamponature

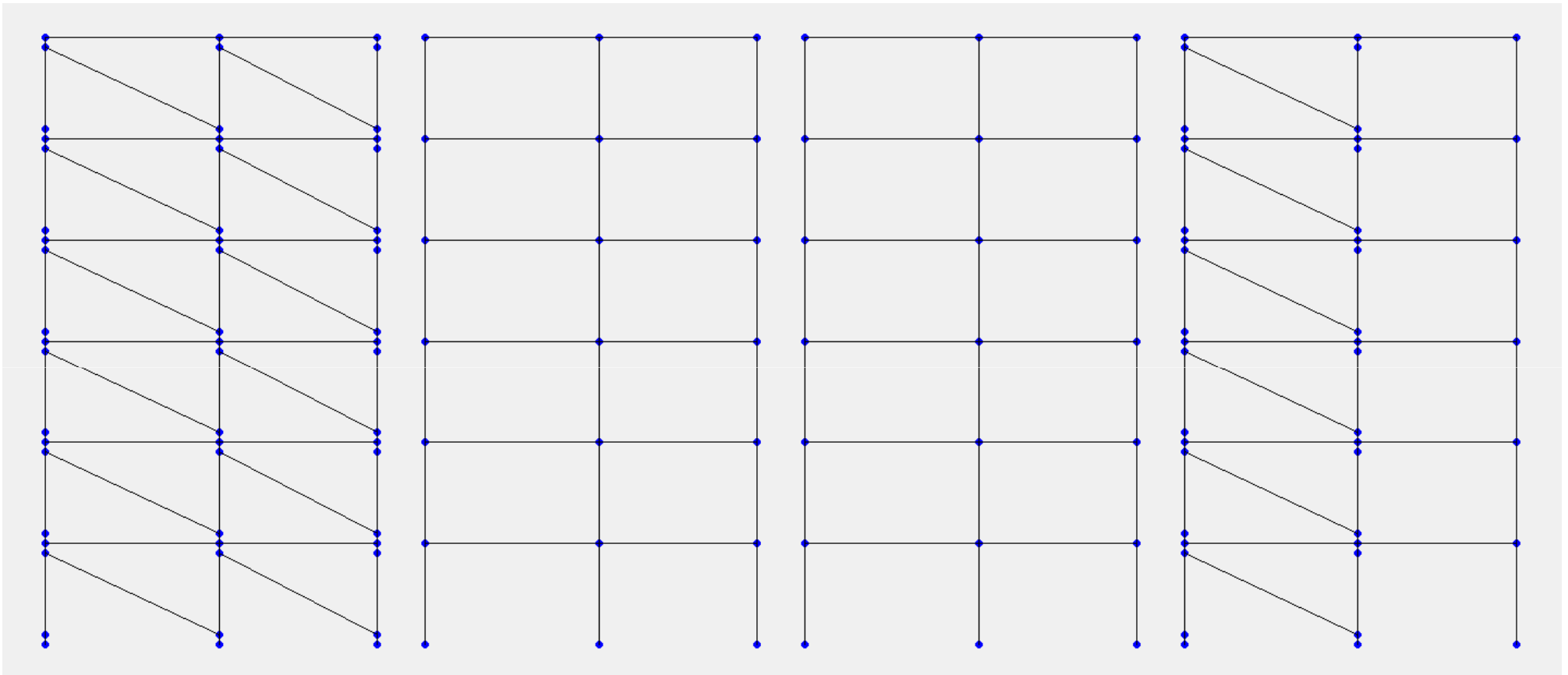
- Ho modellato la struttura inserendo diagonali che rappresentano il puntone compresso

Poiché l'azione non è concentrata nel nodo bensì distribuita all'estremo del pilastro, ho collegato la diagonale con una eccentricità di $0.1 h$ dal nodo

La sezione della diagonale è modesta, ma la resistenza assiale non è trascurabile (ed è nettamente maggiore della resistenza a taglio dei pilastri)

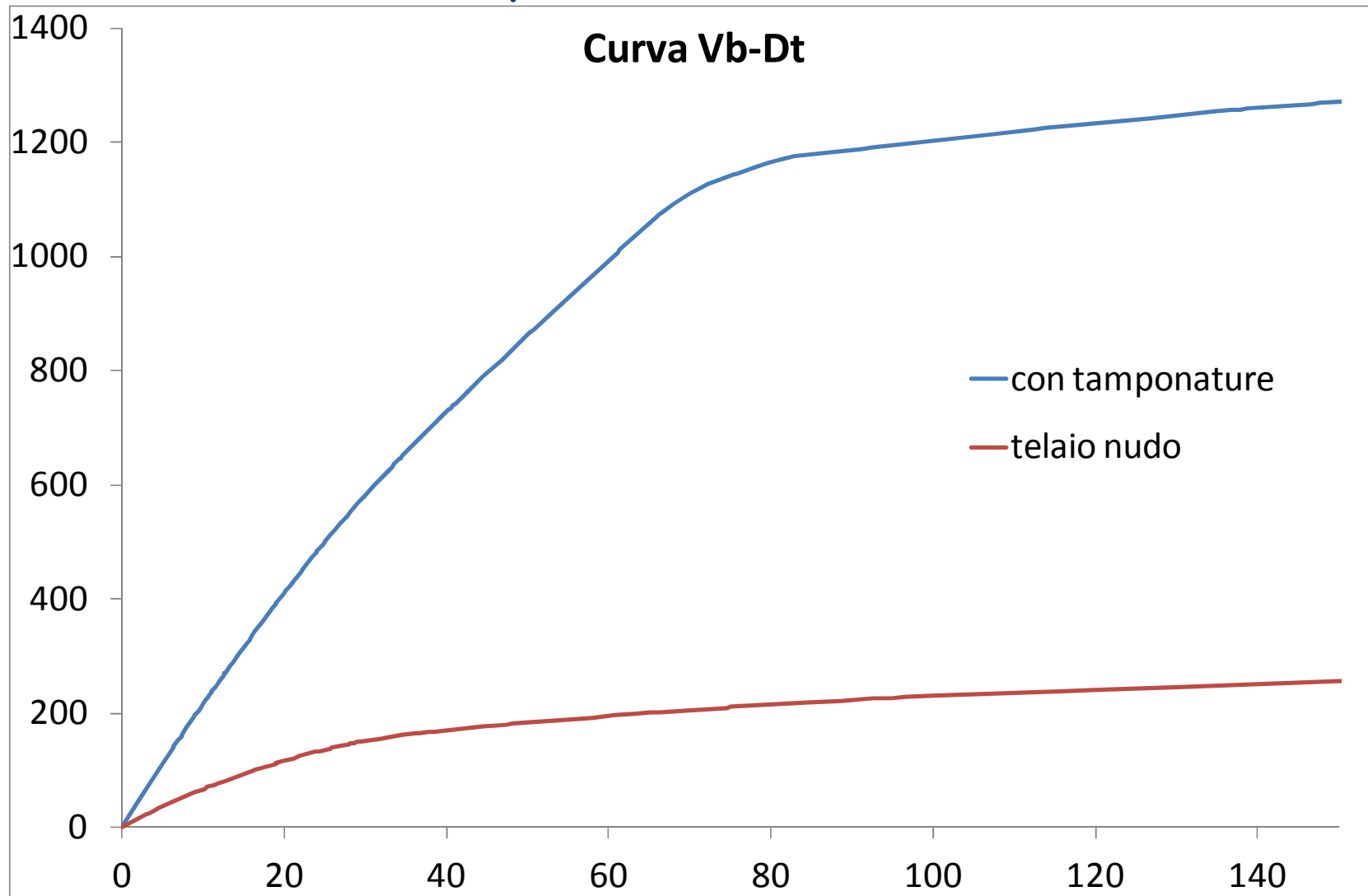
Modifica dello schema tamponature

- Schema utilizzato nel calcolo



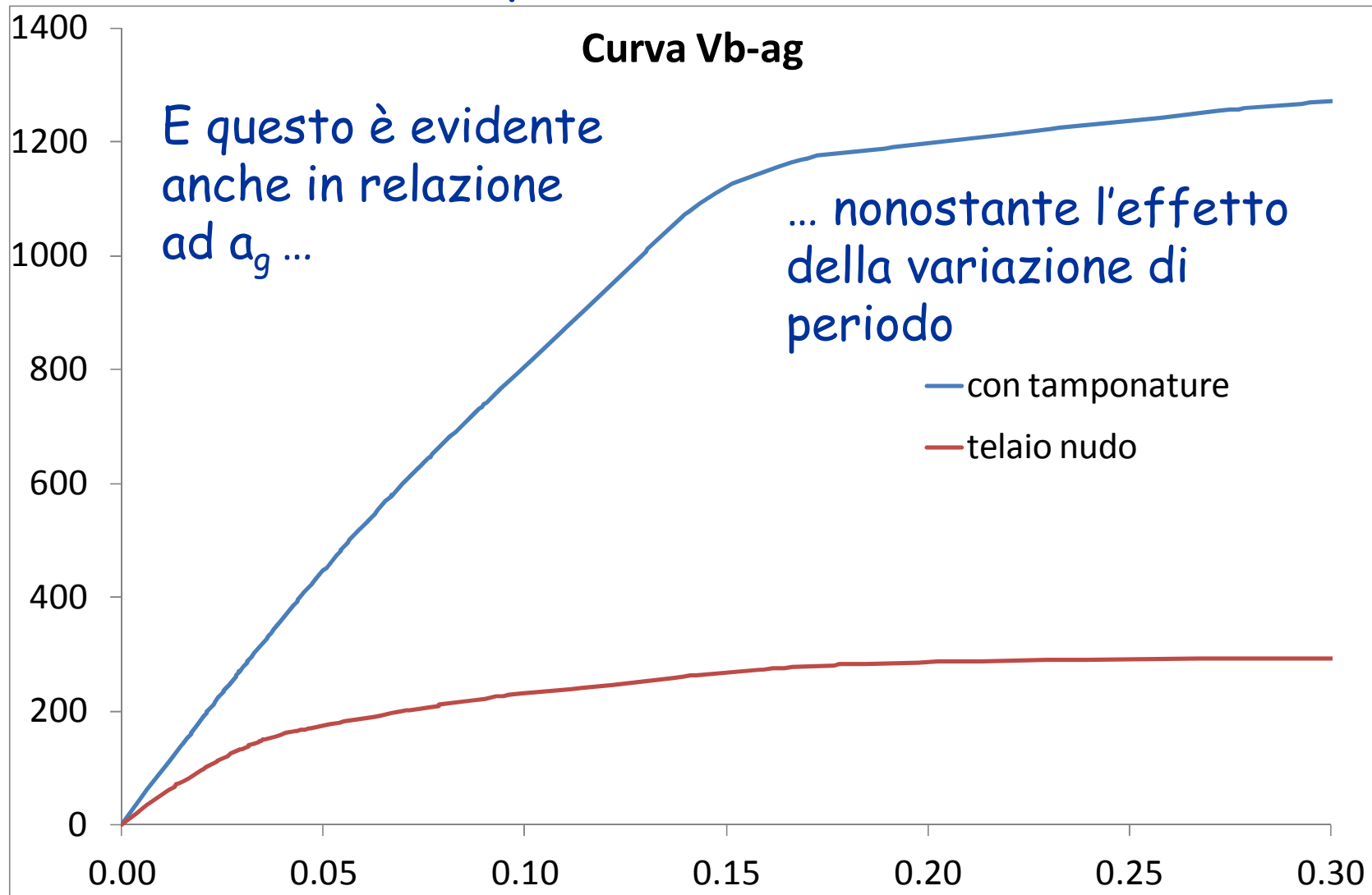
Modifica dello schema tamponature

- La resistenza complessiva aumenta di molto



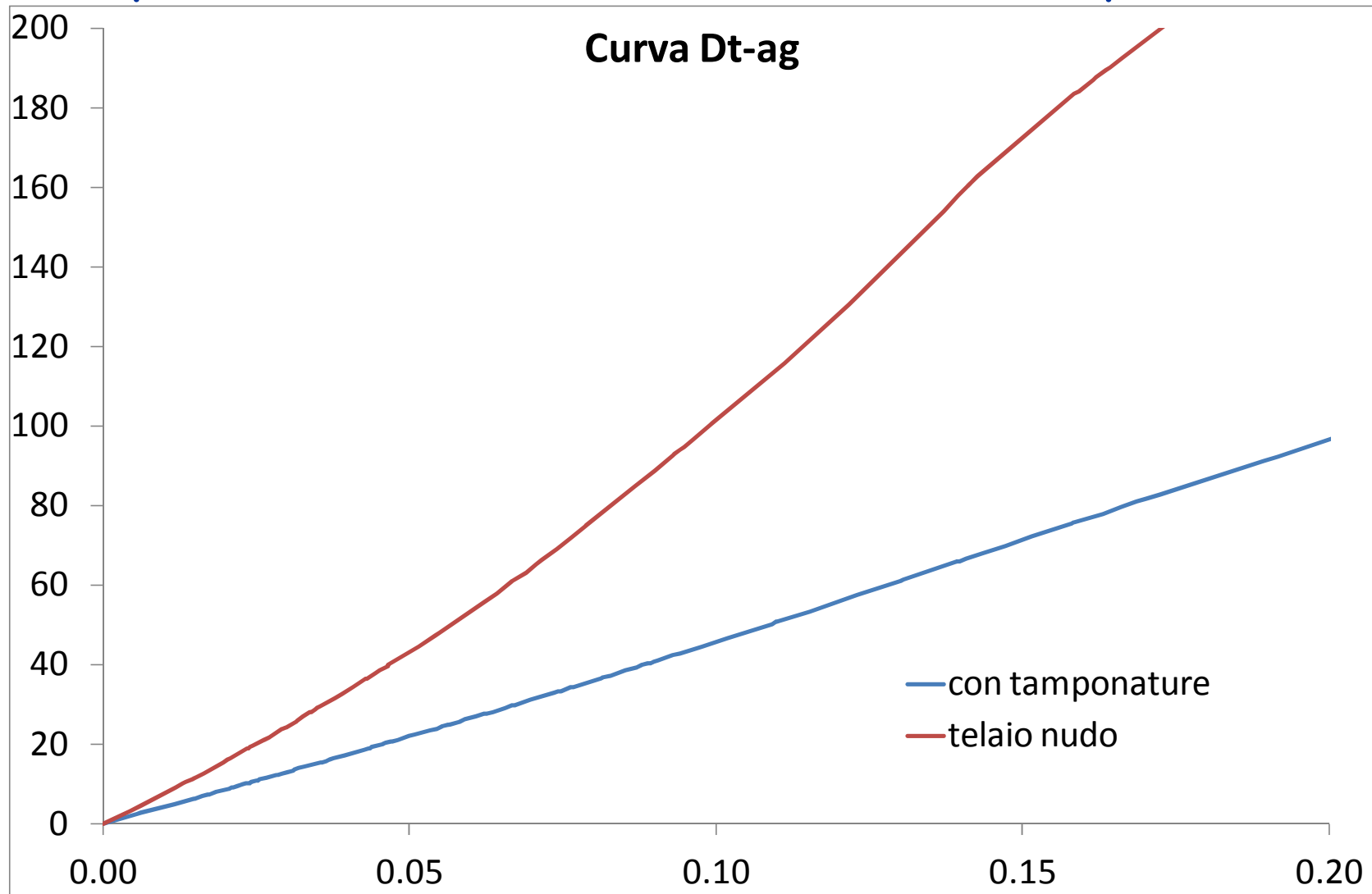
Modifica dello schema tamponature

- La resistenza complessiva aumenta di molto



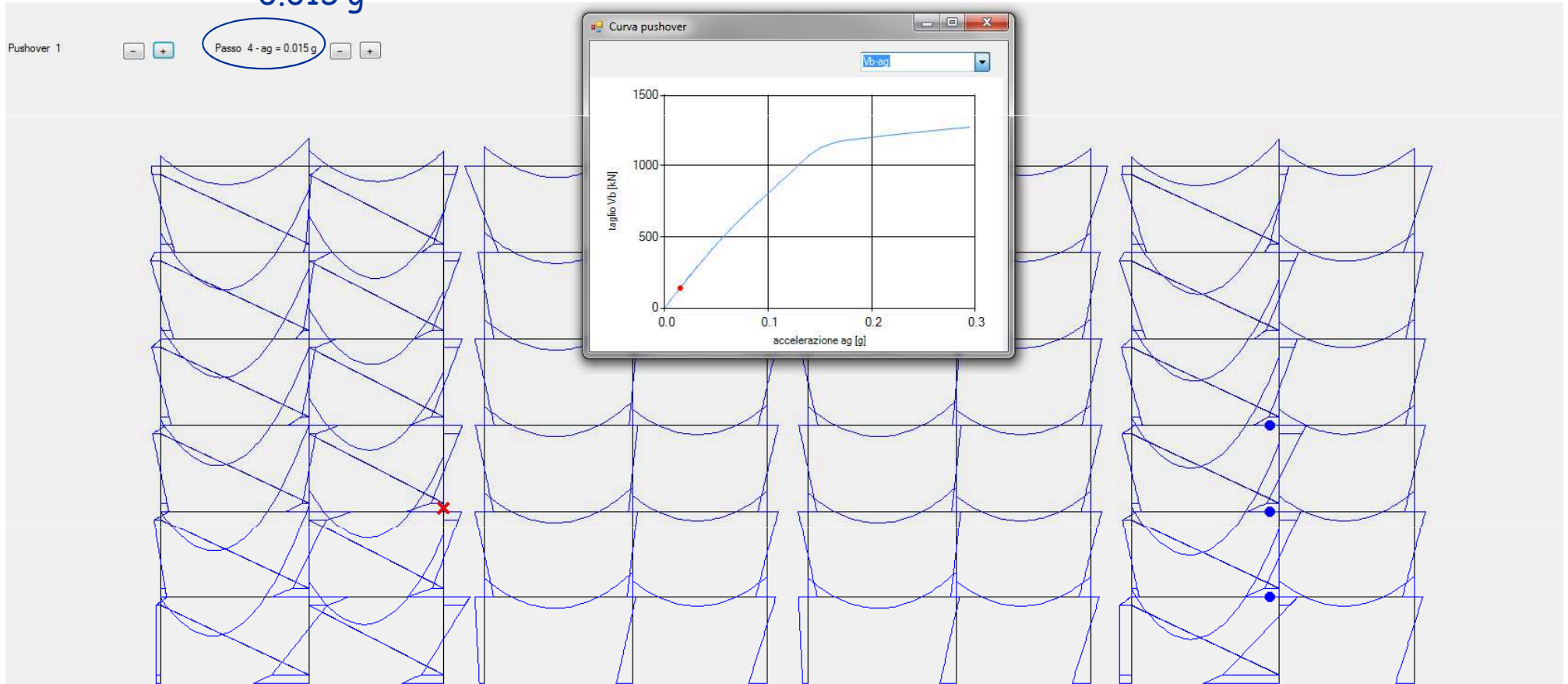
Modifica dello schema tamponature

- Lo spostamento è nettamente minore (a parità di a_g)



Modifica dello schema tamponature

0.015 g



L'azione concentrata della tamponatura porta ad una rottura del pilastro per taglio per accelerazioni bassissime, con la struttura (quasi) ancora in campo elastico

Tamponature

commento

- La presenza di tamponature (se, come nel caso in esame, poche e rigide rispetto alla struttura) può portare alla rottura precoce a taglio dei pilastri adiacenti, anche per accelerazioni modeste
- Ovviamente lo schema usato è molto estremo:
 - L'azione della tamponatura può trasmettersi anche alla trave e non solo al pilastro
 - La malta tra tamponatura e pilastro può consentire deformazioni prima che l'azione venga trasmessa al pilastro in maniera rilevante

Ma il problema c'è e può essere molto rilevante