truzzi
passione razionale

STRUTTURE PREFABBRICATE E ANTISISMICA: PRESTAZION I DELLE NUOVE COSTRUZIONI ED ADEGUAMENTO DELL'ESISTENTE

Modena 16 maggio 2014

A. Tecnologia e innovazione: garanzia

truzzi
passione razionale

ALCUNE RECENTI REALIZZAZIONI DI FABBRICATI INDUSTRIALI
CON STRUTTURE PREFABBRICATE IN C.A. E C.A.P.

Stabilimento GAMBRO s.p.a. – San Giacomo Roncole di Mirandola (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento GAMBRO s.p.a. – San Giacomo Roncole di Mirandola (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento INTERNATIONAL PAPER ITALIA di San Felice s/P. (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento INTERNATIONAL PAPER ITALIA di San Felice s/P. (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento INTERNATIONAL PAPER ITALIA di San Felice s/P. (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento MEDITEA MACOSTA di Medolla (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento MEDITEA MACOSTA di Mirandola (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento B.G.P. di San Felice s/P. (MO)

truzzi
passione razionale

Stabilimento B.G.P. di San Felice s/P. (MO)

truzzi
passione razionale

STRUTTURE PREFABBRICATE E ANTISISMICA: PRESTAZION I DELLE NUOVE COSTRUZIONI ED ADEGUAMENTO DELL'ESISTENTE

Modena 16 maggio 2014

B. ASPETTI NORMATIVI E PROCEDURALI NEL SETTORE DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE

truzzi
passione razionale

- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 gennaio 2008
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 «Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni»

Cap. 7.2 CRITERI DI BASE DI PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

COMPORTAMENTO STRUTTURALE NON-DISSIPATIVO
Progettazione per stati limite di esercizio senza considerare nessun effetto dissipativo; le strutture rimangono in campo elastico
(adozione dello spettro elastico con q=1; valori del sisma molto elevati)

COMPORTAMENTO STRUTTURALE DISSIPATIVO
Progettazione per stati limite ultimi sfruttando le risorse non lineari del materiale in termini di duttilità dissipando energia nelle zone critiche o dissipative
(adozione dello spettro di progetto con q maggiore di 1 che abbassa l'azione sismica)

COMPORTAMENTO STRUTTURALE DISSIPATIVO:

- Capacità Dissipativa Alta o Classe di Duttilità Alta «CdA»
- Capacità Dissipativa Bassa o Classe di Duttilità Bassa «CdB»

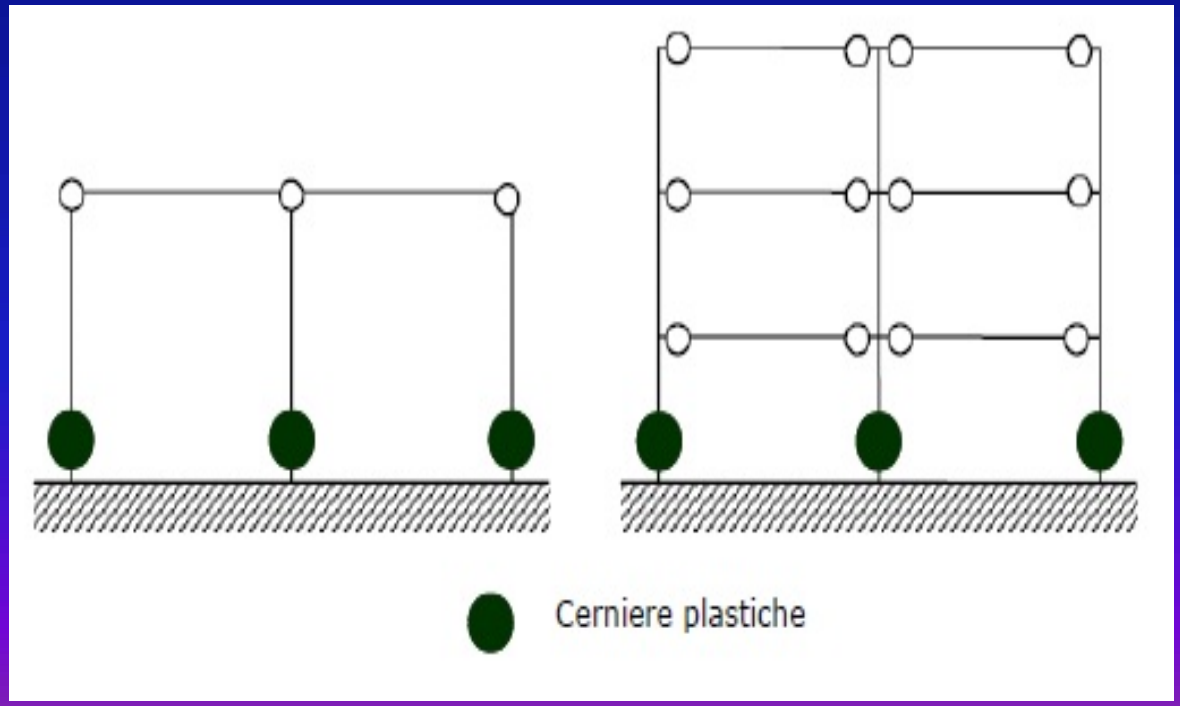
GERARCHIA DELLE RESISTENZE

Individuazione di un meccanismo di collasso che consenta la massima duttilità della struttura (intesa nel suo complesso) in termini di spostamenti.

Devono essere previste zone dissipative che portino all'attivazione del meccanismo di collasso voluto, evitando l'innesco di meccanismi di rottura fragile, e produrre una gerarchia nelle modalità di collasso in cui i modi duttili precedono quelli fragili; ciò si ottiene progettando le zone dissipative con secondo la sollecitazione di progetto in modo che sia $R_d > S_d$; le zone dove possono svilupparsi meccanismi fragili con una resistenza superiore alla resistenza massima sviluppata nelle suddette zone dissipative (zone plastiche) $R_{df} > \gamma_{Rd} R_d$, tenendo conto anche di eventuali sovraresistenze.

SCHEMA STATICO TIPICO DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE E INDIVIDUAZIONE DEI MECCANISMI DI COLLASSO (CERNIERE PLASTICHE)

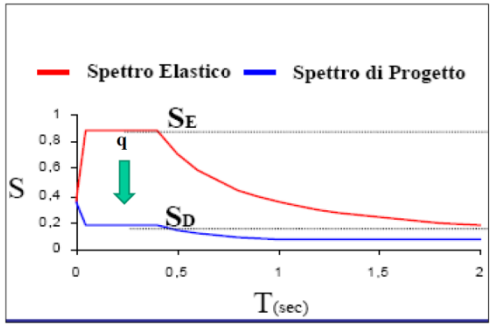
Lo schema statico tipico delle strutture prefabbricate è quello di pilastri incastrati alla base ed incernierati in corrispondenza delle travi; pertanto il meccanismo di collasso si attiva con la generazione di zone plastiche solo al piede dei pilastri poiché le travi incernierate non contribuiscono alla dissipazione.



COEFFICIENTE DI STRUTTURA «q»

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale. Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R \qquad (7.3.1)$$



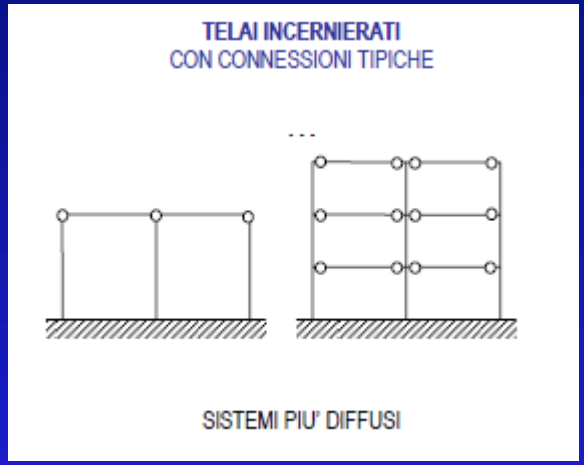


Tabella 7.4.I – *Valori di* q_0

Tipologia	q_0	
	CD"B"	CD"A"
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3{,}0\alpha_u/\alpha_1$	$4{,}5\ \alpha_u/\alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4{,}0\ \alpha_u/\alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

Tabella 7.4.II – *Valori di* q_0 *per strutture prefabbricate*

Tipologia	q_0	
	CD"B"	CD"A"
Struttura a pannelli	3,0	$4{,}0\ \alpha_u/\alpha_1$
Strutture monolitiche a cella	2,0	3,0
Strutture a pilastri isostatici	2,5	3,5

Nel caso di strutture prefabbricate si considerano i telai incernierati quindi un valore di q_o = 3

Per strutture regolari in pianta, possono essere adottati i seguenti valori di α_u/α_1:

a) Strutture a telaio o miste equivalenti a telai
- strutture a telaio di un piano — $\alpha_u/\alpha_1 = 1{,}1$
- strutture a telaio con più piani ed una sola campata — $\alpha_u/\alpha_1 = 1{,}2$
- strutture a telaio con più piani e più campate — $\alpha_u/\alpha_1 = 1{,}3$

b) Strutture a pareti o miste equivalenti a pareti
- strutture con solo due pareti non accoppiate per direzione orizzontale — $\alpha_u/\alpha_1 = 1{,}0$
- altre strutture a pareti non accoppiate — $\alpha_u/\alpha_1 = 1{,}1$
- strutture a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti — $\alpha_u/\alpha_1 = 1{,}2$

COEFFICIENTE PER LE NON LINEARITA' GEOMETRICHE «ϑ»

Le non linearità geometriche sono prese in conto, quando necessario, attraverso il fattore θ appresso definito. In particolare, per le costruzioni civili ed industriali esse possono essere trascurate nel caso in cui ad ogni orizzontamento risulti:

$$\theta = \frac{P \cdot d_r}{V \cdot h} \leq 0{,}1 \qquad (7.3.2)$$

dove:

P è il carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame

d_r è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante;

V è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame;

h è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Quando θ è compreso tra 0,1 e 0,2 gli effetti delle non linearità geometriche possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a 1/(1−θ); θ non può comunque superare il valore 0,3.

7.3.3.3 Valutazione degli spostamenti

Gli spostamenti d_E della struttura sotto l'azione sismica di progetto allo SLV si ottengono moltiplicando per il fattore μ_d i valori d_{Ee} ottenuti dall'analisi lineare, dinamica o statica, secondo l'espressione seguente:

$$d_E = \pm \mu_d \cdot d_{Ee} \qquad (7.3.8)$$

dove

$$\mu_d = q \qquad \text{se} \quad T_1 \geq T_C$$

$$\mu_d = 1 + (q-1) \cdot T_C / T_1 \qquad \text{se} \quad T_1 < T_C \qquad (7.3.9)$$

In ogni caso $\mu_d \leq 5q - 4$.

LIMITAZIONI DI ARMATURA DEI PILASTRI PREFABBRICATI

7.4.6.2.2 Pilastri

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, debbono essere utilizzate armature bi-diagonali.

Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro ai sensi del § 7.4.5.3. deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

Armature longitudinali

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm.

Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale, con ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti:

$$1\% \le \rho \le 4\% \qquad (7.4.27)$$

Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti: le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe; almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature; le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm ed il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

- 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- 6 e 8 volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

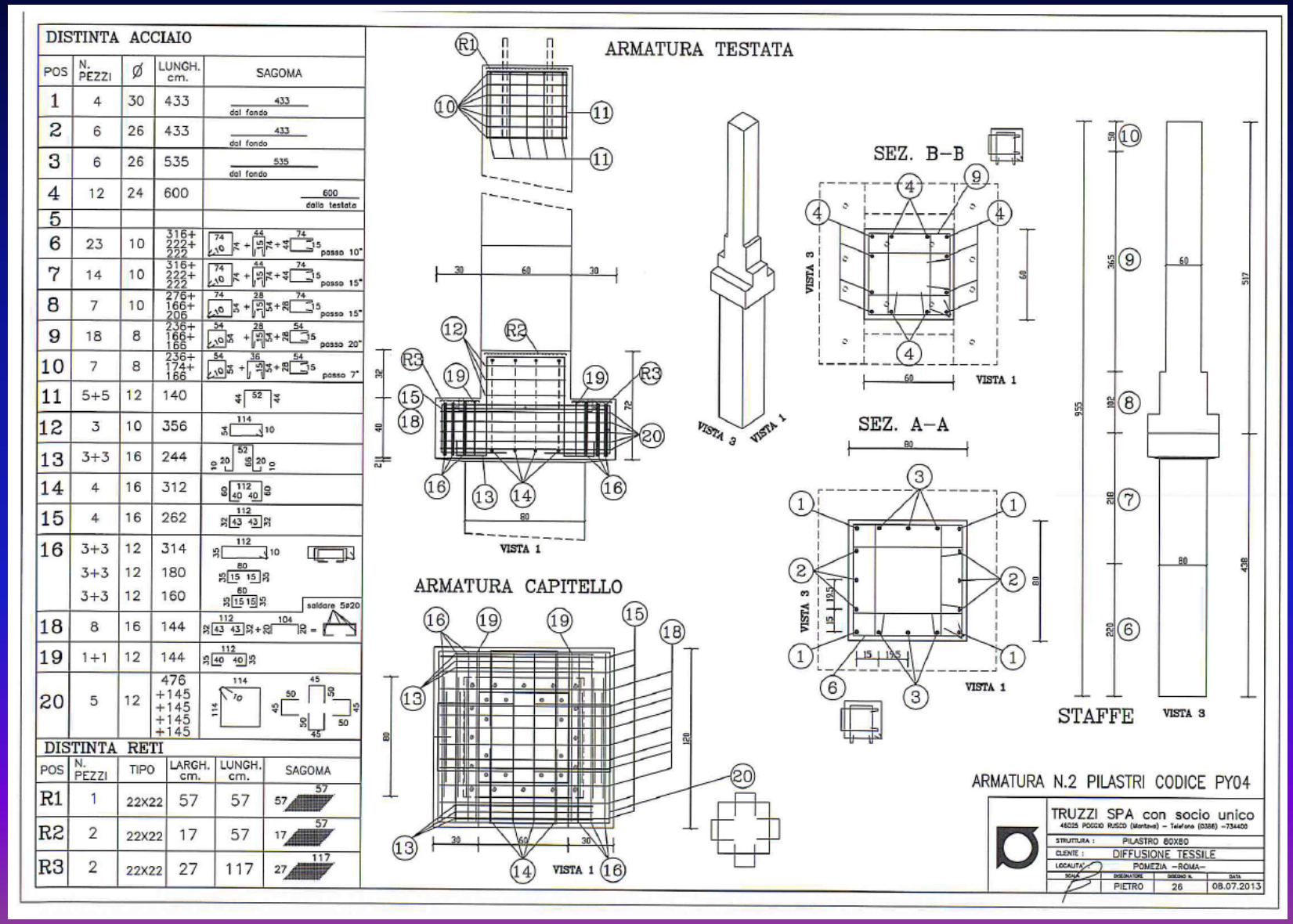
Si devono disporre staffe in un quantitativo minimo non inferiore a

$$\frac{A_{st}}{s} \ge \begin{cases} 0,08\dfrac{f_{cd}\cdot b_{st}}{f_{yd}} & \text{per CD"A" al di fuori della zona critica e per CD "B"} \\ 0,12\dfrac{f_{cd}\cdot b_{st}}{f_{yd}} & \text{per CD "A"} \end{cases} \qquad (7.4.28)$$

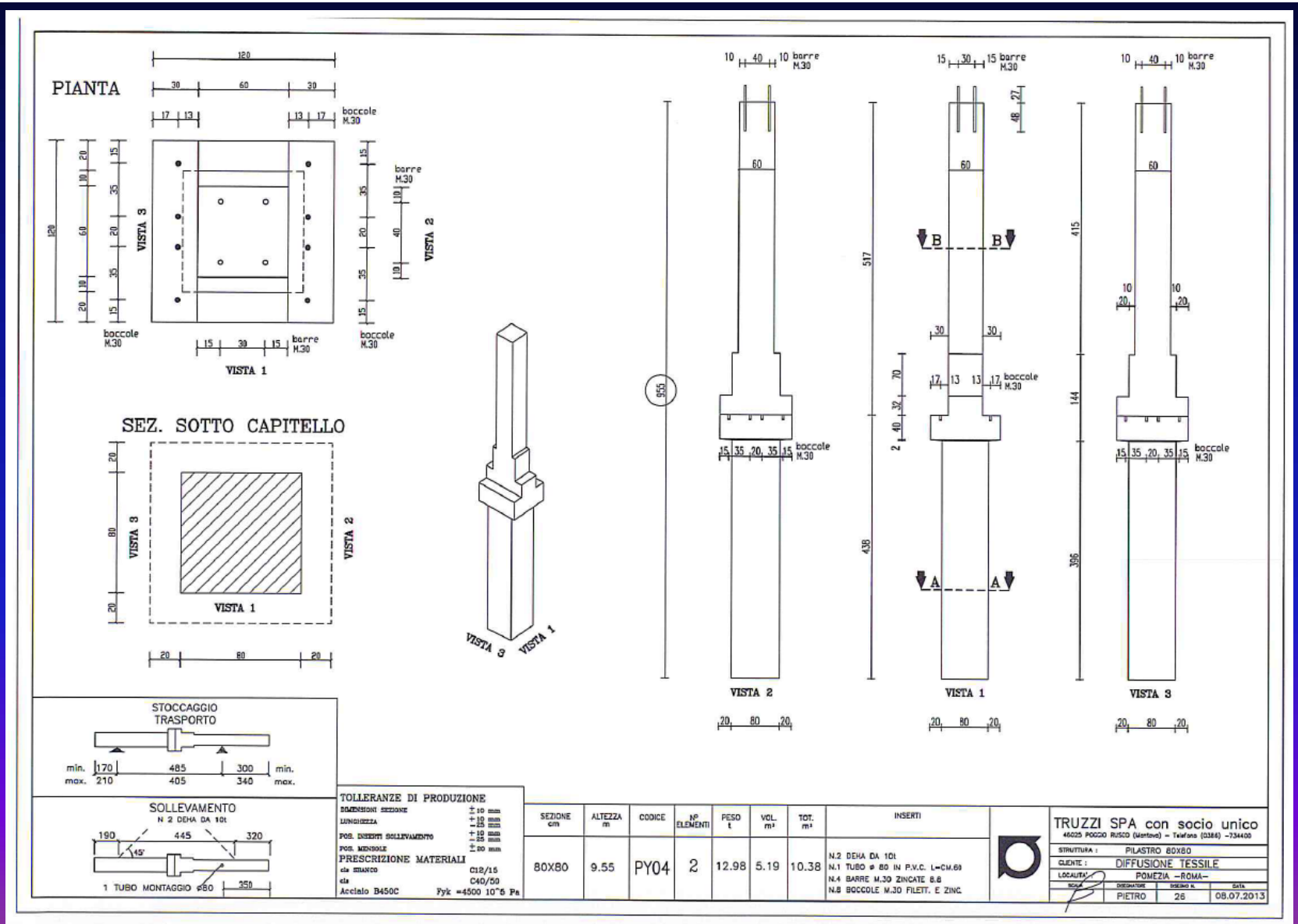
in cui A_{st} è l'area complessiva dei bracci delle staffe, b_{st} è la distanza tra i bracci più esterni delle staffe ed s è il passo delle staffe.

truzzi
passione razionale

ESEMPIO DI PROGETTAZIONE DI UN PILASTRO PREFABBRICATO – SCHEDA ARMATURA



ESEMPIO DI PROGETTAZIONE DI UN PILASTRO PREFABBRICATO – SCHEDA CARPENTERIA



CRITERI DI CAPACITY DESIGN PER LE CONNESSIONI

Collegamenti di tipo A: situati al di fuori delle zone critiche che non intervengono nei meccanismi dissipativi della struttura. Si tratta delle connessioni tegoli-travi, travi-pilastro e, laddove previsto, pilastro-pilastro.
Questi collegamenti devono essere sovradimensionati in modo tale da permettere la formazione del meccanismo di rottura previsto. Infatti, in caso contrario, la connessione potrebbe danneggiarsi durante l'evento sismico e verrebbe meno prima della formazione delle cerniere plastiche, modificando in tal modo lo schema statico resistente.
Il coefficiente di sovraresistenza è pari a:
γ_{Rd} = 1.10 per strutture progettate in CD "B"
γ_{Rd} = 1.20 per strutture progettate in CD "A"

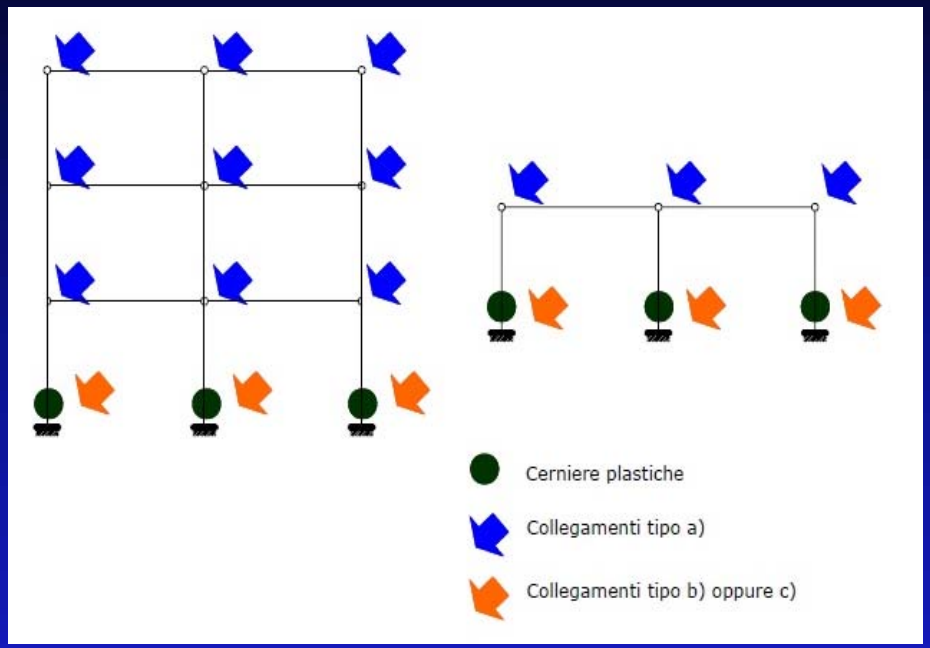
Collegamenti di tipo B situati all'interno delle zone critiche, ma sovradimensionati in modo tale da spostare la plasticizzazione nelle zone attigue all'interno degli elementi prefabbricati. Un esempio tipico è il bicchiere dei plinti a pozzetto che deve essere progettato in modo tale da spostare la zona dissipativa al di sopra del colletto del plinto stesso. Poiché la connessione è all'interno delle zone critiche, si utilizza un coefficiente amplificativo maggiore rispetto al caso precedente:
γ_{Rd} = 1.20 per strutture progettati in CD "B"
γ_{Rd} = 1.35 per strutture progettati in CD "A"

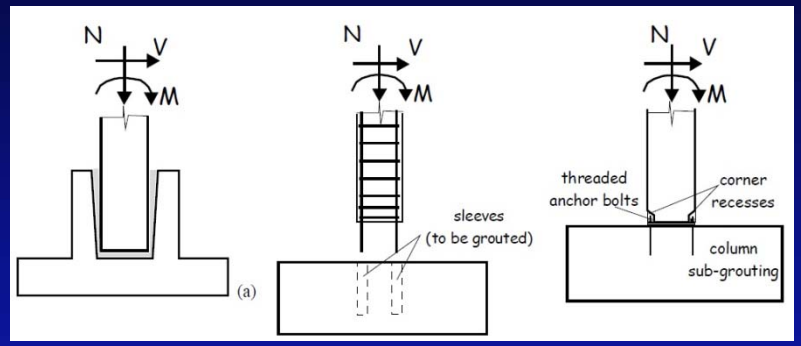
truzzi
passione razionale

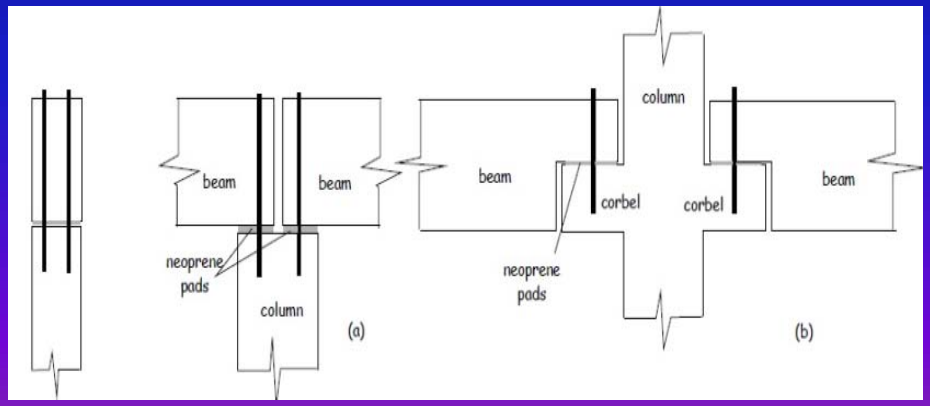
CRITERI DI CAPACITY DESIGN PER LE CONNESSIONI

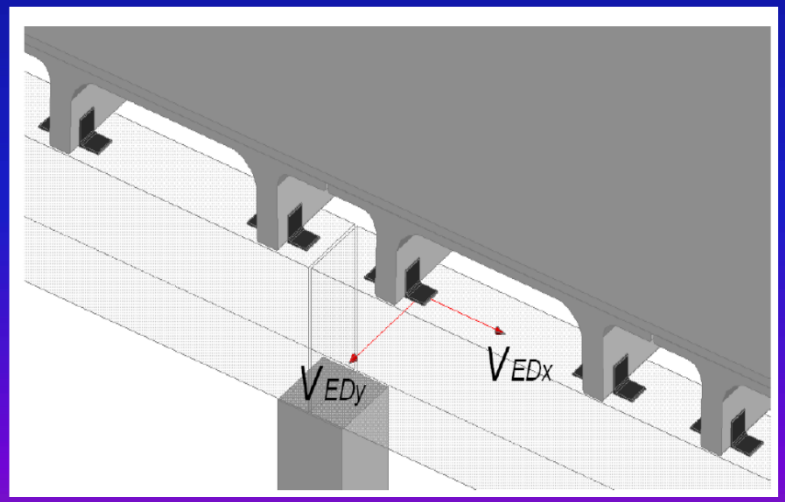
Collegamenti di tipo C: situati nelle zone critiche alle estremità degli elementi prefabbricati e dotati delle necessarie caratteristiche in termini di duttilità e di dissipazione energetica sotto carichi ciclici. Tali collegamenti hanno un funzionamento equivalente a quello dei collegamenti realizzati in opera e devono soddisfare i requisiti del paragrafo 7.4.4 delle norme, per cui la struttura è assimilabile ad una di tipo monolitico. Fanno parte di questa tipologia le unioni che prevedono l'inserimento di barre di armatura e successivi getti di completamento in opera (unioni con guaine) o giunzioni realizzate da appositi inserti metallici con idonee e comprovate capacità dissipative. L'idoneità di tali giunzioni, atte a realizzare il meccanismo plastico previsto per le strutture a telaio e atte a soddisfare le richieste globali e locali di duttilità ciclica per la CD"A" o per la CD"B", può essere desunta da normative di comprovata validità o da prove sperimentali in scala reale che includano almeno tre cicli completi di deformazione di ampiezza corrispondente al fattore di struttura *q* (§ 7.4.5.2.1 delle norme)

CRITERI DI CAPACITY DESIGN PER LE CONNESSIONI

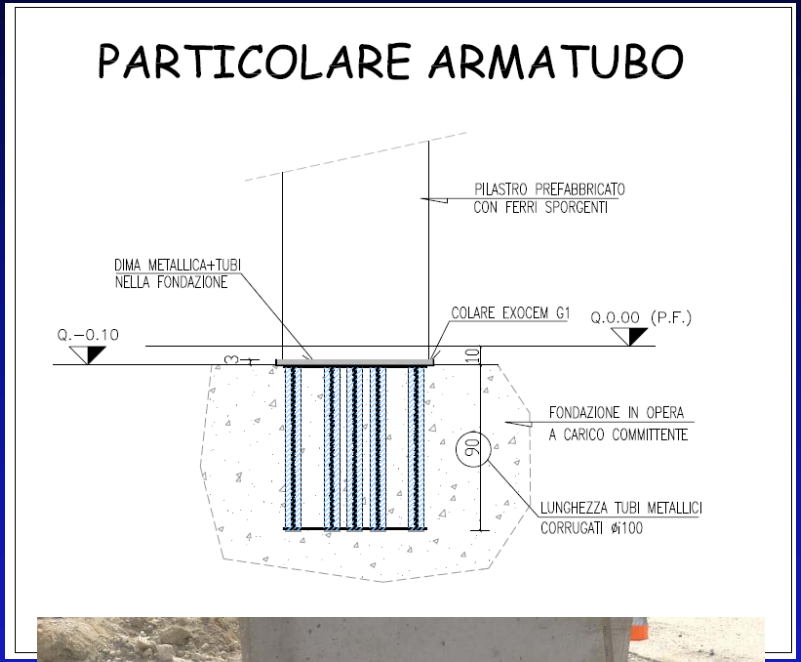




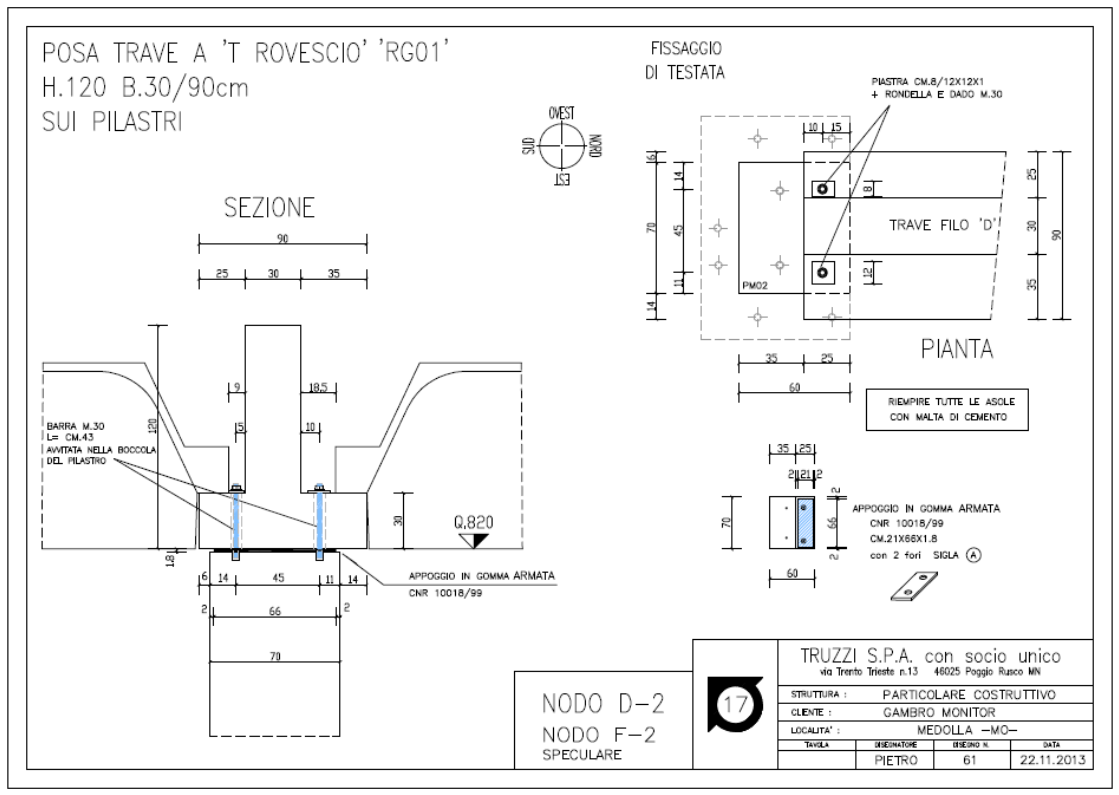




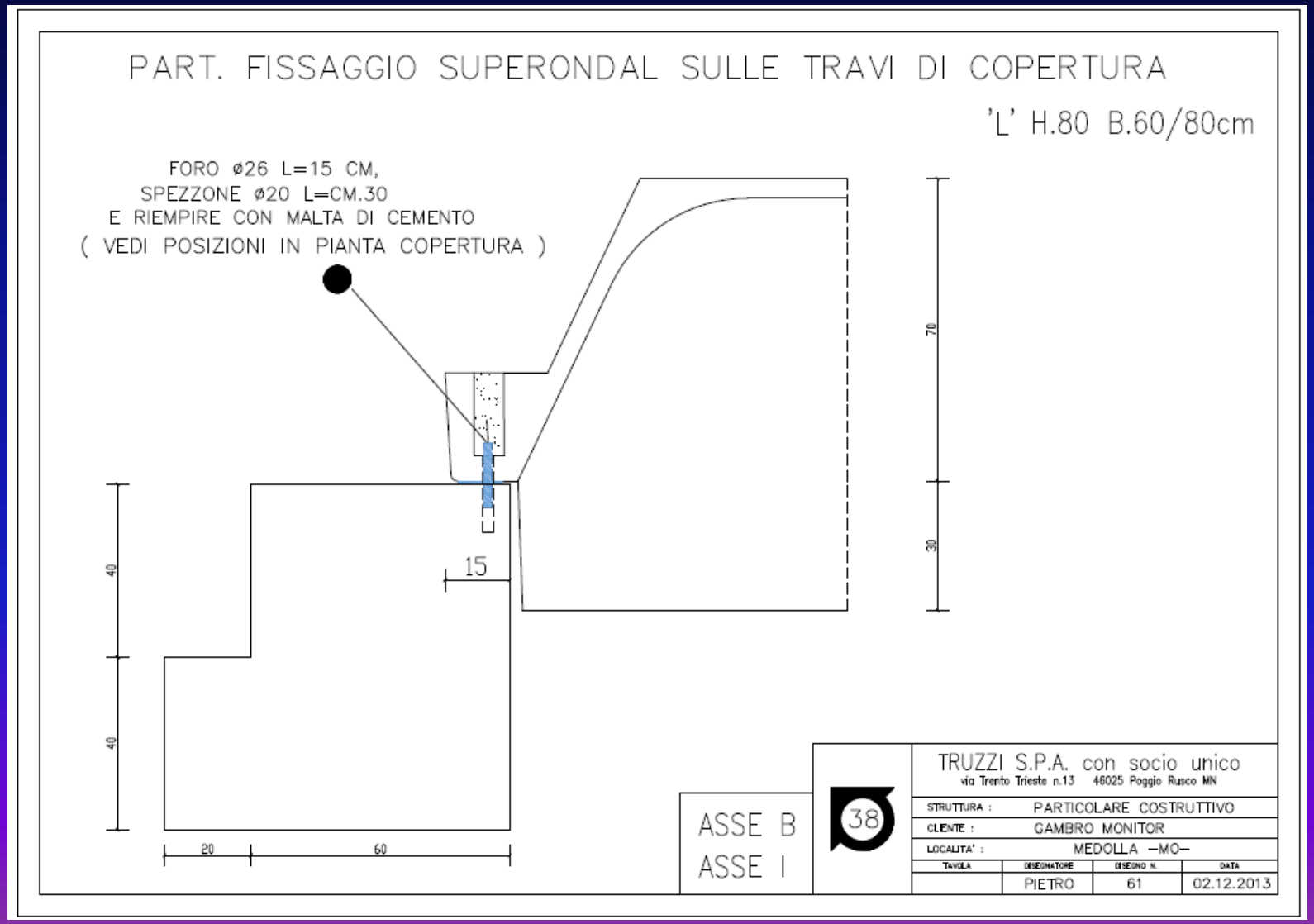
COLLEGAMENTO PILASTRO FONDAZIONE



COLLEGAMENTO TRAVE PILASTRO

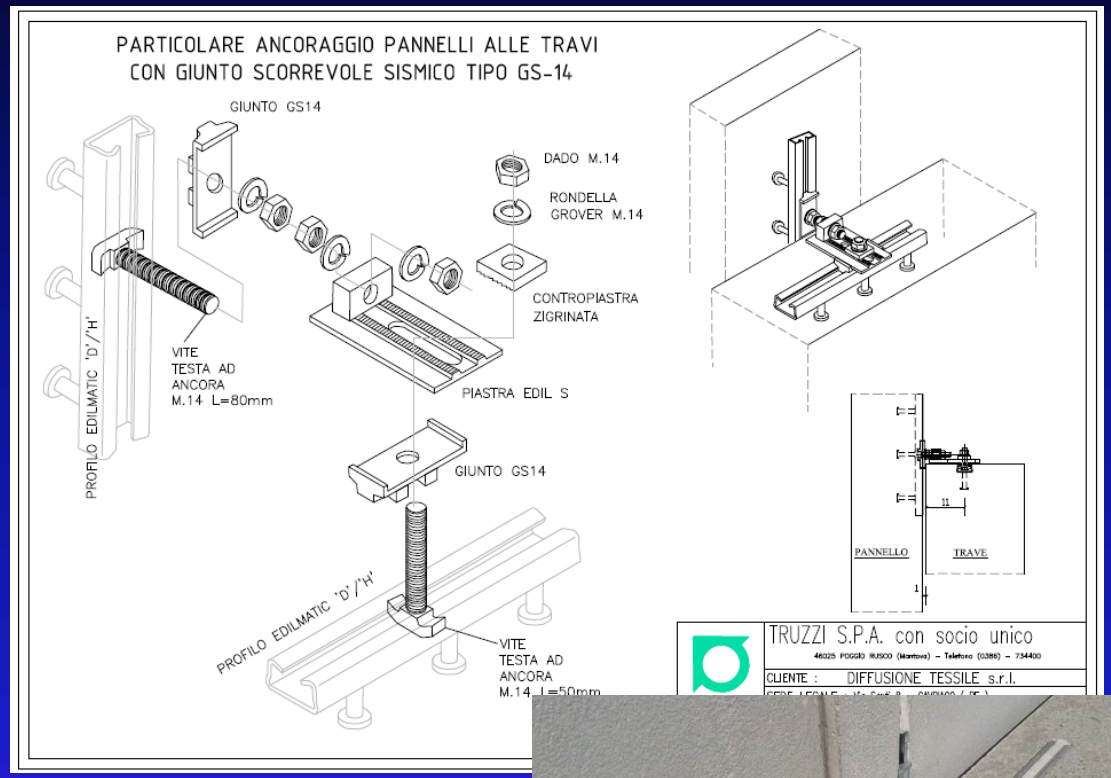


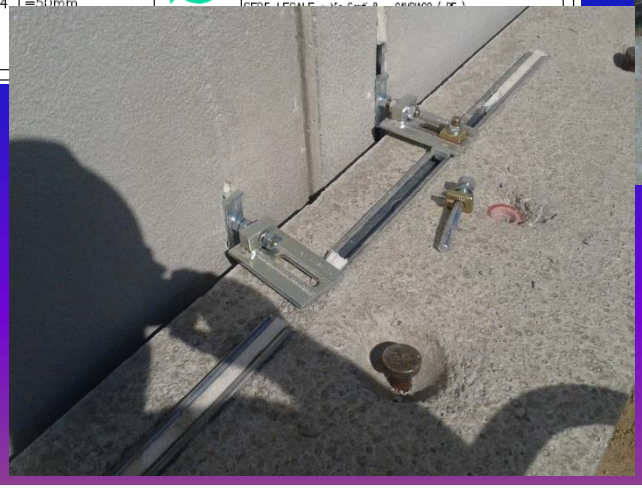
COLLEGAMENTO TEGOLO SUPERONDAL ALLA TRAVE



PARTICOLARE DELLA CHIUSURA DELL'ANGOLO ESTERNO DEL CAPANNONE CON ELEMENTO IN LAMIERA

PARTICOLARE DEL COLLEGAMENTO DEI PANNELLI PREFABBRICATI ALLA TRAVE





truzzi
passione razionale

STRUTTURE PREFABBRICATE E ANTISISMICA: PRESTAZION I DELLE NUOVE COSTRUZIONI ED ADEGUAMENTO DELL'ESISTENTE

Modena 16 maggio 2014

C. STRUTTURE ESISTENTI
AGIBILITA' SISMICA PROVVISORIA

truzzi
passione razionale

DECRETO LEGISLATIVO N° 74 del 6 giugno 2012

LEGGE N° 122 del 1 agosto 2012

truzzi
passione razionale

Art. 3, comma 8

8. Nelle more dell'esecuzione della suddetta verifica di sicurezza effettuata ai sensi delle norme tecniche vigenti, in via provvisoria, il certificato di agibilità sismica potrà essere rilasciato in assenza delle carenze strutturali di seguito precisate, o eventuali altre carenze prodotte dai danneggiamenti e individuate dal tecnico incaricato, o dopo che tali carenze siano state adeguatamente risolte:

1) mancanza di collegamenti tra elementi strutturali verticali e elementi strutturali orizzontali e tra questi ultimi;

2) presenza di elementi di tamponatura prefabbricati non adeguatamente ancorati alle strutture principali;

3) presenza di scaffalature non controventate portanti materiali pesanti che possano, nel loro collasso, coinvolgere la struttura principale causandone il danneggiamento e il collasso.

truzzi
passione razionale

Art. 3, comma 9 e 10

9. La verifica di sicurezza ai sensi delle norme vigenti dovrà essere effettuata entro sei mesi dalla data di entrata in vigore del presente decreto.

10. In analogia a quanto disposto in occasione di precedenti eventi sismici che hanno interessato vaste porzioni del territorio nazionale, il livello di sicurezza dovrà essere definito in misura pari almeno al 60% della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo. Tale valore dovrà essere comunque raggiunto nel caso si rendano necessari interventi di miglioramento sismico. Gli interventi eventualmente richiesti per il conseguimento del miglioramento sismico dovranno essere eseguiti entro ulteriori diciotto mesi.

truzzi
passione razionale

Integrazione della LEGGE N° 122 del 1 agosto 2012 all'art. 3, comma 10

«10. Per quanto concerne le imprese di cui al comma 8, nelle aree colpite dagli eventi sismici del maggio 2012 in cui l'accelerazione spettrale subita dalla costruzione in esame, cosi' come risulta nelle mappe di scuotimento dell'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, abbia superato il 70 per cento dell'accelerazione spettrale elastica richiesta dalle norme vigenti per il progetto della costruzione nuova e questa, intesa come insieme di struttura, elementi non strutturali e impianti, non sia uscita dall'ambito del comportamento lineare elastico, l'adempimento di cui al comma 9 si intende soddisfatto. Qualora l'accelerazione spettrale come sopra individuata non abbia superato il 70 per cento dell'accelerazione spettrale elastica richiesta dalla norma vigente ad una costruzione nuova di analoghe caratteristiche, per il profilo di sottosuolo corrispondente, tale costruzione dovra' essere sottoposta a valutazione della sicurezza effettuata conformemente al capitolo 8.3 delle norme tecniche per le costruzioni, di cui al decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio

Integrazione della LEGGE N° 122 del 1 agosto 2012 all'art. 3, comma 10

2008, entro i termini temporali di cui al comma 9 del presente articolo, tenendo conto degli interventi locali effettuati ai sensi del comma 8. Qualora il livello di sicurezza della costruzione risulti inferiore al 60 per cento della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo, dovranno eseguirsi interventi di miglioramento sismico finalizzati al raggiungimento almeno del 60 per cento della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo, secondo le seguenti scadenze temporali:

a) entro quattro anni dal termine di cui al comma 9, se la sicurezza sismica risulta essere pari o inferiore al 30 per cento della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo;

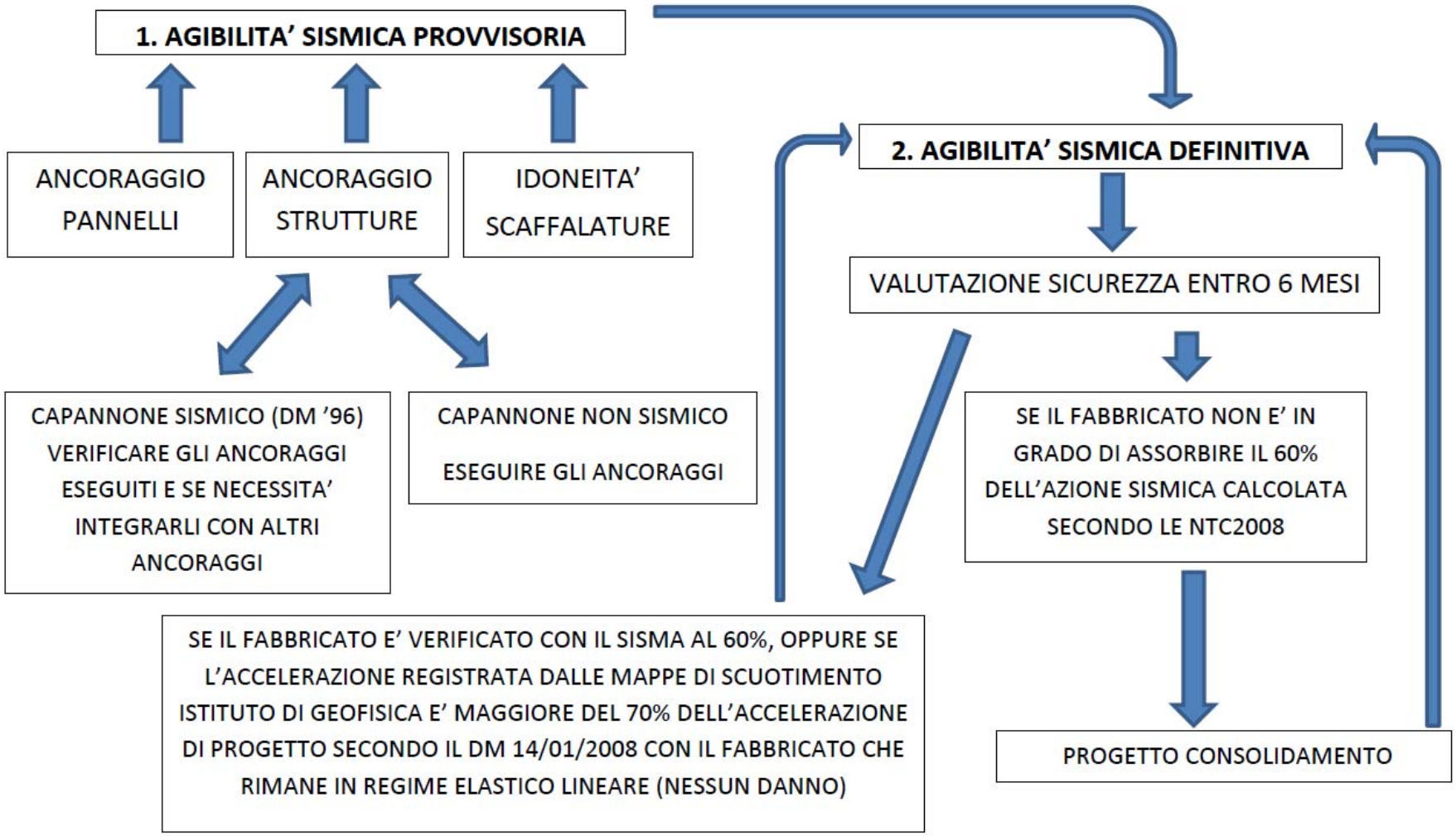
b) entro otto anni dal termine di cui al comma 9, se la sicurezza sismica risulta essere superiore al 50 per cento della sicurezza richiesta ad un edificio nuovo;

c) entro un numero di anni ottenuto per interpolazione lineare tra quattro e otto per valori di livello di sicurezza (Ls) per cento compresi tra il 30 e il 50 per cento, secondo l'equazione:

$$4 + \frac{Ls - 30}{5} \quad »;$$

truzzi
passione razionale

DECRETO LEGISLATIVO 74/2012 PER I FABBRICATI PRODUTTIVI



ELIMINAZIONE DELLE CARENZE STRUTTURALI

Art. 3, comma 8

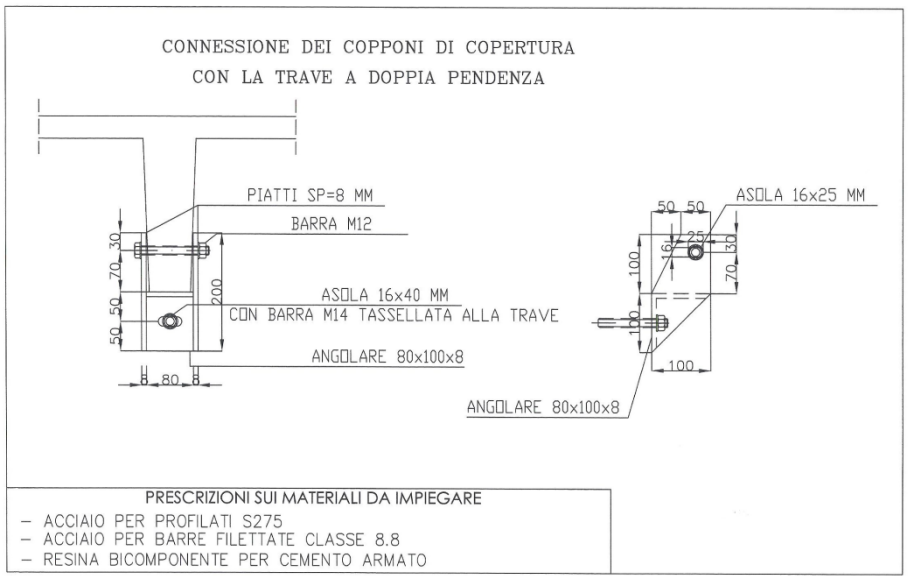
1) mancanza di collegamenti tra elementi strutturali verticali e elementi strutturali orizzontali e tra questi ultimi;

2) presenza di elementi di tamponatura prefabbricati non adeguatamente ancorati alle strutture principali

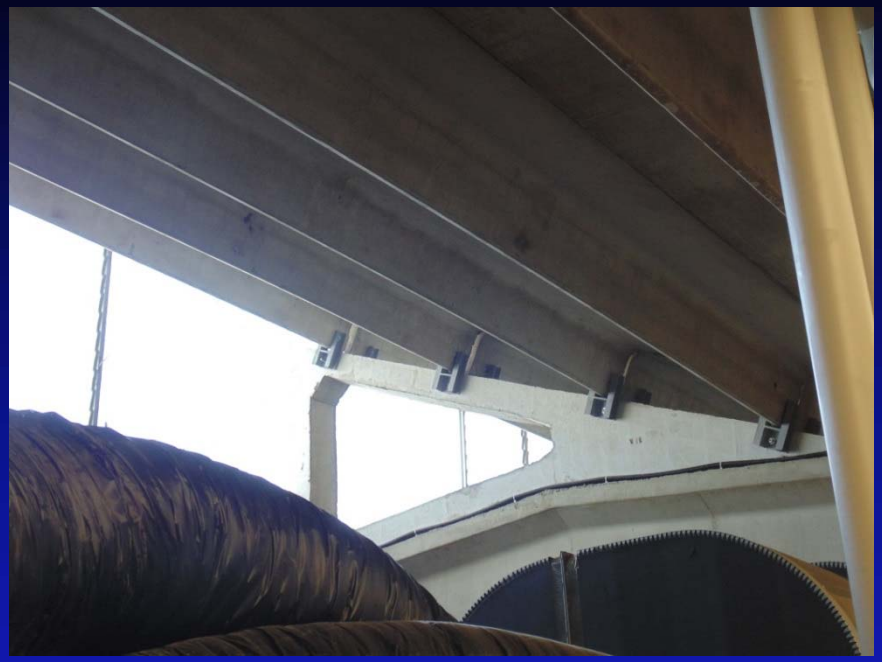
INTERVENTI DI RIPARAZIONE O DI INTERVENTO LOCALE

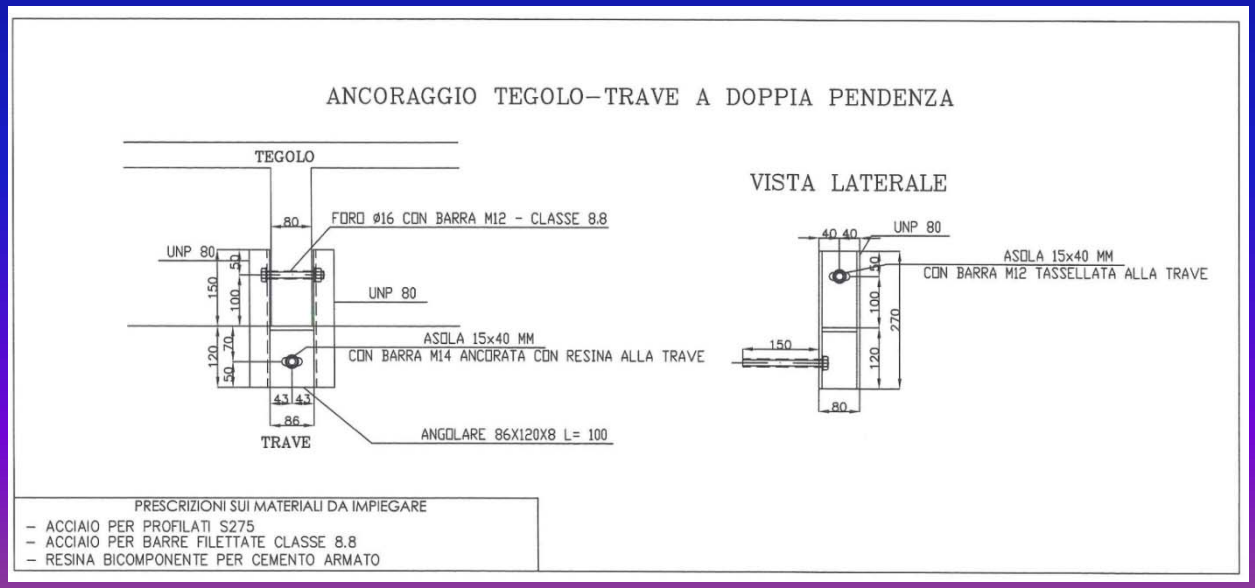
ESEMPI DI REALIZZAZIONE DELLE CONNESSIONI FRA ELEMENTI STRUTTURALI PREFABBRICATI

CONNESSIONE DEI TEGOLI PI-GRECO DI COPERTURA CON LE TRAVI PRINCIPALI

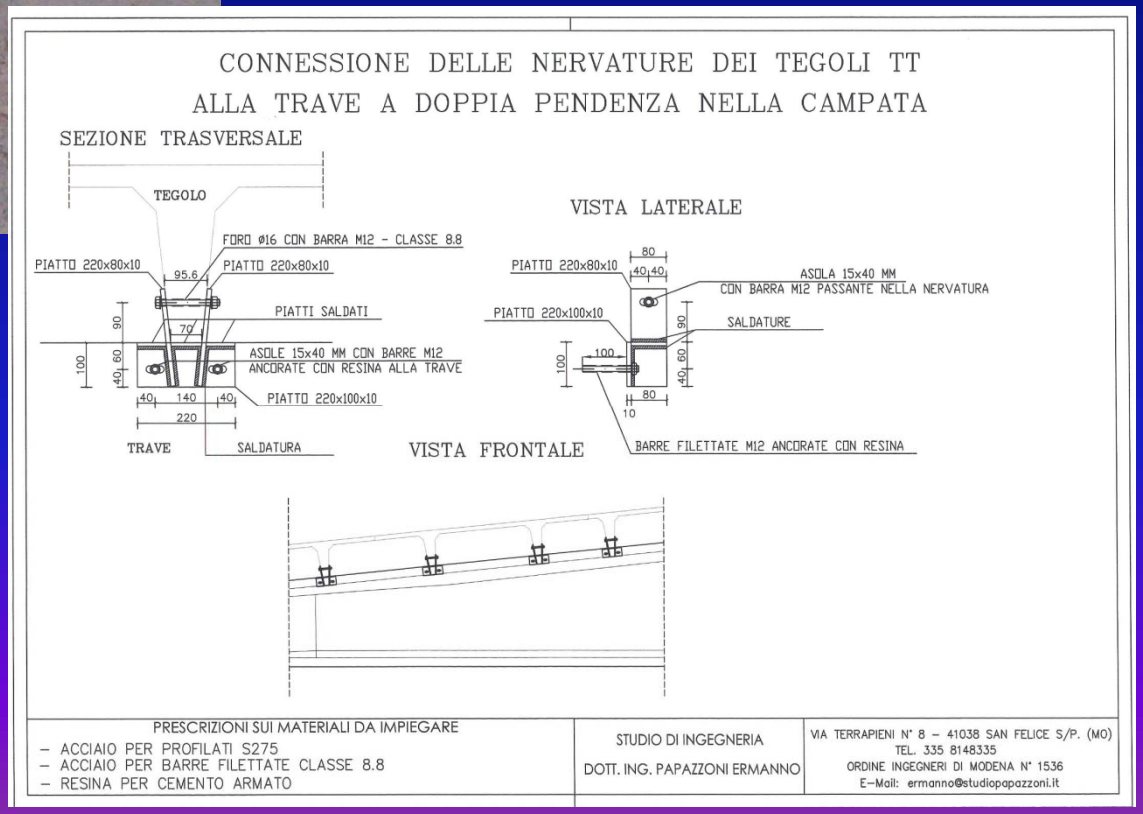


CONNESSIONE DEI TEGOLI PI-GRECO DI COPERTURA CON LE TRAVI PRINCIPALI

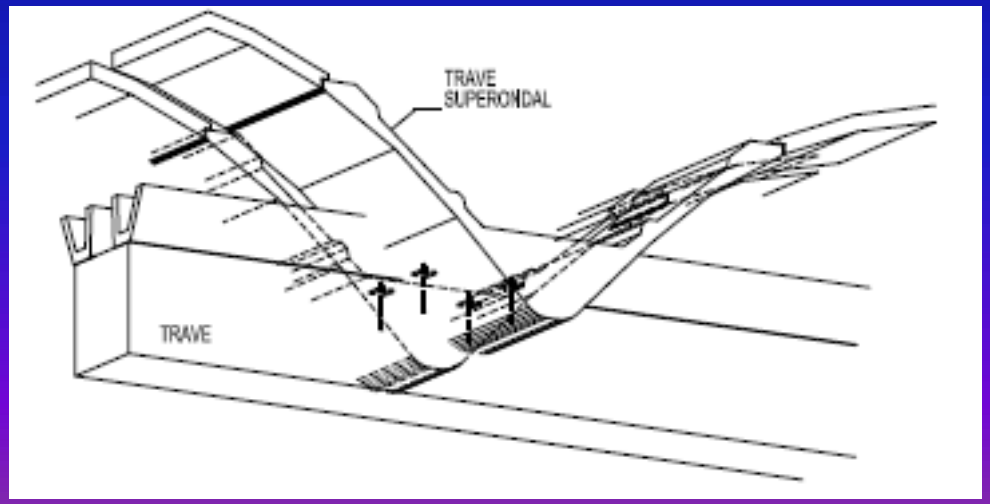




CONNESSIONE DEI TEGOLI PI-GRECO DI COPERTURA CON LE TRAVI PRINCIPALI

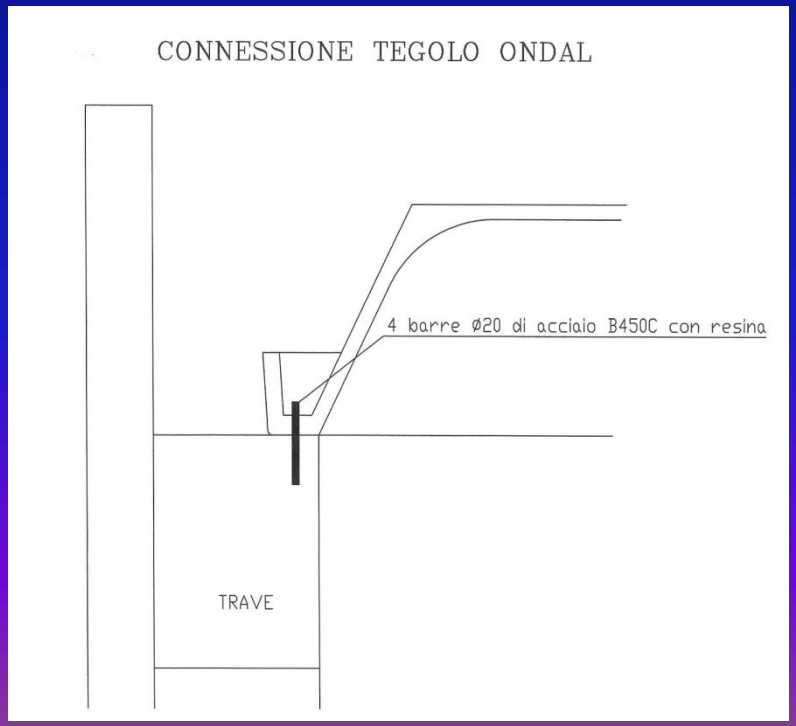


CONNESSIONE DEI TEGOLI «SUPERONDAL» ALLE TRAVI DI COPERTURA ESEGUITA ALL'ESTERNO DELLA COPERTURA



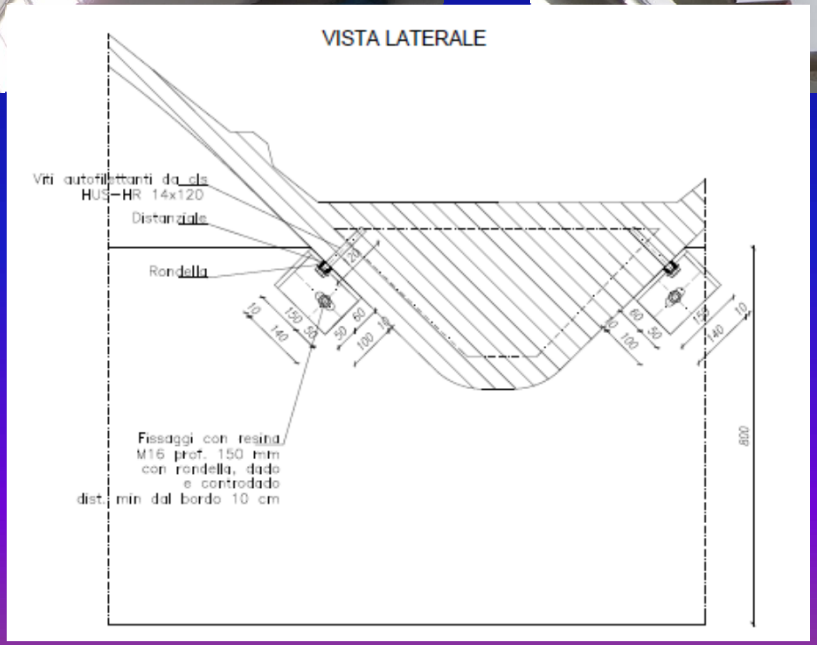
truzzi
passione razionale

CONNESSIONE DEI TEGOLI «ONDAL» ALLE TRAVI DI COPERTURA ESEGUITA ALL'ESTERNO DELLA COPERTURA

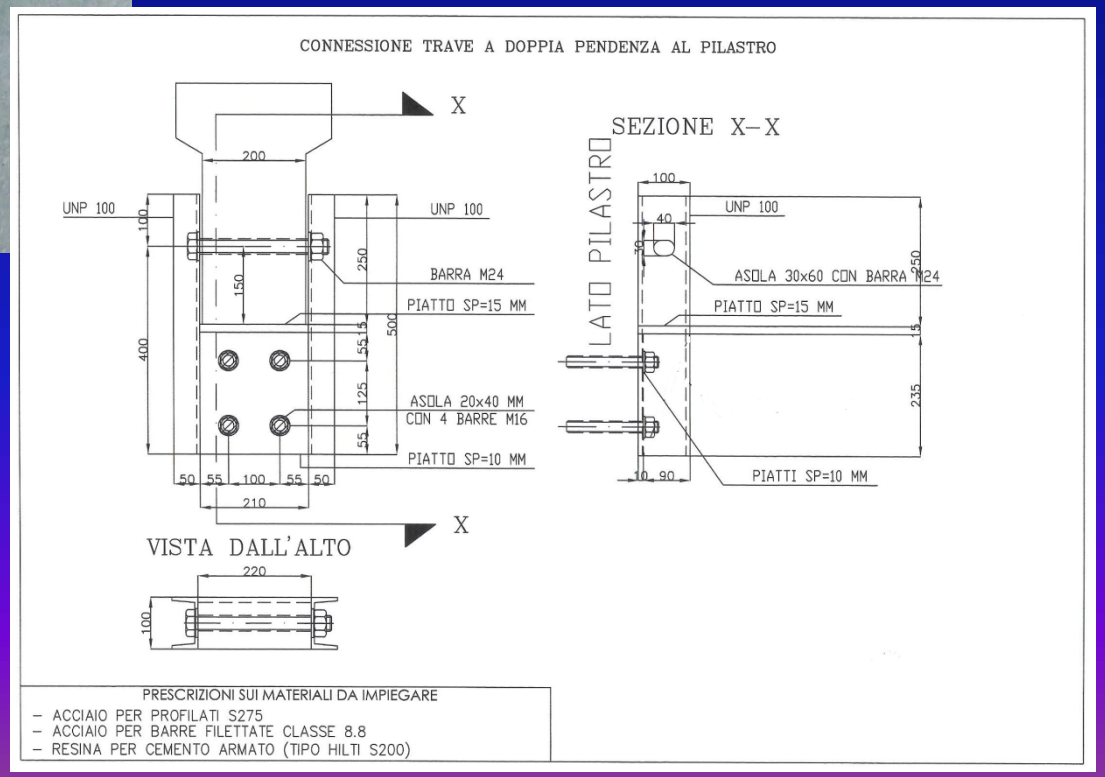


truzzi
passione razionale

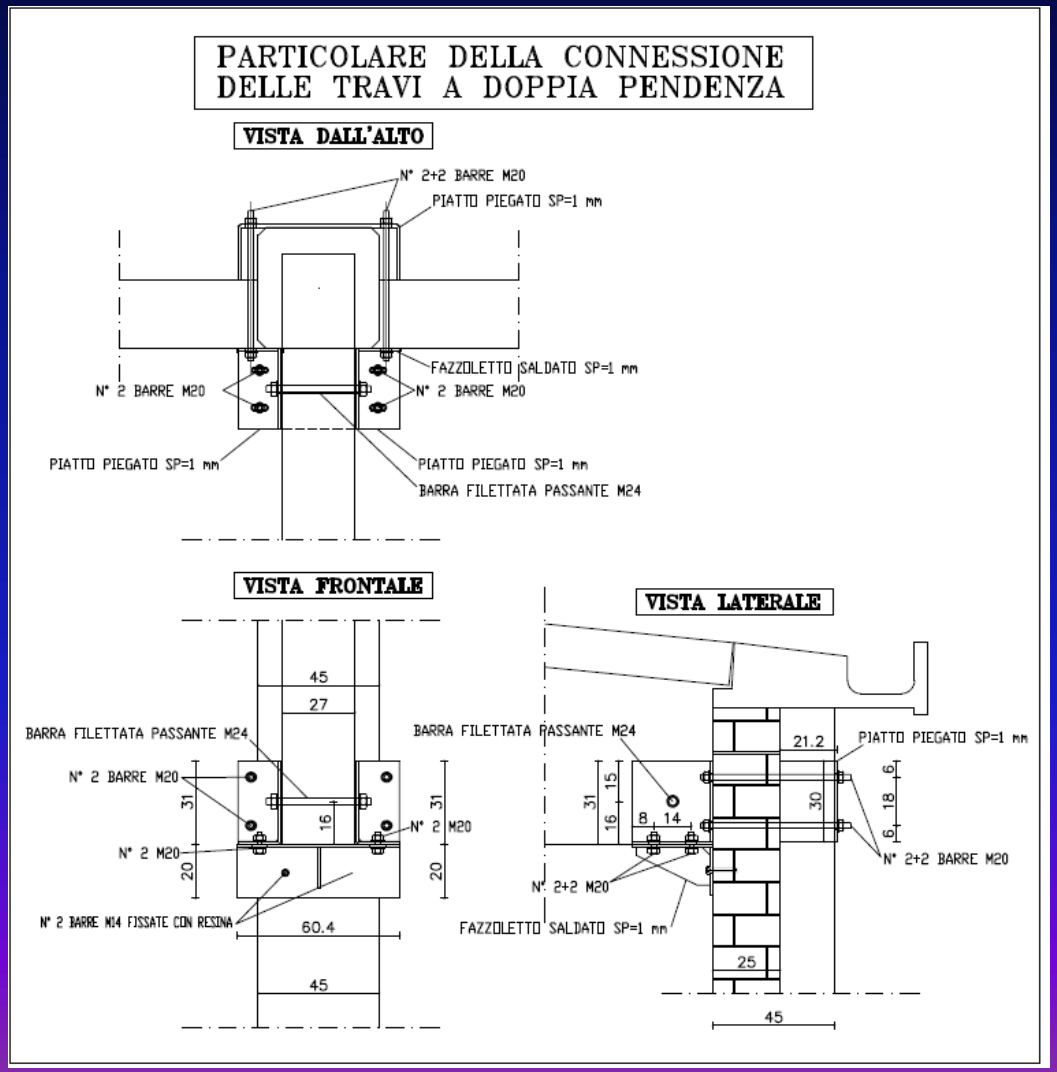
CONNESSIONE DEI TEGOLI «SUPERONDAL» ALLE TRAVI DI COPERTURA ESEGUITA ALL'INTERNO DEL CAPANNONE



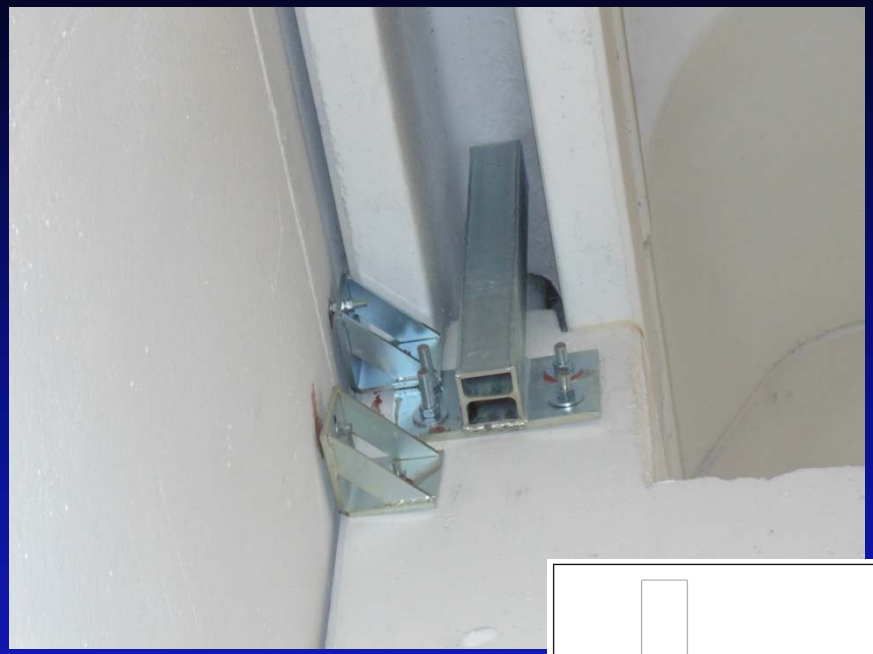
CONNESSIONE DELLE TRAVI A DOPPIA PENDENZA CON I PILASTRI

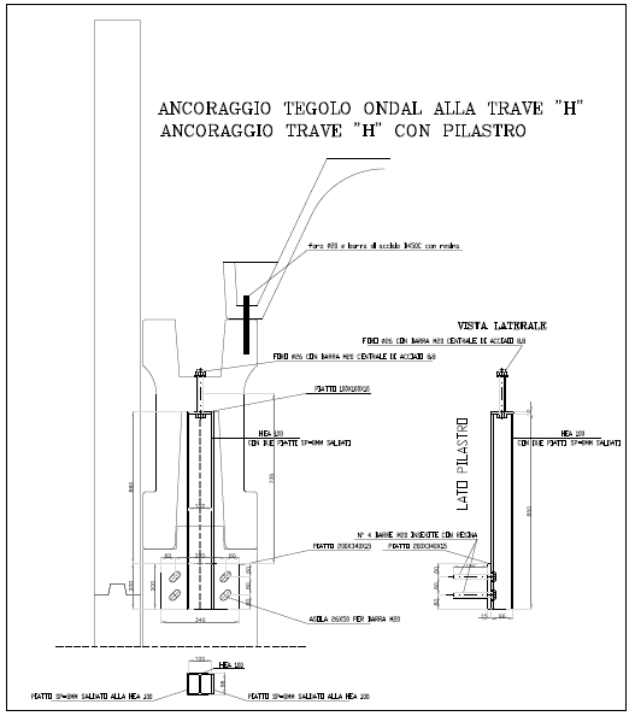


CONNESSIONE DELLE TRAVI A DOPPIA PENDENZA CON I PILASTRI



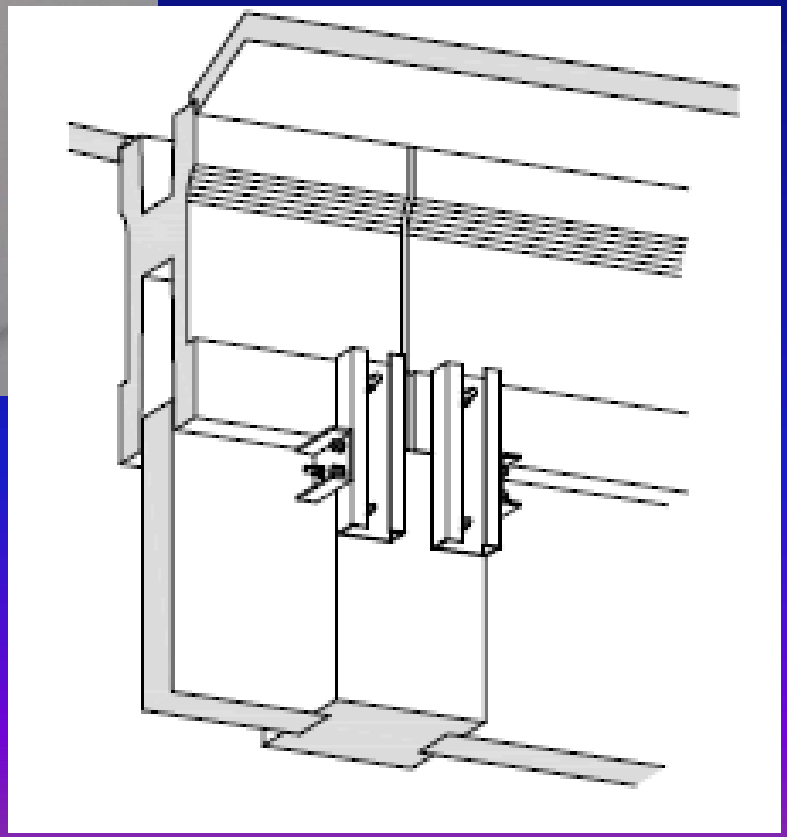
CONNESSIONE DELLE TRAVI AD «H» CON I PILASTRI E CONNESSIONE DEI PANNELI





truzzi
passione razionale

CONNESSIONE DELLE TRAVI RETTANGOLARI O A «T ROVESCIO» CON I PILASTRI

truzzi
passione razionale

CONNESSIONE DELLE TRAVI «H» CON I PILASTRI