

Università degli studi di Bergamo

Scuola di Ingegneria (Dolmine)

CCS Ingegneria Edile

LM-24 Ingegneria delle Costruzioni Edili

Dinamica, Instabilità e Anelasticità delle Strutture

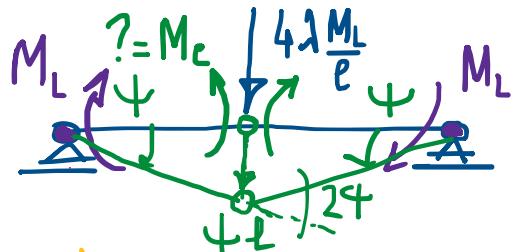
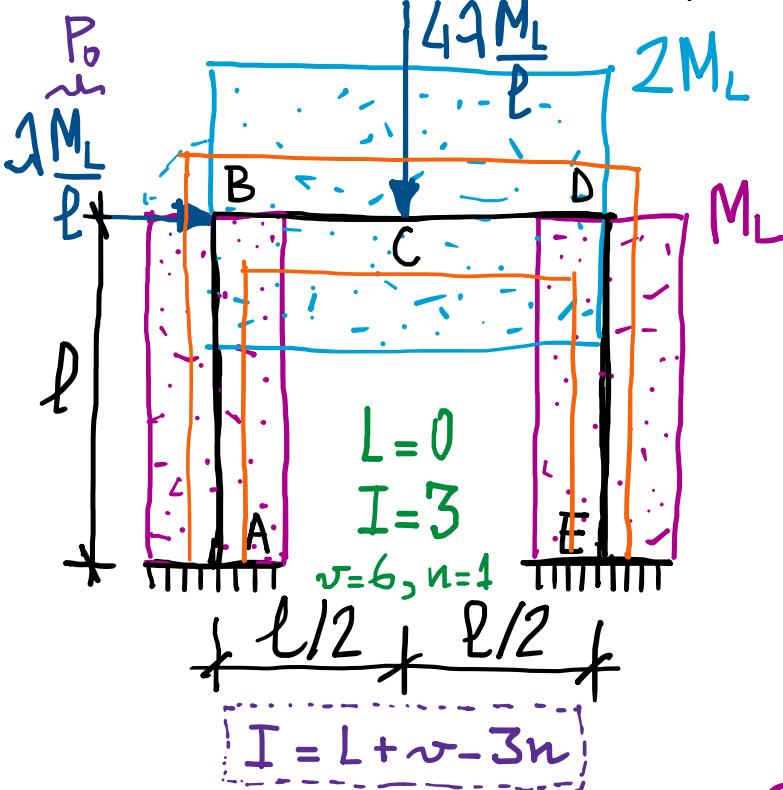
(ICAR/08 - SdC; 6 CFU)

prof. Egidio RIZZI

egidio.rizzi@unibg.it

LEZIONE 28

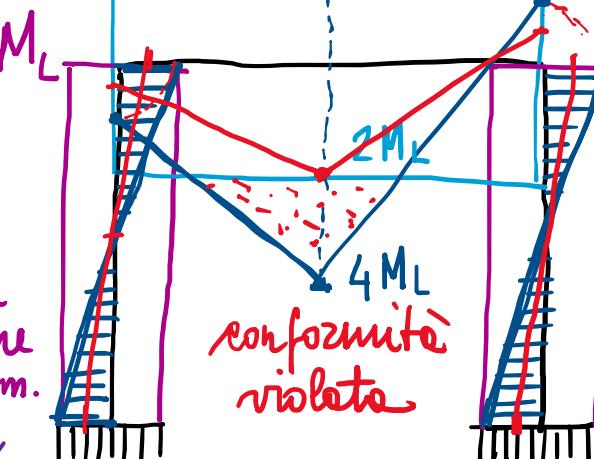
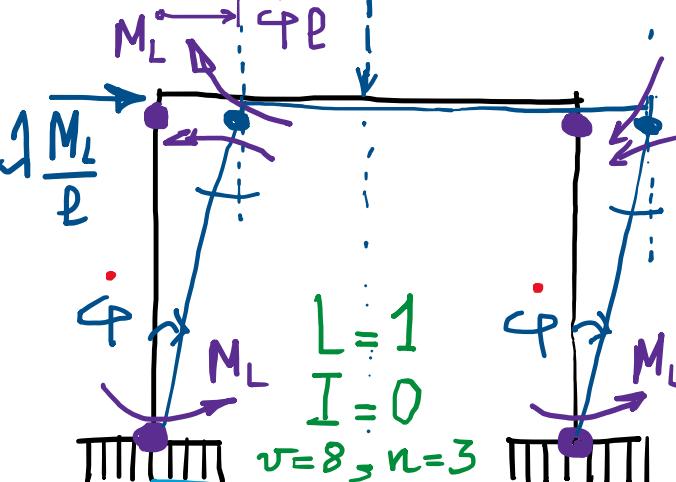
Esempio di telaio a portale con carichi concentrati \hookrightarrow determinazione diretta delle caratteristiche di collasso.



$$\text{PLV: } \delta_e = 4\lambda \frac{M_L}{e} \frac{P}{2} - M_c \frac{P}{2} + M_x \frac{4}{e} - M_L \frac{P}{e} = 0 \quad (\text{eq. ne di equil.})$$

$$M_c = \lambda M_L = 4M_L \Rightarrow \rho_m = \frac{M_c}{2M_L} = 2 \Rightarrow \lambda^- = \frac{1^+}{\rho_m} = \frac{1^+}{2} \leq \lambda_1 \leq 4 = \lambda^+ \quad \text{Se si, avremmo } \lambda_L. \quad \text{delimitazione bilaterale}$$

• Metodo cinematico: analisi di possibile meccanismo

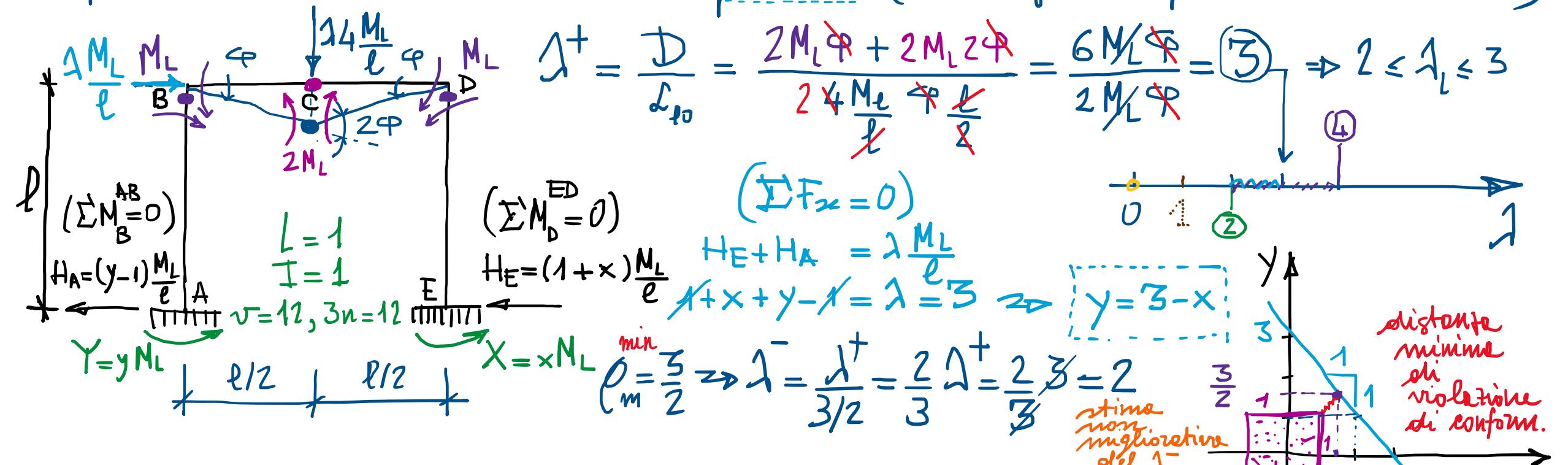


$$\text{PLV: } \delta_e = \lambda \delta_{e0} = \delta_{ip} = D \Rightarrow \lambda^+ = \frac{D}{\delta_{e0}}$$

$$\lambda^- = \frac{4M_L}{M_L + P} \Rightarrow \lambda^- = 4$$

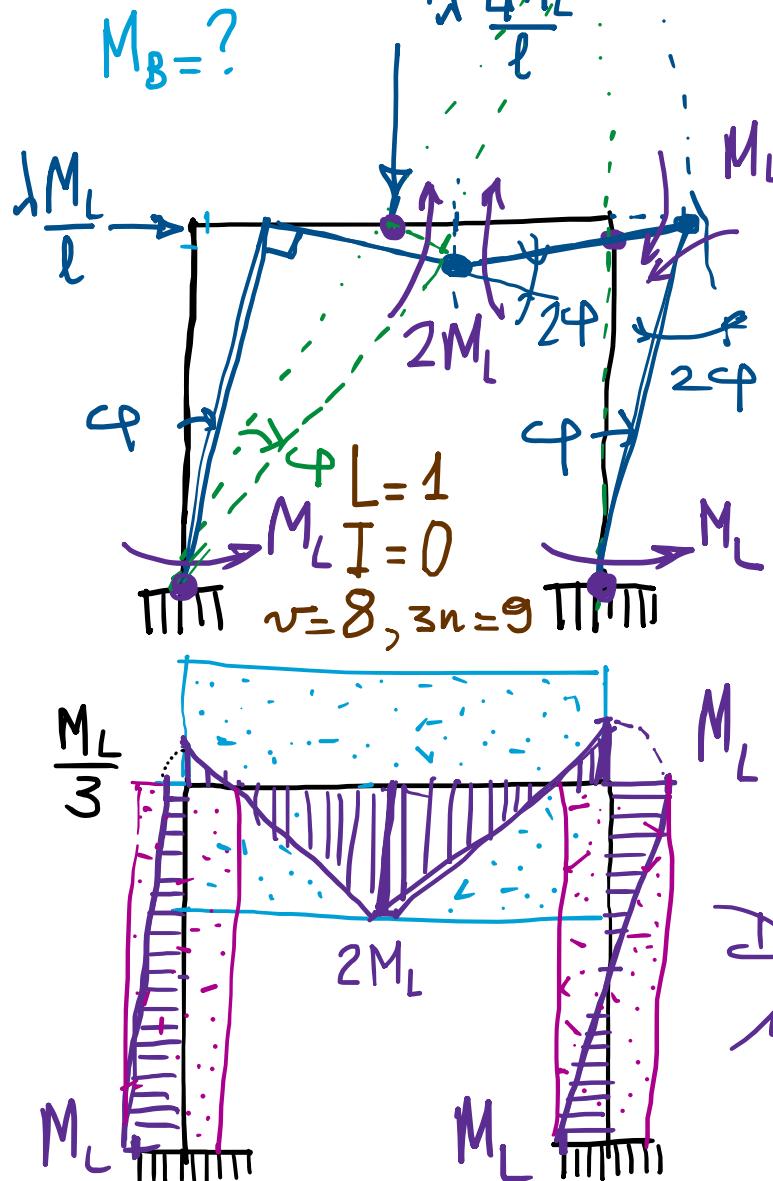
Passando immediatamente al m. statico (nell'ottica del Metodo Misto), si verifica se la distribut. di momenti risultante (qui univocamente nota) è staticamente ammissibile: È λ^+ anche un λ^- ?

- Mecanismo di trave: meccanismo "parziale" (coinvolge una parte delle strutture)



Corrispondentemente (al meccanismo parziale), la verifica di conformità plastica della distribuzione del momento flettente considera possibili scelte dell'ipotesi resile (es. X), quindi con determinazione non univoca del λ^- . È qui possibile determinare il valore massimo possibile del λ^- per queste famiglie di quantità statiche ($X, Y(X)$), dividendo λ^+ per C_m^{\min} .

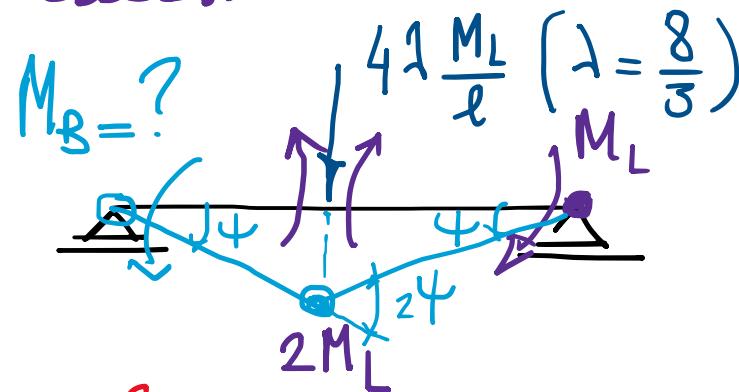
- Mecanismo shi trave-parete (mecanismo completo)



Mecanismo
di collasso

$$\lambda^+ = \frac{D}{L_{eo}} = \frac{M_L \phi + M_L \phi + M_L 2\phi + 2M_L 2\phi}{\frac{M_L \phi l}{l} + \frac{2M_L \phi l}{l}} = \frac{8M_L \phi}{3M_L \phi} = \frac{8}{3}$$

$$= 2.6$$



$$\begin{aligned} \Gamma_e &= \frac{2}{4} \frac{8}{3} \frac{M_L}{l} + \frac{l}{2} - M_L \phi - 2M_L 2\phi - M_B \phi = 0 \\ &= \left(\frac{16}{3} - \frac{5}{3} \right) M_L \phi - M_B \phi = 0 \Rightarrow M_B = \frac{1}{3} M_L \end{aligned}$$

conformità
rispettate in B

$\lambda^- = \lambda^+ = \frac{8}{3} = \lambda_L$
Th. misto

Distribuzione dei momenti (conforme)
a collasso, per $\lambda_L = \frac{8}{3}$.

Concetti fondamentali :

- Utilizzo dei th. fondamentali dell'A.L. quali "metodi diretti" di calcolo a rottura, verso la determinazione delle caratteristiche di collasso plastico (statiche: moltiplicatore dei carichi di collasso $s = \lambda_L$, distribuzione delle azioni interne a collasso, $M_{iL}^{(\geq)}$; cinematiche: meccanismo di collasso, con individuazione delle CP).
- In genere, tipicamente in presenza di strutture staticamente indeterminate (iperstatiche), risulta conveniente partire col Metodo Cinematico, ipotizzando dei possibili meccanismi di collasso (parziale, cioè di una porzione di struttura o completo, cioè coinvolgente l'intera struttura), e poi relativi moltiplicatori cinematici λ^+ , tra i quali selezionarne il minimo, verificandone quindi se questo posso essere anche un moltiplicatore statico λ^- , ai fini di individuare λ_L (se è possibile determinare una confine static. ammissibile corrispondente) o un'opportuna delimitazione bilaterale $\lambda^- \leq \lambda_L \leq \lambda^+$.

SOMMARIO (Lec. 28)

- Esempio di relais a portale doppialemente incastato con carichi concentrati.
- Risoluzione con "metodi diretti", "manuali":
 - Metodo cinematico
 - Metodo statico
 - Metodo misto

• delimitazione bilaterale (in genere suff. ai fini ingegneristici),
• stima del moltiplicatore limite λ_L e dei momenti e collasso $M_{iL}(x)$.
- Mecanismo completo (collasso dell'intera struttura) \Rightarrow struttura isostatica con distribuzione univoca di $M_i(x)$ che, se conforme, corrisponde anche a λ_L .
- Mecanismo parziale (collasso di parte delle strut.) \Rightarrow " " " "
" non " " (conformità relativabile per scelte di incognite ieristiche residue) \Rightarrow vari λ^- (e maggiore tra i possibili λ^-).
- Metodo statico ("safe th.") fornisce sempre stime conservative $\lambda^- \leq \lambda_L = \max \lambda^-$ ma di più difficile elaborazione per str. con molte inc. ieristiche (scelte multiple).
- Metodo cinematico ("upper bound") fornisce stime non conserv. $\min \lambda^+ = \lambda_L \leq \lambda^+$ ma di assai facile determinazione (eq. di equil. e collasso incisivo tramite PLV).
Laddove tutti i meccanismi, λ_L è il min tra tutti quelli det.; ove una parte, $\lambda_L \leq \lambda_{\min}^+$.
- Metodi codificabili in forma computazionale (Programmazione Lineare) con calcolo metriciale.

Conclusioni globali sul corso [DIAS]: (Plasticità)

- Tre discipline, Dinamica/Instabilità/Aneleasticità delle strutture viste separatamente (oggetti concettuali fondamentali) → ma in realtà interagenti.
- Come estensione del SolC (statica in ambito lineare):
Dinamica: con incisie, linearità (elasto-viscosa).
Instabilità/Aneleasticità: "quasi statica", non-linearietà (geometrica/di materiale).
- Dinamica anche ben tipica di stati di servizio (uso quotidiano vibrionale, es. ponti).
- Instabilità/Aneleasticità più tipica di stati limite ultimi (preludio o condizionante al collasso) → tipicamente tramite transizioni dinamiche → Risposta non-lineare con discipline ex- presenti.
- Trait d'union: sistemi discreti (masse concentrate; elementi a deformabilità concentrate, elastiche (molle)/plastiche (cerniere plastiche o nodi)).
- "Modi" caratteristici:
 - "di Dinamica" (modi principali di vibrazione, frequenze proprie; $\omega_1 = \min \omega_i$);
 - "di Instabilità" (deformate critiche, carichi critici; $p_{cr} = \min p_{criti}$);
 - "di Plasticità" (meccanismi di collasso, moltiplicatori cinematici; $A_L = \min A_i^+$).
- Link con CMSS (discretizzazione) e uso calcolo matriciale (automatizzato).
- Recano tracce del filone SolC-CdSDC-DIAS (fondamenti) sugli aspetti teorico- (+CMSS) metodologici in Meccanica dei Solidi e delle strutture.
- Seguono aspetti applicativi nell'area di TolC (Progetto, verifica agli S.L.U., costruzioni in zone sismiche).