

Progettazione strutturale 2M A

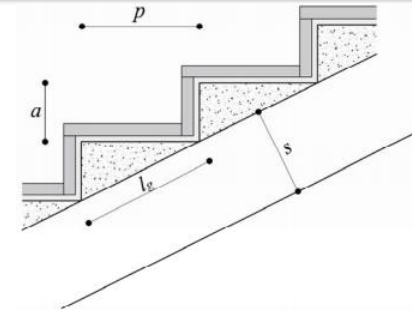
Progetto di una struttura in c.a. : scale

Ing. Davide Lavorato
davide.lavorato@uniroma3.it

Progetto struttura: scale sistemi strutturali

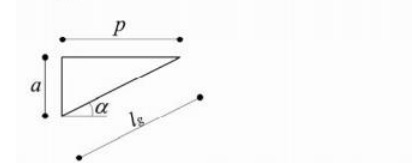
❑ Scala con soletta rampante:

- soletta (flessione e taglio)



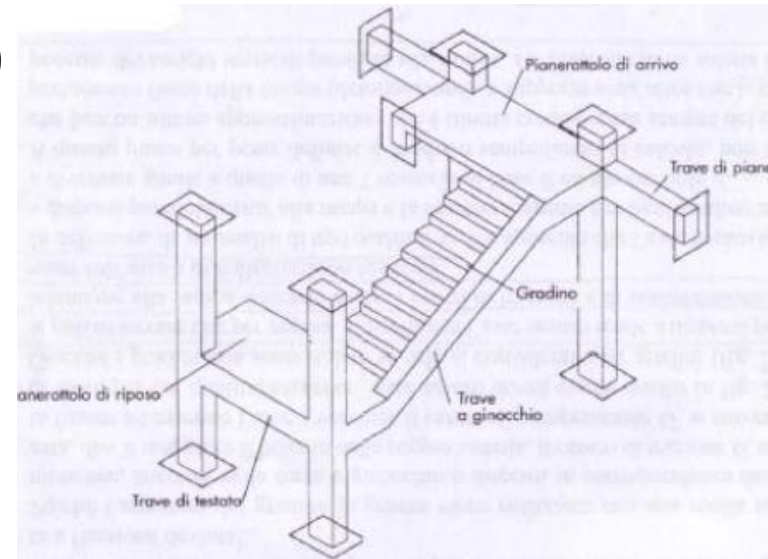
❑ Scala con trave a ginocchio e gradini a sbalzo:

- trave a ginocchio (flessione, taglio e torsione)
- gradini a sbalzo (mensola, flessione e taglio)
- pianerottoli (solette a flessione e taglio)



❑ Scala con pareti e gradini a sbalzo:

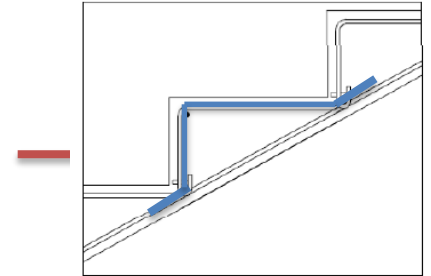
- setti verticali
- solette pianerottoli
- gradini o solette a sbalzo



Progetto struttura: soletta rampante

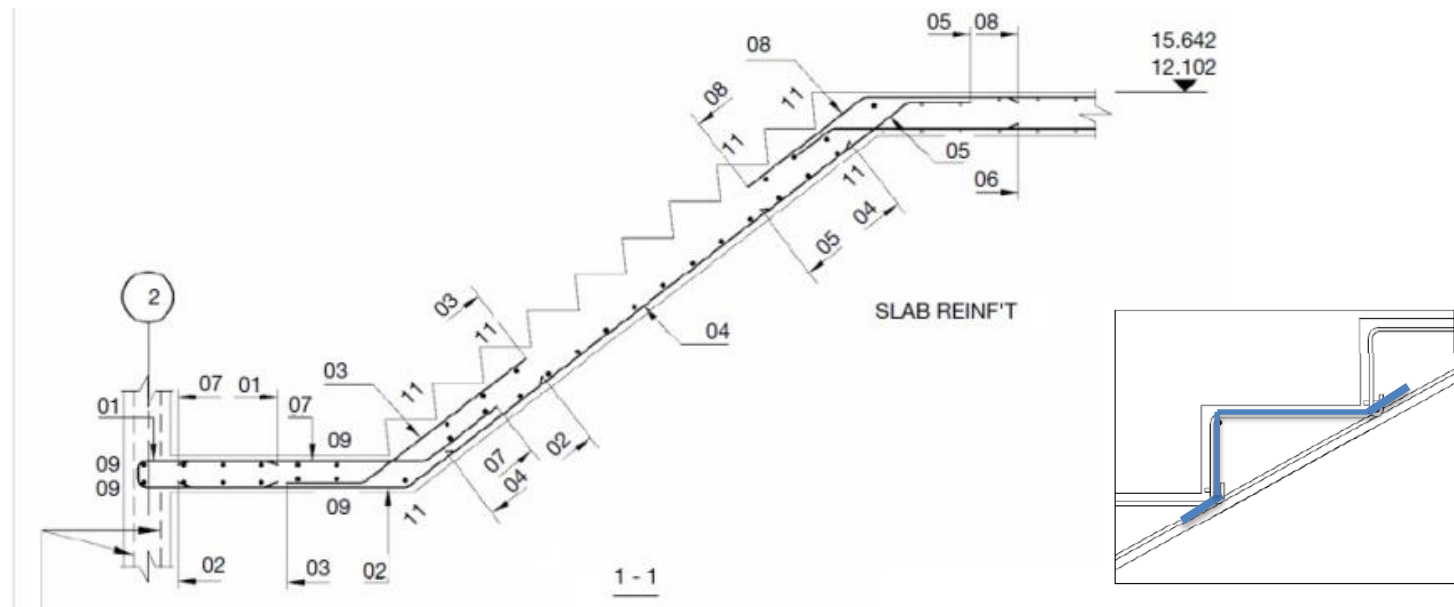
❑ Scala a soletta rampante (simile a solaio):

- i gradini sono portati dalla soletta (sono armati)
- soletta armata a flessione (barre longitudinali)
- la soletta può non essere armata a taglio
- «eventuali 'staffe' con funzione costruttiva 20 o 30 cm di passo»
- una armatura trasversale (per riparare i carichi) pari al 20% di quella longitudinale

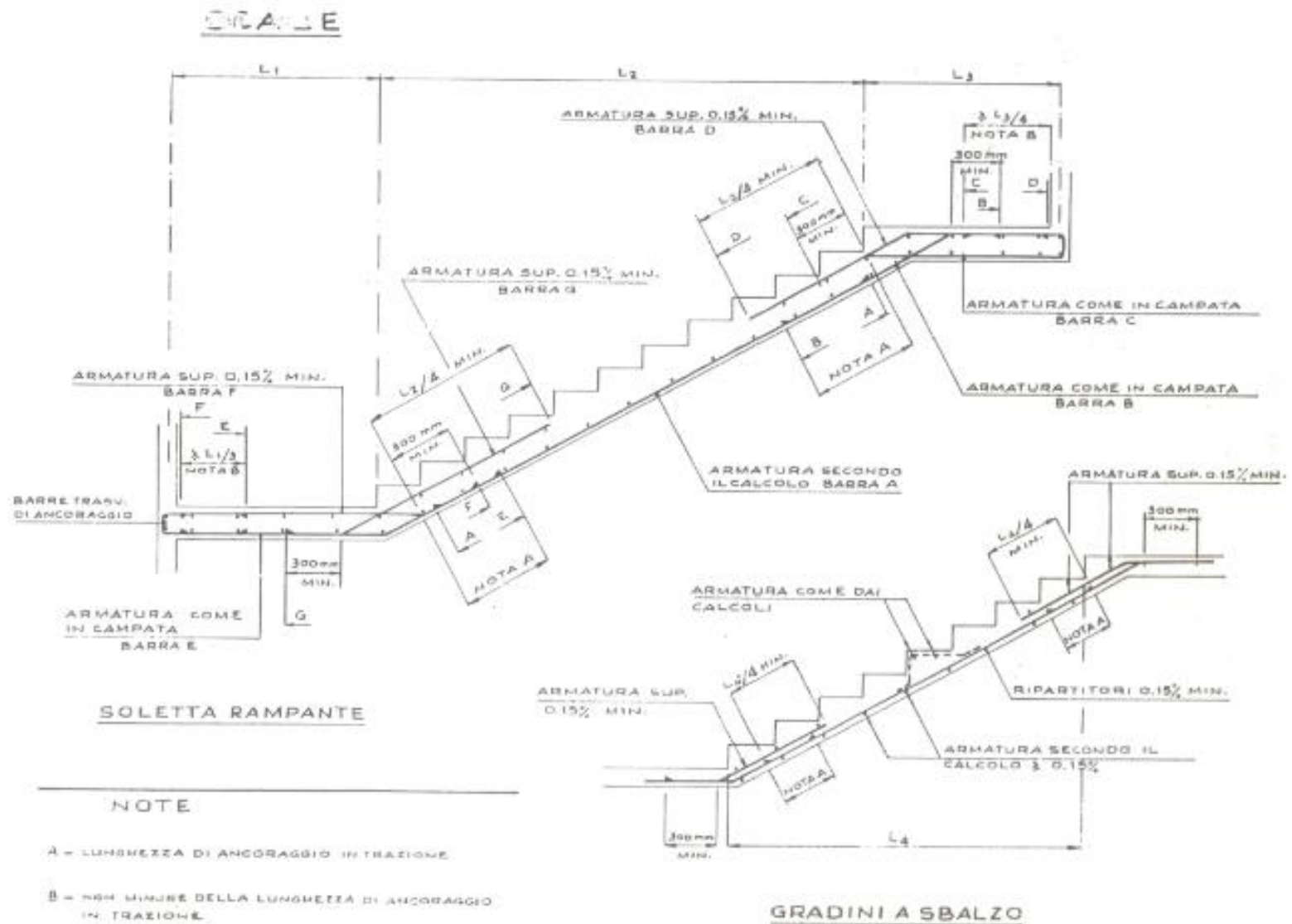


Progetto struttura: soletta rampante

- ❑ Progetto armature scala a soletta rampante:
 - soletta piena in calcestruzzo armato (c.a.)
 - armata a flessione (barre long.) come visto per il solaio
 - non armata a taglio come visto per il solaio: resistenza a taglio elementi privi di armatura trasversale (NTC 4.1.2.1.3.1)
 - armatura trasversale di ripartizione



Progetto struttura: soletta rampante



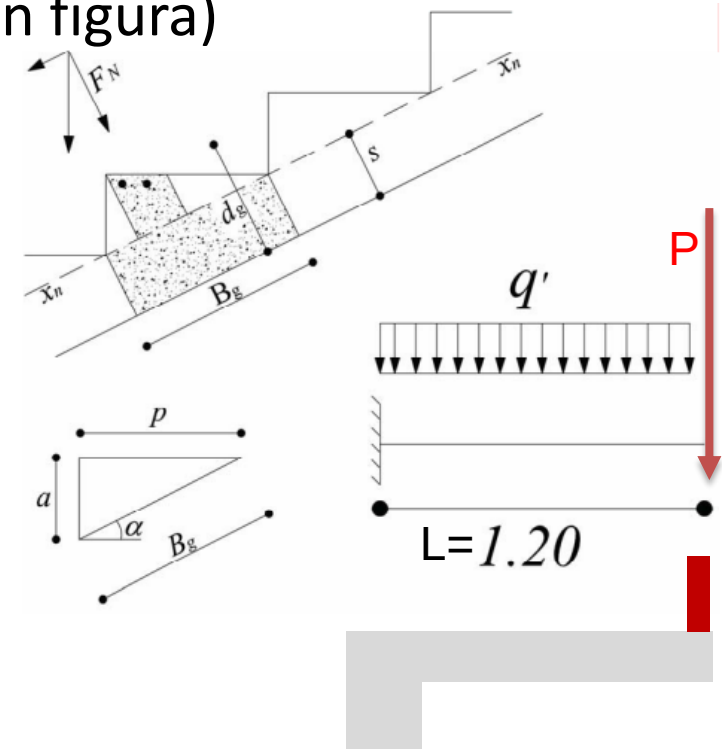
Progetto struttura: trave a ginocchio

❑ Progetto mensole con gradini:

- geometrie da architettonico (a , p , α , L)
- sottoschema mensola incastrata nella trave a ginocchio
- carichi in funzione di area di spettanza (analogia con il solaio)
- sezione mensola equivalente (es. d_g , B_g in figura)

❑ I carichi agenti sulle mensole che «portano» i gradini producono delle sollecitazioni di flessione e taglio

❑ La trave a ginocchio è soggetta anche a torsione per effetto della flessione alle estremità delle mensole con gradini



Progetto struttura: trave a ginocchio

□ Progetto trave a ginocchio:

- armature longitudinali a flessione e trasversali a taglio come già visto per le altre travi
- in più vi è una armatura longitudinale e una trasversale per resistere alla torsione che si somma a quelle già calcolate per la flessione e per il taglio
- occorre verificare la resistenza della trave considerando la presenza contemporanea di torsione e taglio



$$\left(\frac{V_{Ed}}{V_{Rcd}} \right) + \left(\frac{T_{Ed}}{T_{Rcd}} \right) \leq 1$$

Progetto struttura: taglio NTC 2008

4.1.2.1.3.2 Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5 \quad (4.1.16)$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.17)$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha \quad (4.1.18)$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

Progetto struttura: taglio NTC 2008

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);

α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

In presenza di significativo sforzo assiale, ad esempio conseguente alla precompressione, si dovrà aggiungere la limitazione:

$$(\operatorname{ctg}\theta_1 \leq \operatorname{ctg}\theta) \quad (4.1.21)$$

dove θ_1 è l'angolo di inclinazione della prima fessurazione ricavato da $\operatorname{ctg}\theta_1 = \tau/\sigma_1$ mentre τ e σ_1 sono rispettivamente la tensione tangenziale e la tensione principale di trazione sulla corda baricentrica della sezione intesa interamente reagente.

Le armature longitudinali, dimensionate in base alle sollecitazioni flessionali, dovranno essere prolungate di una misura pari a

$$a_1 = 0,9 \cdot d \cdot (\operatorname{ctg}\theta - \operatorname{ctg}\alpha) / 2 \geq 0 \quad (4.1.22)$$

Progetto struttura: torsione NTC 2008

4.1.2.1.4 Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti

Qualora l'equilibrio statico di una struttura dipenda dalla resistenza torsionale degli elementi che la compongono, è necessario condurre la verifica di resistenza nei riguardi delle sollecitazioni torcenti. Qualora, invece, in strutture iperstatiche, la torsione insorga solo per esigenze di congruenza e la sicurezza della struttura non dipenda dalla resistenza torsionale, non sarà generalmente necessario condurre le verifiche.

La verifica di resistenza (SLU) consiste nel controllare che


$$T_{Rd} \geq T_{Ed} \quad (4.1.26)$$

dove T_{Ed} è il valore di calcolo del momento torcente agente.

Per elementi prismatici sottoposti a torsione semplice o combinata con altre sollecitazioni, che abbiano sezione piena o cava, lo schema resistente è costituito da un traliccio periferico in cui gli sforzi di trazione sono affidati alle armature longitudinali e trasversali ivi contenute e gli sforzi di compressione sono affidati alle bielle di calcestruzzo.

Con riferimento al calcestruzzo la resistenza si calcola con


$$T_{Rcd} = 2 \cdot A_c \cdot t \cdot f'_{cd} \cdot \text{ctg}\theta / (1 + \text{ctg}^2\theta) \quad (4.1.27)$$

dove t è lo spessore della sezione cava; per sezioni piene $t = A_c/u$ dove A_c è l'area della sezione ed u è il suo perimetro; t deve essere assunta comunque ≥ 2 volte la distanza fra il bordo e il centro dell'armatura longitudinale.

Le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore t del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

Progetto struttura: torsione NTC 2008

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza si calcola con

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A \cdot \frac{A_s}{s} \cdot f_{yd} \cdot \operatorname{ctg} \theta \quad (4.1.28)$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza si calcola con

$$T_{Rld} = 2 \cdot A \cdot \frac{\sum A_l}{u_m} \cdot f_{yd} / \operatorname{ctg} \theta \quad (4.1.29)$$

dove si è posto

A area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico;

A_s area delle staffe;

u_m perimetro medio del nucleo resistente

s passo delle staffe;

$\sum A_l$ area complessiva delle barre longitudinali.

L'inclinazione θ delle bielle compresse di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti

$$0,4 \leq \operatorname{ctg} \theta \leq 2,5 \quad (4.1.30)$$

Entro questi limiti, nel caso di torsione pura, può porsi $\operatorname{ctg} \theta = (a_l/a_s)^{1/2}$

con: $a_l = \sum A_l / u_m$

$a_s = A_s / s$

La resistenza alla torsione della trave è la minore delle tre sopra definite:

$$T_{Rd} = \min (T_{Rcd}, T_{Rsd}, T_{Rld}) \quad (4.1.31)$$

Nel caso di elementi per i quali lo schema resistente di traliccio periferico non sia applicabile, quali gli elementi a pareti sottili a sezione aperta, dovranno utilizzarsi metodi di calcolo fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati.

Progetto struttura: torsione NTC 2008

Sollecitazioni composte

a) Torsione, flessione e sforzo normale

Le armature longitudinali calcolate come sopra indicato per la resistenza nei riguardi della sollecitazione torcente devono essere aggiunte a quelle calcolate nei riguardi delle verifiche per flessione.

Si applicano inoltre le seguenti regole:

- nella zona tesa all'armatura longitudinale richiesta dalla sollecitazione di flessione e sforzo normale, deve essere aggiunta l'armatura richiesta dalla torsione;
- nella zona compressa, se la tensione di trazione dovuta alla torsione è minore della tensione di compressione nel calcestruzzo dovuta alla flessione e allo sforzo normale, non è necessaria armatura longitudinale aggiuntiva per torsione.

b) Torsione e taglio

Per quanto riguarda la crisi lato calcestruzzo, la resistenza massima di una membratura soggetta a torsione e taglio è limitata dalla resistenza delle bielle compresse di calcestruzzo. Per non eccedere tale resistenza deve essere soddisfatta la seguente condizione:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rcd}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rcd}} \leq 1 \quad (4.1.32)$$

I calcoli per il progetto delle staffe possono effettuarsi separatamente per la torsione e per il taglio, sommando o sottraendo su ogni lato le aree richieste sulla base del verso delle relative tensioni.

Per l'angolo θ delle bielle compresse di conglomerato cementizio deve essere assunto un unico valore per le due verifiche di taglio e torsione.

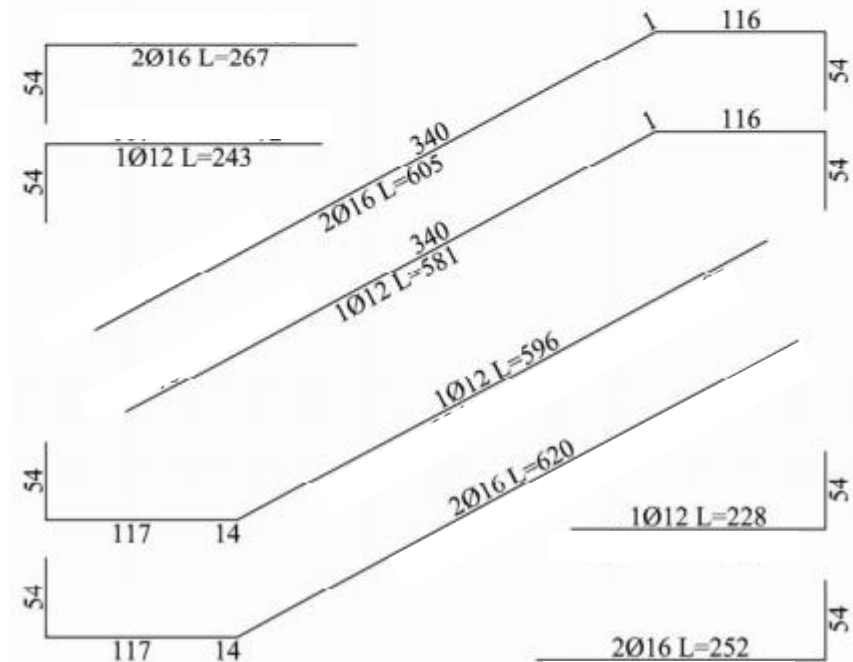
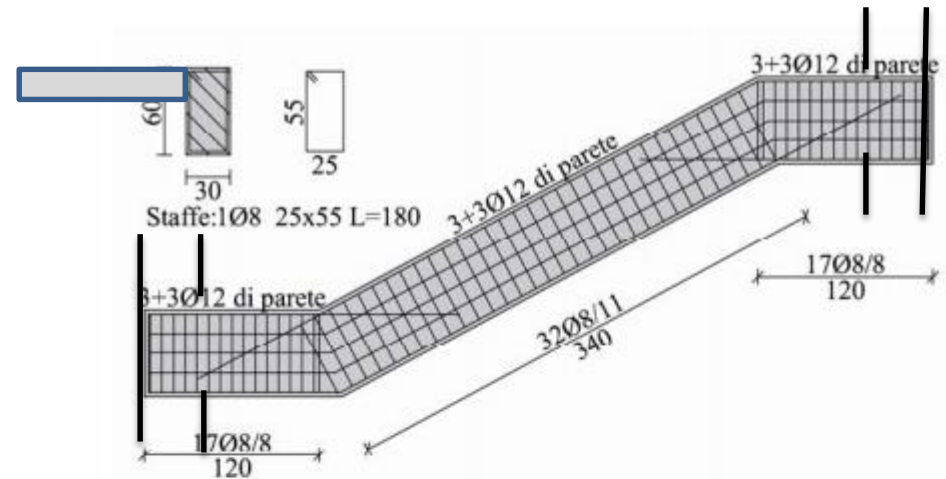
Progetto struttura: trave a ginocchio

❑ Progetto armature:

- Longitudinali a flessione
 - Trasversali a taglio
 - Longitudinali a torsione (disporli anche su pareti sezione)
 - Trasversali a torsione (staffe da aggiungere a quelle messe a taglio)
- ❑ NB verificare la sezione finale della trave a ginocchio con armature longitudinali disposte a flessione e torsione superiormente inferiormente e sulle pareti della sezione!!!
- ❑ NB considerare verifica a pressoflessione nella trave a ginocchio in funzione delle sollecitazioni agenti (es. effetto carichi verticali su elementi inclinati)!!
- ❑ NB valutare minimi di norma per armature long. e trasv.

Progetto struttura: trave a ginocchio

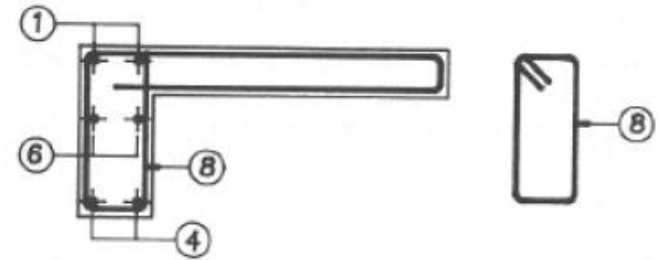
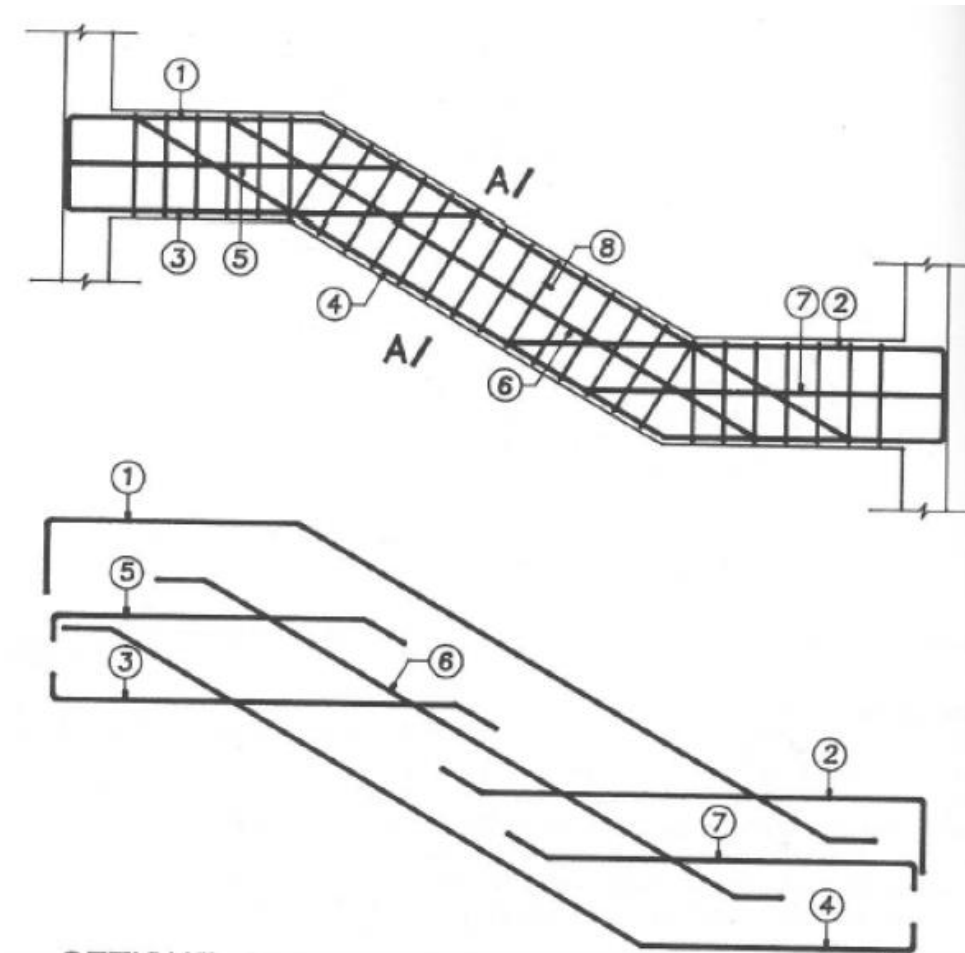
- Esempio commentato a lezione: armature trave a ginocchio



- ricordare commenti dati a lezione circa la rappresentazione delle armature!!

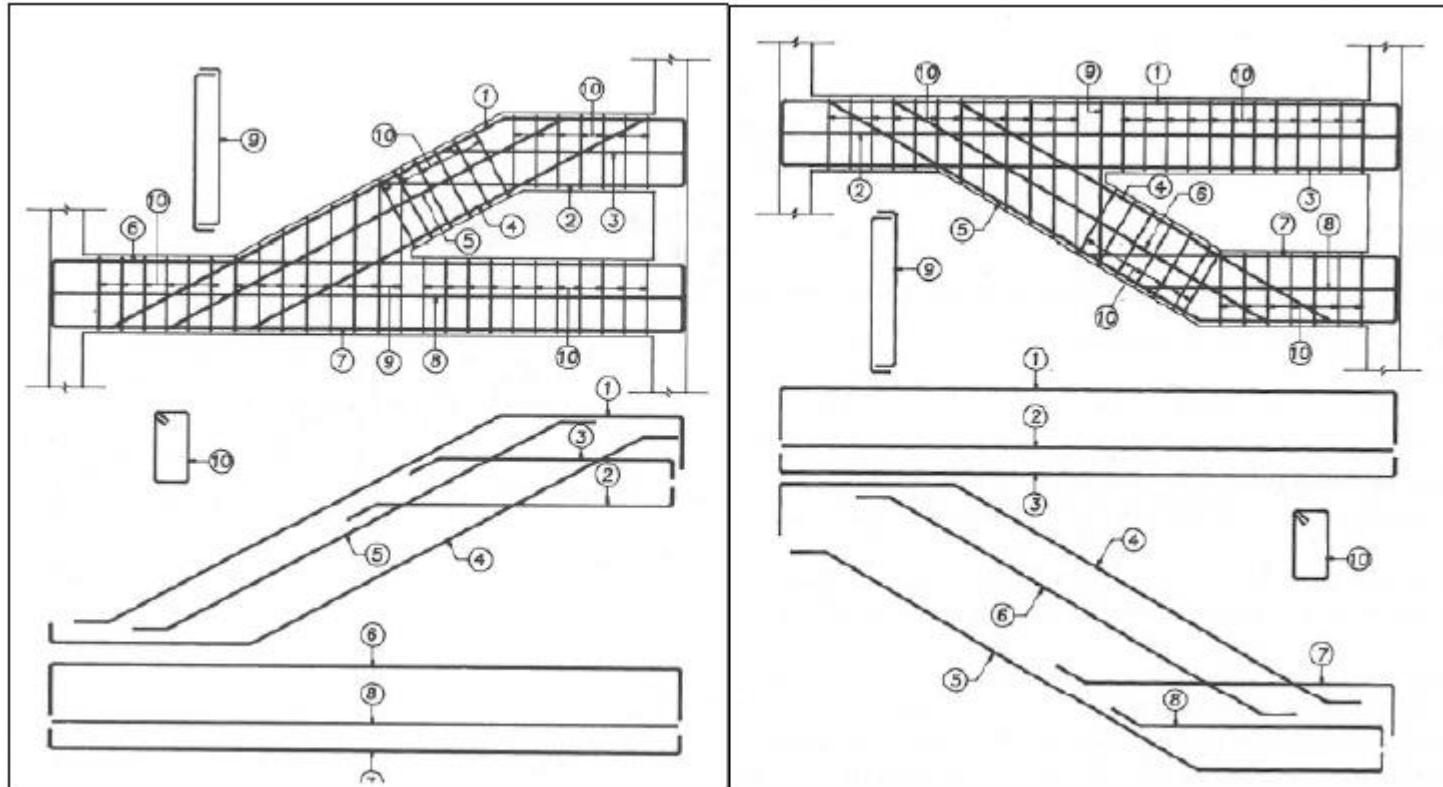
Progetto struttura: trave a ginocchio

□ Esempio armature trave a ginocchio



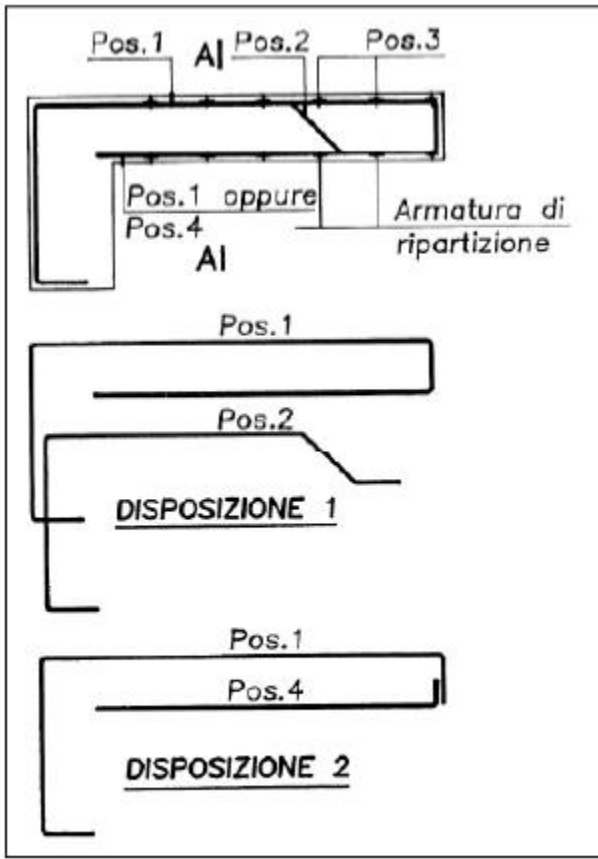
Progetto struttura: trave a ginocchio

❑ Esempi comentati a lezione per disposizione armature



Progetto struttura: armature sbalzo e gradini

□ Armature sbalzo commentate a lezione



Per quanto riguarda le armature si hanno:

- armatura principale (una o due barre)
- armatura costruttiva realizzata con barre di diametro modesto ($\phi 6$ / $\phi 8$)
- armatura di ripartizione della soletta ($\phi 8$ / $\phi 10$)

