



Riabilitazione del Patrimonio LM EA

Riabilitazione Strutturale LM Civ, LM Edi

Costruzioni in C.A. – Introduzione

Prof. Ing. Laura Ragni

Il presente materiale ha finalità meramente didattiche e illustrate e non è modificabile dagli studenti, che potranno soltanto visualizzarlo e/o scaricarlo, escludendo ogni possibilità di ridistribuirlo senza il permesso esplicito del docente così come ogni possibilità di commercializzarlo.

Quadro delle normative di riferimento

Evoluzione norme sismiche:

R.D. n. 193 del 1909

Per la prima volta vengono prese in considerazione le azioni sismiche, sia verticali (come incremento dei carichi verticali) che orizzontali (come accelerazioni da applicare alle masse di piano), anche se non quantificate.

R.D. n. 573 del 1915

Per la prima volta compaiono delle stime delle azioni sismiche sia verticali (incremento dei carichi del 50%) che orizzontali (1/8 e 1/6 del peso del primo e secondo piano).

R.D. n. 2089 del 1924

Stabilisce che le forze sismiche orizzontali e verticali non agiscono contemporaneamente ed impone che la progettazione sia a cura di un ingegnere o un architetto.

R.D. n. 431 del 1927

Introduce due categorie sismiche (I° e II°) a differente pericolosità e inserisce un cospicuo numero di comuni interessati dai recenti sismi nelle liste, differenziandoli nelle due categorie.

Prescrizioni differenziate per ciascuna categoria sismica e conseguente applicazione di diverse forze sismiche nelle due categorie (I° e II°).

R.D. n. 2105 del 1937 e n.2229 del 1939

Prescrizioni differenziate per ciascuna categoria sismica per strutture in muratura ordinaria, c.a. e acciaio.

Stima forze sismiche nelle due categorie (accelerazioni a tutti i piani pari a 0.1g e 0.05g in I° e II° categoria) con riduzione dei carichi accidentali di 1/3 per tener conto della ridotta probabilità di concomitanza con l'evento sismico.

Quadro delle normative di riferimento

Legge n. 64 del 1974

La classificazione sismica del territorio italiano doveva procedere sulla base di comprovate motivazioni tecnico scientifiche.

D.M. n. 40 del 1975

Introduzione concetto di analisi dinamica e introduzione obbligo calcolo degli spostamenti.

Accelerazioni pari a 0.1g e 0.07g in I° e II° categoria.

Introduzione obbligo collegamento fondazioni e di nuovi criteri geotecnici.

D.M. n. 15 del 1981

Viene introdotta la zona sismica di terza categoria (a minor sismicità rispetto alle altre) e per essa vengono fissati i corrispondenti limiti e coefficienti in accordo con la legge del 1975:

C= 0.1 I categoria (1975), C= 0.07 II categoria (1975), C= 0.04 III categoria (1981).

D.M. n. 208 del 1984

Differenziazione del livello di protezione sismica per particolari categorie di edifici (I=1-1.4).

D.M. 14 febbraio 1992 - Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

Secondo il metodo tensioni ammissibili

D.M. del 1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche

Introduce il metodo di verifica agli stati limite (oltre quello delle tensioni ammissibili) introducendo SLU sismico. **Limitazione importante degli spostamenti per il danneggiamento delle parti non strutturali ed agli impianti.**

Quadro delle normative di riferimento

O.P.C.M. 3274/2003

recepisce la nuova classificazione con 4 zone: le prime tre corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

recepisce in gran parte l'Eurocodice 8;

resterà sempre facoltativa e, fino al 2008, sarà ancora possibile fare riferimento al D.M. 1996.

D.M. 14/01/2008

recepisce in gran parte l'Eurocodice 8;

introduce il principio della sismicità locale (microzonazione sismica) cioè l'attribuzione diretta dell'azione sismica a partire dai dati di sito, con riferimento ai risultati degli studi adottati con ordinanza 3519/2006.

Le norme sismiche hanno trovato diffusa applicazione a partire dai primi anni '80, a seguito della vasta operazione di classificazione del territorio conseguente al sisma del novembre 1980 in Irpinia.

Edifici esistenti in c.a.

Quadro delle normative di riferimento

Caratteristiche acciaio per varie normative

Normativa		Resistenza [kg/cm ²]		$\frac{\sigma_{\text{amm}}}{\sigma_{\text{max}}}$	Allung. a rottura	Controlli
		Rottura	Snervamento			
R.D. 2229/39	Acciaio dolce	4200-5000	≥ 2300	28-33%	20%	
	Acciaio semiduro	5000-6000	≥ 2700	33-40%	16%	2/1000
	Acciaio duro	6000-7000	≥ 3100	29-40%	14%	
D.M. 30/05/72	Barre lisce	3400-5000	2300-3200	35-32%	24-23	3 camp. (facoltativo)
	Barre ader. migl.	4600-5500	3800-4400	48-40%	14-12	se control. in stab.
D.M. 26/03/80		"		"	"	"
D.M. 09/01/96		"		"	"	"

Caratteristiche calcestruzzo per varie normative

Normativa		Resistenza [kg/cm ²]	Tipo di Sollecitazione				Controlli
			Compr.	Fless.	Taglio		
R.D. 2229/39	(val. medi)	Normale	≥ 120	29,2%	33,3%	3,3%	11,7%
		Alta res.	≥ 160	28,1%	31,3%	3,8%	10,0%
		Contr. in cant.	180-225	33,3%	33,3%	2,7%	7,1%
D.M. 30/05/72	(val. caratt.)	150-500	20-28%	29-40%	2,6-1,7%	9,3-48%	4/100mc min12
D.M. 26/03/80	"		"	"	"	"	2/100mc min6
D.M. 09/01/96	"		"	"	"	"	"

Edifici esistenti in c.a.

Quadro delle normative di riferimento

Prescrizioni di varie normative per i solai

Tabella 3.5.5 Dati di progetto e verifica per i solai realizzati in opera per varie normative

	Dimensioni	Arm. Ripartizione	Verifiche	Coprifer.
R.D. 2229/39	H=max(L/30,8cm) Soletta min 4cm	$A_{tip}=25\% A_{principale}$	n=6,8,10 Metodo T.A.	Soletta 0,8cm Trav. = 2cm
D.M. 30/05/72	H=max(L/30,8cm) Soletta min 4cm	$A_{tip}=20\% A_{principale}$	n=10,15 Metodo T.A. Calcolo a rottura	Soletta 0,8cm Trav. = 2cm
D.M. 27/07/85	H=max(L/25,12cm) Soletta min 4cm		n=15 Metodo T.A. Stati limite	"
D.M. 09/01/96	"			"

Prescrizioni di varie normative per elementi trave

Tabella 3.5.3 Dati di progetto e verifica per gli elementi trave per varie normative

Normativa	Arm. Longit.	Arm. Trasversale	Verifiche	Coprifer.	Interfer.
R.D. 2229/39		50% Taglio staffe 50% Taglio piegati	n=6,8,10 Metodo T.A.	2 cm	min(2cm,Φ)
D.M. 30/05/72	$A_f=0,25\% A_{scz}$ (per barre lisce) $A_f=0,15\% A_{scz}$ (per barre A.M.)		n=10,15 Metodo T.A. Calc. a rottura	2-4 cm	min(2cm,Φ)
D.M. 26/03/80	"	$A_{staffe}=3\text{cm}^2/\text{m}$ $p_{staffe} \leq 0,8(\text{alt. utile})$ $p_{staffe} \leq 12\Phi\text{min}(\text{appoggi})$	n=15, Metodo T.A. Stati limite	"	"
D.M. 09/01/96	"			"	"

Quadro delle normative di riferimento

Prescrizioni di varie normative per elementi pilastro

Tabella 3.5.4 Dati di progetto e verifica per gli elementi pilastro per varie normative

	Arm.Longit.	Arm.Trasversale	Verifiche	Coprif.	Interf.
R.D. 2229/39	0,8% fino a 2000cm ² 0,5% oltre 8000 cm ²	$p_{staf} = \min(1/2L_{min}, 10\phi_{min})$	n=6,8,10 Metodo T.A.	2 cm	min(2cm, ϕ)
D.M. 30/05/72	0,6-5% A_{cls} s.n. 0,3% A_{eff} $\phi_{min} = 12mm$	$p_{staf} = \min(15\phi_{min}; 25cm)$ $\phi_{min} = 6 mm$	n=10,15 Metodo T.A. Calc. a rottura	2-4 cm	min(2cm, ϕ)
D.M. 30/05/74	$\geq 0,6\%$ A_{cls} s.n. 0,3-5% A_{eff} $\phi_{min} = 12mm$	$p_{staf} = \min(15\phi_{min}; 25cm)$ $\phi_{min} = 6 mm$	n=10,15 Metodo T.A. Stati limite	"	"
D.M. 26/03/80	$\geq 0,8\%$ A_{cls} s.n. 0,3-6% A_{eff} $\phi_{min} = 12mm$	$p_{staf} = \min(15\phi_{min}; 25cm)$ $\phi_{min} = 6 mm$	n=15 Metodo T.A. Stati limite	"	"
D.M. 09/01/96	"			"	"

Norme e periodi

Il quadro normativo dal dopoguerra ad oggi, che interessa la stragrande maggioranza degli edifici esistenti in c.a., si articola essenzialmente in tre periodi principali:

- . I periodo: 1940 –1970 (R.D. del 1939);
- . II periodo: 1970 –1980 (L. 1086/71);
- . III periodo: 1980 - ... (norme sulle azioni, vasta classificazione zone sismiche).

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive degli edifici pre-normativa sismica:

La pianta degli edifici in c.a. ha spesso forma rettangolare con un sistema strutturale costituito generalmente da **telai portanti orientati in una sola direzione**, ortogonale all'orditura dei solai e parallela al lato lungo dell'edificio (progettazione per soli carichi verticali). Tali telai sono realizzati con **travi emergenti** anche se in qualche caso è possibile riscontrare la presenza di travi a spessore o travi a “veletta” (estradosso).

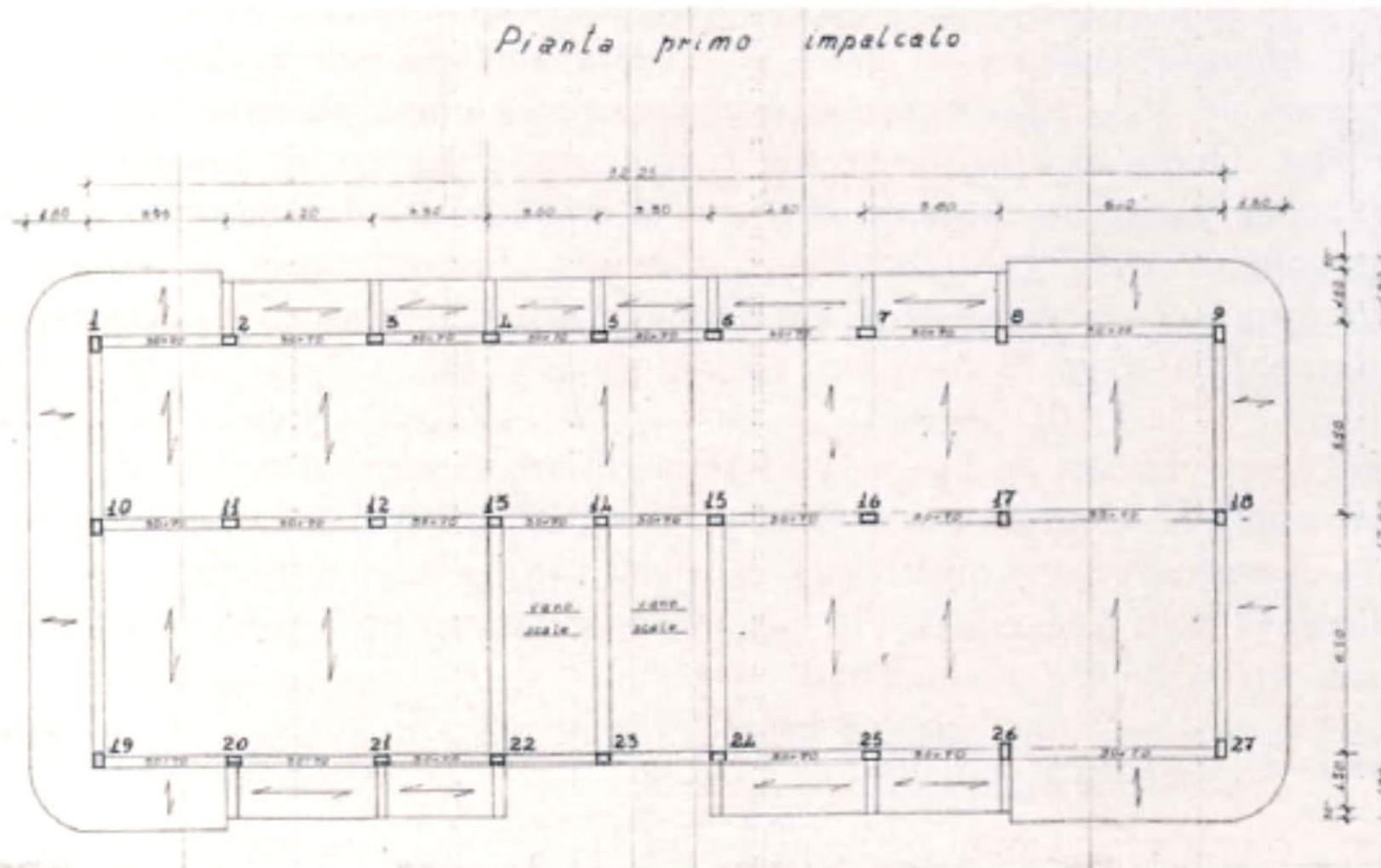
In direzione parallela all'orditura dei solai, sono in genere **assenti le travi di collegamento** tra gli elementi verticali e il collegamento tra i pilastri è affidato soltanto al solaio, tranne che nei telai di estremità in cui sono presenti generalmente travi emergenti o a spessore.

Gli elementi strutturali sono generalmente progettati e disposti tenendo conto soltanto dei **carichi verticali**, senza alcun riferimento alle forze orizzontali o limitatamente all'azione del vento; in alcuni casi si riscontrano situazioni da considerarsi anomale anche per la progettazione a soli carichi verticali (errori).

A volte si può osservare la presenza di **nodi trave-pilastro con forti sfalsamenti** tra gli assi degli elementi strutturali (travi a veletta perimetrali che si intestano sul lato lungo di pilastri rettangolari).

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **concezione strutturale**



Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: solai

Il calcolo delle sollecitazioni veniva effettuato adottando il modello di trave continua su più appoggi. Generalmente agli appoggi di estremità veniva considerato un momento variabile da incastro perfetto $ql^2/12$ a semincastro $ql^2/16$.

Per quanto riguarda i carichi, il peso proprio e il sovraccarico permanente erano disposti in modo uniforme su tutte le campate, mentre il sovraccarico accidentale, considerato per intero, era disposto nel modo più sfavorevole per determinare i massimi momenti positivi e negativi, secondo la teoria delle linee di influenza.

Le armature erano disposte secondo le esigenze dettate dal diagramma del momento flettente.

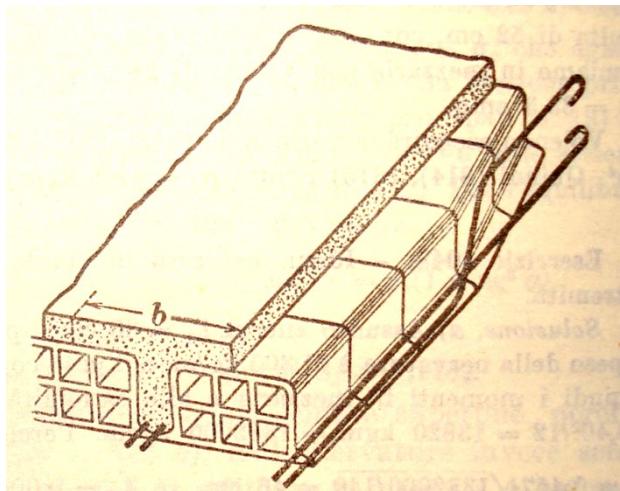
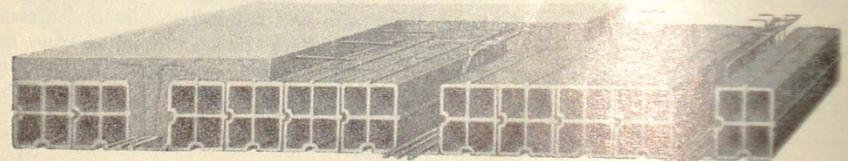


Fig. 1225.

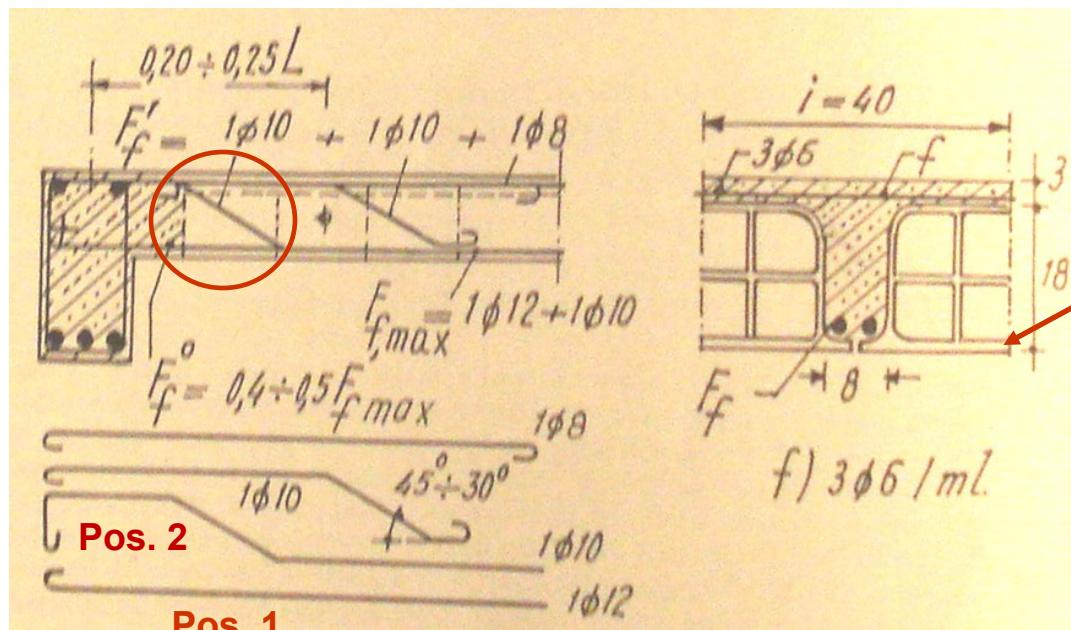
Con fondello ed incastri multipli (fig. 1226).



Concezione strutturale pre-norme sismiche

Nelle nervature dei solai misti gettati in opera per supportare il taglio venivano disposti monconi piegati ben ancorati nelle travi assumendo inoltre all'incastro la funzione di armatura tesa.

Nella soletta o cappa del solaio a volte veniva messa l'armatura di ripartizione e per luci considerevoli veniva realizzato un cordolo centrale rompitratta. Inoltre vigeva come regola che circa metà dell'armatura tesa in campata (ferri diritti) era estesa per tutta la lunghezza della nervatura.



(Luigi Santarella "Il cemento armato")

Esempio su saggio reale

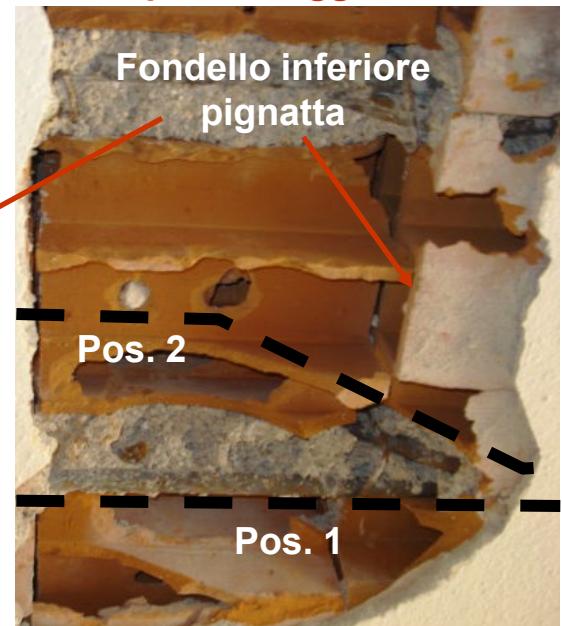
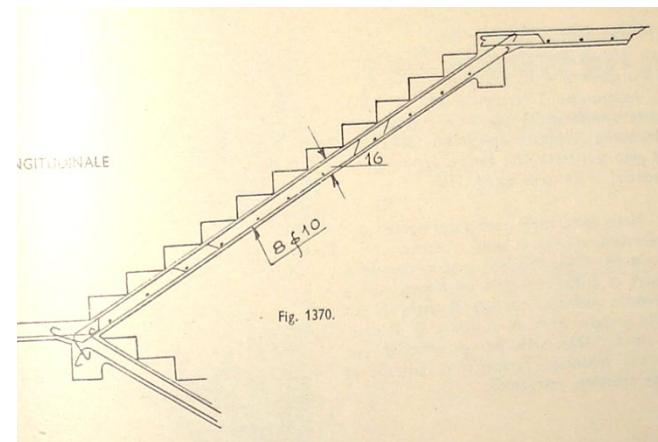
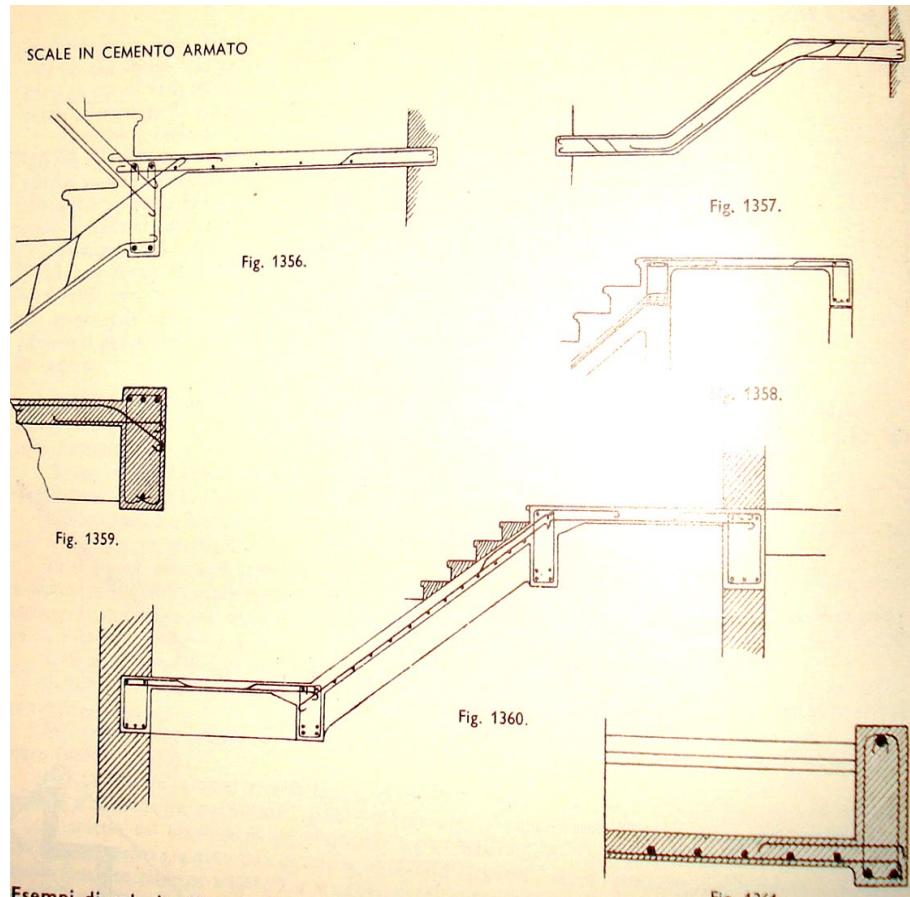


Foto - Vista dal basso

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: scale

Le scale venivano realizzate con solette in c.a. rampanti autoportanti o con solette-gradini a sbalzo da robuste travi rampanti; potevano essere utilizzati anche "solai laterocementizi" orditi lungo le rampe e vincolati a travi trasversali.



Concezione strutturale pre-norme sismiche

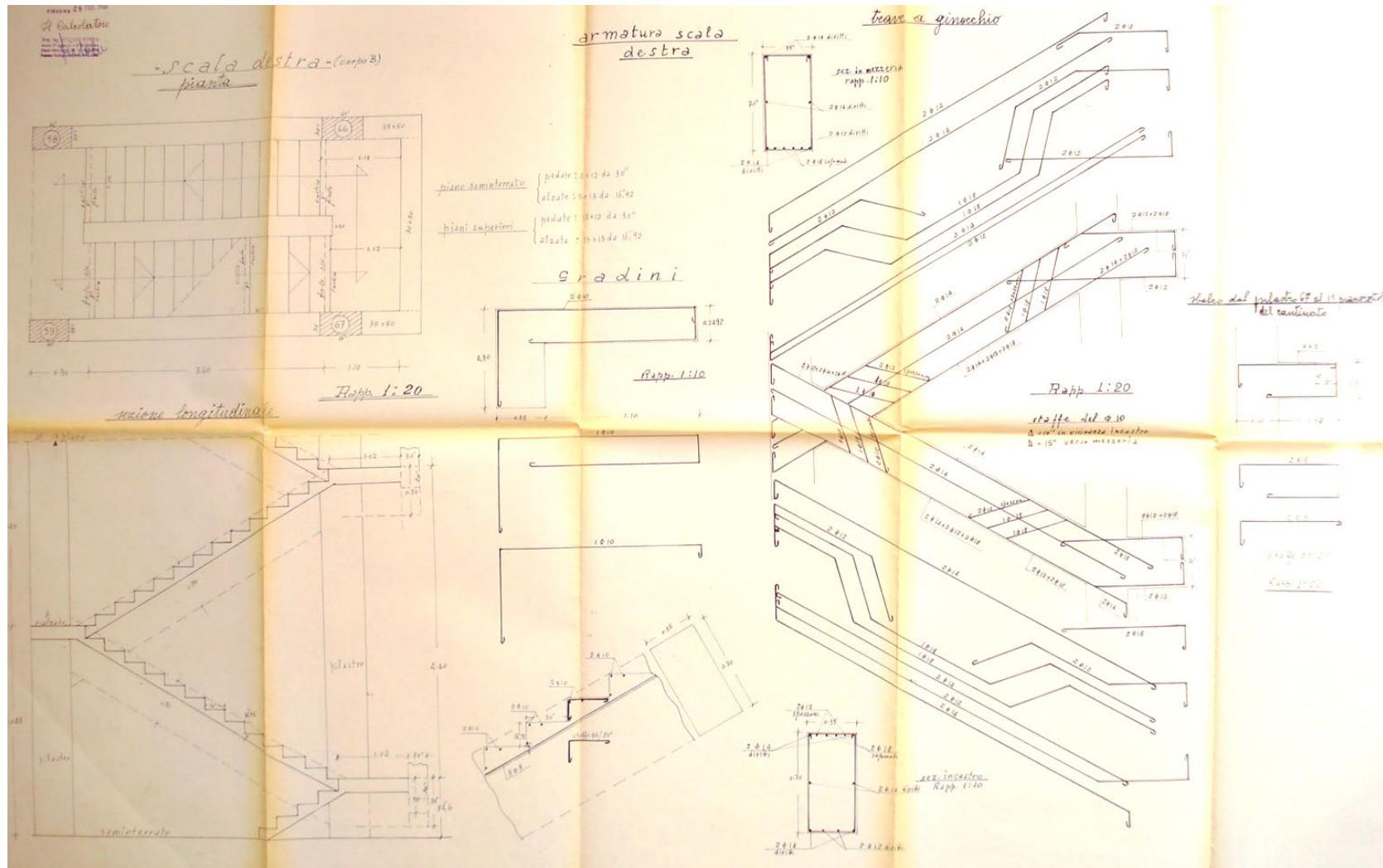
Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **scale**



Esempio di carpenteria realizzazione soletta con elementi alleggeriti

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **scale**



Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **travi**

Per il calcolo delle sollecitazioni si proponevano degli **schemi semplificati** (Pagano o Santarella) basati su una schematizzazione di trave continua su più appoggi o travi incastrate all'interno dei quali individuare il range di valori delle sollecitazioni agenti.

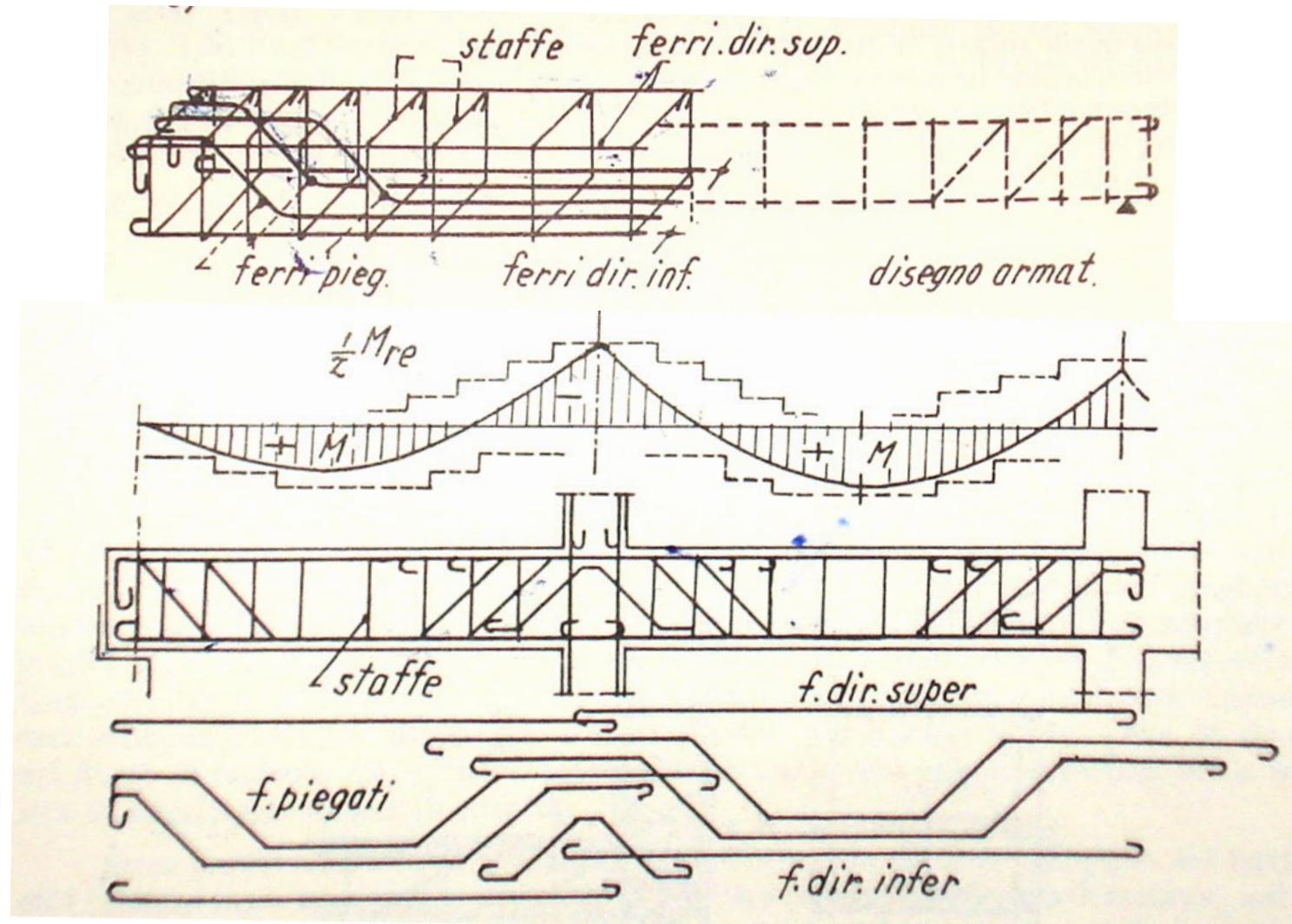
Per quanto riguarda i carichi, il peso proprio e il sovraccarico permanente erano disposti in modo uniforme su tutte le campate, mentre il sovraccarico accidentale, considerato per intero, era disposto nel modo più sfavorevole per determinare i massimi momenti positivi e negativi, secondo la teoria delle linee di influenza.

Le armature erano disposte secondo le esigenze dettate dal diagramma del momento flettente; erano comunque previste quattro barre longitudinali ai vertici della sezione, cosiddette "**reggi staffa**", tipicamente di diametro medio-piccolo dal $\phi 8$ al $\phi 12$. E' da sottolineare come queste armature fossero spesso le sole presenti al lembo inferiore della trave nelle sezioni di estremità.

La sollecitazione di taglio veniva fatta assorbire sia da **ferri piegati**, disposti secondo le esigenze dettate dal diagramma dei momenti flettenti, sia da **staffe**, per la parte residua di scorrimento, comunque pari ad almeno il 50%. Tipicamente le staffe avevano diametro pari a 6-8 mm ed erano disposte con passo generalmente non inferiore a 20 cm.

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **travi**

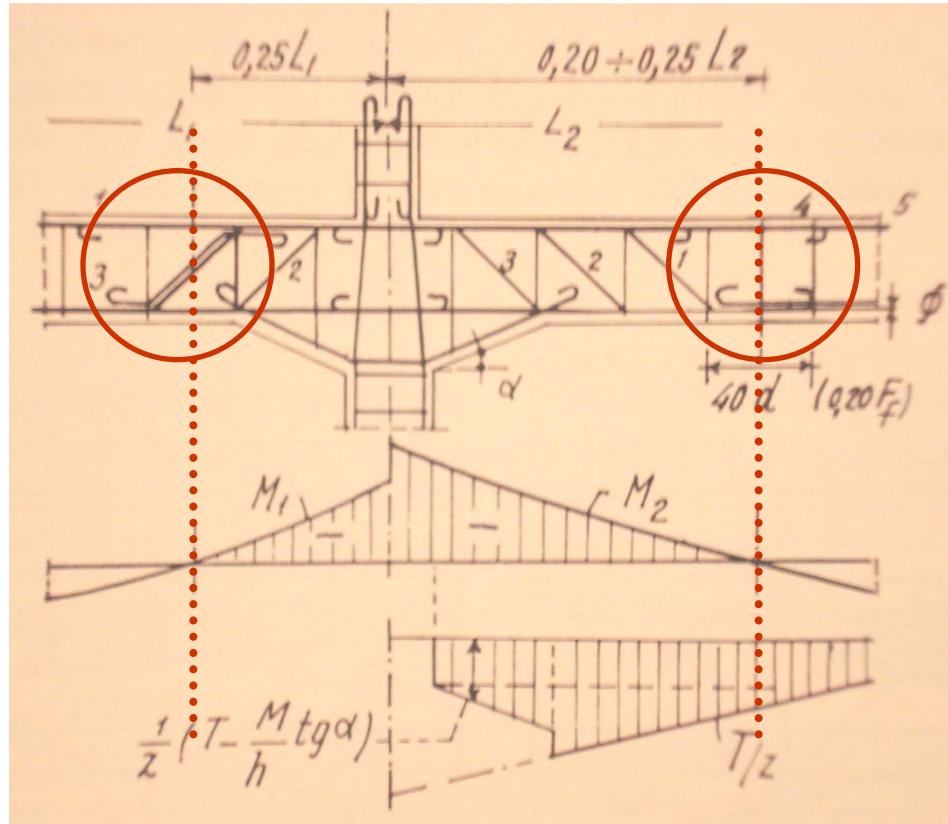


Concezione strutturale pre-norme sismiche

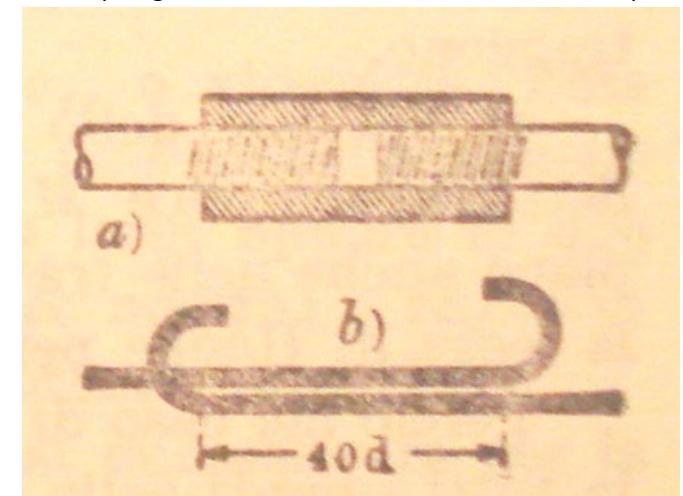
Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **sovraposizioni**

Venivano posizionate nelle zone di minore sollecitazione; generalmente, per le travi con incastri cedevoli elasticamente, le sezioni con momento flettente nullo ricadono a distanze dai vincoli pari a $L/3$ - $L/5$ a seconda del tipo di carico.

La giunzione poteva essere effettuata anche mediante saldatura o con l'utilizzo di manicotti.



(Luigi Santarella "Il cemento armato")

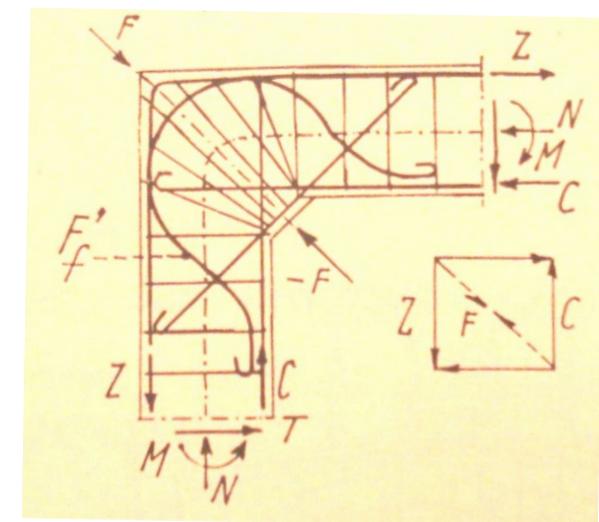
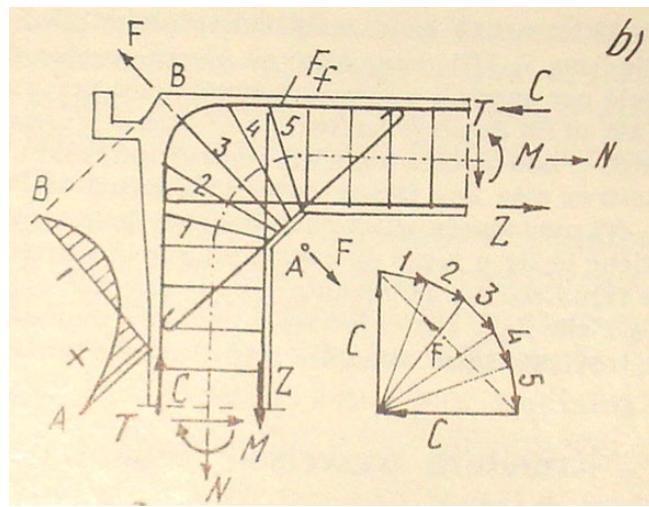
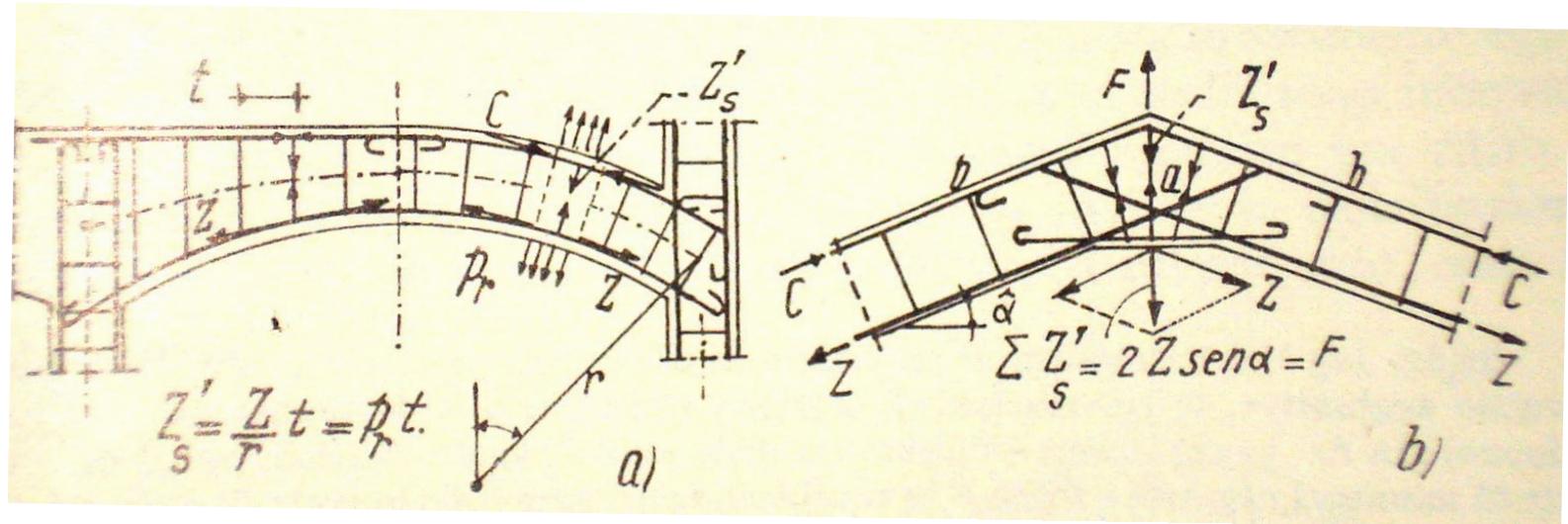


a) Manicotto filettato

b) Sovrapposizione (40φ)

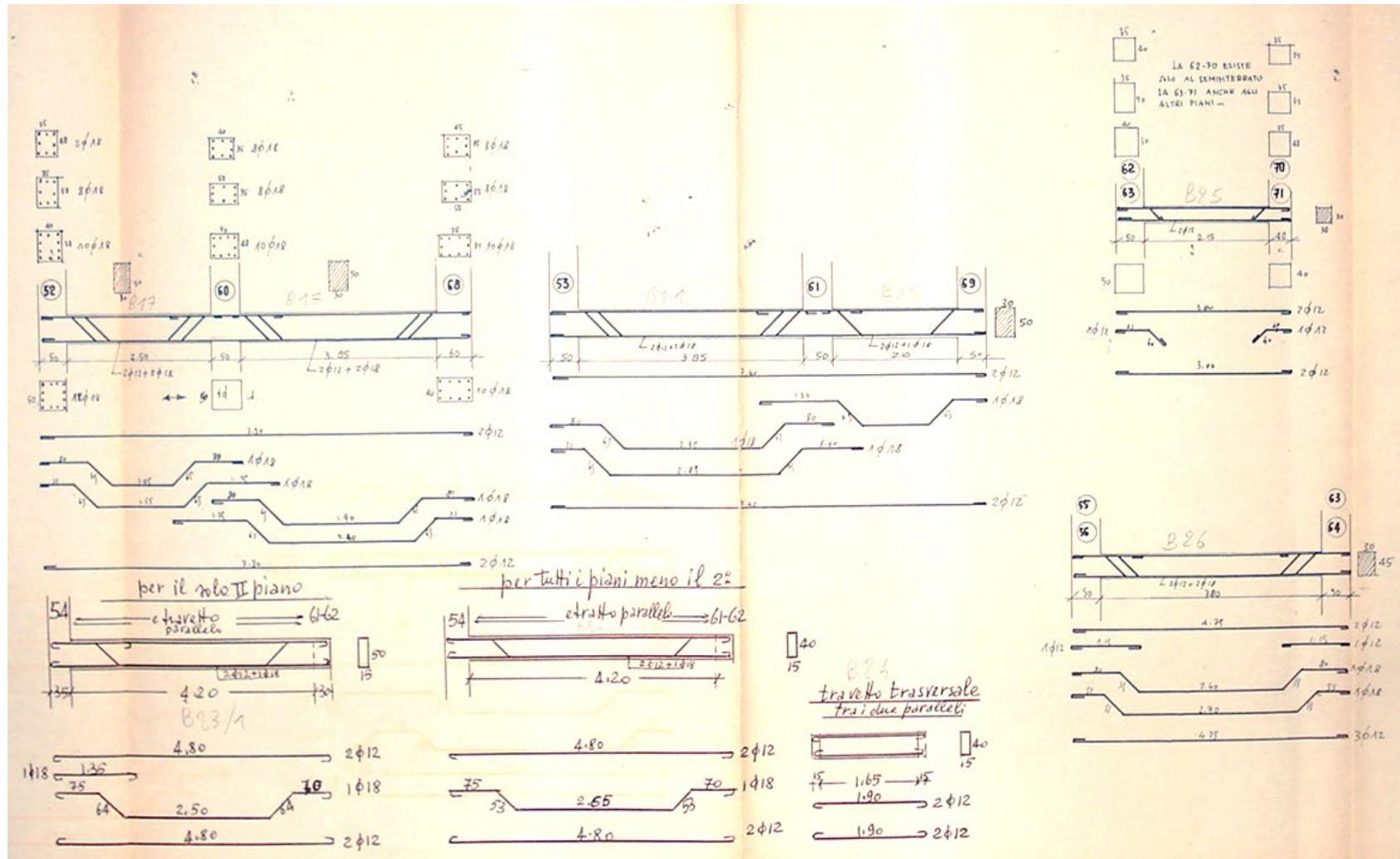
Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **travi**



Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **travi**



Esempio di carpenteria travi

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **travi**

1) Nella calcolazione delle strutture portanti in c.a. si adottano criteri pratici, verificando le singole strutture dei telai con momenti atti da coefficienti che garantiscono sufficientemente le nostre sollecitazioni a cui sono sottoposte le varie membrature.

Si adottano cemento tipo 730 con conglomerato G 250 e ferro omogeneo Ag. 42-

Le sollecitazioni massime si pongono $\sigma_c \leq 55$ e $\sigma_f \leq 1400$.

Dati di calcolo:

sopraccarico accidentale copertura: 150 kg/mq.

" " piani abitati: 250 "

" " scala e balconi: 100 "

Peso di un mc. di calcestruzzo kg. 2500/mc.

" di un mq. di muratura a cassetti kg. 300/mq.

Si tiene conto dei valori alleggerendo di $\frac{1}{5}$ il peso dei muri, considerando cioè 270 kg/mq.

Peso di un mq. di pavimento e intonaco: kg. 100/mq.

" " " solai per piano abitato: " 200/mq.

" " " " con camera d'aria " 250/mq.

I tramezzi inservienti sui solai saranno considerati come carico distribuito sulla misura di kg. 100/mq.

La costruzione è costituita da: piano seminterrato,

piano rialzato, I, II, III, IV e V piano -

2) Carico complessivo solai-

copertura:

solai kg. 250

pavimento, asfalto, intonaco " 100

carico accidentale kg. 350

Totale kg. 500/mq.

piani abitati:

solai kg. 200

pavimento e intonaco " 100

tramezzi distribuiti " 100

carico accidentale kg. 400

Totale kg. 250

carico accidentale kg. 650 kg/mq.

3) Corpo A (piani abitati)
Trave 1-2 l = m. 4.00 sez. 30x60

carico:

solai 650x3 = 1950

tampinatura 240x3.90 = 936

p.p. = 450

3.336 Kg/mul.

mezzeria:

$$M = \frac{1}{12} \rho l^2 = 4.440$$

$$\alpha = \frac{57}{\sqrt{\frac{444000}{30}}} = \frac{57}{122} = 0.467 \quad \bar{\sigma}_c = 43/1400$$

$$Af = 0,00167 \times 122 \times 30 = 6,11 ;$$

$$\text{Zucchetto 1} \quad Af = \text{cmq. } 6,11$$

$$\text{Zucchetto 2}$$

$$M = \frac{1}{12} \rho l^2 = 4840 \quad \bar{\sigma}_c = 45/1400$$

$$Af = 6,63$$

$$\text{Reazioni: } R_1 = R_2 = \frac{1}{2} 3330 \times 4 = \text{kg. } 6660$$

$$\text{Trave 2-3} = 4-5 = 6-7 \quad l = \text{m. } 2.25 \quad \text{sez. } 30x60$$

$$\text{carico: } Af. 3330 \text{ kg/mul.}$$

$$\text{Zucchetto} = M = \frac{1}{12} \rho l^2 = 1530$$

Si adottano 2φ12 incastri e mezzeria

$$\text{Reazioni: } 5.280 \times 2.10 = 0.900 \text{ kg.}$$

$$\text{Trave 3-4} = 5-6 \quad l = 5.10 \quad \text{sez. } 30x60$$

$$\text{carico: } 3.330 \text{ kg/mul.}$$

$$\text{mezzeria} = M = \frac{1}{12} \rho l^2 = 5.770 \quad \bar{\sigma}_c = 50/1400$$

$$Af = 8 ; \quad 3\phi 12 + 2\phi 18 = 9,89$$

$$\text{Zucchetto} = M = \frac{1}{12} \rho l^2 = 7.200 ; \quad \bar{\sigma}_c = 54/1400$$

$$Af = 11.85$$

$$\text{Reazioni: } \frac{1}{2} 3330 \times 5.30 = 8824 \text{ kg.}$$

Stralcio di una relazione di calcolo delle travate

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: pilastri

I pilastri erano solitamente dimensionati **considerando soltanto lo sforzo normale centrato**, dando luogo a sezioni ridotte e poco armate. Generalmente la sezione era dimensionata in modo tale da affidare al solo calcestruzzo il compito di portare la compressione nel pilastro.

Tale approssimazione semplificatrice ed a “vantaggio di sicurezza” per le azioni esterne agenti considerate, teneva anche conto che i pilastri potevano essere comunque soggetti a sollecitazioni flessionali, dovute sia alla monoliticità dei nodi trave-pilastro che all’azione del vento, della quale in genere non si teneva conto esplicitamente nei calcoli.

Nel calcolo degli sforzi normali, veniva prevista la riduzione dei carichi accidentali a partire dall’ultimo piano; indicazione di una certa rilevanza solo nel caso di edifici alti.

In presenza di azioni assiali non centrali, le verifiche di resistenza venivano condotte con le **formule della flessione composta**; tale condizione di carico, dovuta all’eccentricità dei carichi verticali, veniva generalmente presa in considerazione per i pilastri di estremità dei telai.

Nel caso in cui il rapporto fra la lunghezza libera “l” del pilastro e la minima dimensione “a” della sezione superava il valore $l/a = 15$, il pilastro veniva verificato anche con le formule del carico di punta.

... continua...

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: pilastri

Le sezioni tipicamente erano di forma quadrata, armate con 4 o più barre longitudinali; spesso nella realtà si trovano sezioni rettangolari o di altra forma imposte da esigenze architettoniche o costruttive.

In merito alle percentuali di armatura si faceva riferimento alle Norme del periodo di costruzione dell'edificio.

Le staffe, con diametro generalmente di 6 mm, erano disposte con passo medio dell'ordine di 20 cm, costante per tutta l'altezza, prive di piegatura a 135° non prevedendo nessun ancoraggio all'interno della sezione.

Le prescrizioni previste dal **D.M. del 72 in applicazione alla L. 1086/71** prevedevano una distanza inferiore tra 15 volte il diametro minimo delle barre longitudinali e la metà della dimensione minima della sezione trasversale con un massimo di 25 cm.

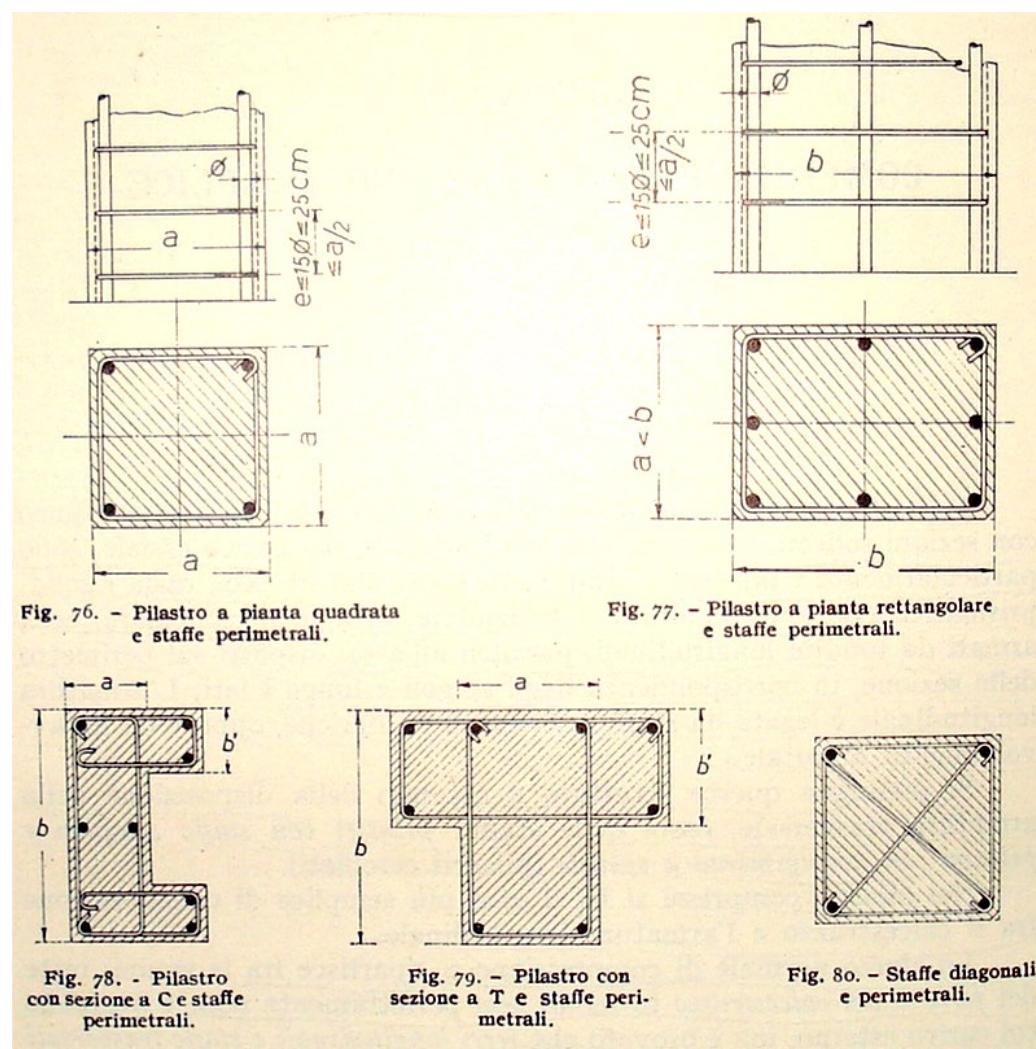
Per le staffe si prevedeva un diametro superiore a 6 mm. Lo scopo delle staffe era quello di evitare l'instabilità laterale delle barre longitudinali.

Le giunzioni delle armature nel passare da un piano al successivo avvenivano alla base del pilastro, con un valore di 40 volte il diametro delle barre longitudinali. Le armature adoperate sia nei pilastri che nelle travi erano sempre di tipo liscio; il D.M. del 72 in applicazione alla L.1086/71 prescriveva per i pilastri un diametro non inferiore a 12mm.

... continua...

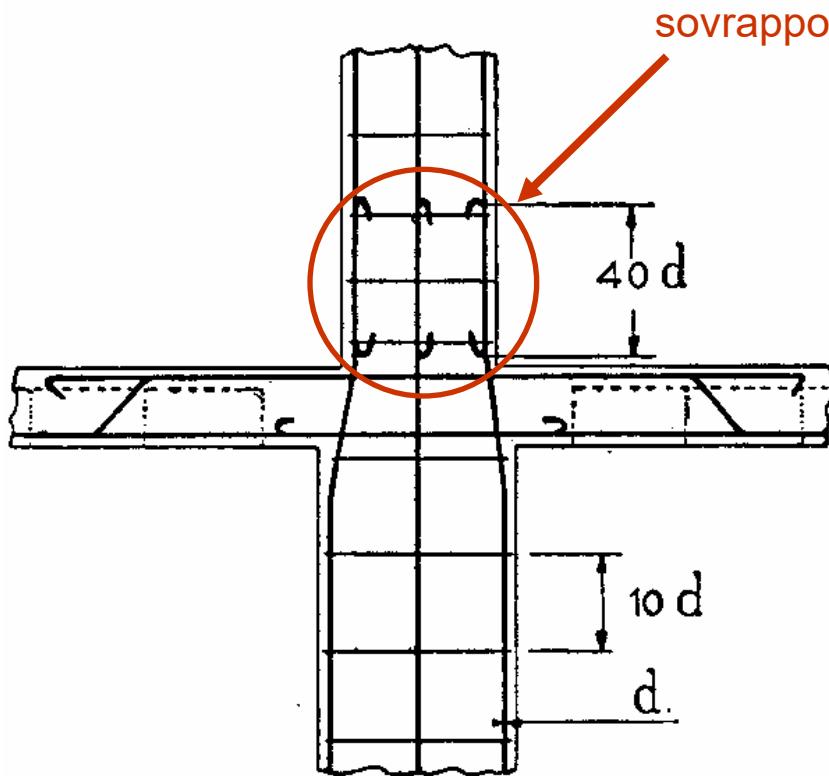
Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **pilastri**

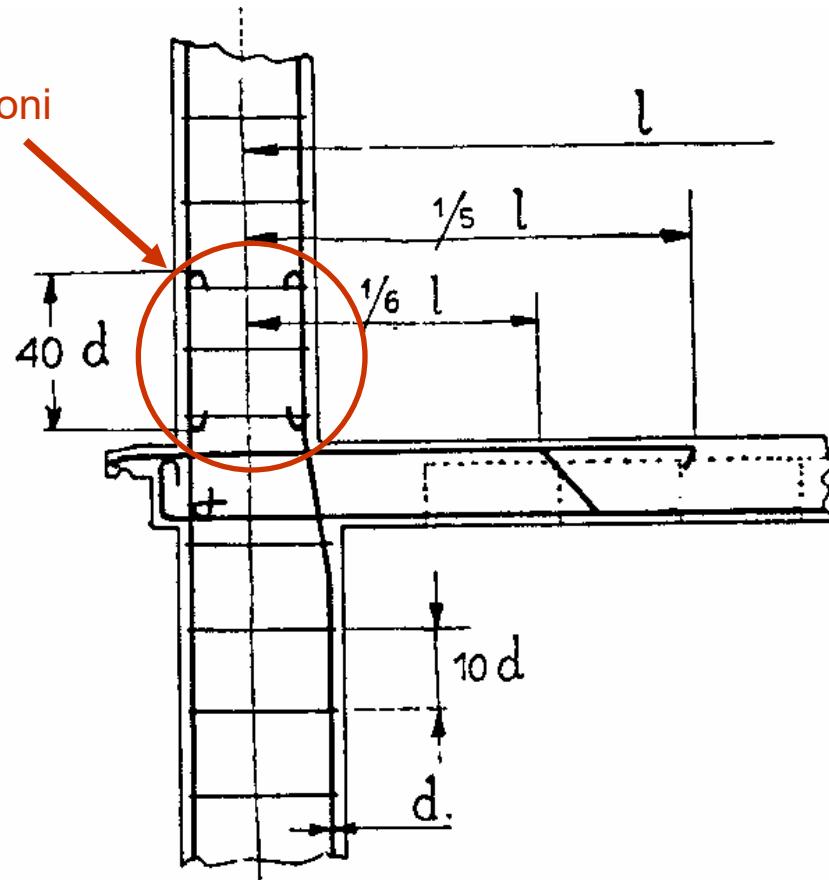


Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **pilastri**



Tipica disposizione dell'armatura di pilastro interno



Tipica disposizione dell'armatura di pilastro di estremità

Concezione strutturale pre-norme sismiche

Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: pilastri

1) Calcolo pilastri

Sono previsti nell'appalto la costruzione del piano seminterrato con 3 piani sovrastanti.
Si desidera inoltre prevedere la possibilità di una postuma spalleggiatura di n° 3 piani.

I piani in appalto li indicheremo con p. seminterrato, piano rialzato, piano I e piano II e quelli in previsione piano III, piano IV e piano V.

In quanto al carico accidentale fermevi:

terrazzo - IV e IV p. : per intero
 III e II p. : 80% = 200
 I p. e p.c. : 60% = 150

Pilastro 1^a

carico trasmesso dal piano tipo
 dalla sbarra 1-2 Kg. 5660
 " 1-10 " 4929
 " 11-10 " 11.589

per il piano seminterrato e.p.r. diritta

$\frac{1}{2} 715 \times 6.20 =$ 2216
 $\frac{1}{2} 13.805 \text{ kg.}$

piano II sez. 35x45 con 8 φ 18
 carico $11589 \times 4 - 50 \times 3 \times 1.85 =$ 46080
 p.p. testa $\frac{3.960}{50.040 \text{ kg.}} =$ 7.750
 piede 51.790 kg.

Momenti

$$M = \frac{1}{33} 3330 \times 4^2 = 1600$$

$$M_1 = \frac{1}{33} 1590 \times 6.20^2 = 1850$$

$$e = \frac{185000}{50040} = 3.7$$

$$A_i = 35 \times 45 + 200 = 1775$$

$J = \frac{1}{12} 35 \times 45^3 + 152(22.5-2)^2 = 329.649$

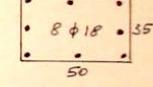
$$J_1 = \frac{1}{12} 40 \times 35^3 + 152(17.5-2)^2 = 179.434$$

$$\overline{\sigma}_c = \frac{50040}{1775} + \frac{185000 \times 17.5}{179.434} = 28+18 = 46$$

Nello spigolo maggiormente caricato si ha:

$$\overline{\sigma}_c = 46 + \frac{160000 \times 22.5}{329.649} = 46+10 = 56$$

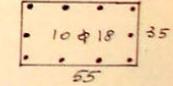
I piano sez. 35x50 con 8 φ 18
 carico precedente 10. 51790
 incremento $11589 - 276 =$ 11313
 testa 63. 103
 p.p. $\frac{1.980}{63.103 \text{ kg.}} =$ 1.980
 $\overline{\sigma}_c = \frac{1.980}{63.103} = 32$



Nel caso che il carico fosse centrale $\overline{\sigma}_c = \frac{63.103}{1950} = 32$

I momenti sono gli stessi, ma le sollecitazioni dovute alla flessione sono minori delle precedenti, per cui è superflua la verifica -

piano rialzato sez. 35x55 con 10 φ 18
 carico precedente 10. 65083
 incremento $11589 - 552 =$ 11.037
 solai esterni: $715 \times 3.10 =$ 2.216
 p.p. $\frac{7.8.336}{2.216} =$ 7.8.336
 $\frac{2.200}{7.8.336} =$ 2.200
 $\frac{80.536}{7.8.336} =$ 80.536



Se il carico fosse centrale $\overline{\sigma}_c = \frac{78.336}{2179} = 35$

In realtà:

$$M = 1600 \text{ kg.m.} ; M_1 = 2500 ; A_i = 2179$$

$$J = \frac{1}{12} 35 \times 55^3 + 152(27.5-2)^2 = 485260 + 99430 = 584690$$

$$J_1 = \frac{1}{12} 55 \times 35^3 + 204(17.5-2)^2 = 196310 + 48960 = 248270$$

$$\overline{\sigma}_c = 35 + \frac{160000}{684690} + \frac{250000 \times 17.5}{248270} = 35+7+17 = 59$$

Concezione strutturale pre-norme sismiche

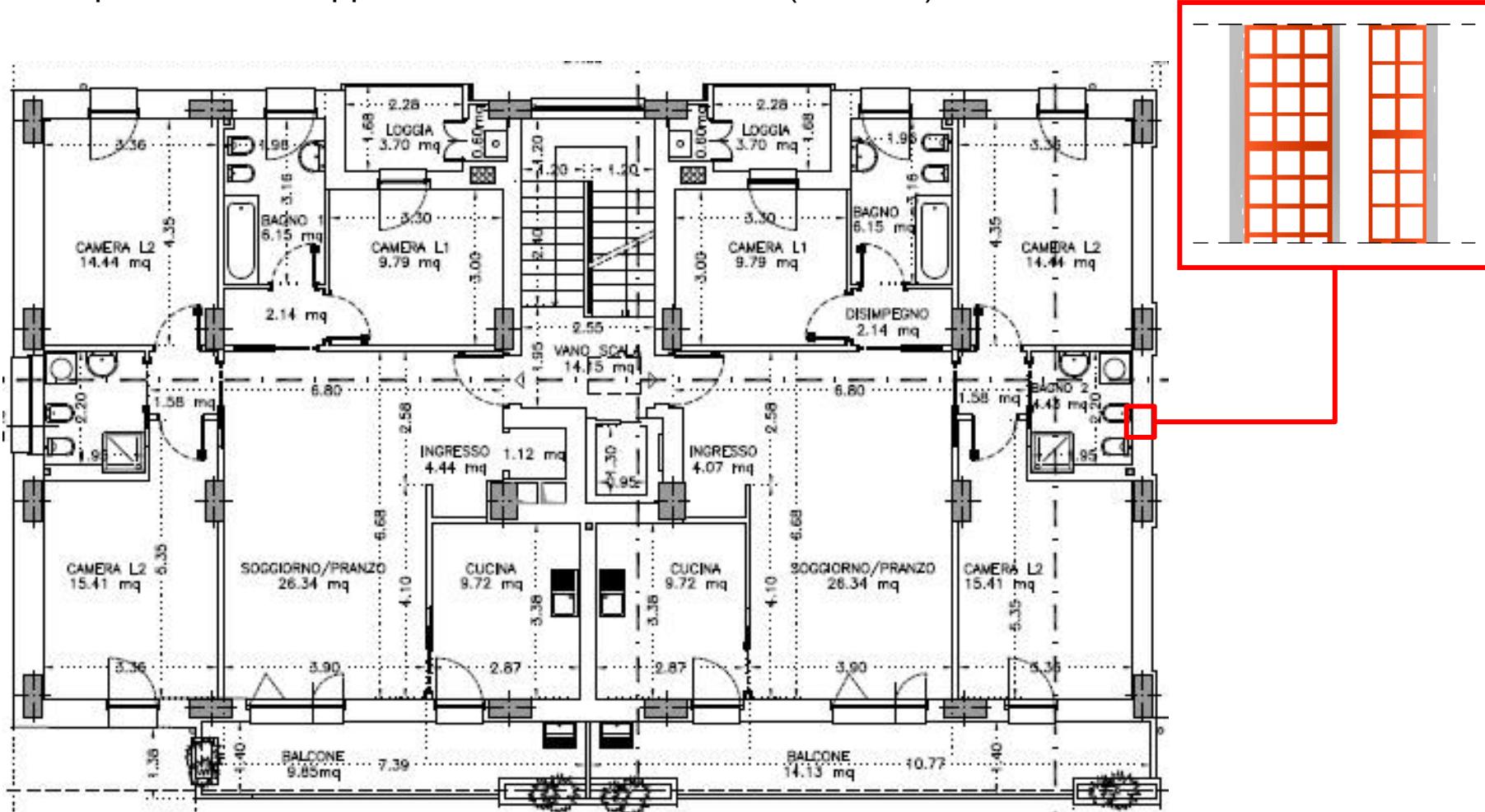
Consuetudini progettuali e tecniche costruttive: **nodi trave-pilastro**

Per le zone nodali non erano previsti particolari accorgimenti e nemmeno prescrizioni da normativa, quindi l'armatura trasversale in genere è scarsa se non totalmente assente.



Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

Edificio esistente anni '70 con 6 piani in elevazione, progettato a soli carichi verticali.
Tamponatura «a doppia fodera» di mattoni forati (12+8cm)



Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Decreto Ministeriale 30/5/1974

MATERIALI UTILIZZATI

- calcestruzzo Rbk 250
- acciaio FeB38k (barre ad aderenza migliorata)

METODO DI VERIFICA

Metodo delle tensioni ammissibili

Tensioni ammissibili

- calcestruzzo (σ_{amm} a flessione):
- calcestruzzo (σ_{amm} a comp.):
- acciaio:

Coefficiente di omogeneizzazione:

$$\sigma_{cf,amm} = 85 \text{ kg/cm}^2$$

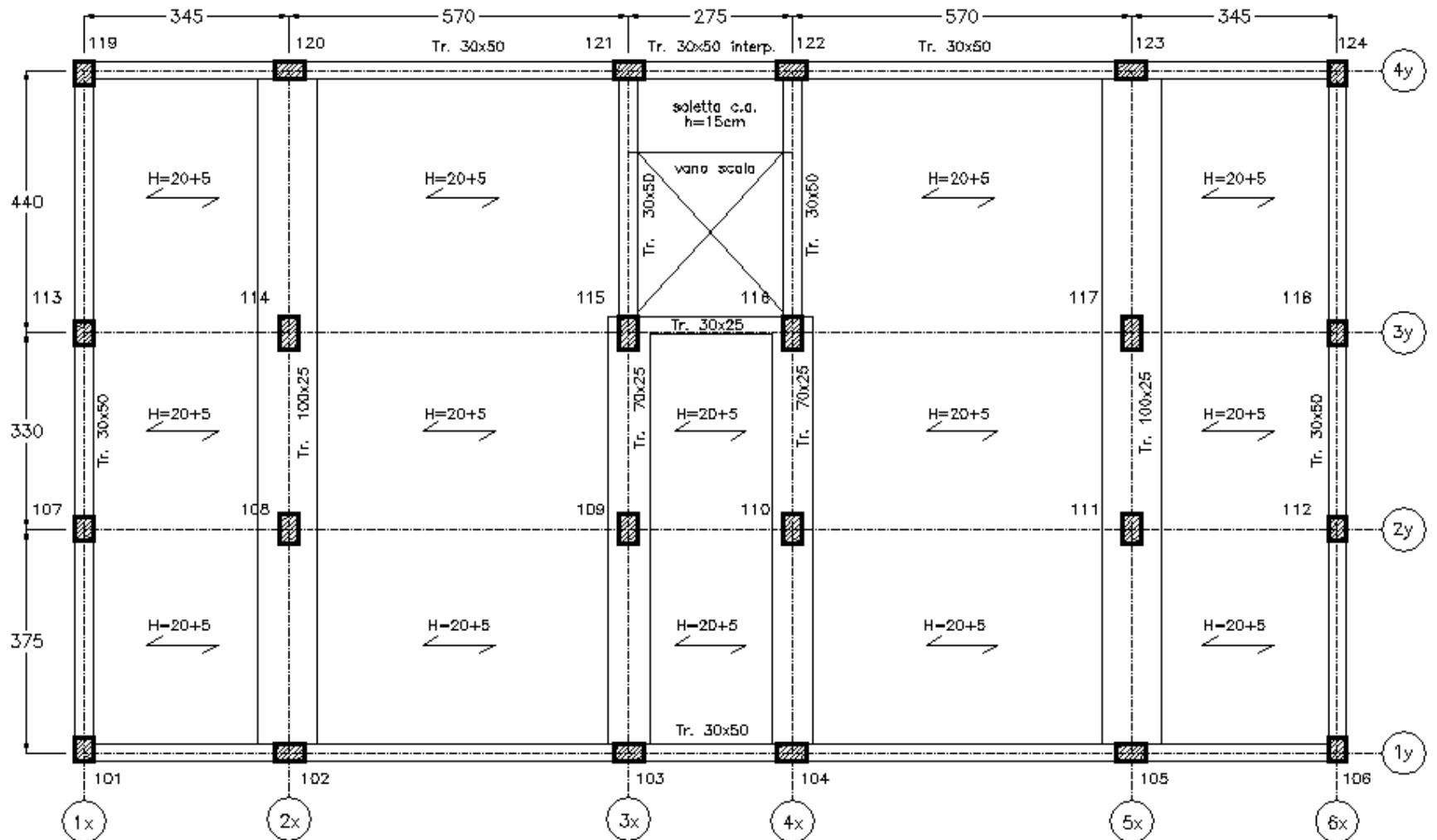
$$\sigma_{cc,amm} = 59.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = 1900 \text{ kg/cm}^2$$

$$n=15$$

Edifici esistenti in c.a.

Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

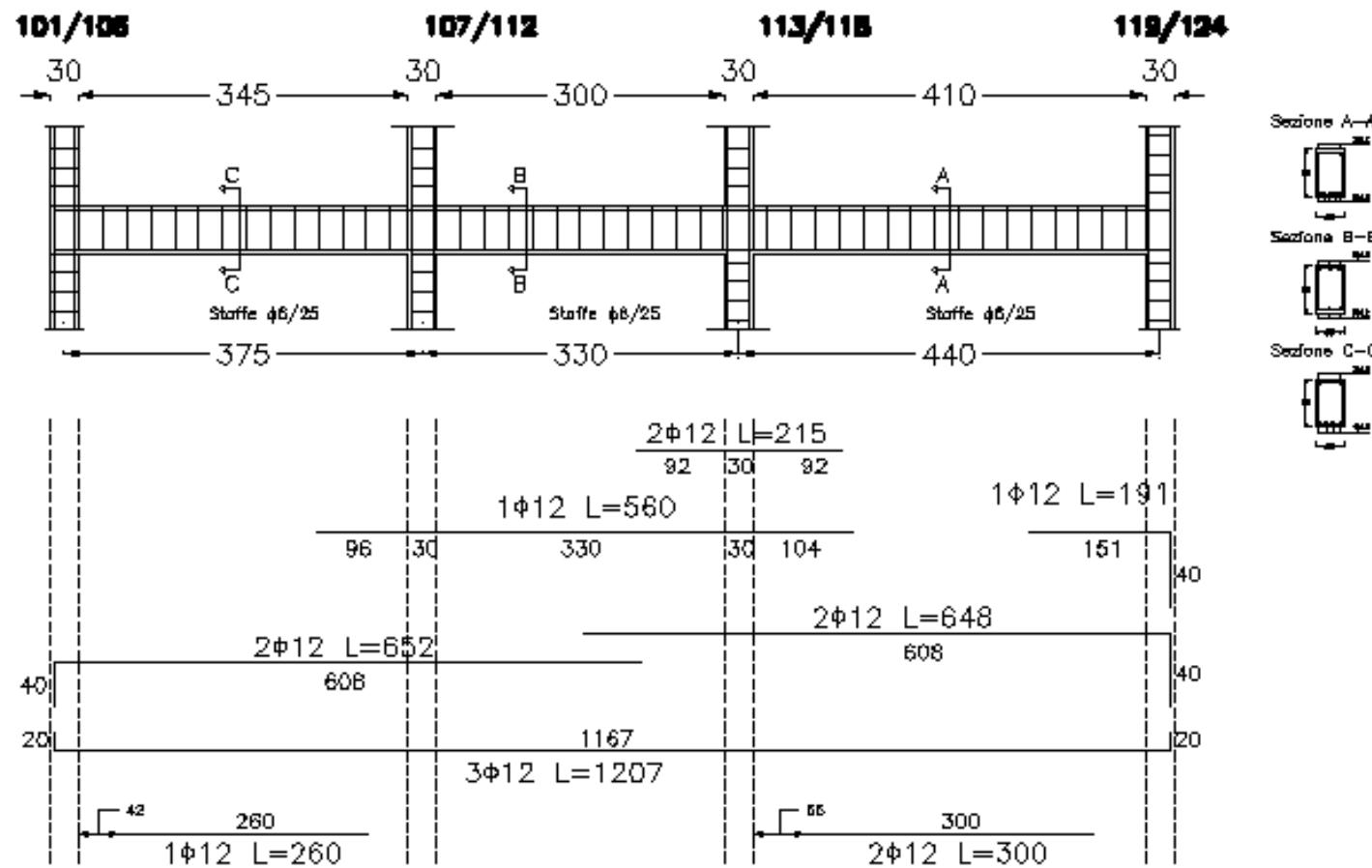


Edifici esistenti in c.a.

Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

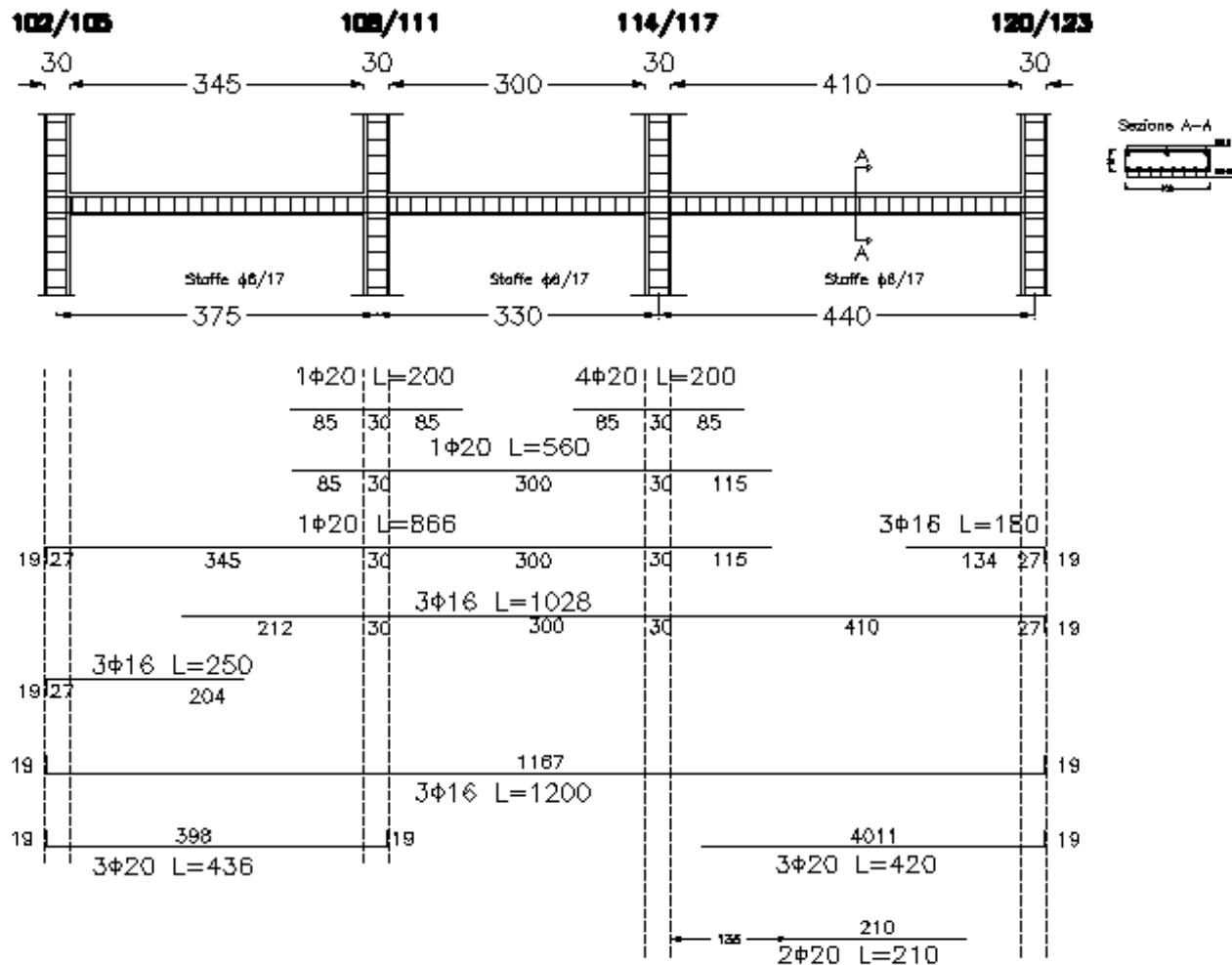
ARMATURA TRAVI

ARMATURA TRAVATA 1X/6X



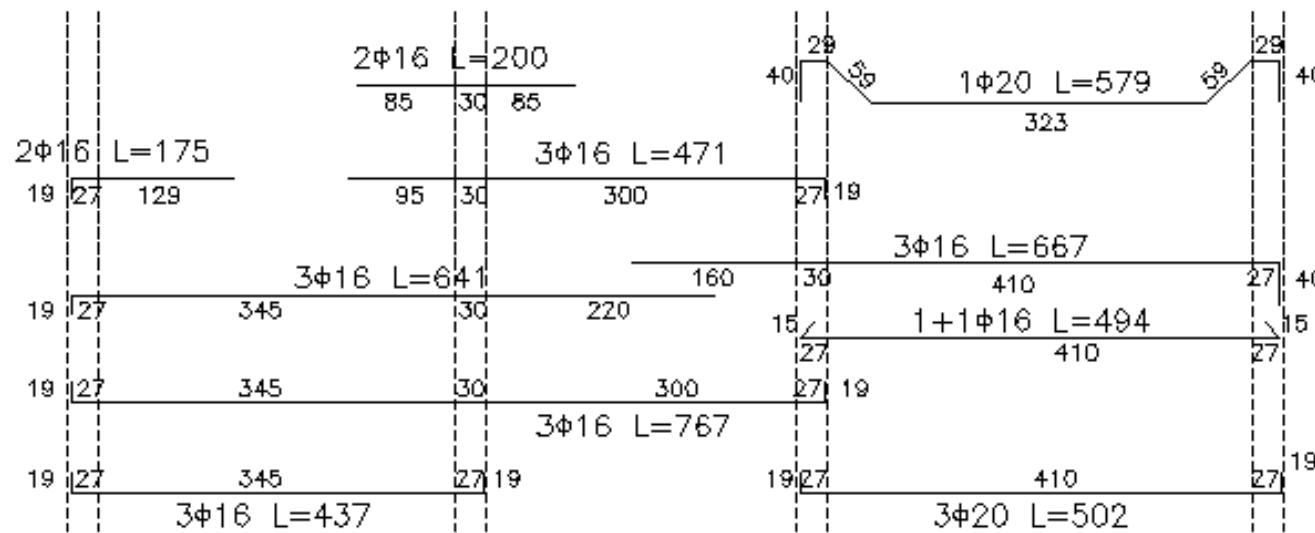
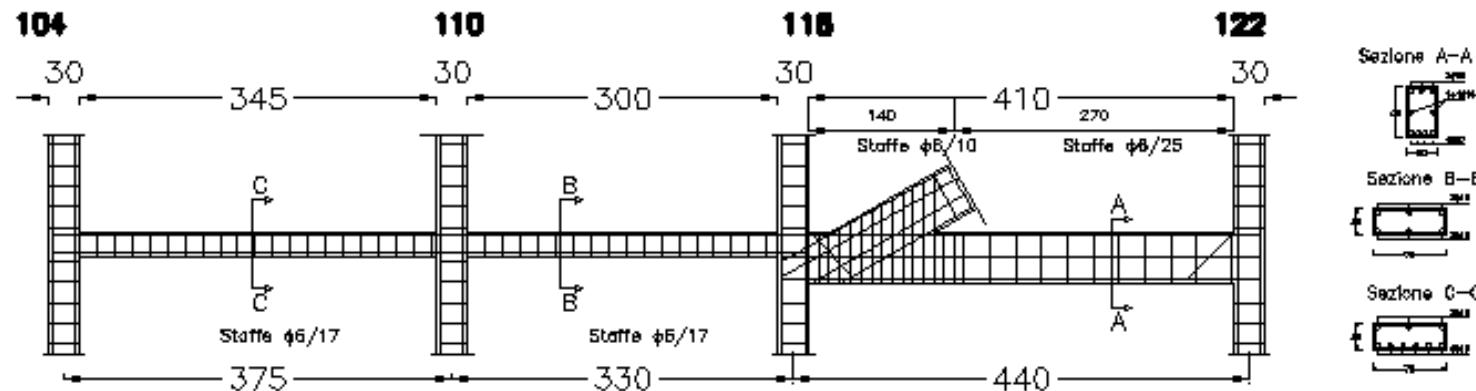
Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

ARMATURA TRAVATA 2X/5X



Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

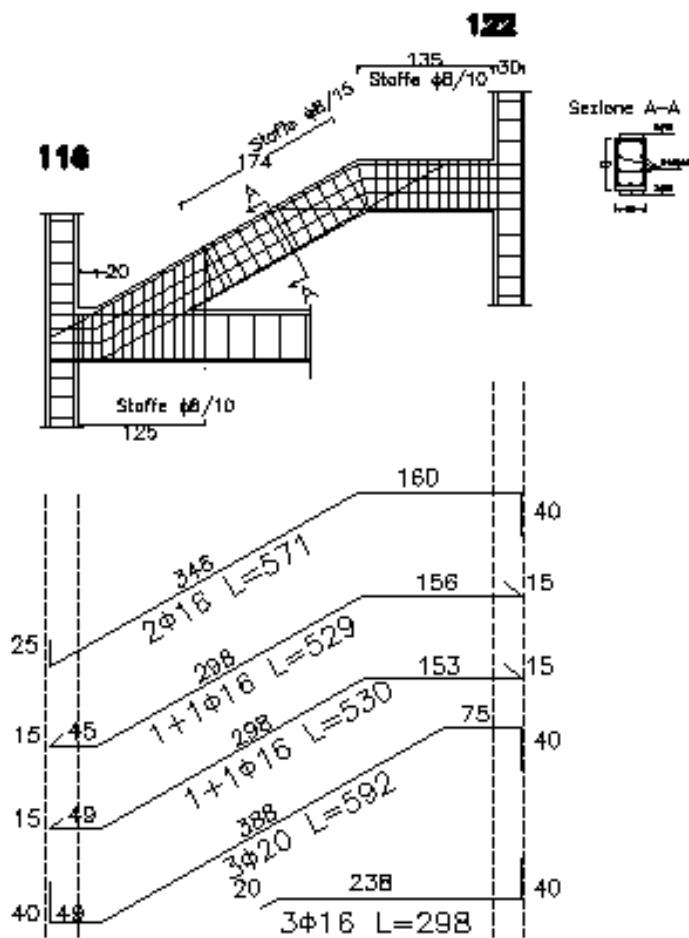
ARMATURA TRAVATA 4X (da utilizzare anche per la 3x)



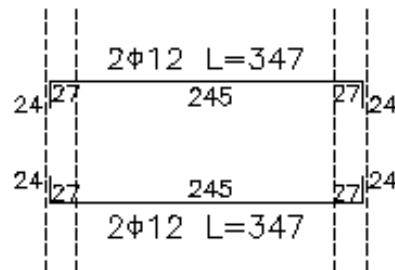
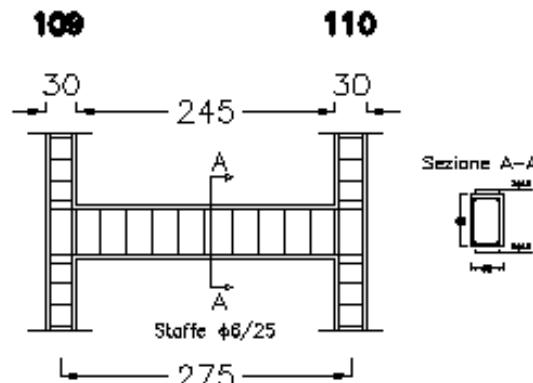
Edifici esistenti in c.a.

Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

ARMATURA TRAVE A GINOCCHIO



ARMATURA TRAVATA 4Y/1 (trave di interpiano)



Concezione strutturale pre-norme sismiche (anni '70)

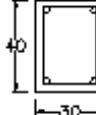
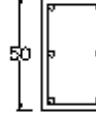
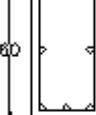
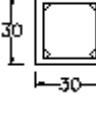
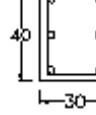
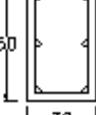
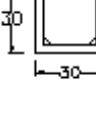
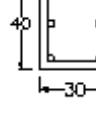
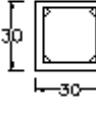
Livello	Pilastri 101-106-107-112- 113-118-119-124	Pilastri 123-120-105-102-104-103	Pilastri 122-121-110-109	Pilastri 117-114-116-115-111-108
1° (3.40 m)	 4φ14 Staffe φ6/20	 6φ14 Staffe φ6/20	 8φ14 Staffe φ6/20	 8φ14 Staffe φ6/20
Livello	Pilastri 101-106-107-112- 113-118-119-124	Pilastri 123-120-122-121-111-108 110-109-105-102-104-103	Pilastri 117-114-116-115	
2° (6.45 m)	 4φ12 Staffe φ6/18	 6φ14 Staffe φ6/20	 6φ14 Staffe φ6/20	
Livello	Pilastri 101-102-103-104-105-106 107-109-110-112-113-118 119-120-121-122-123-124	Pilastri 117-114-116-115-111-108		
3° (9.50 m)	 4φ12 Staffe φ6/18	 6φ14 Staffe φ6/20		
Livello	Pilastri TUTTI			
4°/5°/6° (12.55 m/ 15.60 m/ 18.65 m)	 4φ12 Staffe φ6/18			

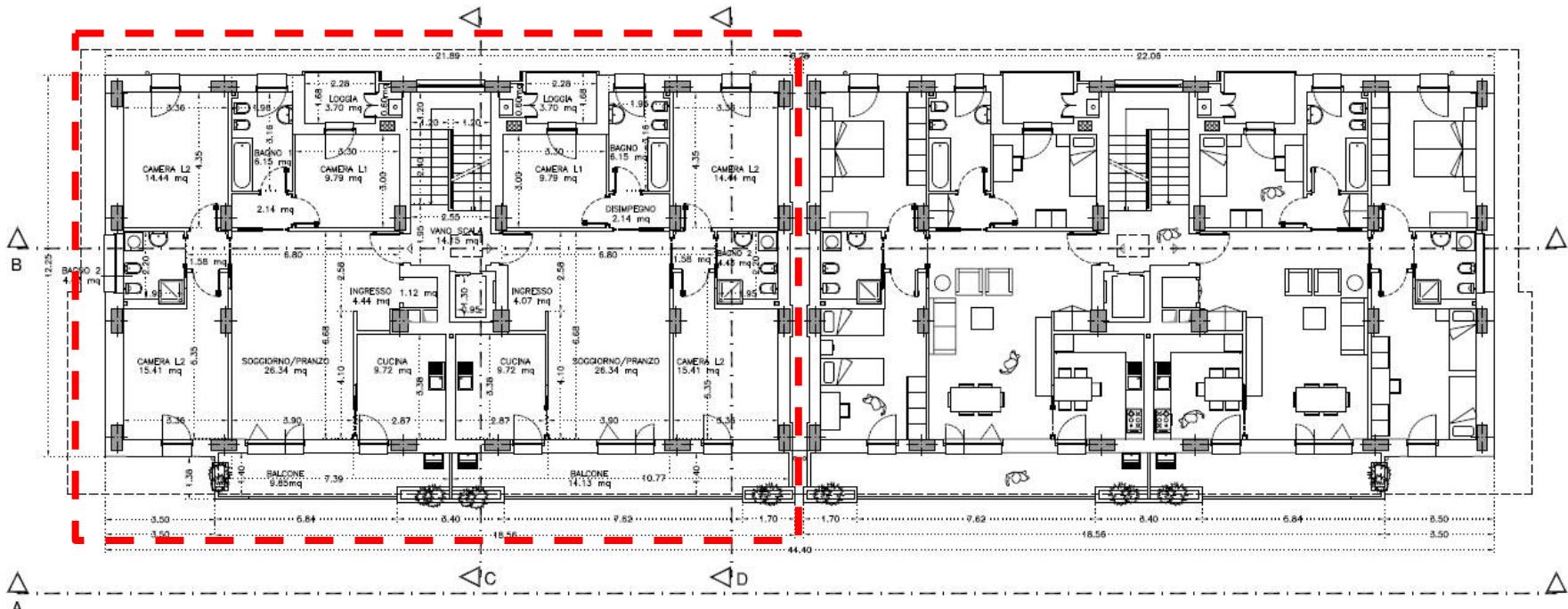
TABELLA PILASTRI

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

Edilizia residenziale progettata con vecchi criteri antisismici

Sono tutti quegli edifici ricadenti in zone classificate sismiche anche nel passato, ma costruiti con criteri di sola resistenza, soprattutto senza il controllo della deformabilità, che è stato introdotto di recente, dal D.M.96

Edificio esistente anni '90 con 6 piani in elevazione, con norma sismica



Destinazione d'uso: residenziale

Numero livelli: 6

Altezza interpiano: 3.05m (1° liv 3.40m)

Superficie di piano: 252 m²

Tipologia copertura: piana

Tipologia scala: a ginocchio

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

Normative di riferimento

- D.M. 24 gennaio 1986 (G.U. 12 maggio 1986 n.108) - Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche
- D.M. 14 febbraio 1992 (G.U. 18 marzo 1992 n.65) - Norme tecniche per le opere in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche

Norme di calcolo

- Metodo delle tensioni ammissibili (MTA)
- Materiali:

Calcestruzzo Rck 250

$$s_c = 85 \text{ kgf/cm}^2 \quad t_{c0} = 5.33 \text{ kgf/cm}^2 \quad t_{c1} = 16.86 \text{ kgf/cm}^2$$

Acciaio FeB44k

$$s_f = 2600 \text{ kgf/cm}^2$$

Metodo di analisi

- Analisi statica lineare

L'analisi statica degli effetti sismici si può adottare per le costruzioni la cui struttura portante abbia uno schema statico semplice nei riguardi del suo comportamento sotto l'azione sismica, e che non presenti elementi spingenti o di luce notevole.

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

Analisi statica lineare (D.M. 24 gennaio 1986)

Gli effetti sismici possono essere valutati mediante analisi statica delle strutture soggette a un sistema di forze orizzontali parallele alle direzioni ipotizzate per il sisma; la risultante di tali forze viene valutata con l'espressione:

$$F_h = C R I W = 0.07 W$$

- $C = S \cdot 2 / 100$ il coefficiente di intensità sismica
con $S =$ il grado di sismicità **$S = 9$** e quindi $C=0.07$ (II categoria) ;
- $R =$ il coefficiente di risposta relativo alla direzione considerata ($R=1.00$);
- $I =$ il coefficiente di protezione sismica ($I=1.00$);
- $W =$ il peso complessivo delle masse strutturali.

Confronto con la normativa sismica attuale:

$$F_h = \lambda W S_a / g = 0.85 (0.2g \times 2.5 / 5) / g W = 0.085 W$$

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

Regole specifiche per (D.M. 14 febbraio 1992)

Travi

- Nelle strutture inflesse in elevazione la percentuale di armatura longitudinale, nella zona tesa, riferita all'area totale della sezione di conglomerato, non deve scendere sotto lo 0,15 per barre ad aderenza migliorata e sotto lo 0,25 per barre lisce. Tale armatura deve essere convenientemente diffusa.
- Nelle travi si devono prevedere staffe aventi sezione complessiva non inferiore a $3 \text{ cm}^2/\text{m}$, con un mimmo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione. In prossimità di carichi concentrati o delle zone d'appoggio, per una lunghezza pari all'altezza utile della sezione da ciascuna parte del carico concentrato, il passo delle staffe non dovrà superare il valore 12 volte il diametro minimo dell'armatura longitudinale.

Pilastri

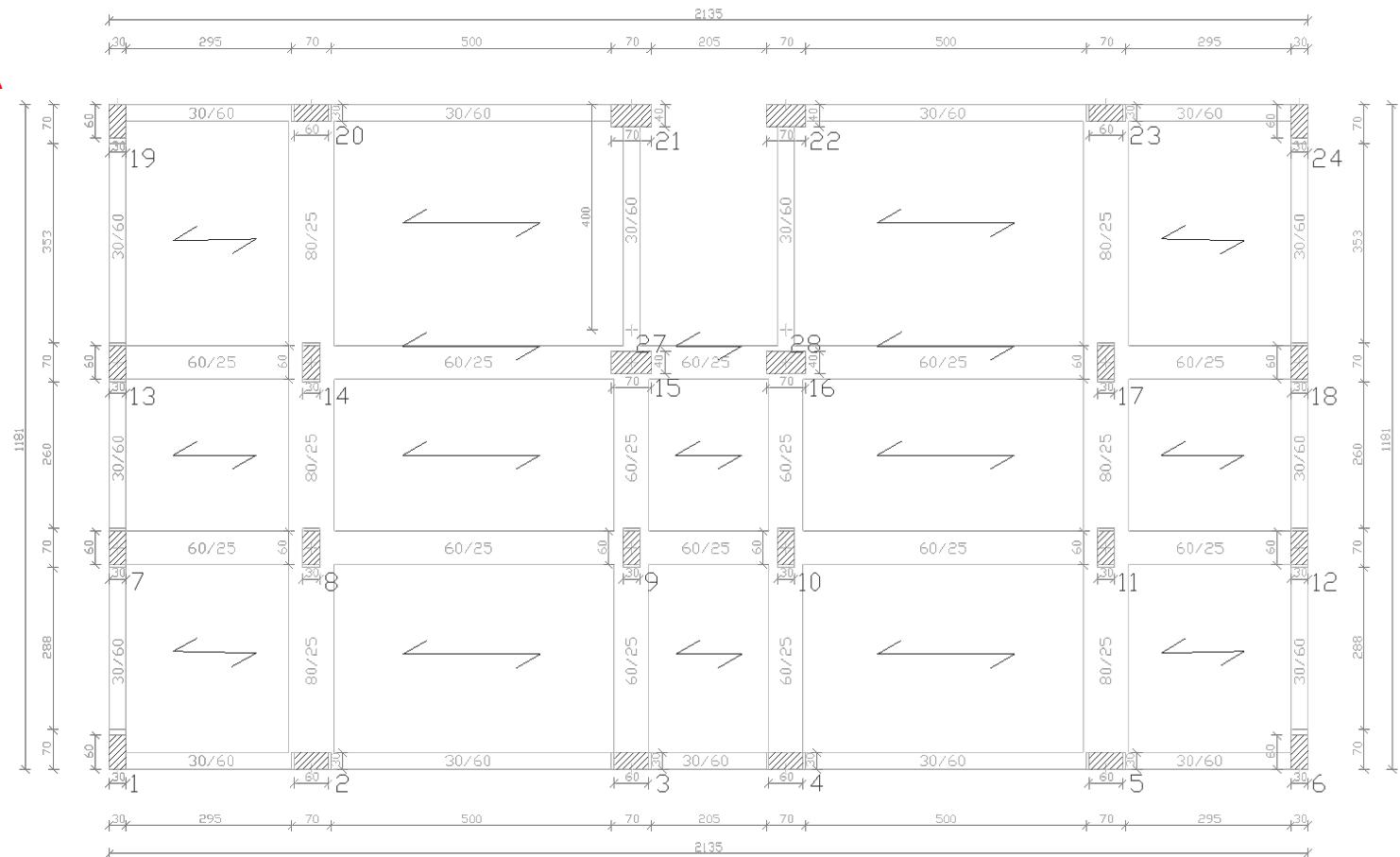
- Nei pilastri soggetti a compressione centrata od eccentrica deve essere disposta un'armatura longitudinale di sezione non minore dello 0,8% della sezione di conglomerato strettamente necessaria per carico assiale, e compresa fra lo 0,3 % ed il 6% della sezione effettiva. Quest'ultima limitazione sale al 10% della sezione effettiva nei tratti di giunzione per ricoprimento.
- Il diametro delle barre longitudinali non deve essere minore di 12 mm.
- Deve essere sempre prevista una staffatura posta ad interasse non maggiore di 15 volte il diametro minino delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 25 cm.
- Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di 1/4 del diametro massimo delle barre longitudinali.

Solai latero-cementizi

- Lo spessore dei solai a portanza unidirezionale che non siano di semplice copertura non deve essere minore di 1/25 della luce di calcolo ed in nessun caso minore di 12 cm. Per i solai costituiti da travetti precompressi e blocchi interposti il predetto limite può scendere ad 1/30.

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

CARPENTERIA



PILASTRI:

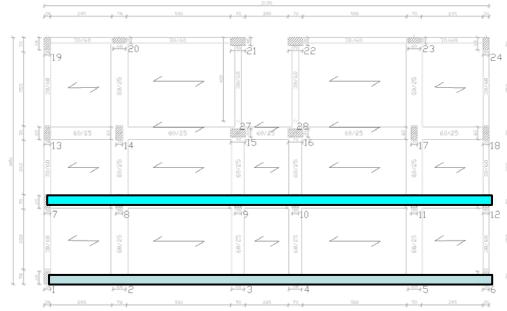
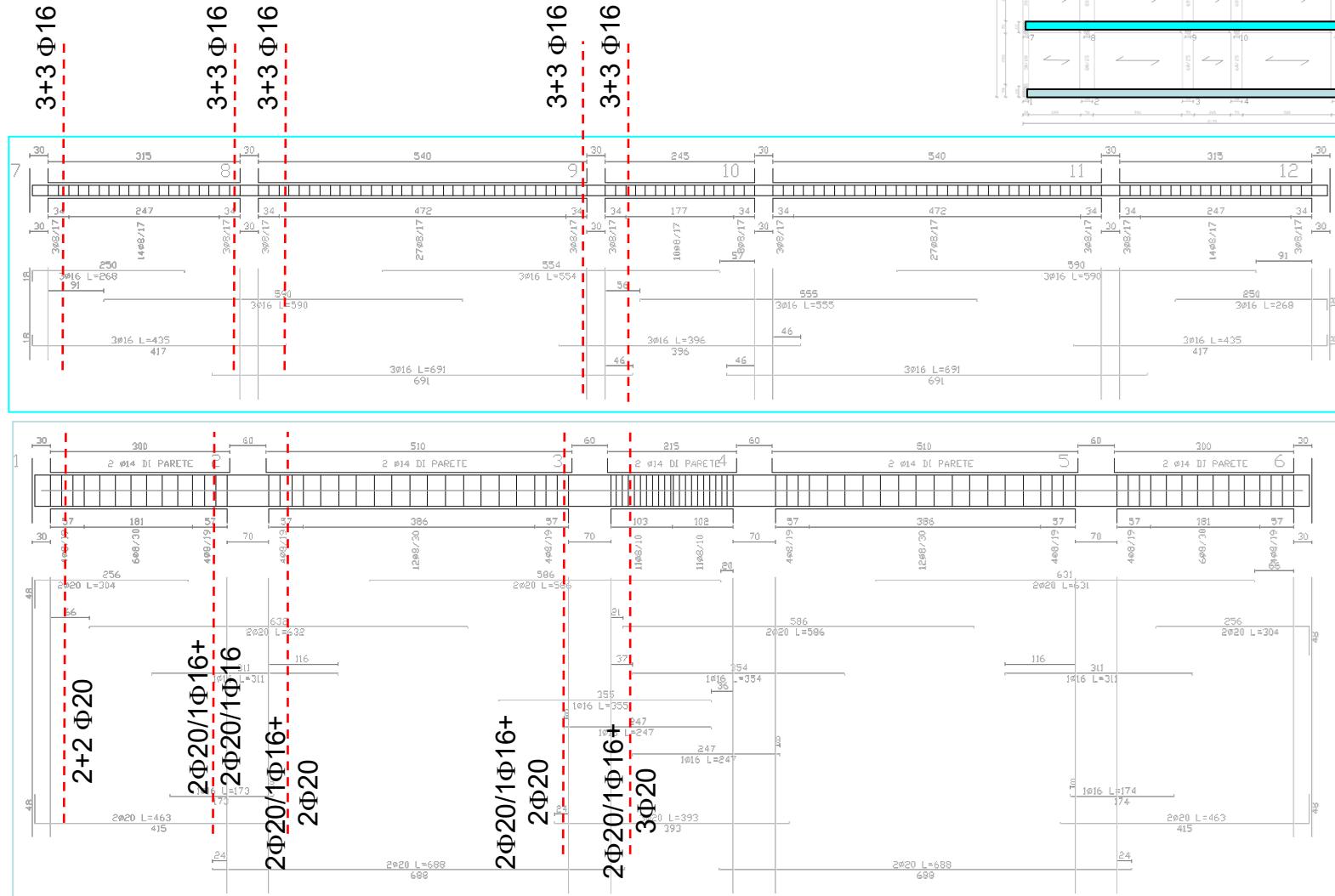
piano	pilastri scala	altri pilastri
6	40 x 40	30 x 40
5	40 x 40	30 x 40
4	40 x 60	30 x 50
3	40 x 60	30 x 50
2	40 x 70	30 x 60
1	40 x 70	30 x 70

TRAVI:

emergenti (I-II livello) (30x60);
emergenti (III-VI livello) (30x50);
spessore-tipo1 (25x80);
spessore-tipo 2 (25x60).

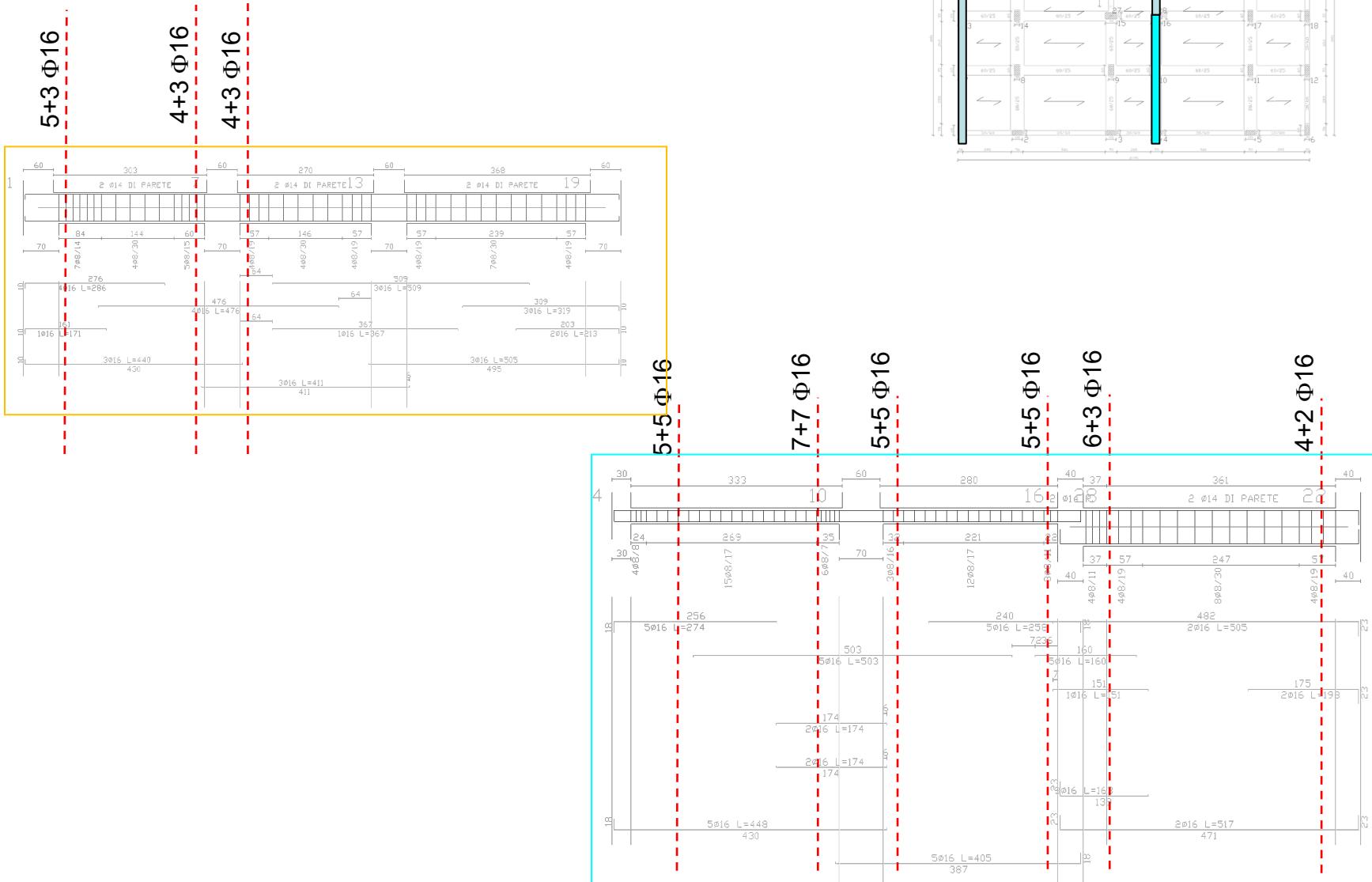
Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

TRAVATE LONGITUDINALI - PIANO 1



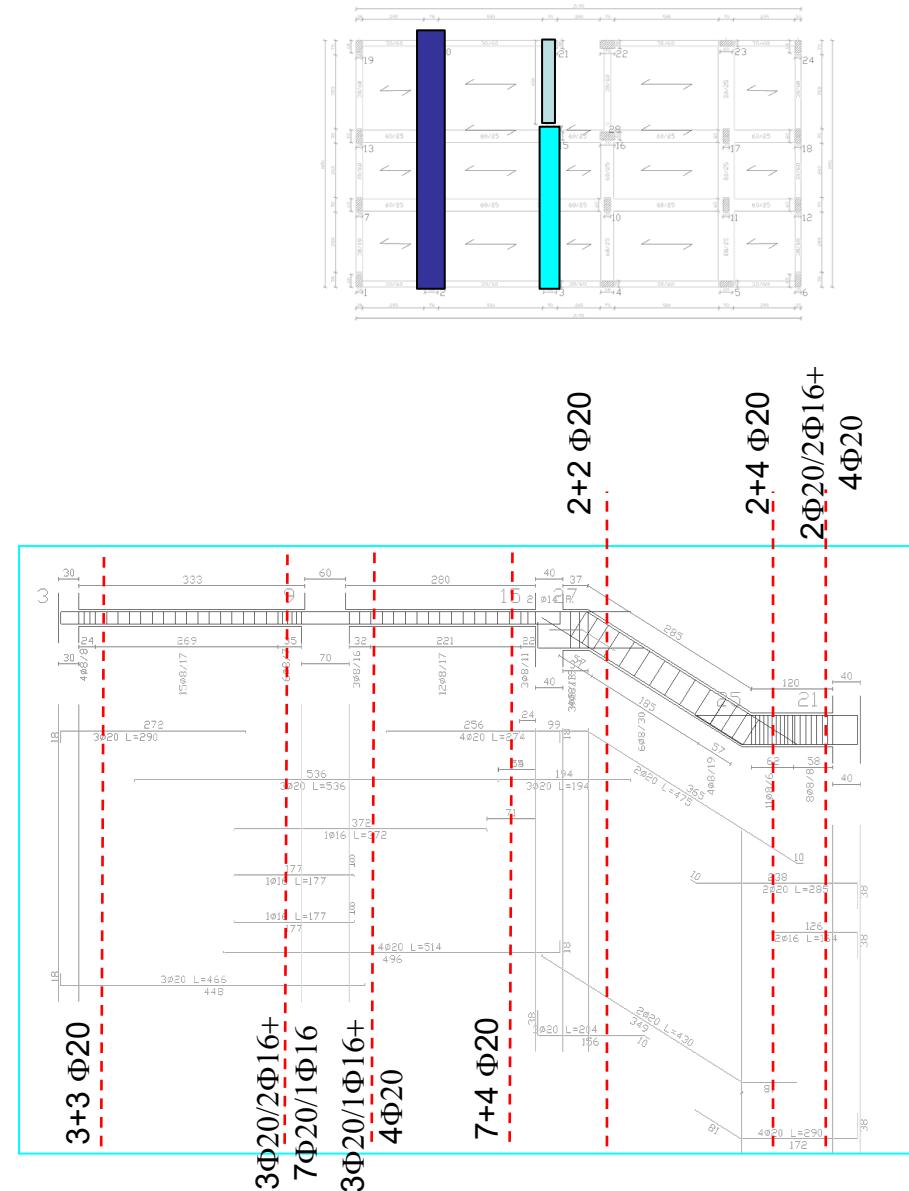
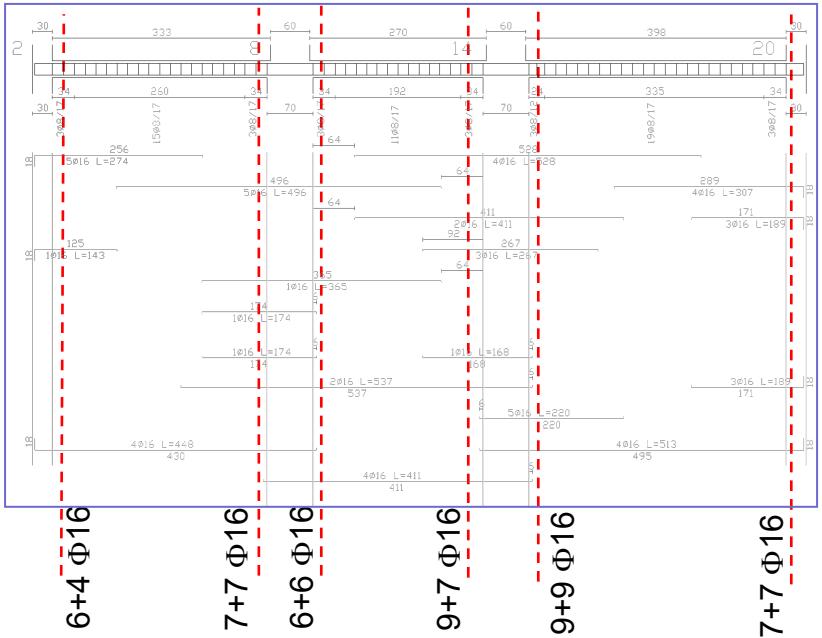
Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

TRAVATE TRASVERSALI - PIANO 1



Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

TRAVATE TRASVERSALI - PIANO 1

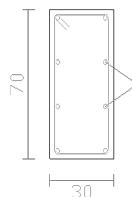
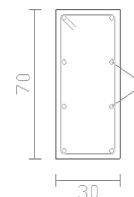
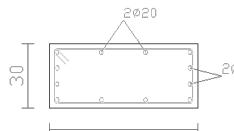
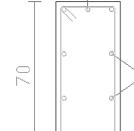
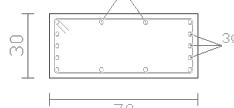


Edifici esistenti in c.a.

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

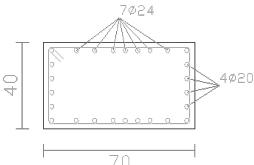
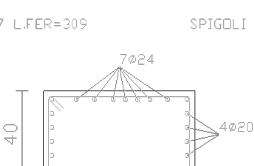
TABELLA PILASTRI - PIANO 1

TABELLA PILASTRI QUOTA m: 0.00

PIL.		PIL.	
1 6 7 12 19 24	<p>L=340 L.FER=462 SPIGOLI 4Ø20</p>  <p>STAFFE: 26*66 LTOT=196 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45</p>	8 9 10 11 14 17	<p>L=340 L.FER=462 SPIGOLI 4Ø20</p>  <p>STAFFE: 26*66 LTOT=196 Ø8/15 L= 70 Ø8/25 L= 225 Ø8/15 L= 45</p>
20 23	<p>L=340 L.FER=462 SPIGOLI 4Ø20</p>  <p>STAFFE: 66*26 LTOT=196 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45</p>	13 18	<p>L=340 L.FER=462 1Ø20 SPIGOLI 4Ø20</p>  <p>STAFFE: 26*66 LTOT=196 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45</p>
3 4	<p>L=340 L.FER=462 SPIGOLI 4Ø20</p>  <p>STAFFE: 66*26 LTOT=196 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45</p>	15 16	<p>L=340 L.FER=462 SPIGOLI 4Ø20</p>  <p>STAFFE: 66*36 LTOT=216 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45</p>

ACCIAIO Feb 44K

CALCESTR. Rck 250

TABELLA PILASTRI QUOTA m: 0,00			
PIL.		PIL.	
21	L=187 LFER=309  STAFFE: 66*36 LTOT=216	SPIGOLI 40x20 $\varnothing 8/15$ L= 95 $\varnothing 8/25$ L= 47 $\varnothing 8/15$ L= 45	
22	L=187 LFER=309  STAFFE: 66*36 LTOT=216	SPIGOLI 40x20 $\varnothing 8/15$ L= 95 $\varnothing 8/25$ L= 47 $\varnothing 8/15$ L= 45	

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

TABELLA PILASTRI - PIANO 2

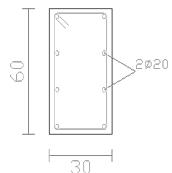
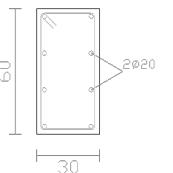
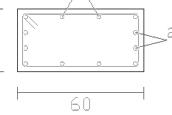
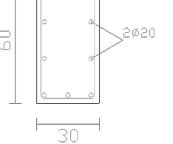
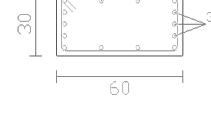
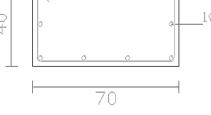
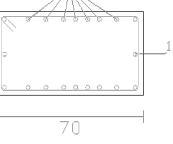
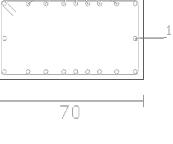
TABELLA PILASTRI QUOTA m: 3.40			
PIL.		PIL.	
1 6 7 12 19 24	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 26*56 LTOT=176 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 155 Ø8/15 L= 45	8 9 10 11 14 17	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 26*56 LTOT=176 Ø8/15 L= 70 Ø8/25 L= 120 Ø8/15 L= 45
2 4 5 20 23	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 56*26 LTOT=176 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 155 Ø8/15 L= 45	13 18	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 26*56 LTOT=176 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 155 Ø8/15 L= 45
3	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 56*26 LTOT=176 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 155 Ø8/15 L= 45	15 16	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 66*36 LTOT=216 Ø8/15 L= 105 Ø8/25 L= 155 Ø8/15 L= 45
ACCIAIO Feb 44K		CALCESTR. Rck 250	

TABELLA PILASTRI QUOTA m: 3.40			
PIL.		PIL.	
21	L=152 L.FER=274 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 66*36 LTOT=216 Ø8/14	70 24	1ø20
22	L=152 L.FER=274 SPIGOLI 4ø20  STAFFE: 66*36 LTOT=216 Ø8/14	70 24	1ø20

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

TABELLA PILASTRI - PIANO 3

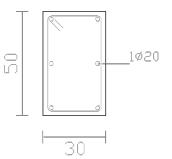
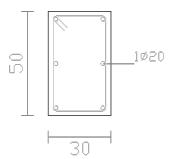
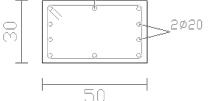
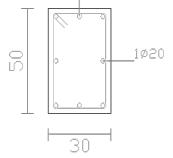
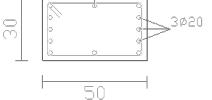
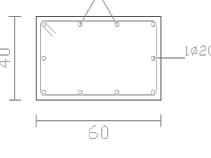
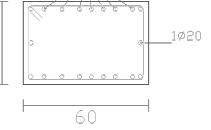
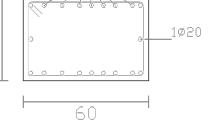
TABELLA PILASTRI QUOTA m: 6.45			
PIL.		PIL.	
1 6 7 12 19 24	L=305 LFER=427 SPIGOLI 4020  STAFFE: 26*46 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	8 9 10 11 14 17	L=305 LFER=427 SPIGOLI 4020  STAFFE: 26*46 LTOT=156 Ø8/15 L= 70 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45
2 4 5 20 23	L=305 LFER=427 SPIGOLI 4020  STAFFE: 46*26 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	13 18	L=305 LFER=427 SPIGOLI 4020  STAFFE: 26*46 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45
3	L=305 LFER=427 SPIGOLI 4020  STAFFE: 46*26 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	15 16	L=305 LFER=427 SPIGOLI 4020  STAFFE: 56*36 LTOT=196 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45
ACCIAIO Feb 44K		CALCESTR. Rck 250	

TABELLA PILASTRI QUOTA m: 6.45			
PIL.		PIL.	
21	L=152 LFER=274 SPIGOLI 4020  STAFFE: 56*36 LTOT=196 Ø8/12		
22	L=152 LFER=274 SPIGOLI 4020  STAFFE: 56*36 LTOT=196 Ø8/12		

Edifici esistenti in c.a.

Concezione strutturale con norme sismiche (anni '90)

TABELLA PILASTRI - PIANO 4

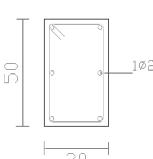
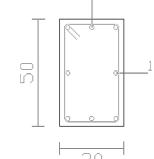
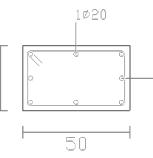
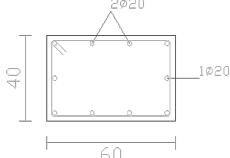
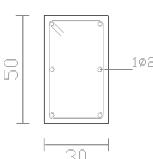
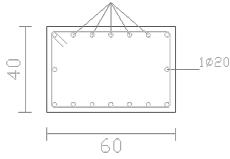
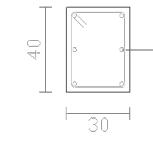
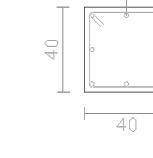
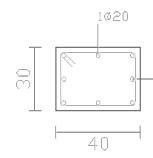
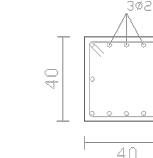
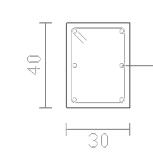
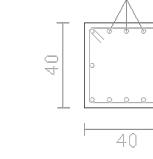
TABELLA PILASTRI QUOTA m: 9.50			
PIL.	PIL.		
1 6 7 12 18 19 24	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 26*46 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	13 L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 26*46 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	
2 3 4 5 20 23	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 46*26 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	15 16 L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 56*36 LTOT=196 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	
8 9 10 11 14 17	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 26*46 LTOT=156 Ø8/15 L= 70 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45	21 22 L=152 L.FER=274 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 56*36 LTOT=196 Ø8/15	
ACCIAIO Feb 44K		CALCESTR. Rck 250	

TABELLA PILASTRI - PIANO 5 e 6

TABELLA PILASTRI QUOTA m:12.55			
PIL.	PIL.		
1 6 7 12 13 18 19 24	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 26*36 LTOT=137 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	15 16 L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 36*36 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	
2 3 4 5 20 23	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 36*26 LTOT=137 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	21 L=152 L.FER=274 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 36*36 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/19 L= 12 Ø8/15 L= 45	
8 9 10 11 14 17	L=305 L.FER=427 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 26*36 LTOT=137 Ø8/15 L= 70 Ø8/25 L= 190 Ø8/15 L= 45	22 L=152 L.FER=274 SPIGOLI 4Ø20  STAFFE: 36*36 LTOT=156 Ø8/15 L= 95 Ø8/25 L= 165 Ø8/15 L= 45	
ACCIAIO Feb 44K		CALCESTR. Rck 250	

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

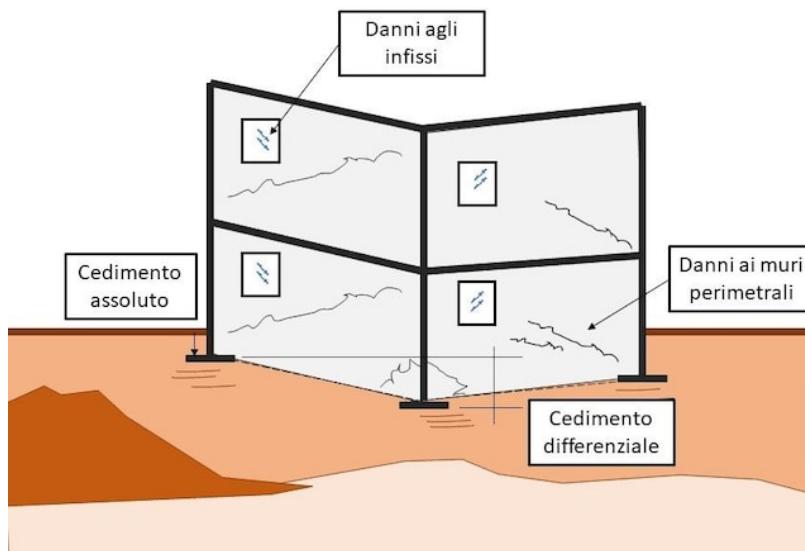
Dissesti statici e degrado

Il degrado eccessivo di una struttura è imputabile a:

- Scarsa qualità dei materiali
- Ambiente particolarmente aggressivo.

I dissesti statici sono imputabili a cedimenti fondali imputabili a :

- Scarsa qualità dei terreni
- Fondazioni non propriamente dimensionate (non sufficientemente rigide)



I cedimenti possono comportare la nascita di lesioni nei muri perimetrali di un edificio, e problemi funzionali.

Gli interventi in fondazioni sono generalmente onerosi e dipendono dalla tipologia di struttura e di fondazione

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Carenze costruttive e degrado



Ex-Montedison – Falconara (AN)

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Carenze costruttive e degrado



Ex-Montedison – Falconara (AN)

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Carenze progettuali/costruttive



Ex-Montedison – Falconara (AN)

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Carenze progettuali/costruttive



Ex-Montedison – Falconara (AN)

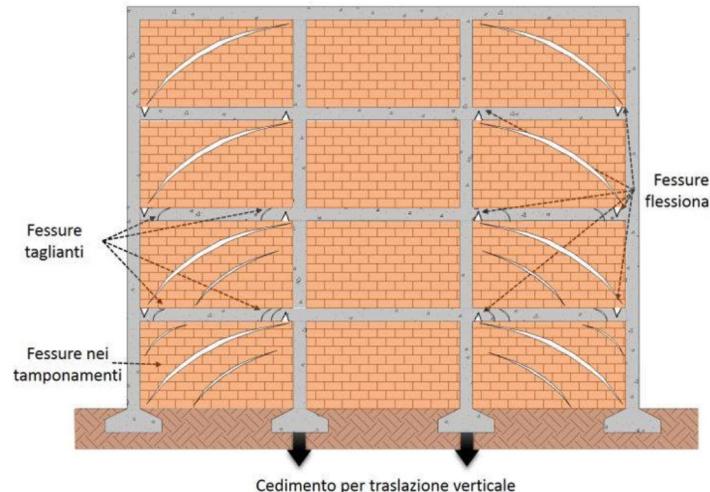
Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti statici per cedimenti in fondazione

Le lesioni in un edificio compaiono, quando la struttura fondale non è sufficientemente rigida per assorbire la differenza degli assestamenti del terreno su cui insiste. Sono più frequenti negli edifici in muratura con fondazioni insufficienti (o assenti), ma possono interessare anche un edificio in c.a. soprattutto se insiste in un terreno con scarse caratteristiche o caratteristiche variabili nel tempo come:

- un terreno argilloso con livello della falda variabile: l'abbassamento della falda provoca cedimenti compensati solo parzialmente dai rigonfiamenti che questi materiali argillosi subiscono quando il livello dell'acqua cresce nuovamente;
- nei depositi alluvionali in prossimità i corsi dei fiumi, specchi d'acqua o fasce costiere, sono spesso causa di "scavernamenti" all'interno dello strato sabbioso (con trasporto di materiale fine), i quali si ripercuotono sugli strati più superficiali generando dei cedimenti del terreno al di sotto delle fondazioni.

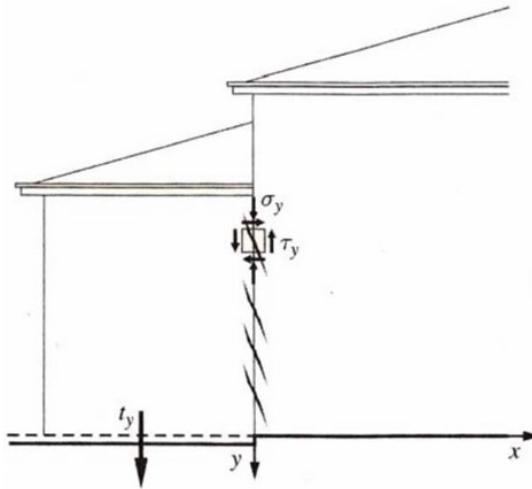
Il primo segnale evidente a cui occorre prestare particolare attenzione è la presenza di **crepe sulle murature (tamponature), sotto le armature dei solai e nei pavimenti**. Anche marciapiedi adiacenti all'edificio possono avvallarsi o rigonfiarsi a seconda dei movimenti del terreno sottostante.



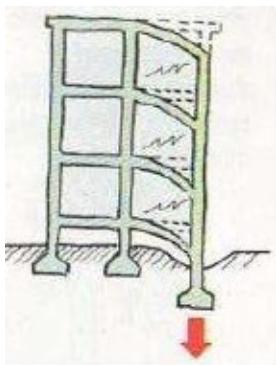
Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti statici per cedimenti in fondazione

Edifici contigui costruiti in epoche diverse



Danni locali



I dissesti sismici che possono subire gli edifici in C.A. possono riguardare:

Elementi NON Strutturali:

- Tamponature perimetrali
- Tramezzature interne

Elementi Strutturali:

- Pilastri, Setti, Pareti (elementi poco duttili)
- Travi (elementi duttili)

Meccanismi “globali” di collasso:

- Piani soffici o deboli

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Danneggiamento dei pannelli di tamponatura esterna (rotture e ribaltamenti)

Le carenze strutturali che favoriscono tali danneggiamenti possono essere imputabili a:

- Rigidezza globale bassa della struttura in C.A (controllo degli spostamenti solo post '96).
- Presenza di aperture che producono debolezze nel paramento
- Inefficace collegamento alla specchiatura del telaio (può indurre dei ribaltamenti)
- Posizione delle tamponature che possono produrre forti dissimetrie sulla distribuzione delle rigidezze

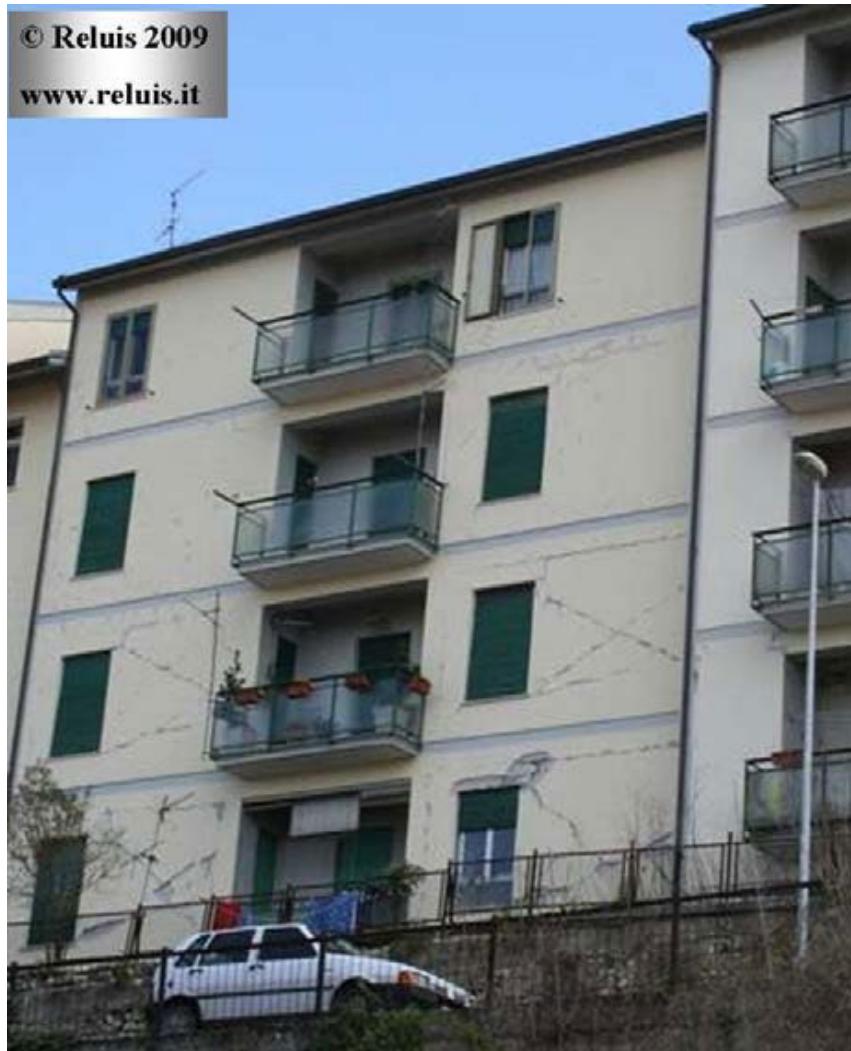
In seguito ad un evento sismico, questo tipo di danneggiamento è individuabile da:

- Lesioni diagonali dei paramenti murari
- Ribaltamento completo o parziale del paramento verso l'esterno
- Rotture localizzate in prossimità dei nodi trave pilastro

Rappresenta una situazione di danno tra le più frequenti negli edifici in C.A., avendo le tamponature in laterizi forati un comportamento fragile. Occorre fare molta attenzione a tali tipi di danneggiamento, sia diffusi che localizzati, poiché possono comportare risposte della struttura in C.A. non controllabili e non prevedibili.

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali



Infills damage: four stories R.C. building
Evidence of typical diagonal cracks at the first two levels.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rotture a taglio di pareti di tamponatura perimetrali confinate nel piano del telaio

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali



Infills damage

Internal infill is made up of clay blocks, external one of solid bricks.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Infills damage

Clay blocks connection between internal infill and external one. Upper bound of the external infill is encased in the beam through a tooth jutting out of the R.C. beam.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali



Infills damage: four stories R.C. building
External infills ejecting at the second and third levels.
Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Infills damage
External infill ejecting, ruined on cars beneath.
Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali



Reinforced concrete building placed in Via XX Settembre – L'Aquila

Total and partial ejecting of corner infills at first level.

Photo by I. Iervolino



Infills damage

Partial ejecting of external infill, made up of solid bricks. The separation joint, large about 2 cm, and collapse of clay blocks flue are clearly shown.

Photo by I. Iervolino

Danneggiamento pilastri



Column damage

Shear failure of upper column end.
Longitudinal bars are buckled and transversal reinforcement is poor.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Column damage

Diagonal failure of upper column end involving part of beam-column joint. Two longitudinal bars in column are buckled and stirrups are absent along first 20 cm of the column.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Danneggiamento pilastri



Column damage

Upper end failure of the column clearly underlines the casting separation between beam and column. Stirrups absence along first 20-30 cm of column is clearly showed again.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Column damage

Overlapping detail of longitudinal reinforcement in the column. Plain reinforcing bars are anchored with end hooks. Stirrups absence along first 30-40 cm of column is showed.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi strutturali

Danneggiamento pilastri

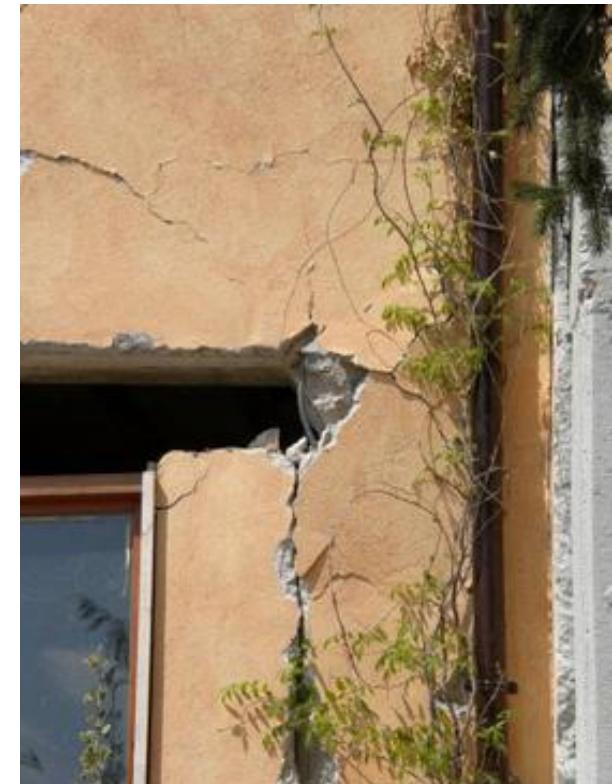
L'Aquila, 2009



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi strutturali

Danneggiamento pilastri



San Gregorio eastern part: (a) RC building with structural damage; (b) detail of the damage to the beam-column connection

Danneggiamento pilastri

Rappresenta una situazione di danno che interessa il piede e la testa dei pilastri che possono danneggiarsi per taglio (mancanza di staffe o azioni taglienti localizzate) o per pressoflessione.

Column damage

Upper end failure of column highlights scarce concrete quality and poor transversal reinforcement.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Danneggiamento pannelli nodali

Tale tipo di danneggiamento si presenta quando i nodi travi-pilastro risultano sprovvisti di adeguata staffatura di confinamento.

External joint damage

Diagonal cracking highlights a shear failure of the external joint. Buckling of longitudinal bar highlights total absence of stirrups in the joint and along the first 20-30 cm of upper end of column.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Danneggiamento pannelli nodali



External joint damage

Stirrups absence in joint involves buckling of longitudinal bars in column; concrete cover spalling is due to the anchorage of longitudinal bars in orthogonal beam.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



External joint damage

Reinforcing bars are plain, concrete shows scarce quality. Hook anchorage of beam longitudinal bars, absence of stirrups in joint and stirrup spacing in columns are evident.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi strutturali

Danneggiamento ai collegamenti verticali: scale

Rappresenta una situazione di danno che interessa gli elementi di collegamento verticale (scale) in quanto possono giocare un ruolo importante nella risposta della struttura (*“elemento di controventamento”*).

L'Aquila, 2009



Stairs damage

Shear failure of a short column in the staircase.

Photo by G. De Carlo and G.M. Verderame



Stairs damage

Wide crack between stair slab and last step.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi strutturali

Danneggiamento per taglio nei pilastri tozzi

Particolarmente insidiose sono le interruzioni delle tamponature che irrigidiscono solo una porzione delle colonne. La parte libera di deformarsi è soggetta a forti sollecitazioni di taglio che, applicate in senso alternato, portano al completo disfacimento dalla colonna.



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Pescara del Tronto, 2016

Rottura e ribaltamento di tamponature confinate.
Danneggiamento nodi non sufficientemente staffati



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Pescara del Tronto, 2016

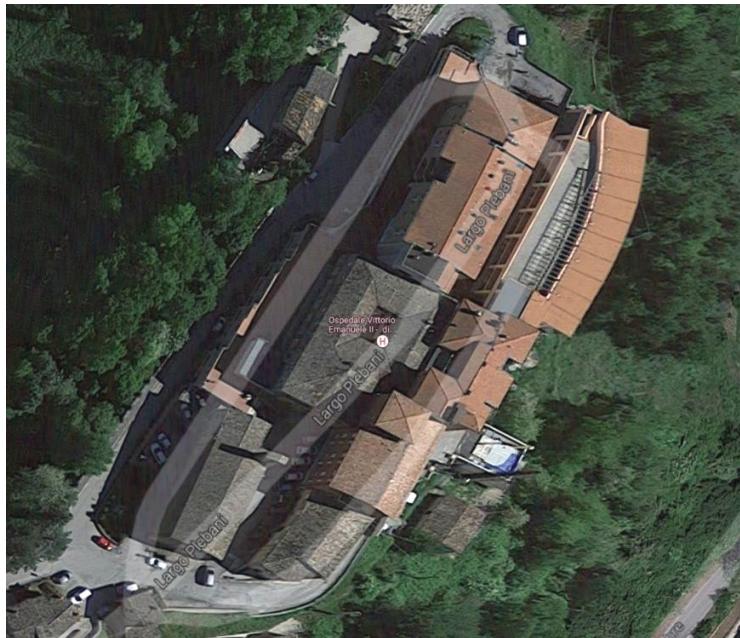
Collasso tamponature e nodi



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali

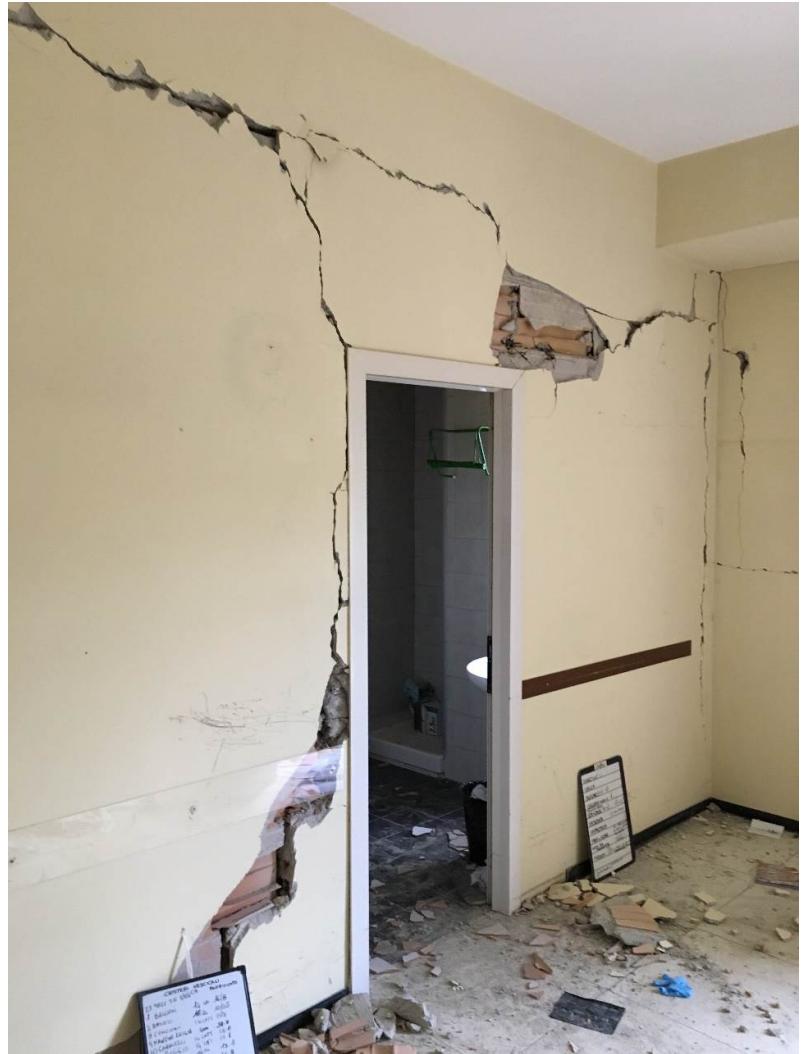
Amandola, Ospedale, 2016



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Amandola, Ospedale, 2016



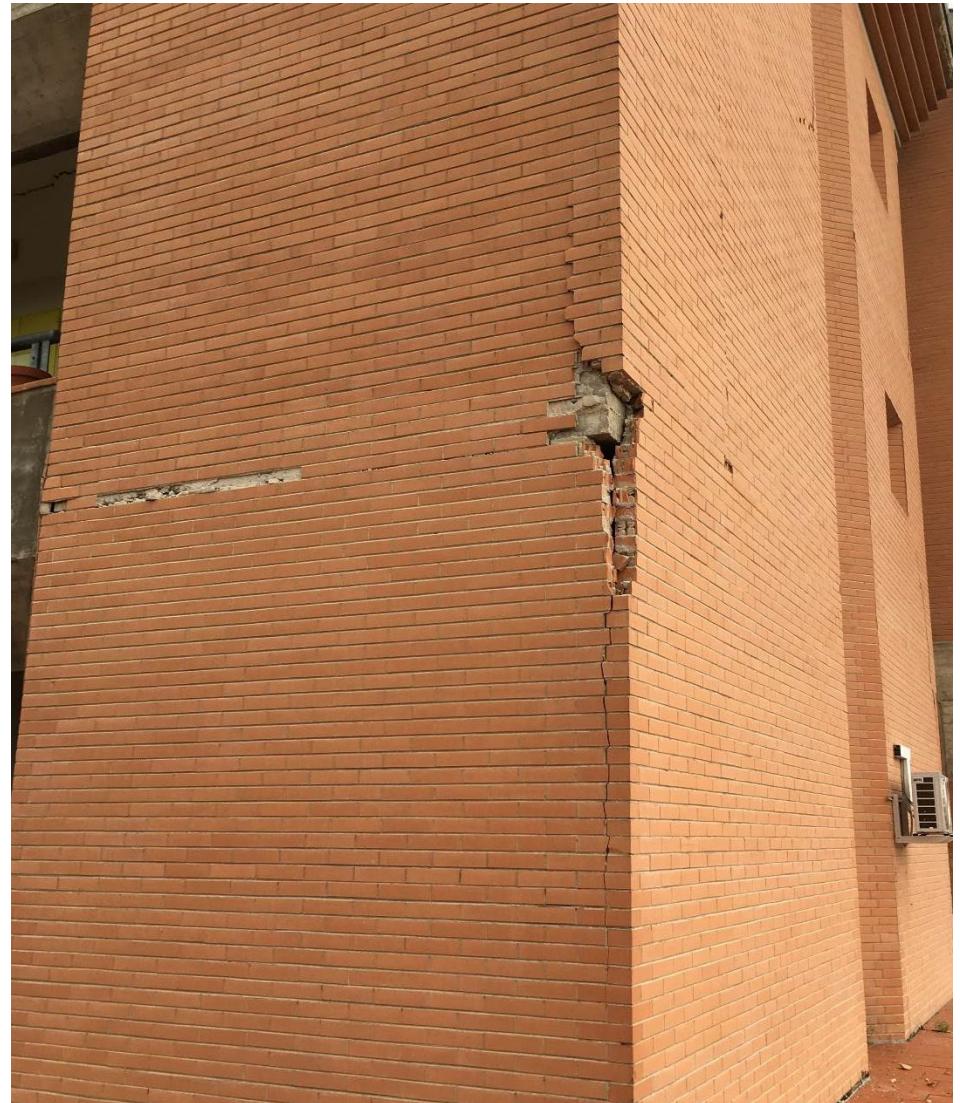
Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Amandola, Ospedale, 2016



tamponature non confinate



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

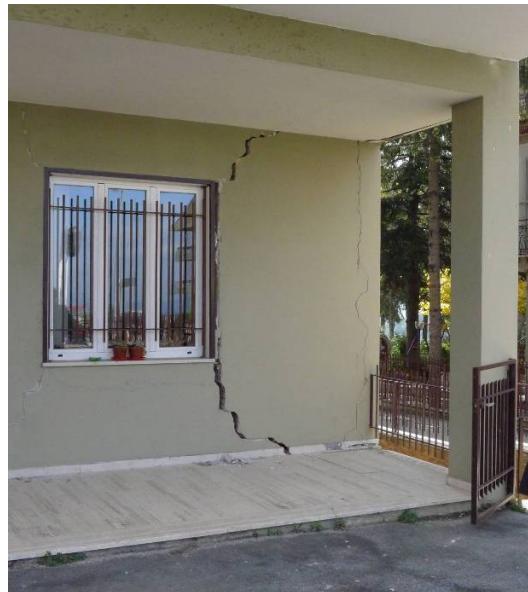
Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Camerino, 2016

Collegio Fazzini

Paramento esterno delle
tamponature non confinato

Sisma 26 ottobre



Sisma 30 ottobre



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

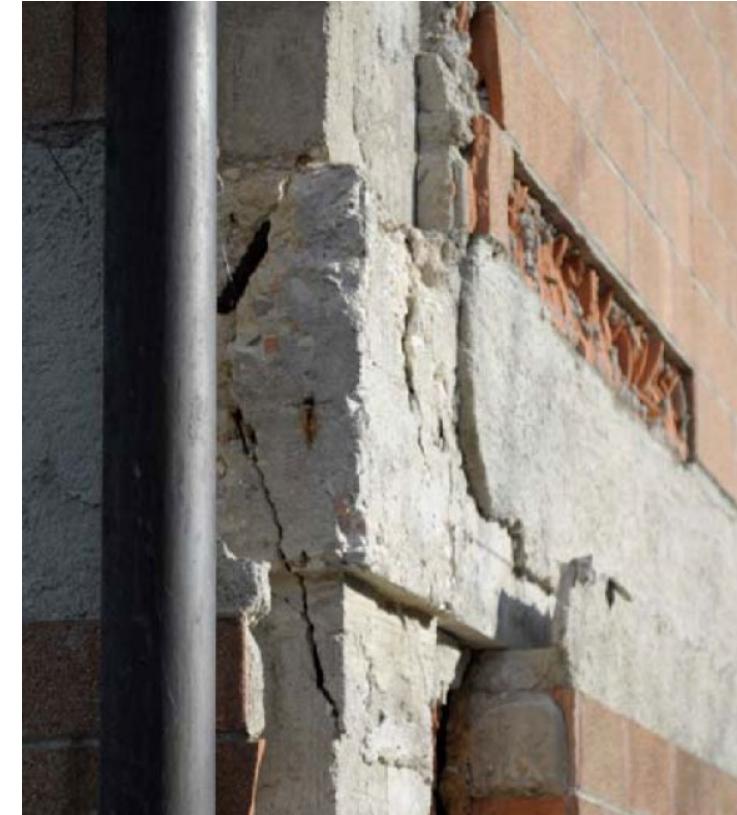
Dissesti sismici – Elementi non strutturali

Camerino, 2016

Residenze, condomini

Rotture a taglio e compressione biella diagonale di tamponature confinate

Crisi nodi per staffatura insufficiente



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Meccanismi globali

Danneggiamento per piano soffice

L'Aquila, 2009

© Reluis 2009

www.reluis.it



Hotel Duca degli Abruzzi – L'Aquila

Collapsed wing of the building. The remaining part, severely damaged, is strongly inclined.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Meccanismi globali

Danneggiamento per piano soffice

L'Aquila, 2009



San Gregorio eastern part: (a) RC building "pancake" collapse; (b) detail of sheared pillars

Danneggiamento per piano soffice

Rappresenta una situazione di danno molto frequente se si pensa ai casi in cui il piano terra presenta grandi aperture nelle tamponature o piani terra completamenti privi di tamponature esterne.

Soft storey mechanism on a four stories R.C. building – Pettino (AQ)

The first storey shows large openings: displacement demand is concentrated at the ground level.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Meccanismi globali

Danneggiamento per piano soffice



**Soft storey mechanism on a three stories R.C. building
– Pettino (AQ)**

First storey is characterized by wide openings (entrance and garages) unlike the remaining ones; the displacement demand has been concentrated at the ground level.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Detail of the corner column. It is worth to note stirrups absence in the beam-column joint.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Meccanismi globali

L'Aquila, 2009



Casa dello Studente – L'Aquila

Detail of the plastic rotation of floor slab (beams).

Photo by I. Iervolino



Casa dello Studente – L'Aquila

Image of the collapsed portion of the building. The failure mechanism involved all of the stories; beams show a high plastic rotation.

Photo by I. Iervolino

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Meccanismi globali

L'Aquila, 2009

© Reluis 2009
www.reluis.it



Collapse of a r.c. building

Construction realized in 60's in adhesion with a pre-existing building. Infill panels are made up of solid bricks, R.C. elements are reinforced with plain bars.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame



Collapse of a r.c. building

Detail of longitudinal plain reinforcement of the beam. The hook anchorages both of inferior and superior reinforcement are clearly shown.

Photo by P. Ricci and G.M. Verderame

Rilievo quadro fessurativo e del degrado

Dissesti sismici – Meccanismi globali

Amatrice, 2016

©  www.reluis.it



Classificazione danno sismico

SCHEDA DI 1° LIVELLO DI RILEVAMENTO DANNO, PRONTO INTERVENTO E AGIBILITÀ PER EDIFICI ORDINARI NELL'EMERGENZA POST-SISMICA

**SCHEDA DI 1° LIVELLO DI RILEVAMENTO DANNO, PRONTO INTERVENTO E AGIBILITÀ
PER EDIFICI ORDINARI NELL'EMERGENZA POST-SISMICA**
(AnDES 07/2013)

Anagrafica edificio

Provincia:	Comune:		
Frazione/località: (denominazione istituto)			
1 <input type="radio"/> VIA	2 <input type="radio"/> CORSO		
3 <input type="radio"/> VICOLO	4 <input type="radio"/> PIAZZA		
5 <input type="radio"/> ALTRO	(Indicare contrada, località, traversa, salita, etc.)		
COORDINATE <input type="radio"/> piane UTM <input type="radio"/> geografiche <input type="radio"/> altro			
Peso (32-33-34)	Datum	Nord/Lat	
<input type="radio"/> EDS0	<input type="radio"/> WGS84	Est/Long	
DENTONIZZAZIONE EDIFICO O PROPRIETARIO			Codice Uso <input type="text"/>



SEZIONE 2 - DESCRIZIONE EDIFICO

Dati metrici		Età (max 2)	Uso - esposizione	
N° Piani totali con interrati	Altezza media di piano (m)	Superficie media di piano (m ²)	Gestr. o ristr.	Uso
1 <input type="radio"/> 9	1 <input type="radio"/> < 2,50	1 <input type="radio"/> < 499	A <input type="checkbox"/> Abitativo	<input type="checkbox"/> > 65%
2 <input type="radio"/> 10	2 <input type="radio"/> 2,50 ÷ 3,49	2 <input type="radio"/> 500 ÷ 649	B <input type="checkbox"/> Produttivo	<input type="checkbox"/> 33-65%
3 <input type="radio"/> 11	3 <input type="radio"/> 3,50 ÷ 5,00	3 <input type="radio"/> 650 ÷ 899	C <input type="checkbox"/> Commerciale	<input type="checkbox"/> < 30%
4 <input type="radio"/> 12	4 <input type="radio"/> > 5,00	4 <input type="radio"/> 900 ÷ 1199	D <input type="checkbox"/> Serv. Pubb.	<input type="checkbox"/> Non utiliz.
5 <input type="radio"/> 6		5 <input type="radio"/> 1200 ÷ 1599	E <input type="checkbox"/> Deposito	<input type="checkbox"/> In costruz.
6 <input type="radio"/> 7		6 <input type="radio"/> 1600 ÷ 2199	F <input type="checkbox"/> Strategico	<input type="checkbox"/> Non fissa
7 <input type="radio"/> 8		7 <input type="radio"/> 2200 ÷ 3000	G <input type="checkbox"/> Turist.-recre.	<input type="checkbox"/> Alberghi.
Piani interrati		8 <input type="radio"/> > 3000		
		9 <input type="radio"/> > 3000		
		10 <input type="radio"/> > 3000		
		11 <input type="radio"/> > 3000		
		12 <input type="radio"/> > 2011		
Proprietà		A <input type="checkbox"/> Pubblica	B <input type="checkbox"/> Privata	
		<input type="checkbox"/> %	<input type="checkbox"/> %	

Descrizione

SEZIONE 3 - TIPOLOGIA (Incolonna, per gli edifici in muratura indicare al massimo 2 tipi di combinazioni strutturali-solai)

Tipologia

Struttura verticale	STRUTTURE IN MURATURA						Riferimento
	A Isolata irregolare e di cattiva qualità			B Isolata regolare e di buona qualità			
Struttura orizzontale	Pietrame non squadrato, cornici, ...		Pietrame squadrato, mattoni, pietra squadrata, ...		Pietra squadrata		Molla
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
1 Non identificata	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2 Volta senza calce	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3 Volta con calce	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 Travi con solai deformabili	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5 Travi con solai semirigidi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6 Travi con solai rigidi	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

SEZIONE 4 - DANNI AD ELEMENTI STRUTTURALI e provvedimenti di pronto intervento (P.I.) eseguiti

Danni elementi strutturali

Livello-estensione	Danno (m)						Molla
	D4 - D5 Gravissimo		D2 - D3 Medio Grave		D1 Leggero		
Componente strutturale- Danno preesistente	A	B	C	D	E	F	G
	1 Struttura verticale	<input type="checkbox"/>					
2 Solai	<input type="checkbox"/>						
3 Scale	<input type="checkbox"/>						
4 Copertura	<input type="checkbox"/>						
5 Temporaneo - Tramonti	<input type="checkbox"/>						
6 Danno preesistente	<input type="checkbox"/>						

SEZIONE 5 - DANNI AD ELEMENTI NON STRUTTURALI e provvedimenti di pronto intervento (P.I.) eseguiti

Danni elementi non strutturali

Tipo di danno	Provvedimenti di P.I. eseguiti					
	Nessuno	Rimozione	Parziali	Riparazione	Diviso di accesso	Transenne e protezione passaggi
Presenza Danno	A	B	C	D	E	F
	1 Danni alle finestre	<input type="checkbox"/>				
2 Guasto alla serratura, alla maniglia, alla chiaviaria, ecc.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Contatti corinzieci, parapetti, ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Contatti altri oggetti interni o esterni	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Danno alla rete elettrica, lampara e termoattrattiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Danno alla rete idrica e del gas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SEZIONE 6 - Pericolo ESTERNO indotto da altre costruzioni, reti, varanze e provvedimenti di pronto intervento (P.I.) eseguiti

Pericoli esterni

Caesa	Pericolo se:			Provvedimenti di P.I. eseguiti
	Assente	Edificio	Via d'accesso o d'uso	
1 Crolli o caduta oggetti da edifici adiacenti	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Collasso di reti di distribuzione	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Crolli da versanti incendiati	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SEZIONE 7 - TERRENO E FONDAMENTI

Terreno e fondazioni

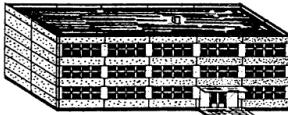
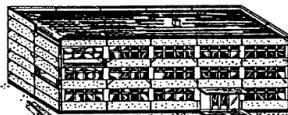
Terreno		Fondazioni	
1 Cresta	2 Pendio acuto	3 Pendio leggero	4 Planata
5 A flessi	6 Gallerie del terreno	7 Scavi del terreno	8 Preesistenti
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

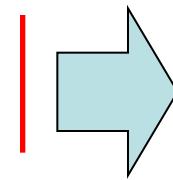
Classificazione danno sismico

Livello - estensione Componente strutturale	DANNO									Nullo	
	D4-D5 Gravissimo			D2-D3 Medio grave			D1 Leggero				
	>2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	< 1/3	>2/3	1/3 - 2/3	< 1/3		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	L		
1 Strutture verticali	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>									
2 Solai	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>									
3 Scale	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>									
4 Copertura	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>									
5 Tamponature-tramezzi	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>									
6 Danno preesistente	<input type="checkbox"/>	<input type="radio"/>									

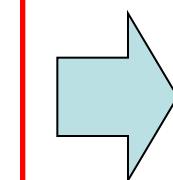
Classificazione danno sismico

Classifications used in the European Macroseismic Scale (EMS 98):

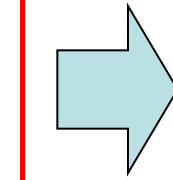
Classification of damage to buildings of reinforced concrete	
	Grade 1: Negligible to slight damage (no structural damage, slight non-structural damage) Fine cracks in plaster over frame members or in walls at the base. Fine cracks in partitions and infills.
	Grade 2: Moderate damage (slight structural damage, moderate non-structural damage) Cracks in columns and beams of frames and in structural walls. Cracks in partition and infill walls; fall of brittle cladding and plaster. Falling mortar from the joints of wall panels.
	Grade 3: Substantial to heavy damage (moderate structural damage, heavy non-structural damage) Cracks in columns and beam column joints of frames at the base and at joints of coupled walls. Spalling of concrete cover, buckling of reinforced rods. Large cracks in partition and infill walls, failure of individual infill panels.
	Grade 4: Very heavy damage (heavy structural damage, very heavy non-structural damage) Large cracks in structural elements with compression failure of concrete and fracture of rebars; bond failure of beam reinforced bars; tilting of columns. Collapse of a few columns or of a single upper floor.
	Grade 5: Destruction (very heavy structural damage) Collapse of ground floor or parts (e. g. wings) of buildings.



Livello D1:
DANNO LEGGERO



Livello D2-D3:
DANNO MEDIO-GRAVE



Livello D4-D5:
DANNO GRAVISSIMO e/o CROLLO

Classificazione danno sismico

Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES)

4.2. Definizione sintetica del livello ed estensione del danno agli elementi strutturali principali

I danni da riportare nella Sezione 4 sono quelli *apparenti*, cioè quelli riscontrabili a vista sui componenti strutturali al momento del sopralluogo, siano essi preesistenti o collegabili al sisma.

D1 danno leggero è un danno che *non cambia in modo significativo la resistenza della struttura* e non pregiudica la sicurezza degli occupanti a causa di possibili cadute di elementi non strutturali; il danno è leggero anche se queste ultime possono rapidamente essere scongiurate.

Cemento armato: lesioni lievi nelle travi (fino a 1 mm), lesioni capillari (< 0.5 mm) non verticali nelle colonne o nei setti. Lesioni fino a 2 mm di distacco delle tamponature dalle strutture, lievi lesioni diagonali delle tamponature (< 1 mm).



D2-D3 danno medio-grave: è un danno che *potrebbe anche cambiare in modo significativo la resistenza della struttura, senza che però venga avvicinato palesemente il limite del crollo parziale di elementi strutturali principali*. Possibili cadute di oggetti non strutturali.

Cemento armato: lesioni da flessione nelle travi fino a 4-5 mm, lesioni nei pilastri e nei setti in cemento armato fino a 2-3 mm, inizio di sbandamento delle barre compresse nelle colonne con espulsione del coprifero, fuori piombo residui appena percettibili. Nelle tamponature lesioni evidenti (> 2mm) dovute a distacco dalla struttura, lesioni diagonali fino a qualche mm, evidenti schiacciamenti agli angoli a contatto con le strutture portanti, a volte con espulsioni localizzate di materiale.

D4-D5 danno gravissimo: è un danno che *modifica in modo evidente la resistenza della struttura portandola vicino al limite del crollo parziale o totale di elementi strutturali principali*. Stato descritto da danni superiori ai precedenti, incluso il collasso.

Classificazione danno sismico

Livello di danno D1: DANNO LEGGERO

STRUTTURE VERTICALI (travi, pilastri, pareti)

- Nelle travi, lesioni leggere non passanti ortogonali all'asse ($<<1\text{mm}$) possono essere dovute alla sollecitazione sismica che si è sommata temporaneamente ai carichi verticali, soprattutto in strutture poco armate.
- Nei pilastri, le lesioni trasversali all'asse sono generalmente ($<<1\text{mm}$) più modeste, rispetto alle corrispondenti lesioni nelle travi, per la presenza dello sforzo normale che tende a richiuderle. Qualora si possa ritenere che esse indichino fenomeni iniziali di schiacciamento, il livello di danno dovrebbe essere considerato almeno D2.
- A questo livello di danno sono da escludersi lesioni nei nodi.
- Sono anche da escludersi percettibili fuori piombo dovuti al sisma ed alla conseguente deformazione strutturale. Nel caso tali fuori piombo siano percettibili e dovuti a cause preesistenti (es. problemi di fondazione), sarà bene accertare la natura del fenomeno

SOLAI INTERMEDI E DI COPERTURA

- Le lesioni sono parallele ai travetti senza sfondellamenti e non si ripercuotono all'estradosso del solaio.
- Modeste lesioni trasversali all'orditura ($<1\text{mm}$), che comunque, potrebbero essere attribuite all'incremento dello stato tensionale dovuto alla componente verticale del moto ed essere più evidenti in solai flessibili o di grande luce.

Classificazione danno sismico

TAMPONATURE E TRAMEZZI

- Lesioni nelle tamponature a questo livello di danno sono costituite essenzialmente da lievi distacchi dall'intelaiatura (<1 mm), compatibili con spostamenti del tutto ammissibili, in genere, per strutture in cemento armato.
- Eventuali lesioni diagonali, che rivelano la collaborazione delle tamponature alla resistenza della struttura alle forze orizzontali, sono modeste (<1mm). A questo livello di danno sono da escludersi lesioni nei nodi.
- Possibilità che alcuni pannelli di tamponatura abbiano manifestato la tendenza a ribaltare fuori dal loro piano, uscendo dalla maglia di telaio in cui sono inserite.

SCALE

- A questo livello, i danni sono molto modesti e comparabili a quelli presenti sulle travi e sui pilastri, per cui si potrà in generale presumere che l'impegno non abbia significativamente diminuito la capacità strutturale.

Classificazione danno sismico

Livello di danno D2-D3: DANNO MEDIO-GRAVE

STRUTTURE VERTICALI (travi, pilastri, pareti)

- Nelle travi e nei pilastri, lesioni ortogonali all'asse (<2-3mm) dovute alla sollecitazione sismica può indicare l'attivazione di un meccanismo dissipativo "sismicamente corretto" che può offrire ancora margini di sicurezza rispetto ad una futura ripetizione dell'evento.
- Lesioni fino a 5mm fanno ritenere che si possa essere verificata qualche plasticizzazione delle armature, che potrebbe aver portato ad esaurire parte delle risorse di duttilità locali delle sezioni interessate, provocando anche inizi di fenomeni di scorrimento tra acciaio e calcestruzzo ed eventuali limitati sbandamenti delle barre.
- Limitato interessamento dei nodi con lesioni diagonali nei nodi di ampiezza di poco superiore a qualche decimo di mm, in assenza di idonea armatura (situazione frequentissima negli edifici progettati senza tener conto di norme sismiche); tali danneggiamenti possono indicare una significativa perdita di rigidezza e resistenza del nodo, con conseguente diminuzione della capacità di trasmettere gli sforzi tipici di un monolitico sistema.
- Possono manifestarsi percettibili fuori piombo dovuti al sisma, di entità tale da non causare un significativo aggravio di sollecitazione nelle strutture per effetti del secondo ordine (es. spostamenti di interpiano pari ad una frazione trascurabile delle dimensioni della sezione delle colonne quando queste ultime non siano eccessivamente snelle).

SOLAI INTERMEDI E DI COPERTURA

Classificazione danno sismico

- Le lesioni sono parallele ai travetti con sfondellamenti con la possibilità che si ripercuotono all'estradosso del solaio con possibile modifica dello schema strutturale.
- A questo livello di danno le lesioni di questo tipo sono generalmente dell'ordine di pochi millimetri. Attenzione deve essere anche posta alle coperture di edifici in cemento armato realizzate (spesso in fasi successive alla costruzione originaria) con sistemi che non diano garanzia di continuità strutturale con il telaio o siano addirittura spingenti.

TAMPONATURE E TRAMEZZI

- Le lesioni nelle tamponature a questo livello di danno sono costituite essenzialmente da significativi distacchi dalle strutture (1-5 mm), da rotture diagonali o scorrimenti di alcuni mm, da schiacciamenti visibili agli angoli delle tamponature. Tutte queste tipologie indicano un significativo impegno dell'elemento tamponatura, che a causa del danneggiamento, in occasione di una ripetizione dell'evento, non potrà più offrire lo stesso contributo.
- Le lesioni che rivelano l'attivazione di ribaltamento delle tamponature a questo livello sono ancora più evidenti che nel livello D1 e condurranno, generalmente, a giudizi di rischio strutturale elevato.

SCALE

- Occorre prestare attenzione alle zone di collegamento delle strutture rampanti con la struttura intelaiata, ad esempio in corrispondenza di travi a ginocchio collegate circa a metà altezza di un pilastro. In tali zone, infatti, l'intersezione determina elementi "tozzi" che hanno un comportamento meno duttile.
- È necessario anche verificare se i danneggiamenti presenti a questo livello possano condurre ad una perdita della funzionalità propria di collegamento verticale.

Classificazione danno sismico

Livello di danno D2-D3: DANNO MEDIO-GRAVE



Lesioni in una serie di pilastri favorite da presenza di fenomeni di ossidazione e da deficienza di staffe. Livello del danno più diffuso alle strutture verticali: D2-D3, ma localmente anche di tipo D4 (Fabriano, 1997)

Espulsione di copriferro in testa al pilastro,
accompagnata da lievi lesioni verticali. Livello
del danno: D2-D3 (Bagnolo, RE, 1996)

Classificazione danno sismico

Livello di danno D4-D5: DANNO GRAVISSIMO E/O CROLLO

STRUTTURE VERTICALI (travi, pilastri, pareti)



Danno al nodo e all'attacco del pilastro con espulsione del materiale fino al nucleo. Livello del danno alle strutture verticali: D4 (Atene, 1999)



Danno all'attacco di un pilastro in corrispondenza della ripresa di getto; espulsione di materiale, lesione orizzontale e inizio sbandamento barre. Livello del danno alle strutture verticali tendente a D4 (Fabriano, 1997)