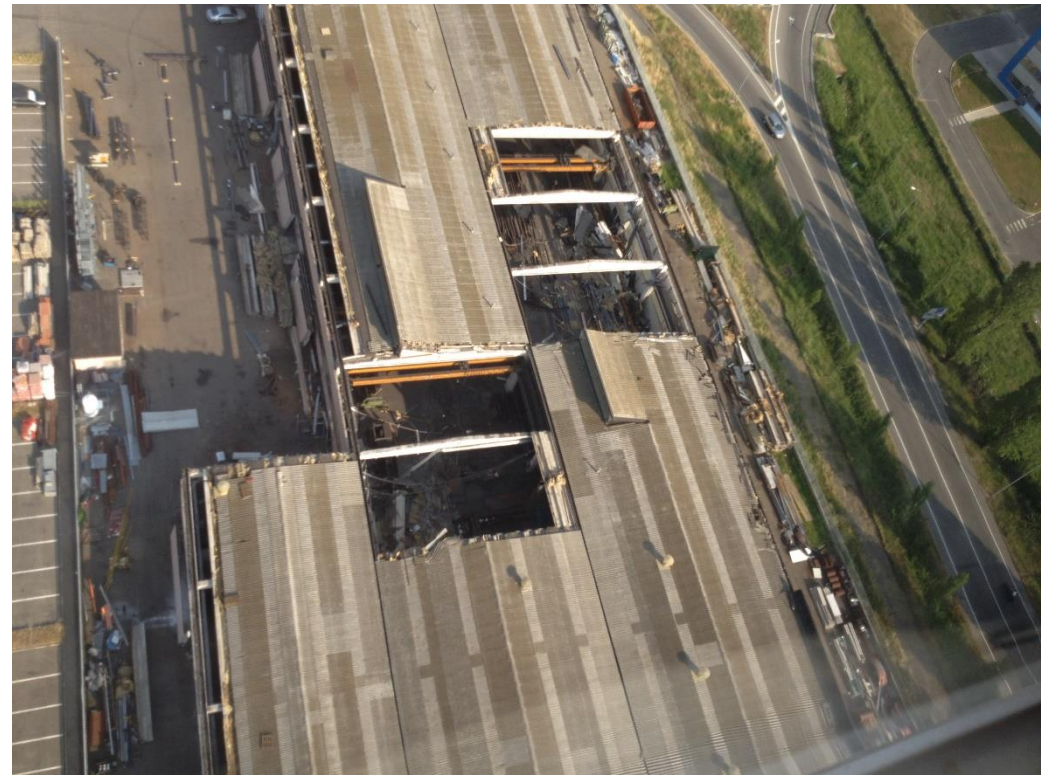


Interventi di miglioramento sismico di edifici industriali con l'uso di strutture metalliche

Prof Ing Marco Savoia
DICAM – Università di Bologna

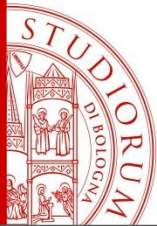
MAGGIO 2012 – SISMA DELL'EMILIA





MAGGIO 2012 – SISMA DELL'EMILIA





QUADRO NORMATIVO (post-sisma)

Decreto Legge 6 giugno 2012. n. 74

Disciplina gli interventi per gli interventi di ricostruzione, assistenza alle popolazioni e ripresa economica dei territori interessati dal sisma del 20 e del 29 maggio 2012

Art. 3 : Ricostruzione e riparazione delle abitazioni private e di **immobili ad uso non abitativo**; contributi a favore delle imprese; disposizioni di semplificazione procedimentale

Comma 8: “**In via provvisoria**” il certificato di agibilità sismica potrà essere rilasciato “**in assenza delle carenze strutturali**” di seguito precisate:

- 1) mancanza di idonei collegamenti tra elementi strutturali verticali e elementi 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.



QUADRO NORMATIVO (post-sisma)

Decreto Legge 6 giugno 2012. n. 74 - Art. 3

Comma 9: *verifica di sicurezza di cui al comma 7 da fare entro sei mesi*

Comma 10: *“il livello di sicurezza dovrà essere almeno pari al 60% della sicurezza richiesta ad un **edificio nuovo**”*

CLASSIFICAZIONE INTERVENTI (secondo D.L. 6/6/2012 n. 74)

Interventi **fase 1** *eliminare le 3 carenze strutturali gravi*

Interventi **fase 2** *raggiungere il 60% della capacità resistente richiesta per nuovi edifici.*

PRINCIPALI CRITICITÀ DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE

- Tegoli di copertura semplicemente appoggiati alle travi



TEGOLI DI LUCE 22 m

Zona di appoggio con
piastrina di appoggio in
neoprene



PRINCIPALI CRITICITÀ DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE

- Tegoli di copertura semplicemente appoggiati alle travi



Esempio di crisi per perdita di appoggio della copertura.

PRINCIPALI CRITICITÀ DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE

- Collegamenti trave pilastro : appoggi insufficienti o parziali



Travi semplicemente appoggiate per attrito o connessione spinottata inadeguata.

Esempio di crisi per perdita di appoggio:



PRINCIPALI CRITICITÀ DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE

- Pannelli esterni : mancanza o inadeguatezza degli ancoraggi alle strutture principali (a travi e pilastri)

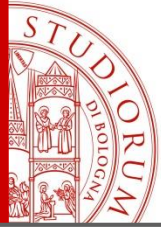


PRINCIPALI CRITICITÀ DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE

- Pannelli esterni : mancanza o inadeguatezza degli ancoraggi alle strutture principali



Rottura attacco mensola di supporto pannello e conseguente crollo del pannello .



PROGETTO DEGLI INTERVENTI IN FASE 1

-COLLEGAMENTO TRAVE –TEGOLO

-COLLEGAMENTO TRAVE -PILASTRO

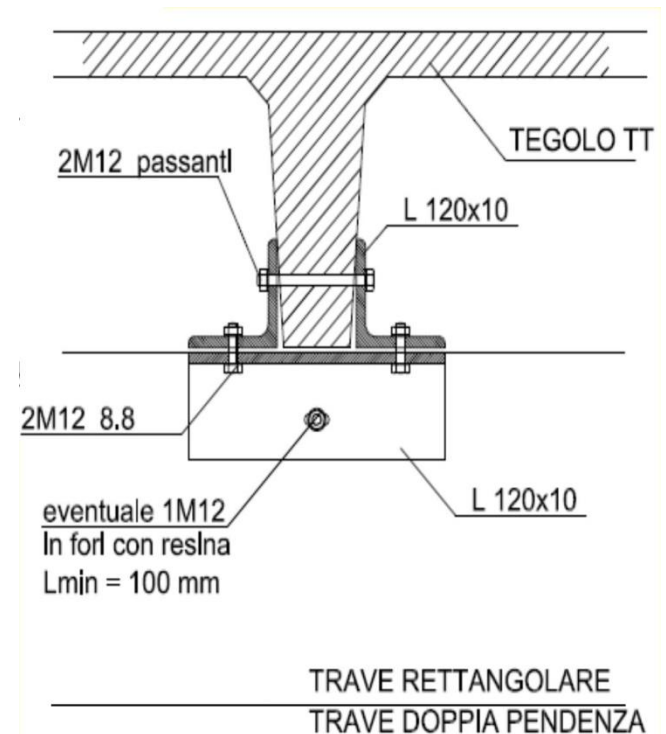
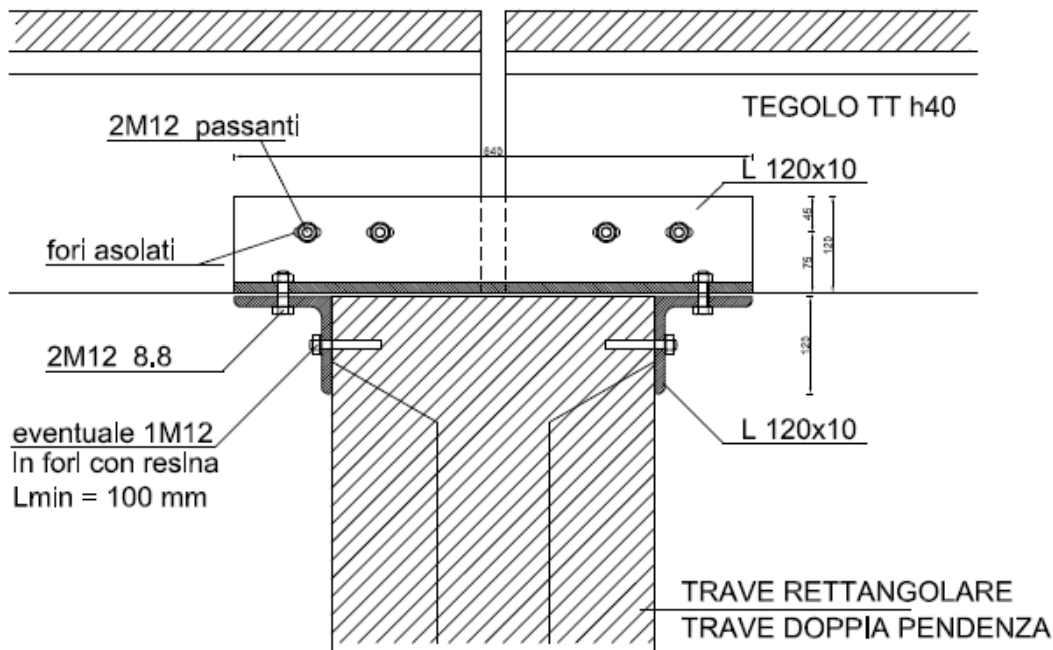
-COLLEGAMENTO PANNELLATURE ESTERNE

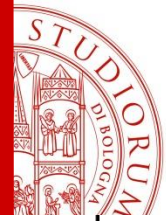
INTERVENTI

COLLEGAMENTO TRAVE TEGOLO

=> PER EVITARE LA PERDITA DI APPOGGIO SI INSERISCONO DEI DISPOSITIVI MECCANICI DI CONNESSIONE TRA I DUE ELEMENTI

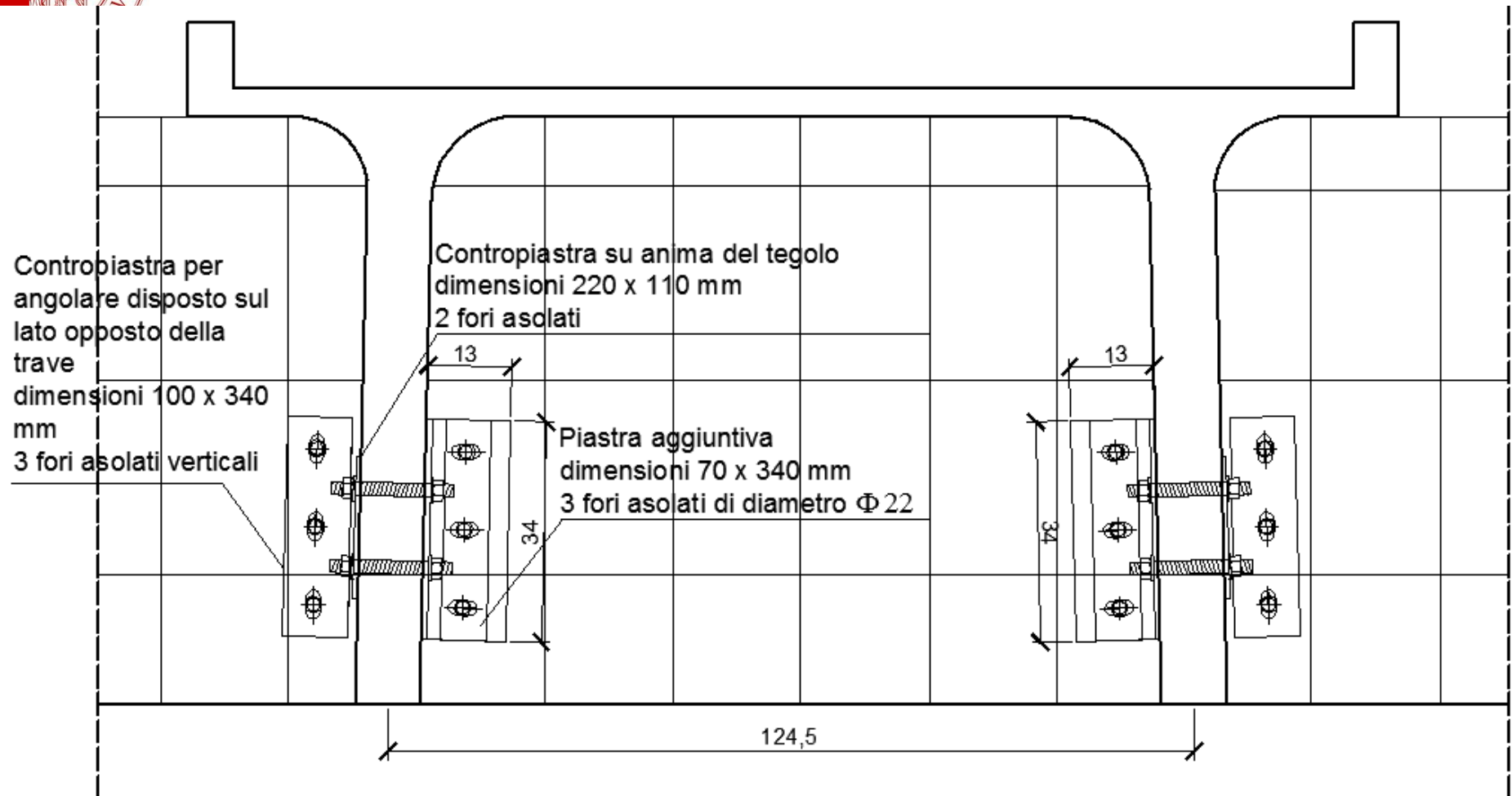
Es.: squadrette metalliche deformabili e viti di connessione rigide





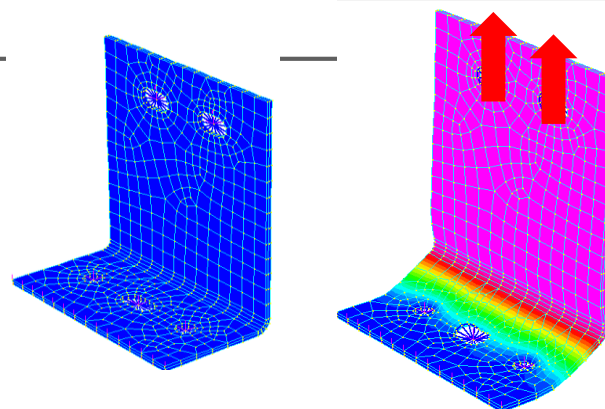
COLLEGAMENTO TRAVE TEGOLO

Angolare di collegamento trave tegolo (ITIS Belluzzi)



ANGOLARI DI COLLEGAMENTO TRAVE TEGOLO

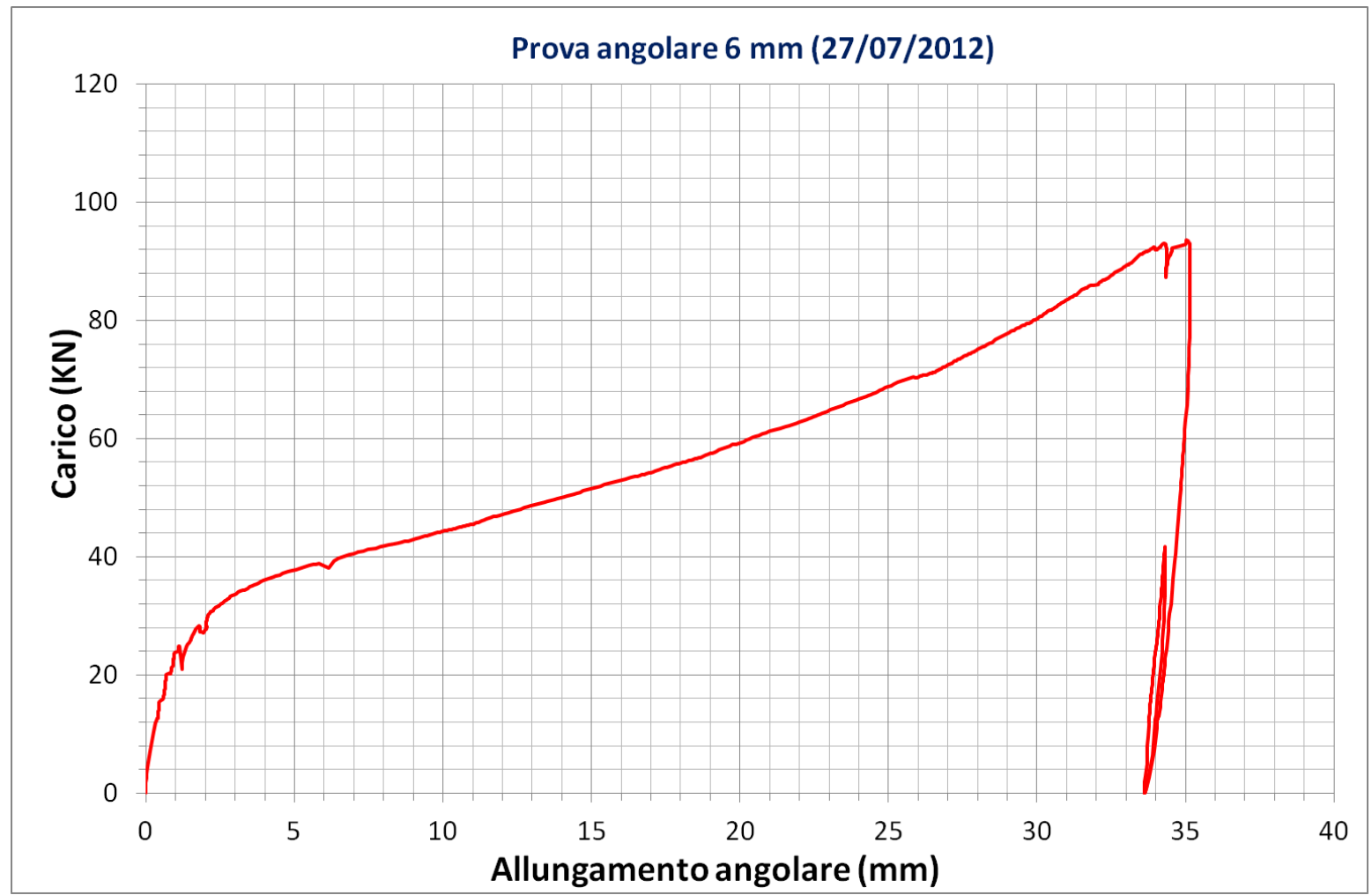
TEST SPERIMENTALI E MODELLI NUMERICI PER VALIDARE LE IPOTESI PROGETTUALI





ANGOLARI DI COLLEGAMENTO TRAVE TEGOLO

IL LEGAME FORZA SPOSTAMENTO DELL'ANGOLARE DIPENDE DA SPESSORE E POSIZIONE DEI FORI RISPETTO ANGOLO





ANGOLARI DI COLLEGAMENTO TRAVE TEGOLO

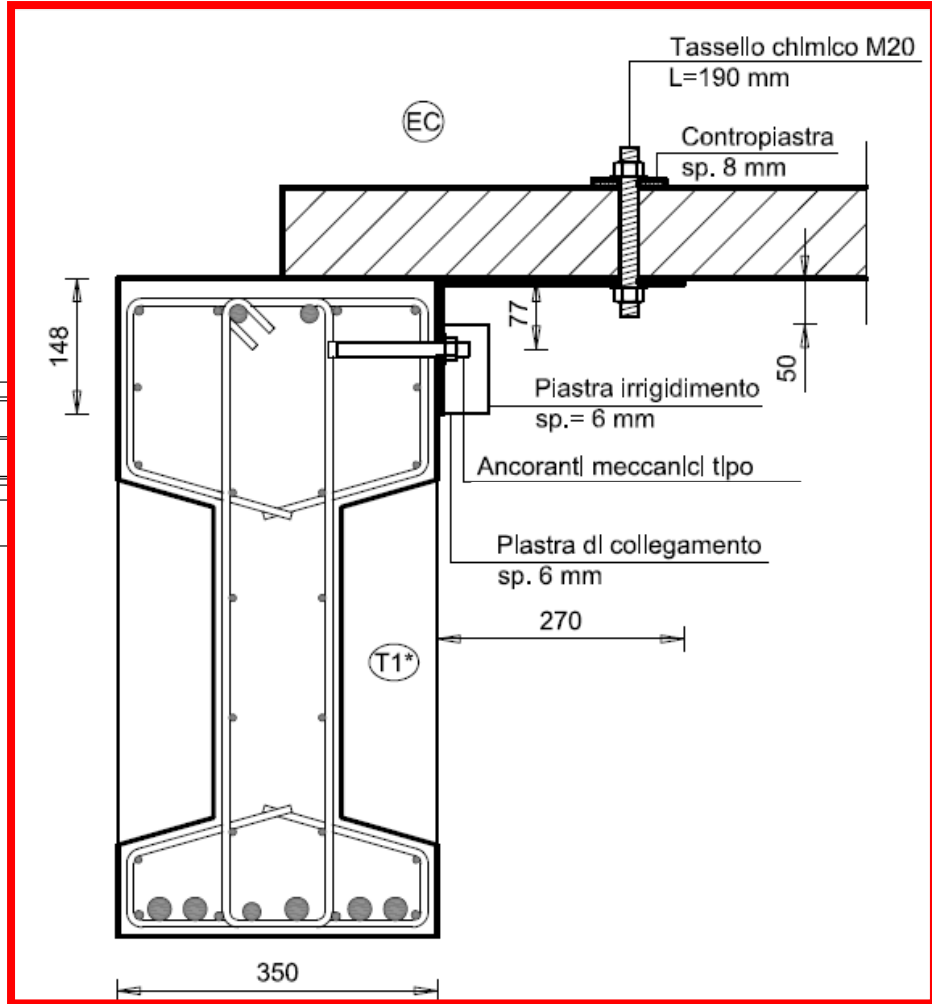
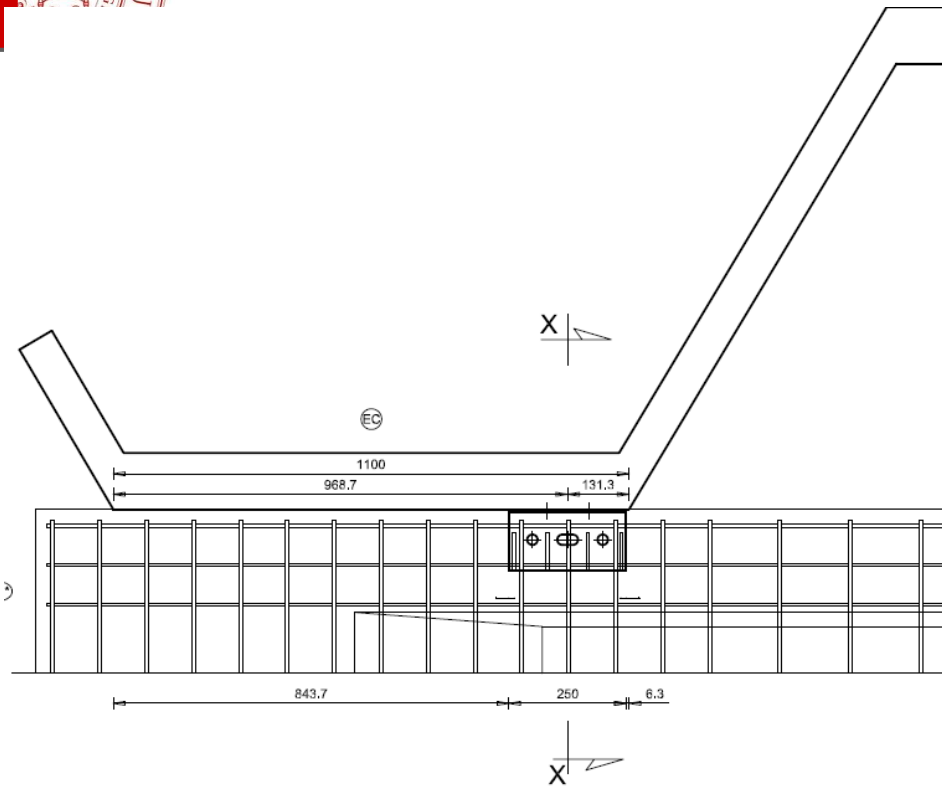
MODALITA' DI ROTTURA E DUTTILITA'

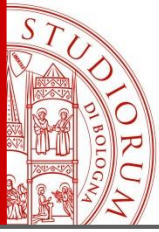




COLLEGAMENTO TRAVE TEGOLO

Angolare di collegamento trave tegolo (Istituti Keynes e Mattei)

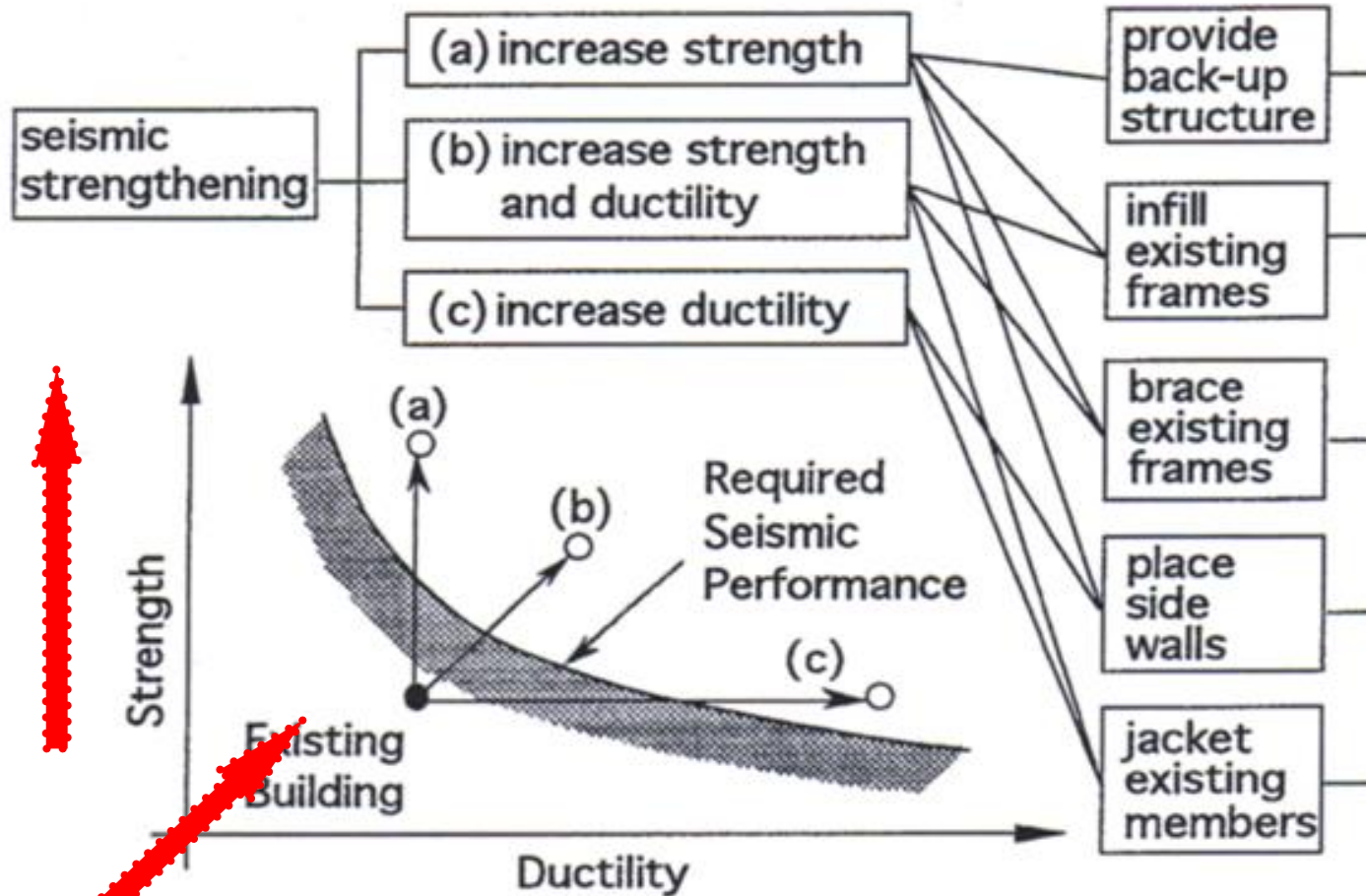




FASE 2

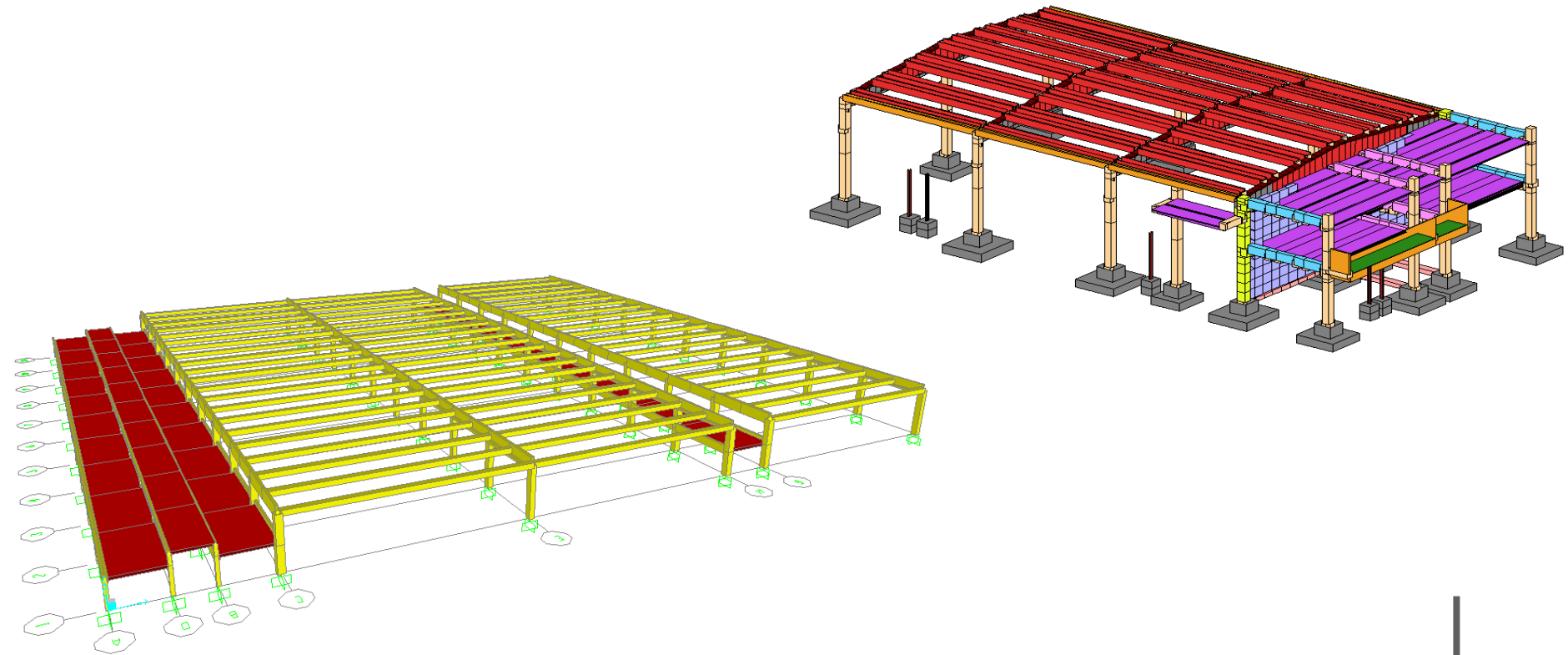
CRITERI PER L'ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO DELLE STRUTTURE

STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO



Progetto degli interventi,.

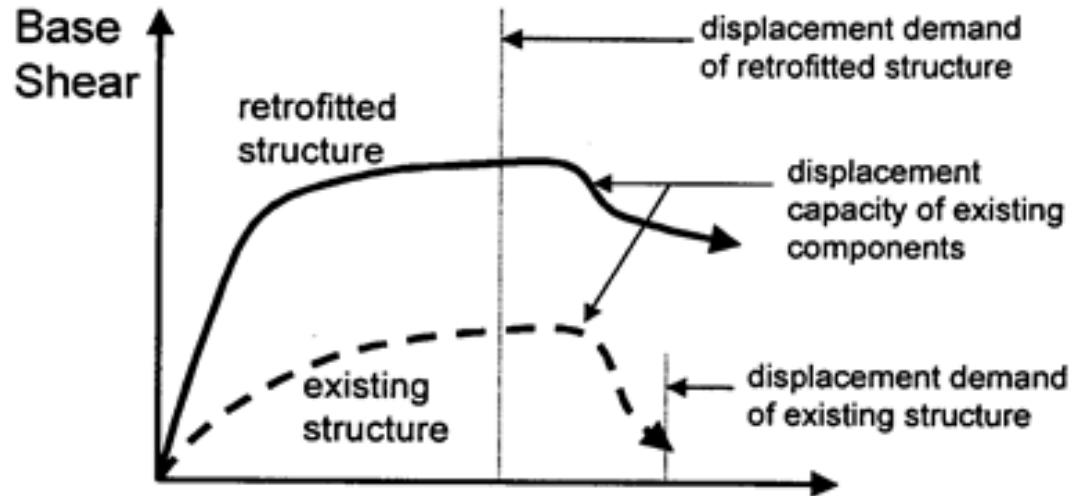
=> MODELLI FEM TRIDIMENSIONALI PER IL CALCOLO DELLE AZIONI.



STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO

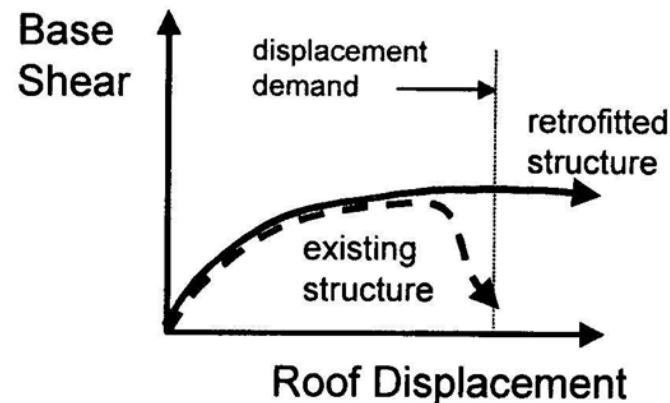
INCREMENTO DELLA RESISTENZA DELLA STRUTTURA

(comprende anche il
miglioramento della regolarità
strutturale)



INCREMENTO DELLA CAPACITA' DEFORMATIVA DELLA STRUTTURA

(di solito meno invasivo)



STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO

1. Tecniche di intervento globale



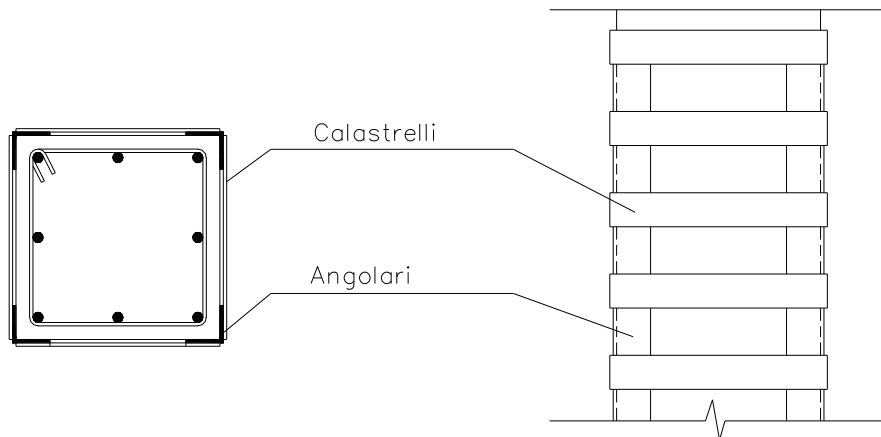
- Inserimento di controventi metallici
- Inserimento di pareti sismoresistenti

OBIETTIVO: AUMENTARE LA RESISTENZA DELL'EDIFICIO

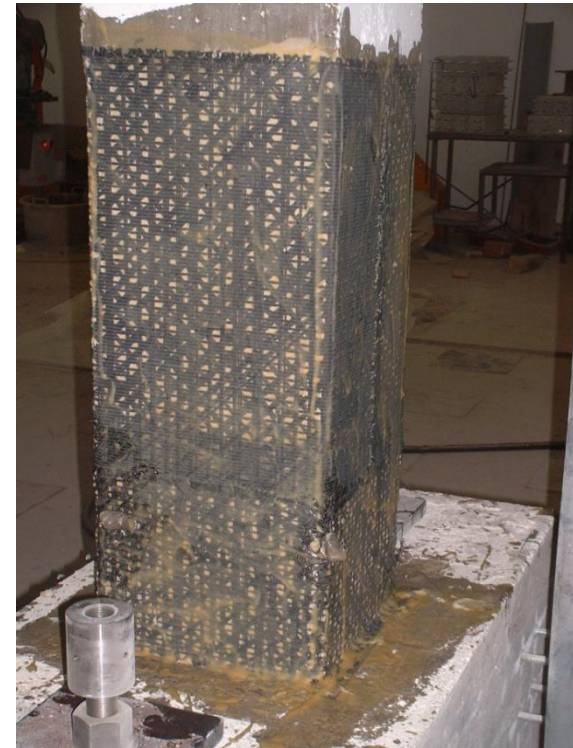
STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO/MIGLIORAMENTO SISMICO

2. Tecniche di intervento locale

- Incremento di sezione ed armature
- Confinamento con profilati metallici



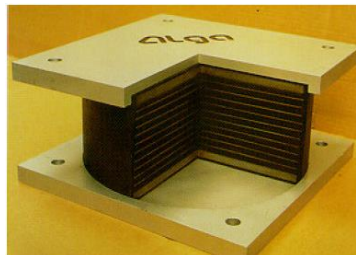
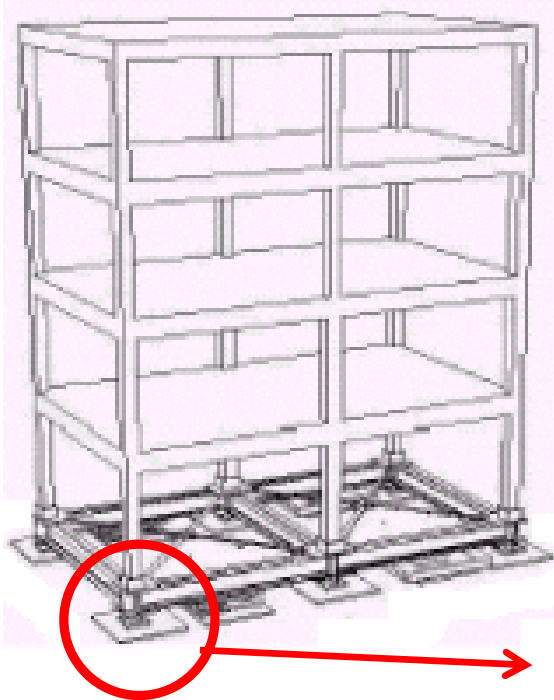
- Confinamento con FRP



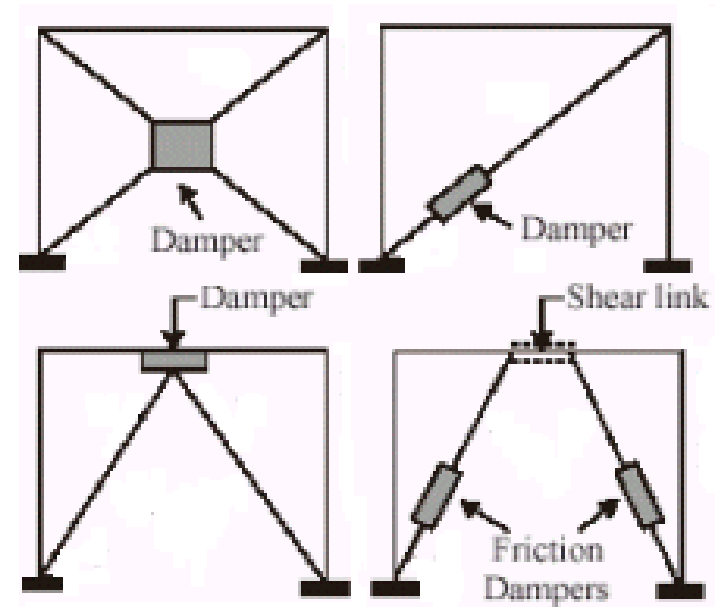
OBIETTIVO: AUMENTARE LA RESISTENZA/DUTTILITA' DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

3. Tecniche di riduzione dell'azione

- Isolamento alla base



- Dissipazione supplementare dell'energia

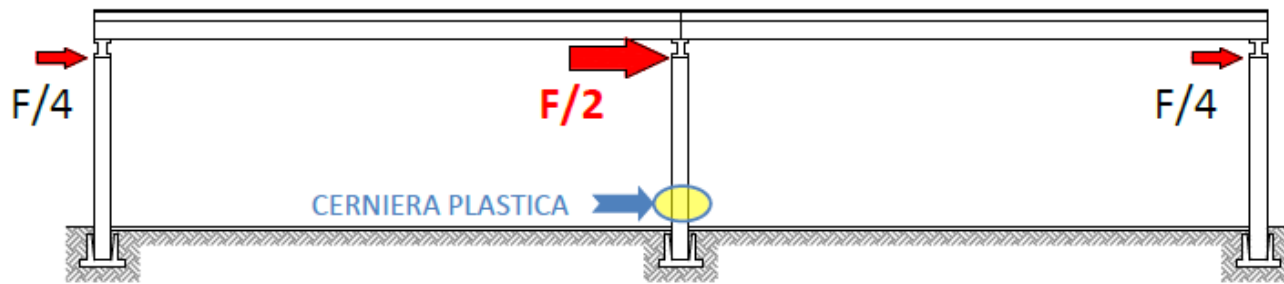


OBIETTIVO: RIDURRE L'AZIONE SISMICA SULL'EDIFICIO

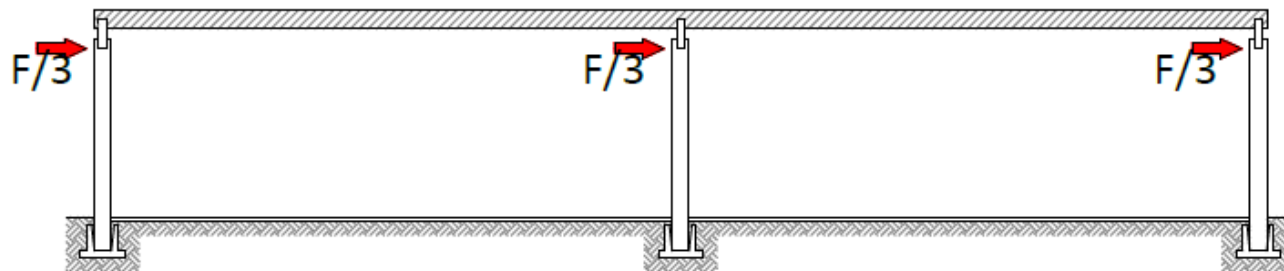
1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE

=> fondamentale valutare se impalcato è rigido o deformabile

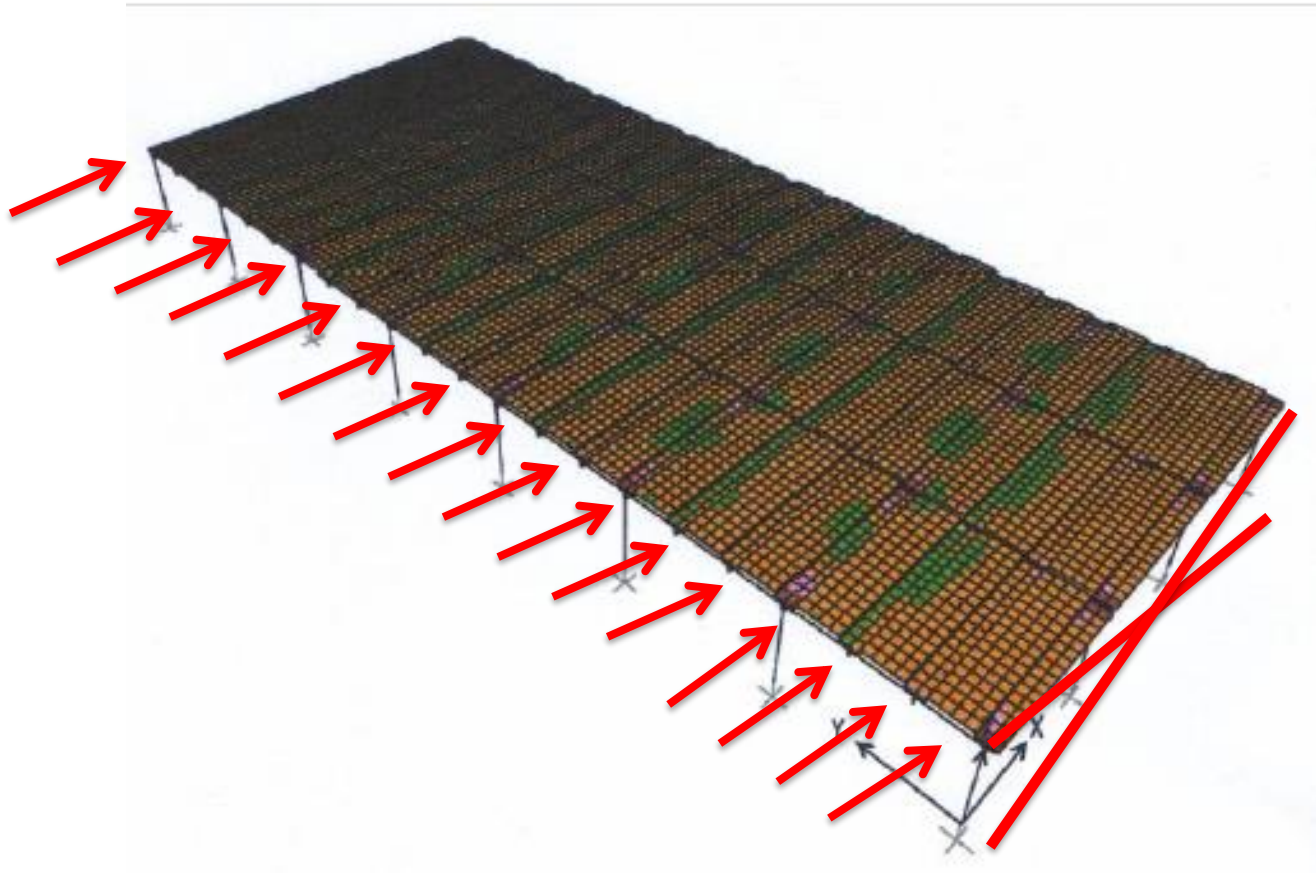
IMPALCATO DEFORMABILE



IMPALCATO RIGIDO



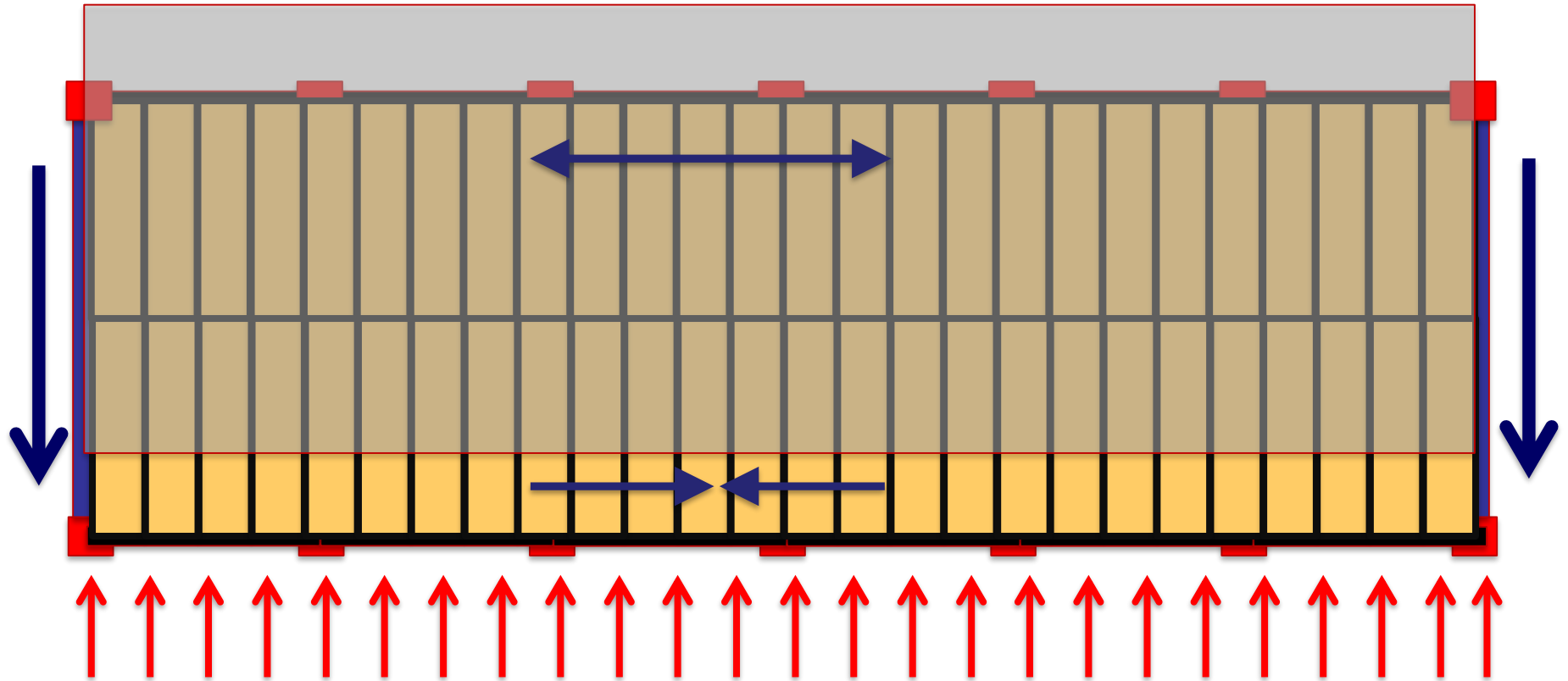
CONTROVENTAMENTI:





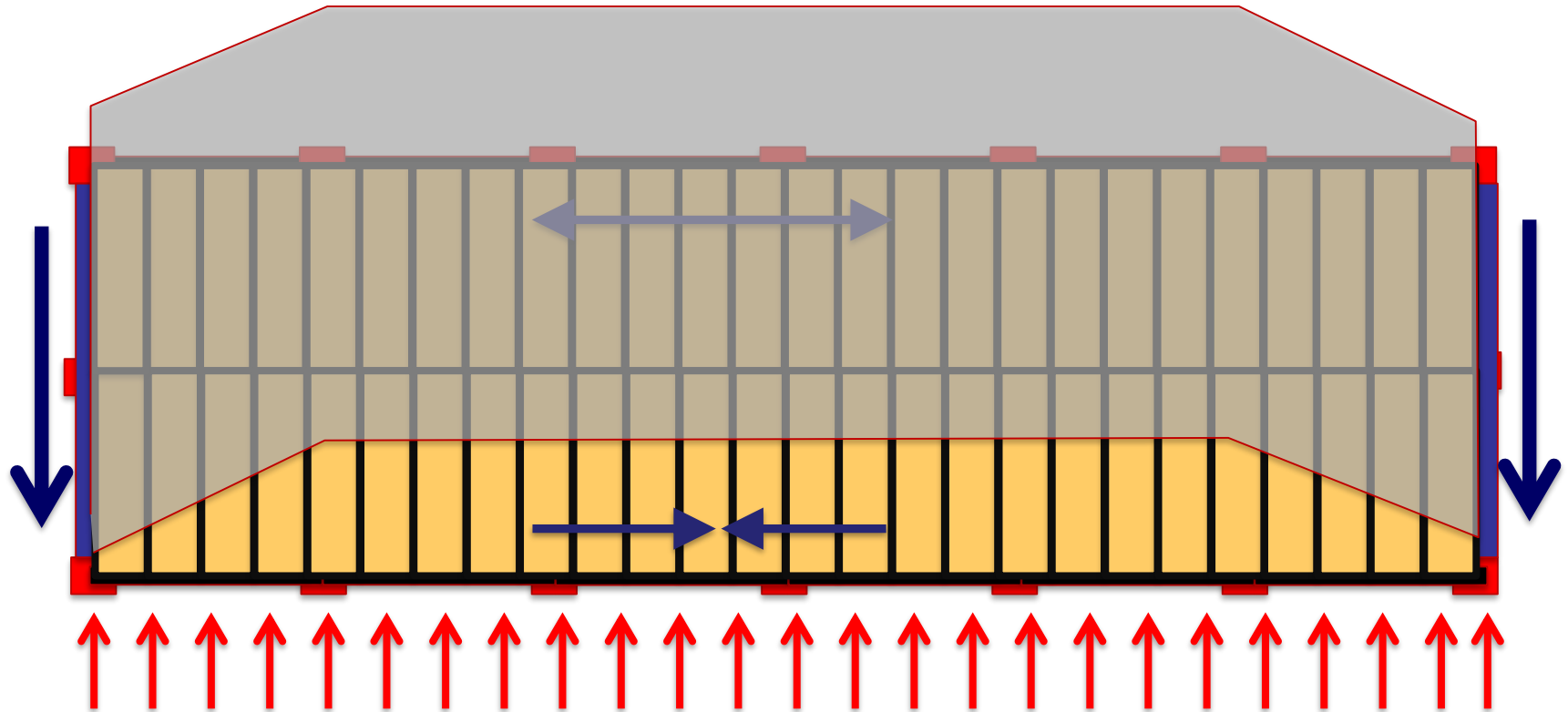
STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO

1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE

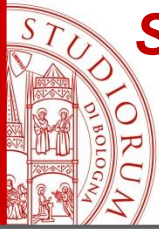


CONTROVENTAMENTI => Funzionamento solo nel caso di impalcato rigido!

1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE



**LO SVERGOLAMENTO DEL PIANO ANCORA PIÙ GRAVE CHE IN ASSENZA
DEL CONTROVENTO**
**I PILASTRI CENTRALI NON RISENTONO DELLA PRESENZA DEI
CONTROVENTI**



STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO

1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE

IMPALCATO RIGIDO





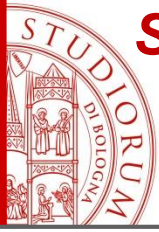
STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO

1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE



IMPALCATO DEFORMABILE





STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO

1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE



IMPALCATO ?????????



STRATEGIE DI INTERVENTO DI ADEGUAMENTO E/O MIGLIORAMENTO SISMICO

1. TECNICHE DI INTERVENTO GLOBALE

**INSERIMENTO DI PARETI DA TAGLIO:
NECESSITA' DI PROVVEDERE A SIGNIFICATIVI INTERVENTI SULLE
FONDAZIONI**

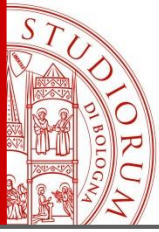


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO DI UN CAPANNONE INDUSTRIALE PREFABBRICATO IN C.A. SITO IN EMILIA.

Edificio produttivo sito a Reggio Emilia (RE)



***Progetto strutturale: Ing. Maurizio Trizzino
Consulenza strutturale: Prof. Marco Savoia***



PARTICOLARITA' INTERVENTO

Edificio produttivo con annessi uffici di grande valore, sia per motivi economici (attività leader nel settore a livello mondiale nella fabbricazione motori e accessori auto), sia per l'elevato contenuto tecnologico interno (presenza delle cosiddette "camere bianche"*)

**ATTIVITÀ PRODUTTIVA CHE NON POTEVA ESSERE INTERROTTA
DURANTE LA MESSA IN OPERA DEGLI INTERVENTI**

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO PROGETTATO AL FINE DI INTERVENIRE

PRINCIPALMENTE DALL'ESTERNO in modo tale da proseguire l'attività produttiva e non interferire con l'elevato contenuto tecnologico interno.

⇒ **Si interviene dall'esterno con ELEMENTI SISMORESISTENTI E DISSIPATORI ISTERETICI**

⇒ soluzione economicamente più vantaggiosa in quanto non si interrompe la produzione.

**camere bianche= stanze ad atmosfera controllata la cui caratteristica principale è la presenza di aria molto pura, cioè a bassissimo contenuto di microparticelle di polvere in sospensione.*

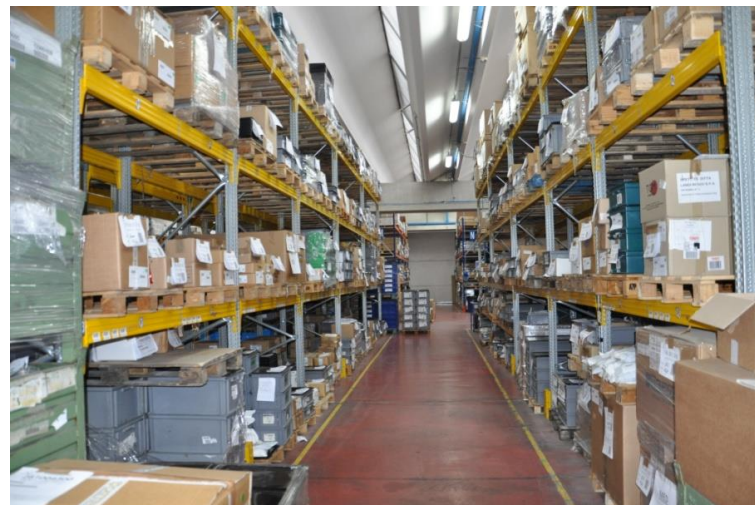


ELEVATO CONTENUTO TECNOLOGICO INTERNO





ELEVATO CONTENUTO TECNOLOGICO INTERNO



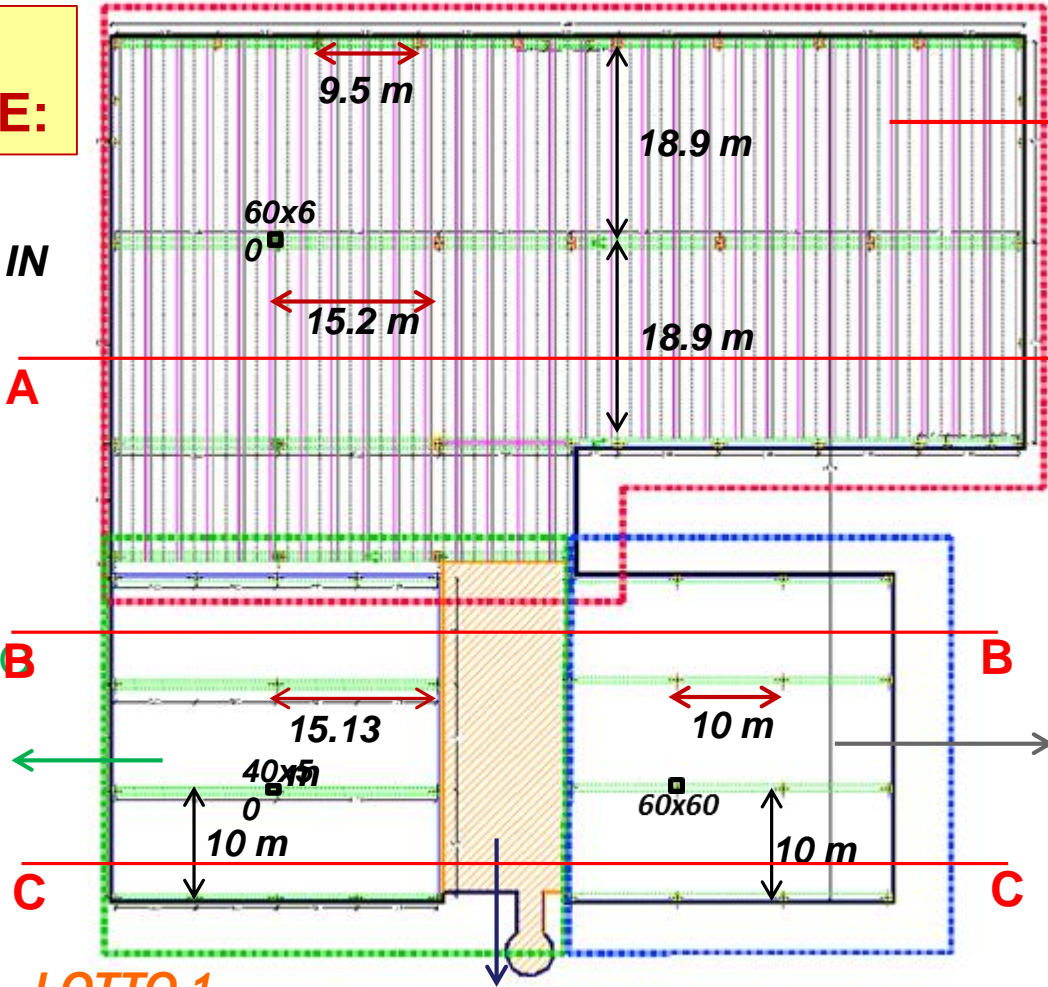
GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

4 TIPOLOGIE COSTRUTTIVE:

**FORTE
IRREGOLARITA' IN
PIANTA
E IN ALTEZZA**

**LOTTO 1
C.A
PREFABBRICATO
1 PIANO**

*H= 4.5 m sotto
coppone*



**LOTTO 3
C.A
PREFABBRICATO
1 PIANO**

*H= 5.25 m sotto
tegolo*

**LOTTO 2
C.A
PREFABBRICATO
2 PIANI**

*H= 8.05 m sotto
coppone*

**LOTTO 1
C.A IN OPERA, IN PARTE 1 PIANO, IN PARTE 2 PIANI**

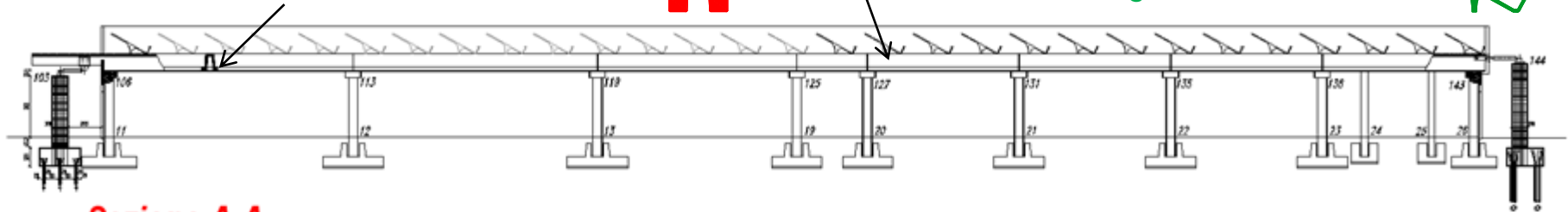
**INGOMBRO
PLANIMETRICO = 81X86 M
SUPERFICIE = 6130 MQ**

GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

LOTTO 3: TRAVE A «V-ROVESCIA»
h=1.1 m



TEGOLO AD ALI DI GABBIANO ASIMMETRICA
IN C.A.P. - tra i tegoli traslucido.



Sezione A-A

LOTTO 1

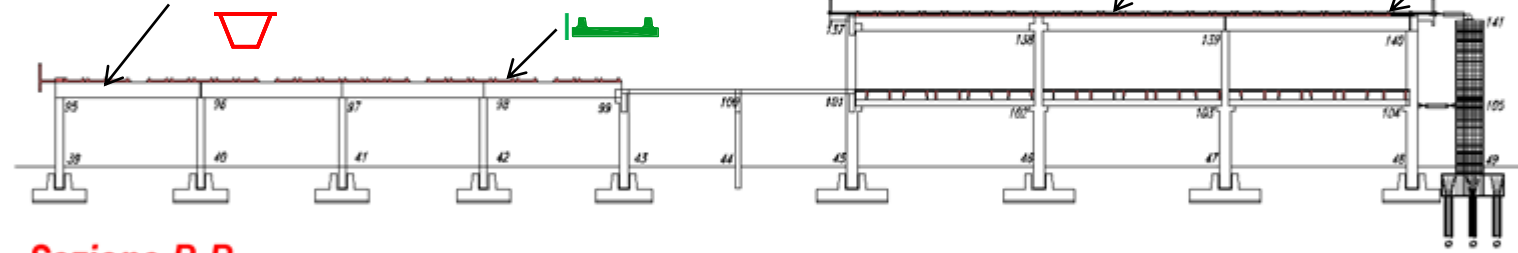
«TRAVE CANALA»
IN PARETE SOTTILE COPPON



LOTTO 2

«TRAVE CANALA»
IN PARETE SOTTILE

COPPON



Sezione B-B

TRAVE A T
ROVESCIA
TEGOLO A TT
+ soletta in ca
gettata in opera.



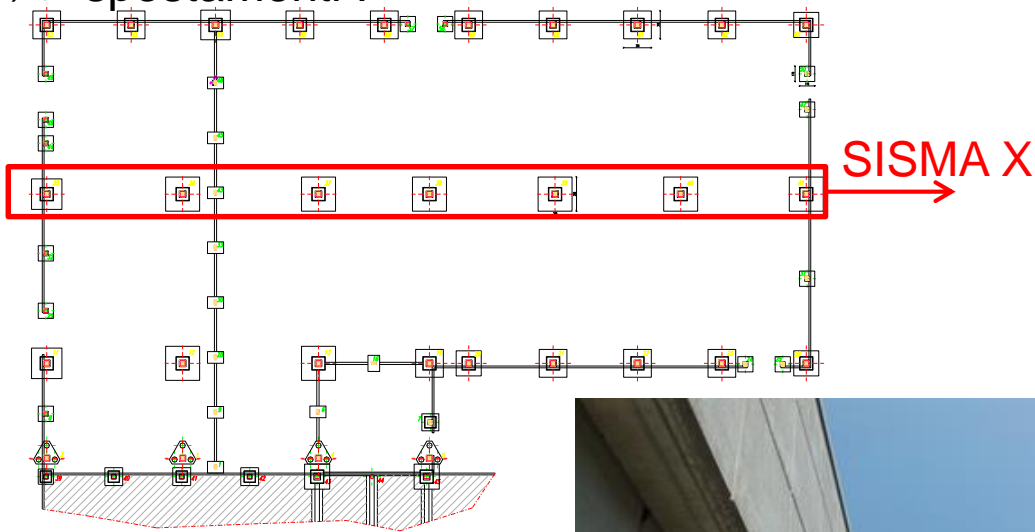
Sezione C-C

Solaio gettato in opera

DANNI DA EVENTO SISMICO - MAGGIO 2012

Pilastrata centrale ha < n° di pilastri => < RIGIDEZZA, > MASSA

=> > spostamenti !

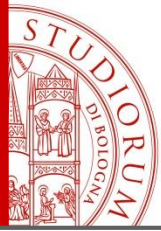


3° LOTTO



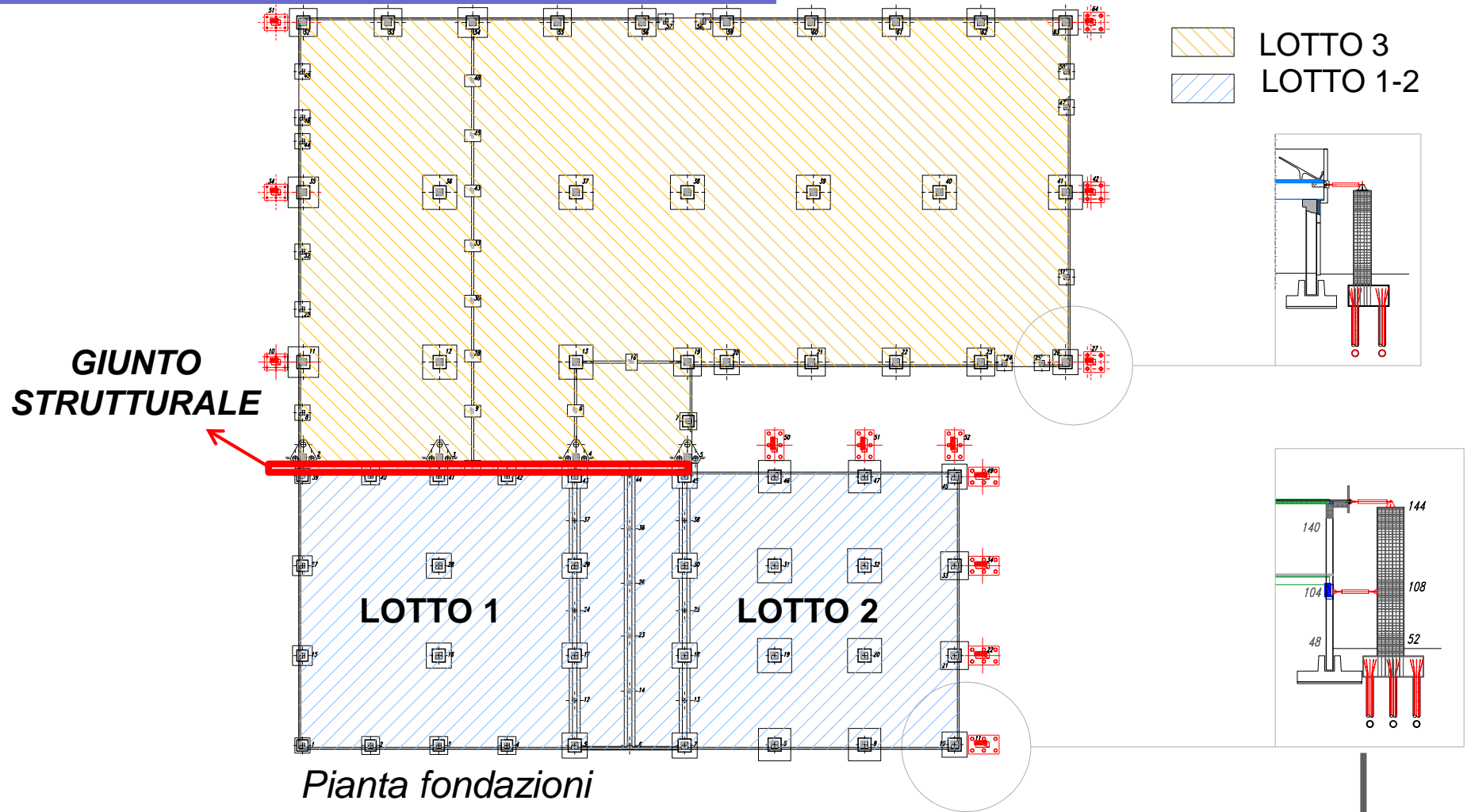
Sbandamento pilastrata centrale => Martellamento trave su pannelli esterni di testata:

danneggiamento e fuoriuscita degli stessi di 3cm circa.



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO: POSIZIONAMENTO DEGLI ELEMENTI SISMORESISTENTI

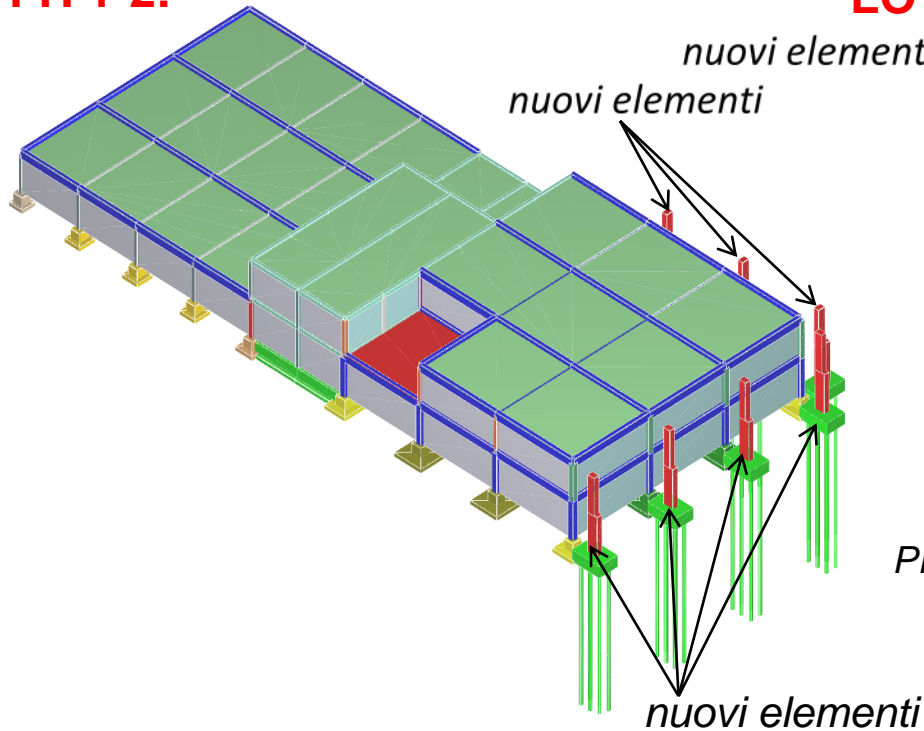
2 PARTI STRUTTURALI INDIPENDENTI:



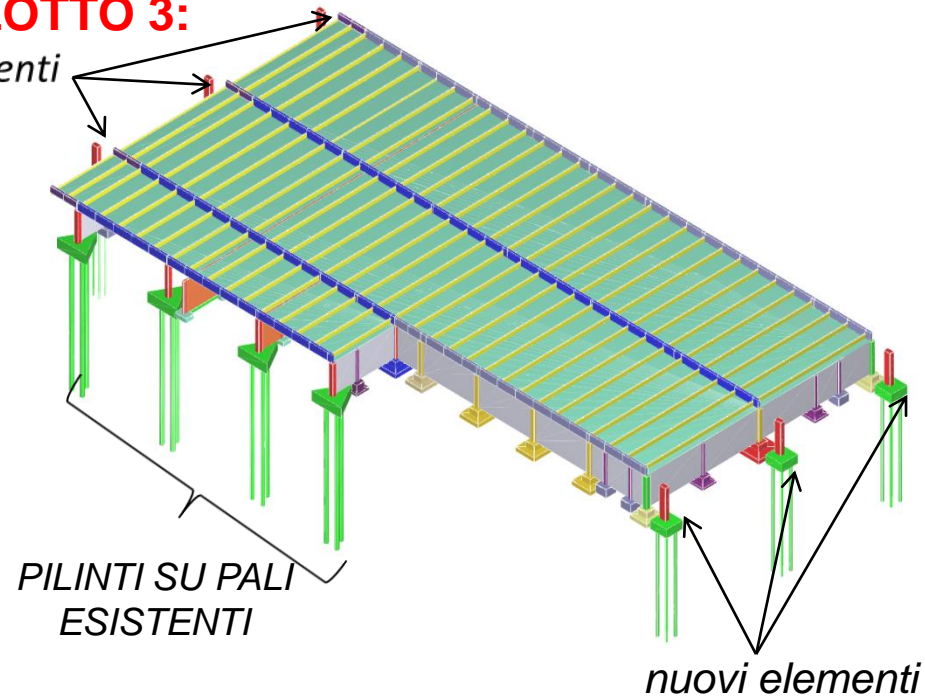
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO: MODELLAZIONE STRUTTURALE

MODELLO TRIDIMENSIONALE STRUTTURA

LOTTO 1-2:



LOTTO 3:

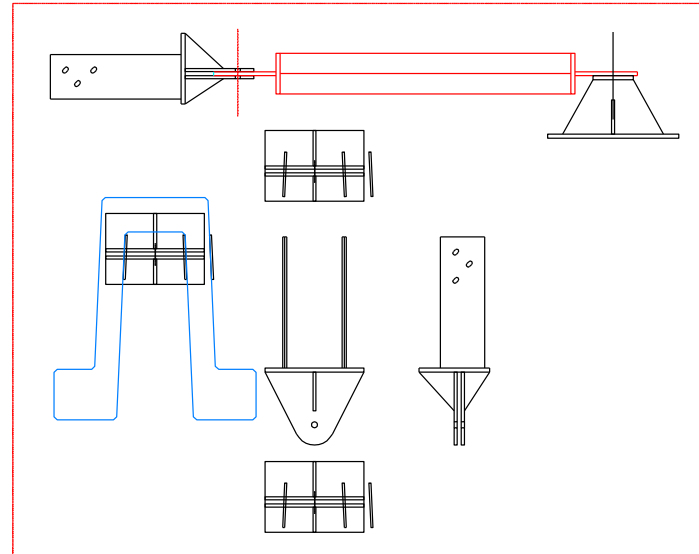
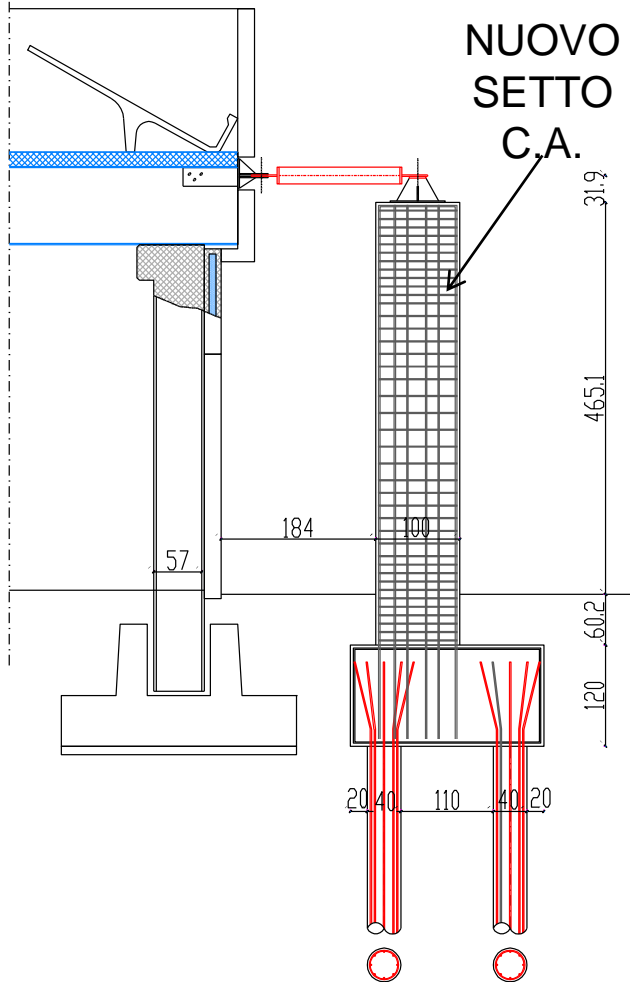


⇒ azioni sismiche assorbite dai nuovi elementi sismo-resistenti ⇒ DISSIPAZIONE E > RIGIDEZZA

Nessun intervento su fondazioni esistenti => soletta in C.A. Di pavimentazione effetto di cerchiatura dei pilastri, le azioni in fondazione non subiscono apprezzabili modifiche.

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO: DISSIPATORE FRONTE SUD LOTTO 3

DISSIPATORI SONO COLLEGATI A SETTI IN C.A. DOTATI DI ELEVATA RIGIDEZZA



**DISSIPATORE
ISTERETICO
TIPO BRAD*
FUNZIONAMENT
O A BIELLA**



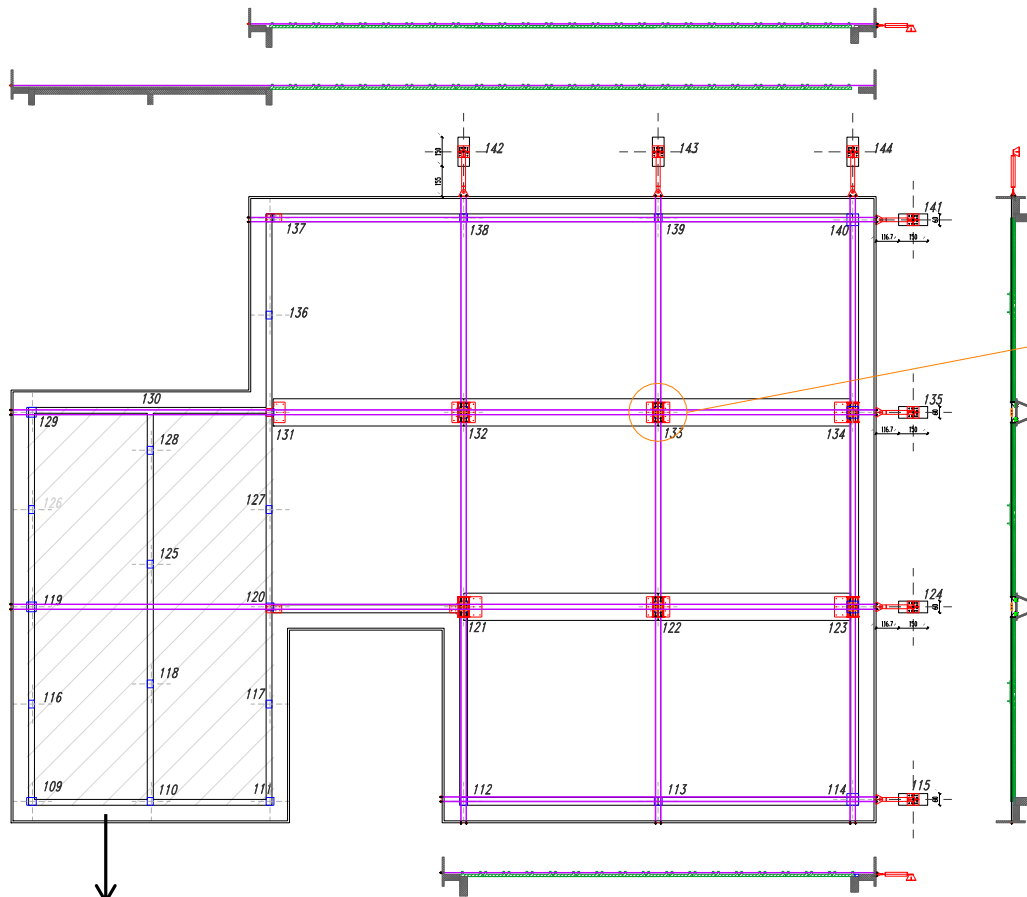
**INCREMENTO LA
CAPACITÀ
DISSIPATIVA
=> SI ABBATTE LO
SPETTRO DI
PROGETTO**

- ⇒ **4 PALI IN C.A. $\phi 40$ cm $L=15$ m**
- ⇒ **PLINTO $2,3 \times 2,8$ m $h=1,2$ m**
- ⇒ **vincolamento molto rigido che non permette rotazioni alla base dei setti in c.a.**

**BRAD => dissipatori isteretici assiali ad instabilità impedita (Buckling Restrained Axial Damper).*

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : SECONDO IMPALCATO LOTTO 1-2:

ELEMENTI SISMO-RESISTENTI CON DISSIPATORI IN
CORRISPONDENZA DI OGNI CAMPATA => direzioni X-X
e Y-Y



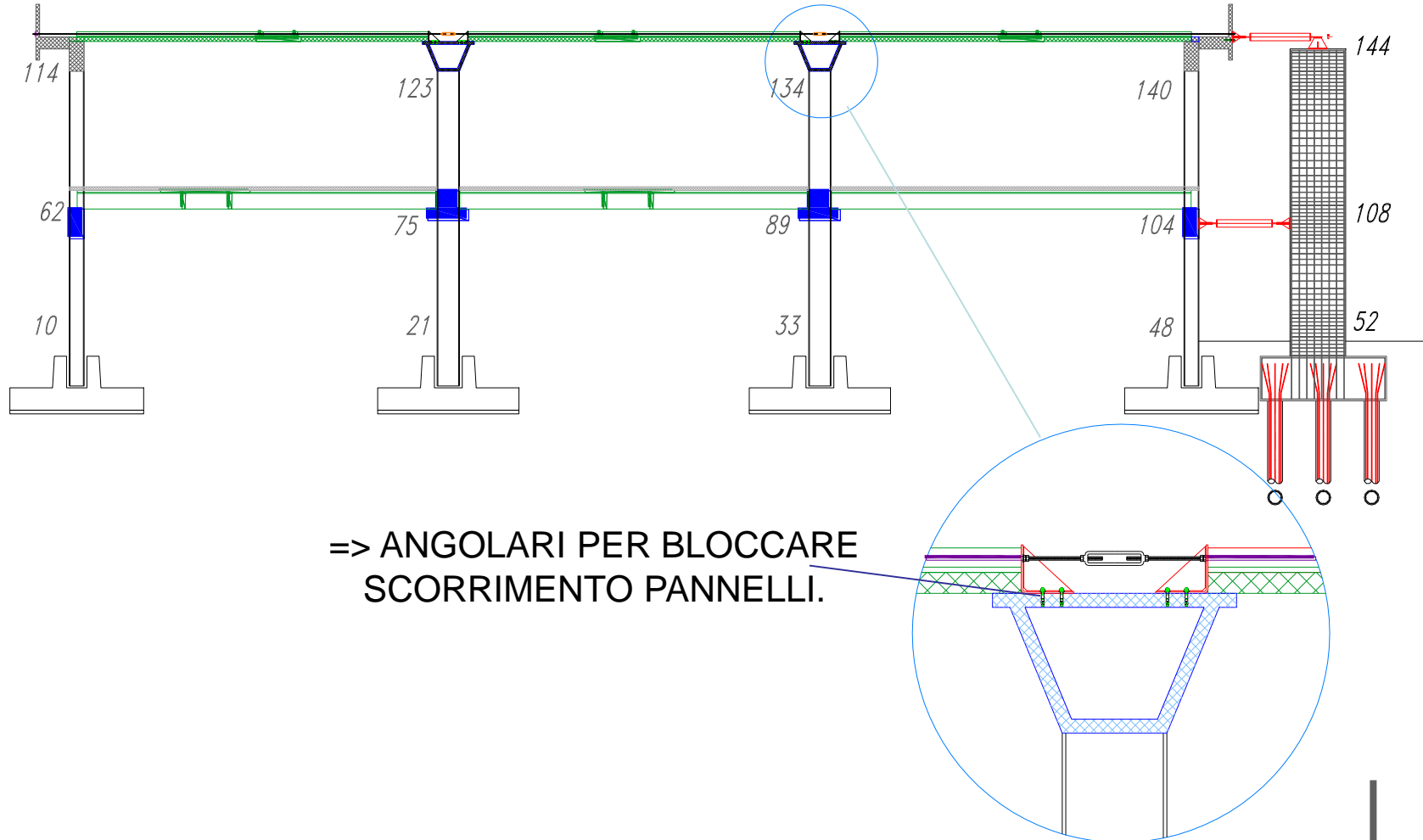
PIASTRA DI
COLLEGAMENTO TRA LE
TRAVI PRINCIPALI

**TIRANTI CON TENDITORI PER
MANTENERE IN FASE LE
ORDITURE PRINCIPALI DEI TELAI
ED EVITARE SPOSTAMENTI
RELATIVI TRA DI ESSI.**

SOLAIO GETTATO IN OPERA

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO: LOTTO 2

DIREZIONE Y-Y



=> ANGOLARI PER BLOCCARE
SCORRIMENTO PANNELLI.

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO :



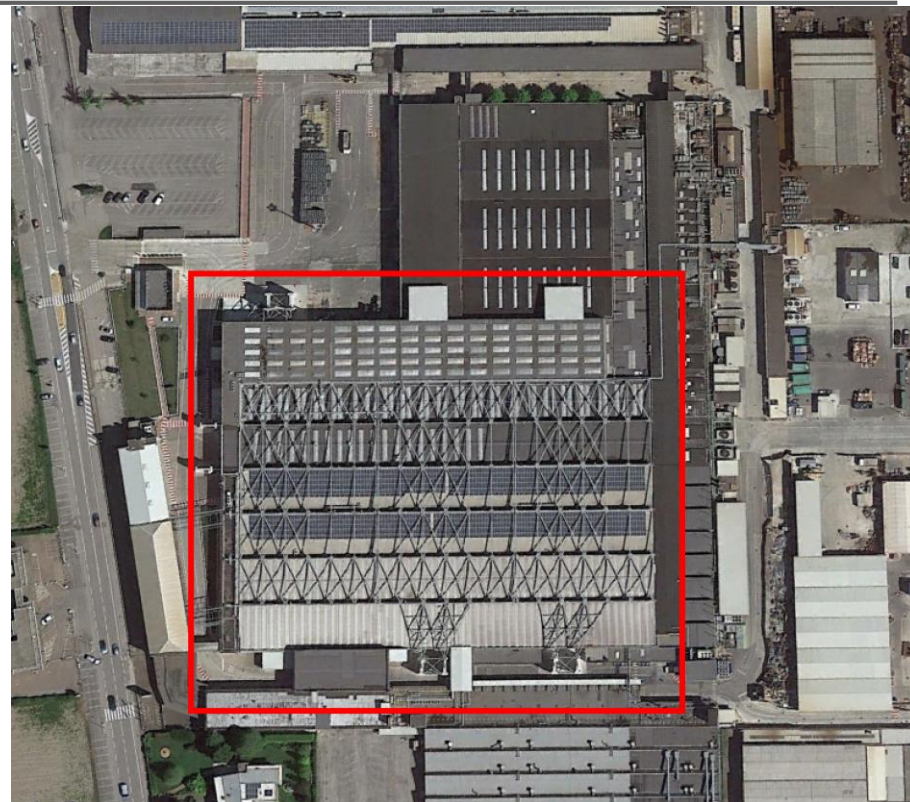
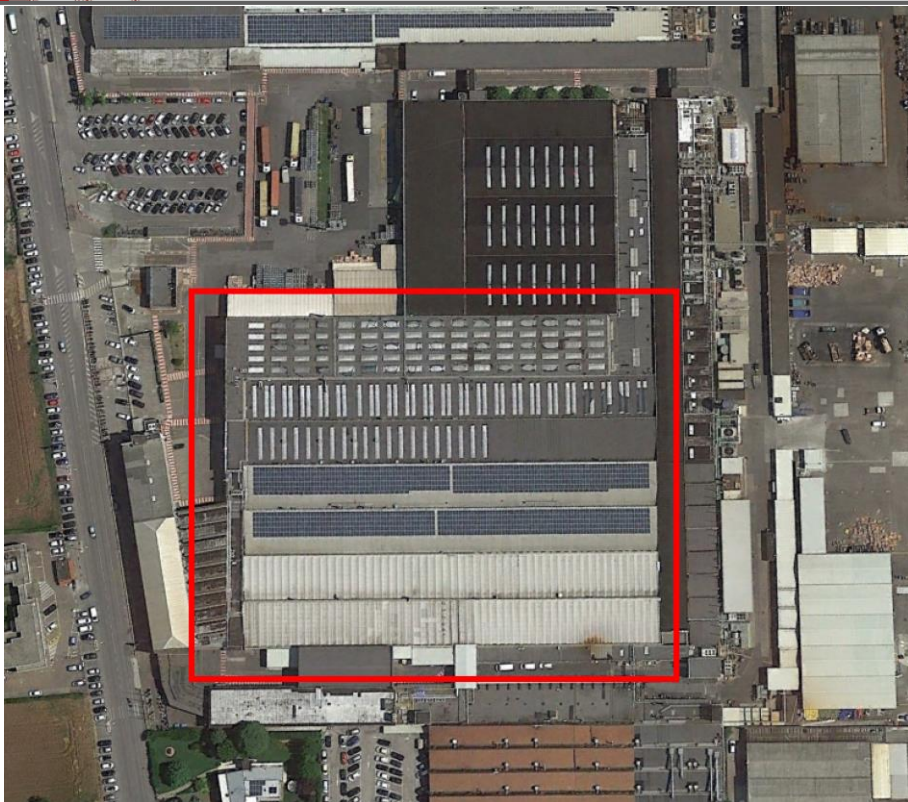


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO :



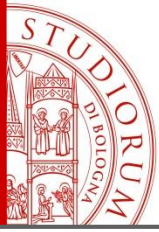
Intervento di miglioramento sismico di un edificio ad uso produttivo

Edificio produttivo sito a Cento (FE)



Vista satellitare PRE e POST intervento

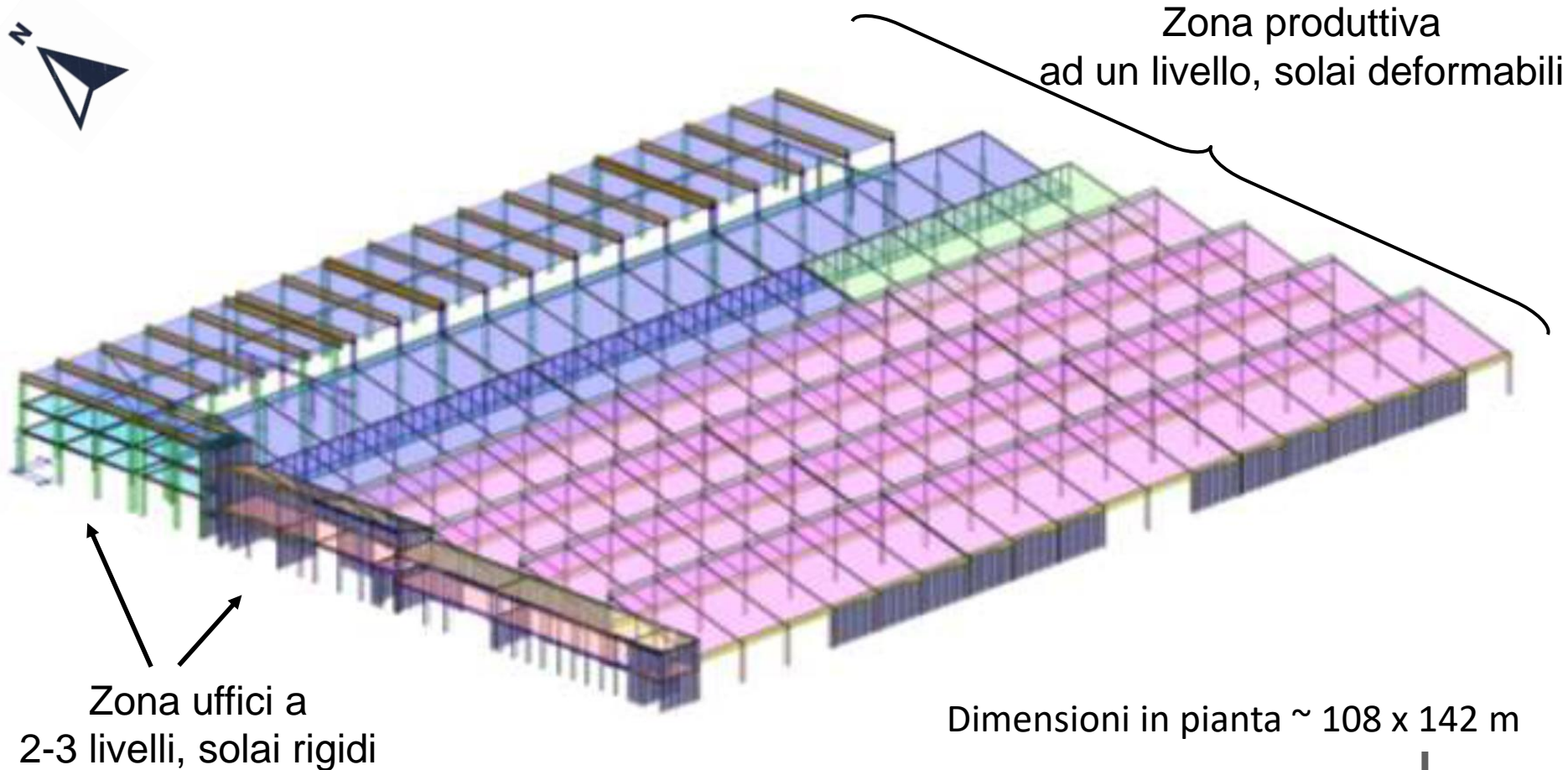
Progetto strutturale: Ing. Maurizio Trizzino
Consulenza strutturale: Prof. Marco Savoia



STATO DI FATTO: modello tridimensionale della struttura

Edificio realizzato per ampliamenti successivi:

Epoche, materiali e tecniche realizzative diverse e realizzato IN CONTINUITA' STRUTTURALE.



Zona produttiva
ad un livello, solai deformabili

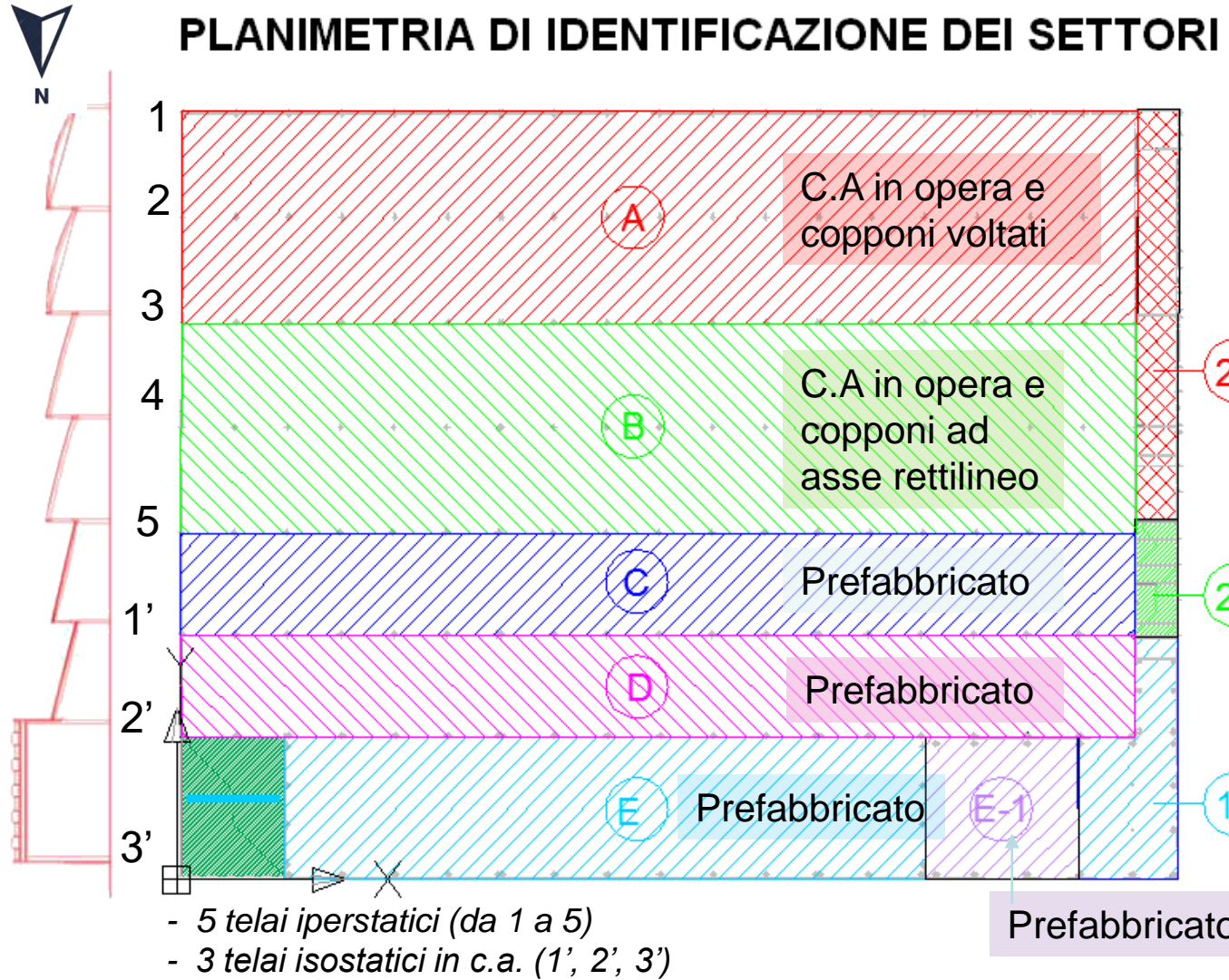
Zona uffici a
2-3 livelli, solai rigidi

Dimensioni in pianta ~ 108 x 142 m



STATO DI FATTO: Pianta e sezione Nord -Sud

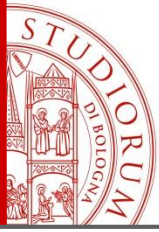
PLANIMETRIA DI IDENTIFICAZIONE DEI SETTORI



ZONA PRODUTTIVA:
Ordine realizzazione va da corpo A a corpo E, E1.
≠tecnologie
Continuità strutturale.

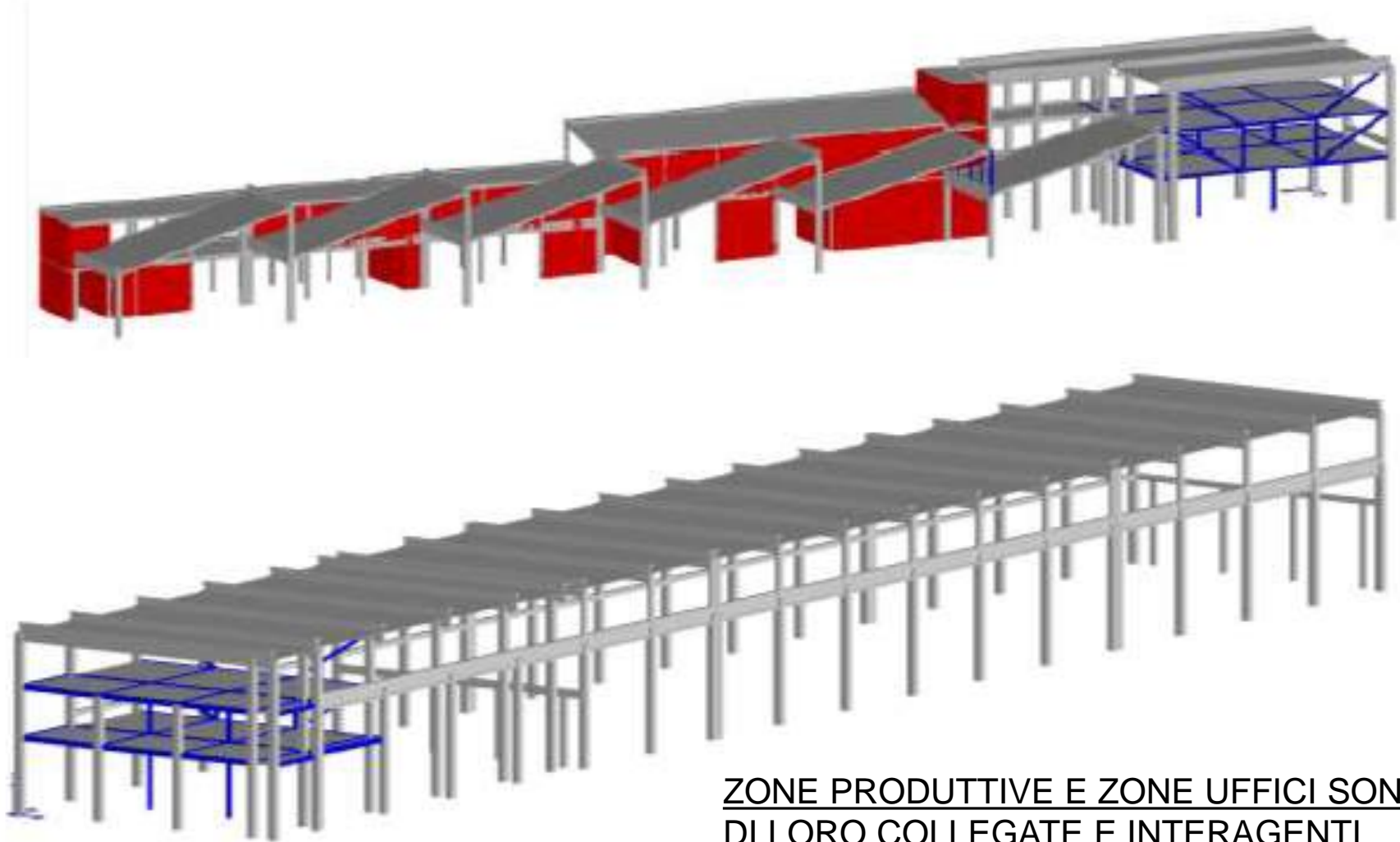
UFFICI fronte ovest:
≠epoche e ≠tecnologie:

- Muratura;
- Miste c.a.-muratura;
- Miste c.a. in opera e c.a pref.



STATO DI FATTO:

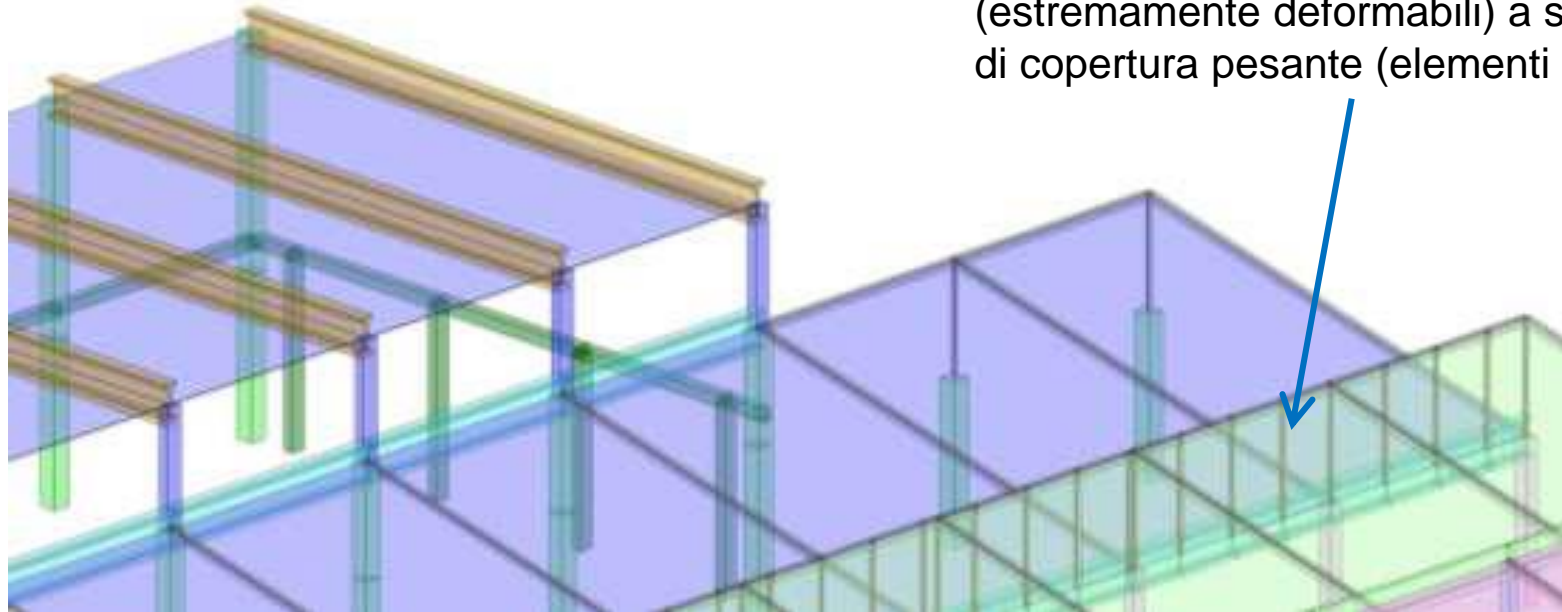
Spaccati che evidenziano interazioni zona produzione – uffici e irregolarità strutturale



ZONE PRODUTTIVE E ZONE UFFICI SONO TRA LORO COLLEGATE E INTERAGENTI

STATO DI FATTO:

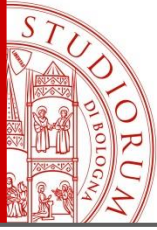
Spaccati che evidenziano presenza di pilastrini esili in acciaio e di pilastri tozzi



Pilastrini in acciaio a sezione ridotta (estremamente deformabili) a sostegno di copertura pesante (elementi biella).



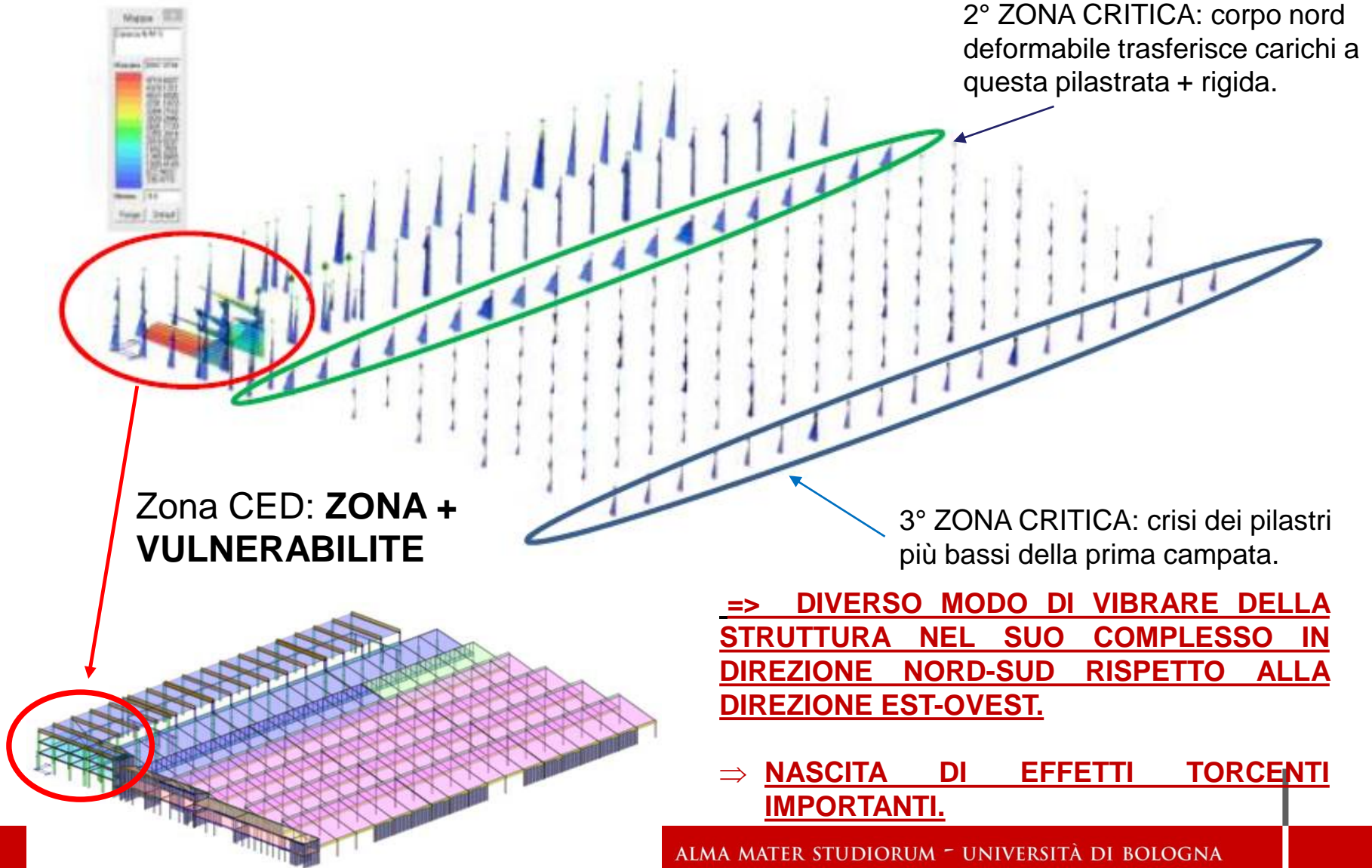
Pilastrini in c.a. con sezione ridotta nella parte superiore=> PILASTRO TOZZO

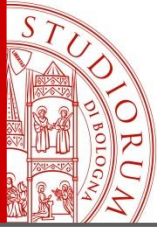


CRITICITA' STRUTTURALI

- 1. IRREGOLARITÀ IN PIANTA** (diversa sezione pilastri e diversa luce campate);
- 2. IRREGOLARITÀ IN ALTEZZA** (piani sfalsati e diverse masse e rigidzze);
- 3. DIVERSE TECNOLOGIE COSTRUTTIVE REALIZZATE IN CONTINUITÀ:** prefabbricate, c.a. in opera, metalliche, miste, muratura (senza comportamento scatolare);
- 4. PRESENZA DI GIUNTI FREDDI IN SENSO NORD – SUD =>** problema martellamento;
- 5. PILASTRI IN CLS DEBOLMENTE ARMATI CON ELEVATO SFORZO NORMALE** (rischio rotture fragili);
- 6. PRESENZA DI PILASTRI ESILI IN ACCIAIO IN CONTINUITÀ CON ZONE RIGIDE;**
- 7. PRESENZA PILASTRI TOZZI;**
- 8. NASCITA DI CATENE CINEMATICHE CAUSATE DA RIGIDZZE DIFFERENTI DEGLI ELEMENTI TRA LORO COLLEGATI;**
- 9. SOLAI UFFICI CON TRAVETTI GETTATI IN OPERA SENZA RETE ELETTROSALDATA;**
- 10. ASSENZA DI COLLEGAMENTI** (travi- copponi, travi pilastri).

CRITICITA' STRUTTURALI





STRATEGIA PROGETTUALE

Per **Ordinanza n. 57/2012 della regione Emilia-Romagna** tipo di danneggiamento rientra nella **tabella A, lettera C => DANNO LEGGERO**

⇒ *DOPO FASE 1 si è deciso di intervenire un miglioramento sismico al 60% dell'azione prevista per le nuove costruzioni*

FASE I: PRIMA MESSA IN SICUREZZA PARZIALE

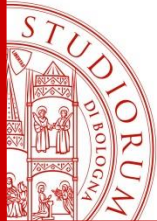
FASE II: INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO.

Ipotesi progettuali:

$$\alpha^i = 17\% \rightarrow \alpha^f = 62\%$$

- **INTERVENIRE PRINCIPALMENTE DALL'ESTERNO** => evitare spostamento linee produttive.
- **SFRUTTARE AL MASSIMO LA RESISTENZA DELLA STRUTTURA ESISTENTE;**
- **SFRUTTARE IL CONTRIBUTO RESISTENTE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI IN C.A. DI NOTEVOLE SPESSORE E FORTEMENTE ARMATE;**
- **LIMITARE GLI SPOSTAMENTI RELATIVI TRA LE VARIE PORZIONI STRUTTURALI, AL FINE DI EVITARE IL DANNEGGIAMENTO DELLA STRUTTURA PIÙ VULNERABILE E RIGIDA**

⇒ **SPOSTAMENTO DI PROGETTO AMMISSIBILE FISSATO NELL'ORDINE DEL 1,2 CM.**

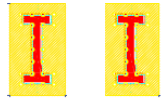
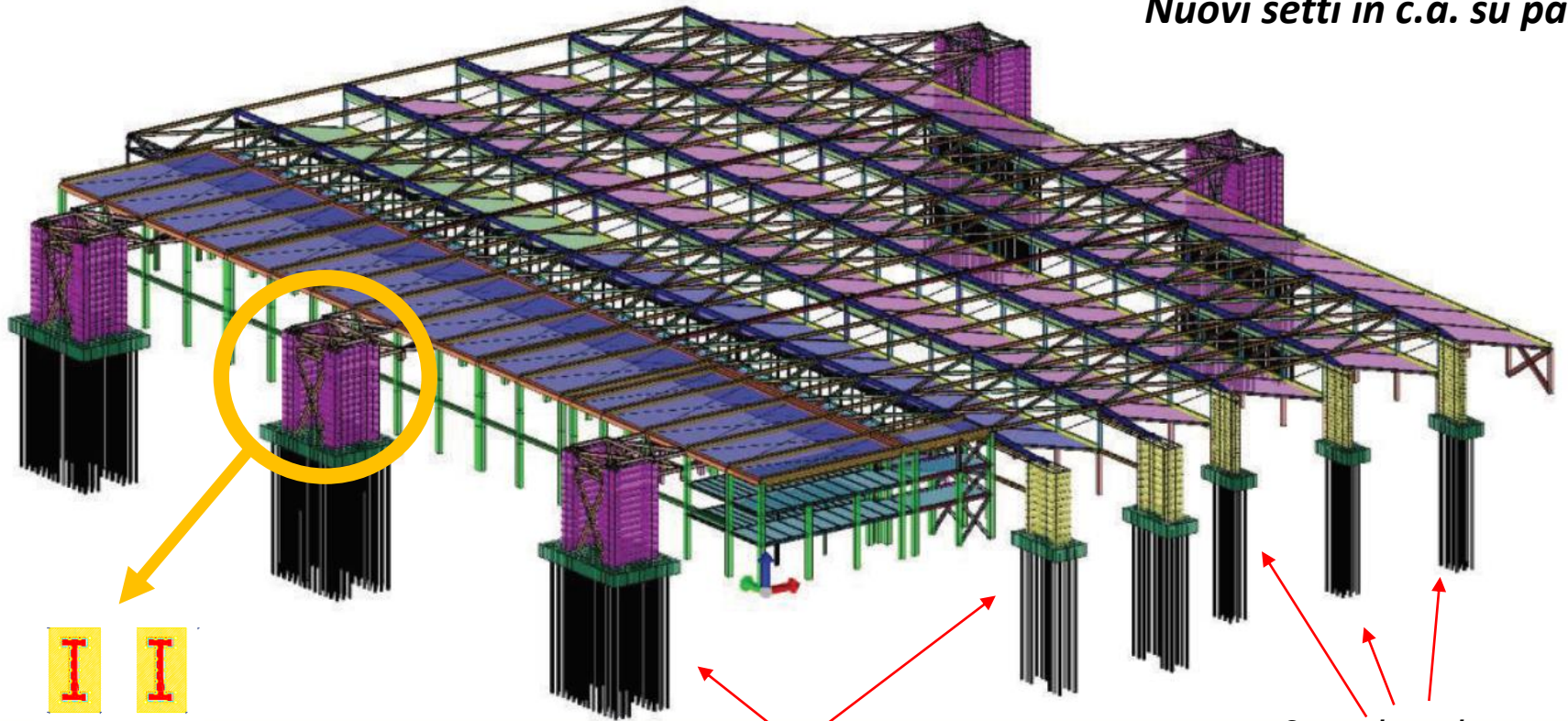


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : SOLUZIONE PROGETTUALE

- ✓ **Reticolare di copertura** composta da 3 travi principali in direzione Nord-Sud ed una secondaria in direzione Est-Ovest, che collega tutti i pilastri in sommità.
- ✓ **5 coppie di Setti in c.a. precompressi ad "H"** di dimensione 5*2m posti sul lato Nord e Sud, con funzione di pareti a taglio e di appoggio alla reticolare principale metallica. Tali strutture sono fondate su **plinti con pali** di 25m;
- ✓ **3 Setti in c.a. ad "I" interni agli uffici e 2 ad "H" esterni fondati su pali** di 25m di lunghezza. Tali setti avranno una dimensione di 5m e saranno posizionati sul lato Ovest
- ✓ **Controventi metallici di copertura e di parete ad «X»** interni alla zona del capannone più alta connessa alla zona CED

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : MODELLAZIONE STRUTTURALE

Nuovi setti in c.a. su pali



*setti sezione ad h
5X2 m*

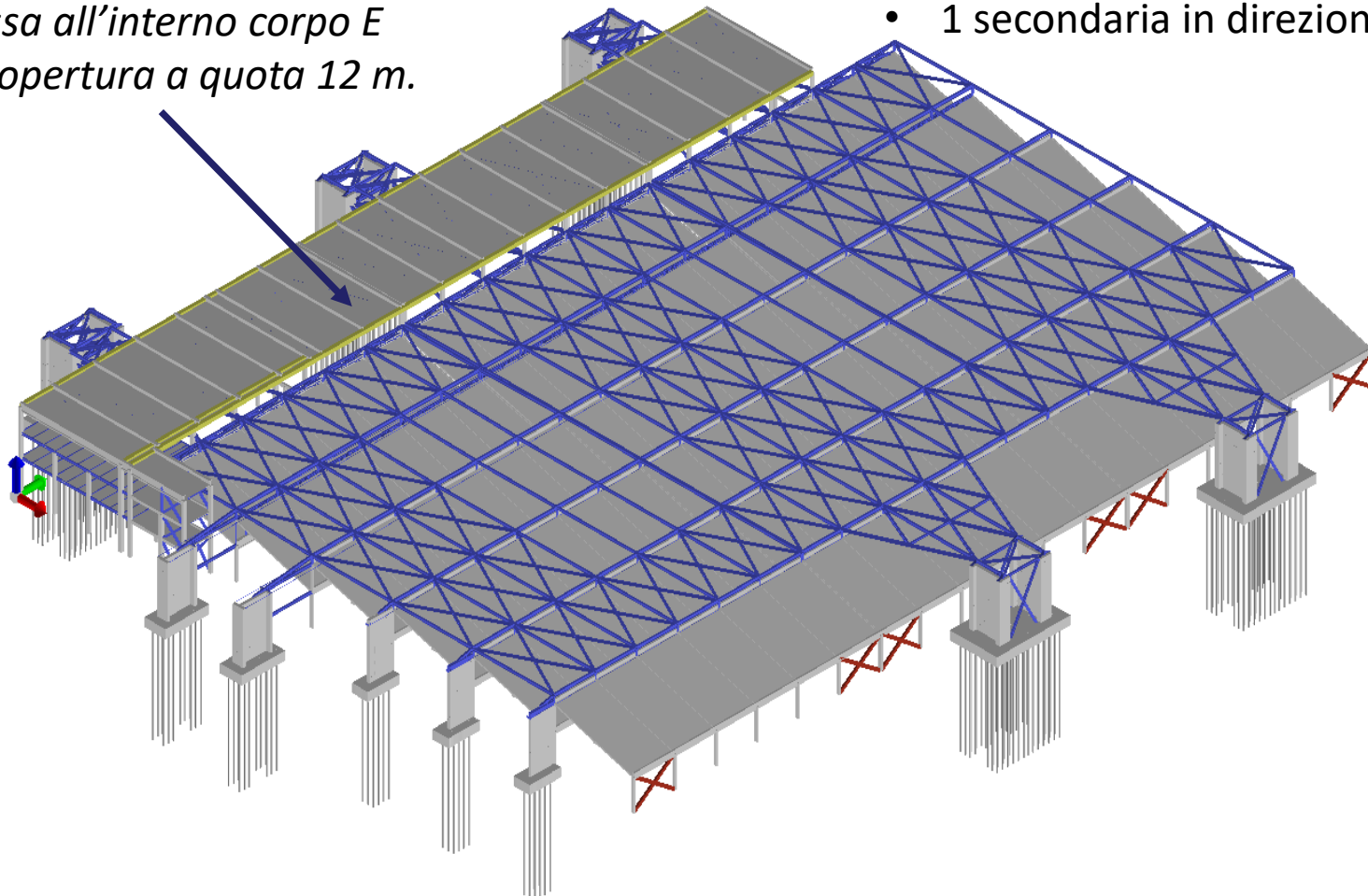
Pali trivellati $\Phi 25$ cm l=25 m

*3 setti sezione a I
Interni alla zona uffici.*

Nessun intervento su fondazioni esistenti => soletta in C.A. di pavimentazione (s=20-25 cm)
=> conferisce vincolo di incastro al piede irrigidendo la struttura.

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : MODELLAZIONE STRUTTURALE

*Reticolare di copertura
passa all'interno corpo E
con copertura a quota 12 m.*

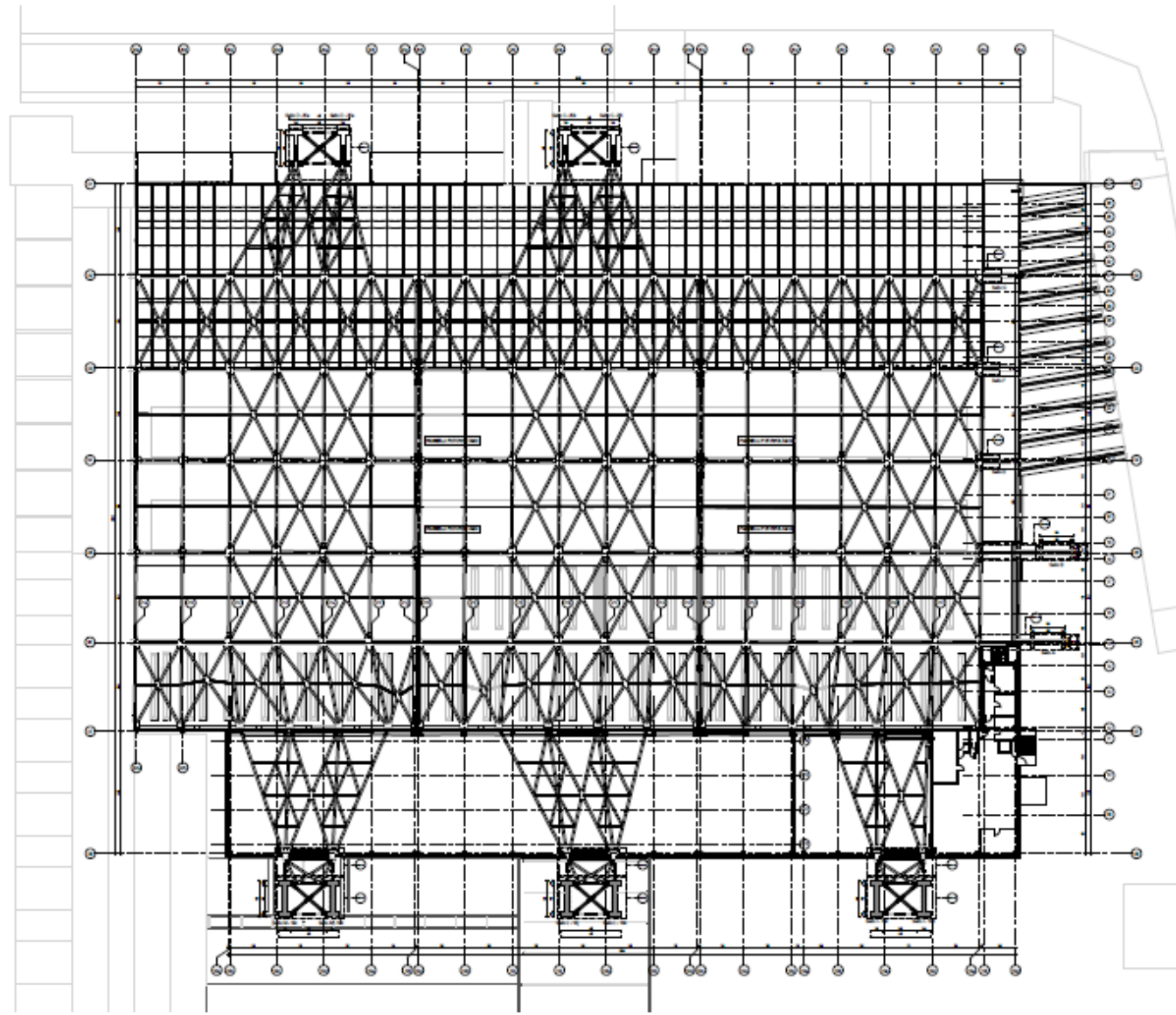


Reticolare di copertura a quota 8,9 m:

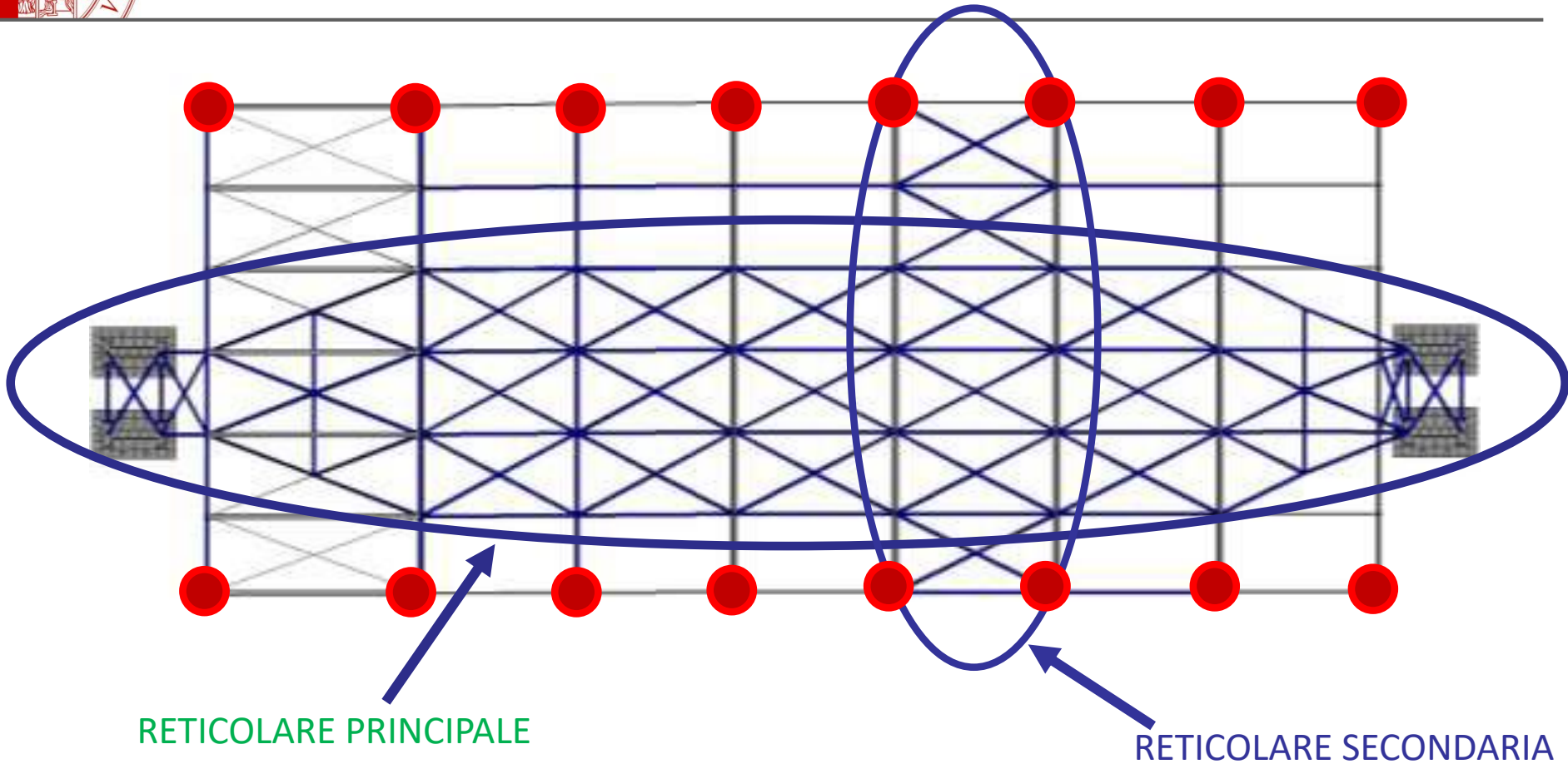
- 3 travi principali in direzione Nord-Sud
- 1 secondaria in direzione Est-Ovest.



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : PIANTA COPERTURA – QUOTA 9,85 m



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : MODELLAZIONE STRUTTURALE

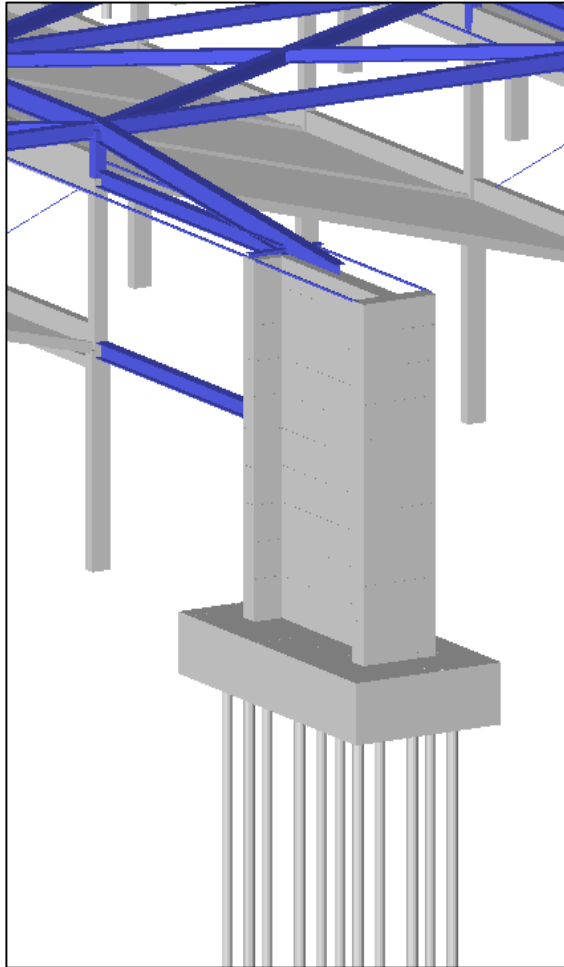


Tra le reticolari minori, al fine di conservare il giunto della struttura esistente, è stato inserito un giunto a taglio per rendere così collaboranti le tre strutture reticolari minori.

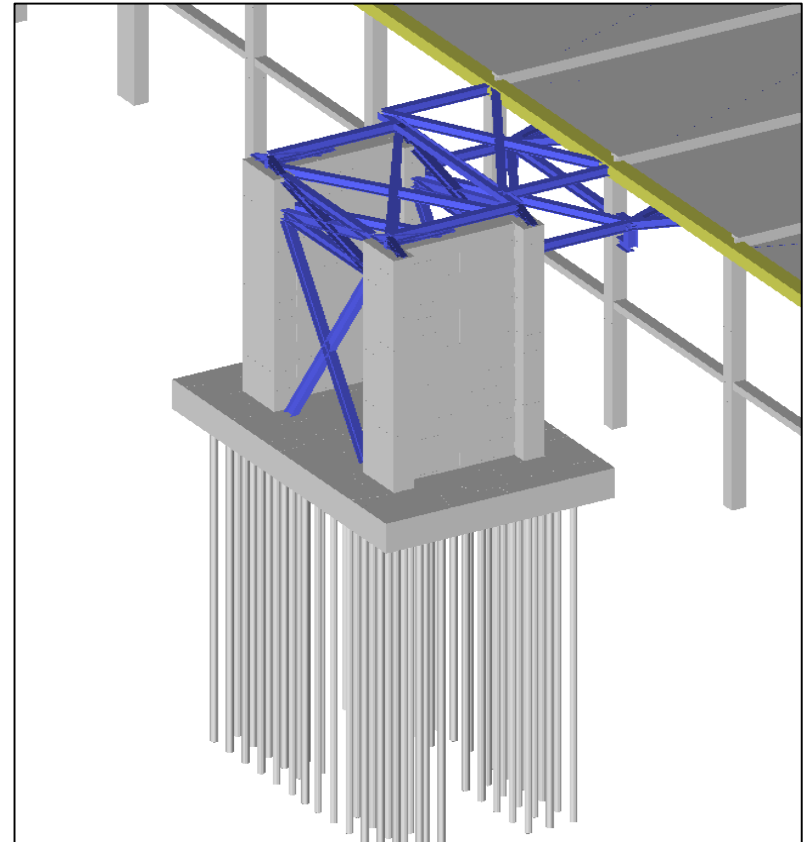
I pallini rossi sono i vincoli a cerniera realizzanti il giunto a taglio.

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : MODELLAZIONE STRUTTURALE

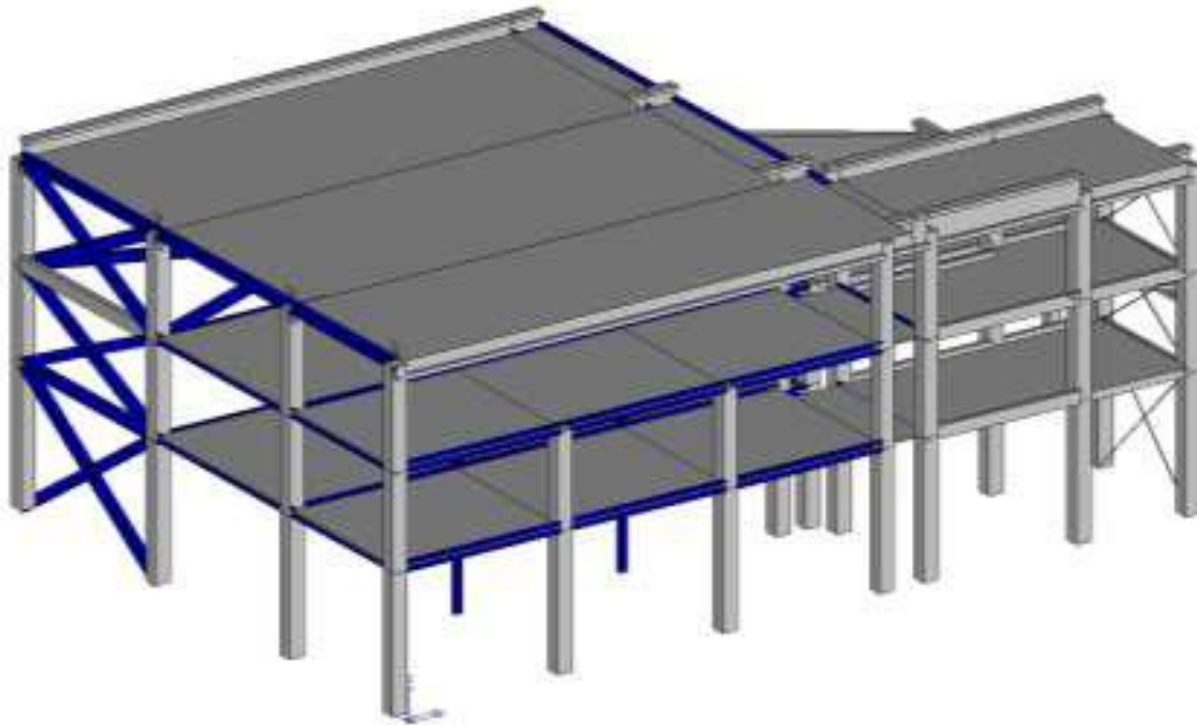
*Collegamento setti ad I con reticolare
secondaria di copertura*



*Collegamento setti ad H con reticolare
principale di copertura*



Controventi metallici di parete ad «X»

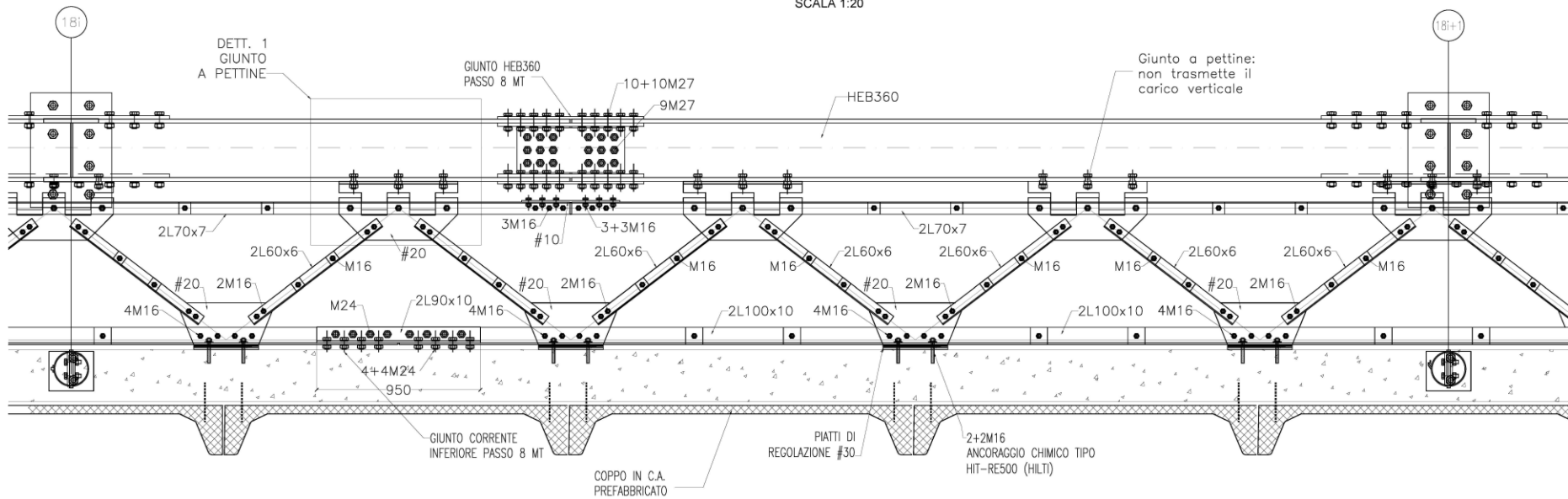


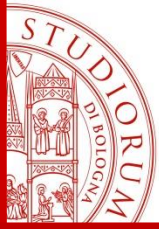
La zona C.E.D. a destinazione uffici è stata realizzata originariamente con travi metalliche fissate ai pilastri e ai muri portanti dei 4 corpi dell'area produttiva adiacente.

Non potendo creare giunto strutturale => inseriti controventi ad «X»

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Maglia tipica trave reticolare

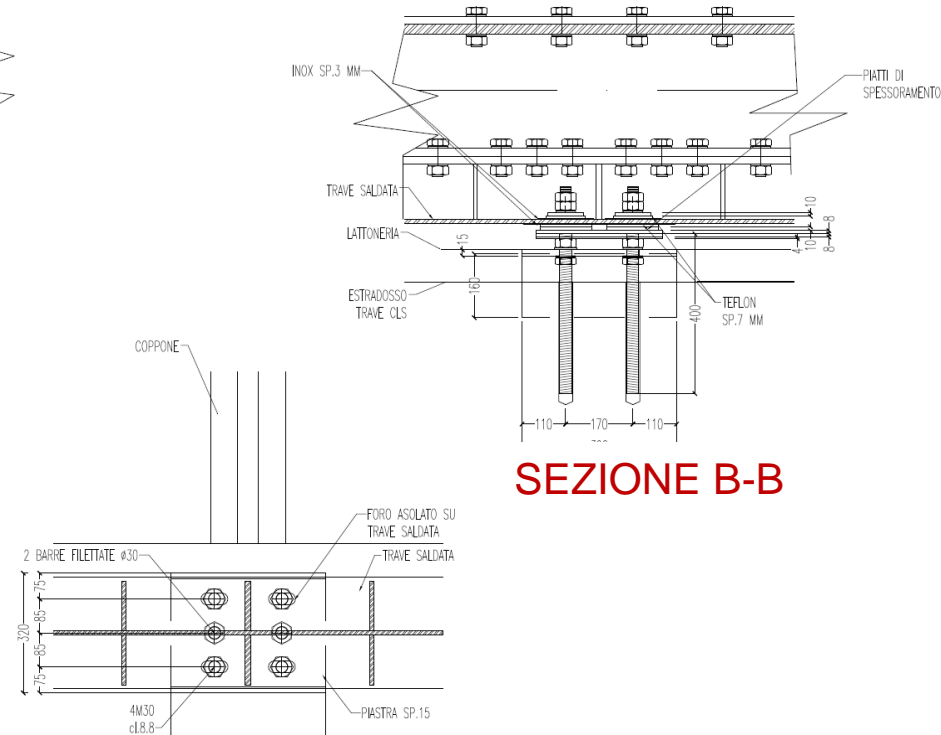
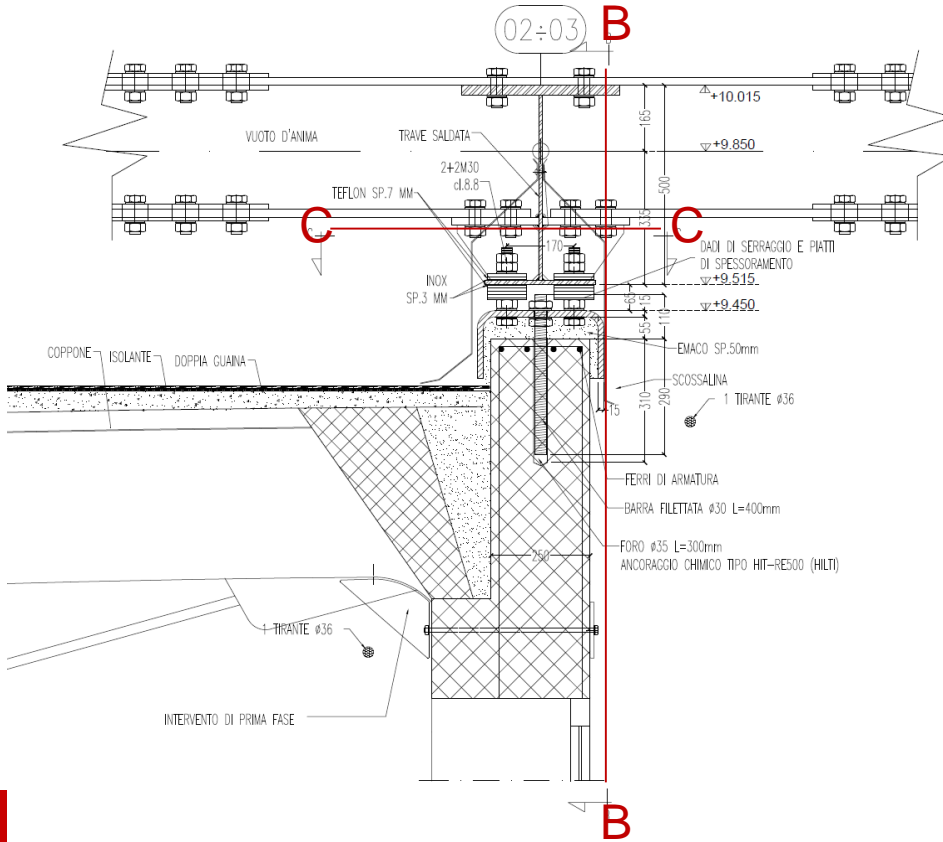
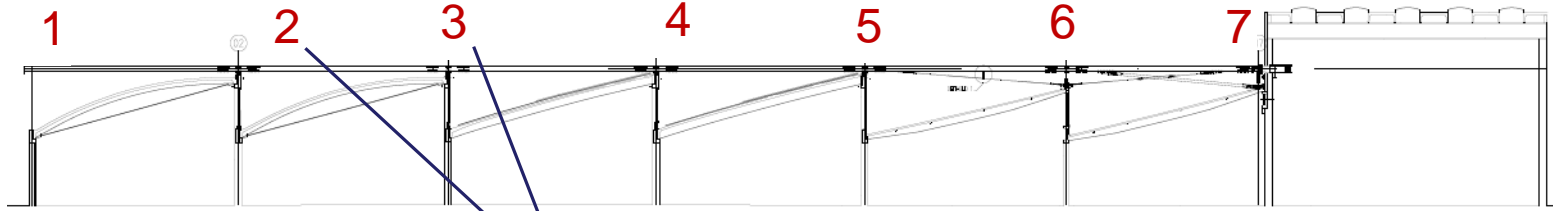
Maglia tipica trave reticolare filo 7
SCALA 1:20





INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Connessione tra trave in cls e struttura in acciaio – fili 2/3

Sezione longitudinale

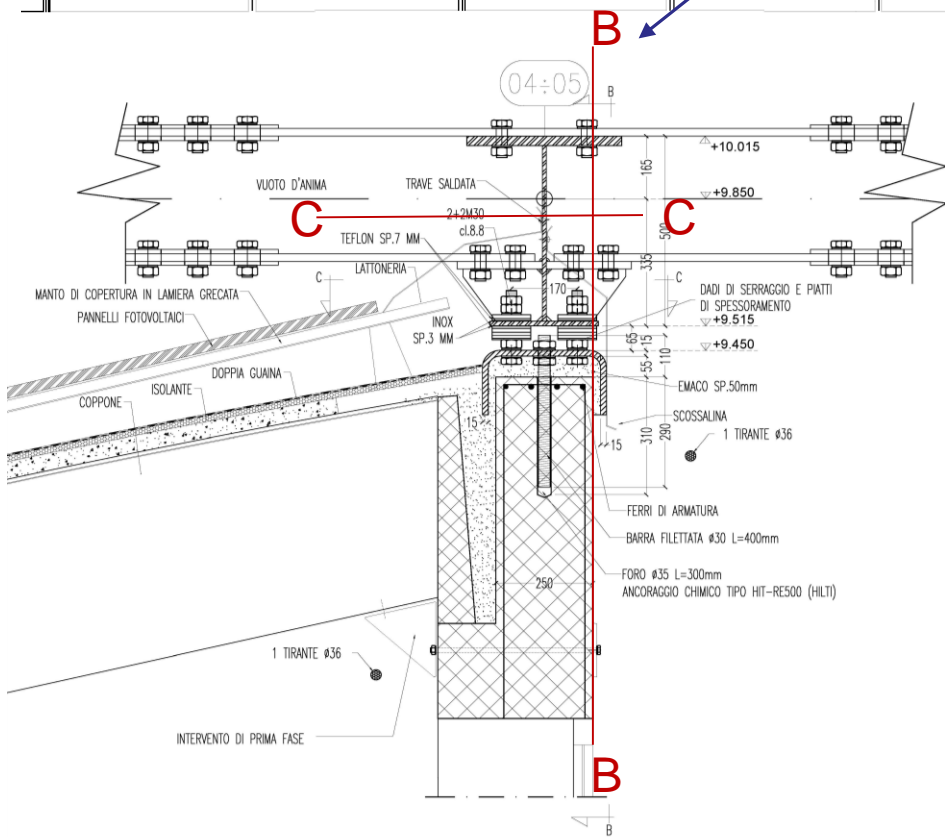
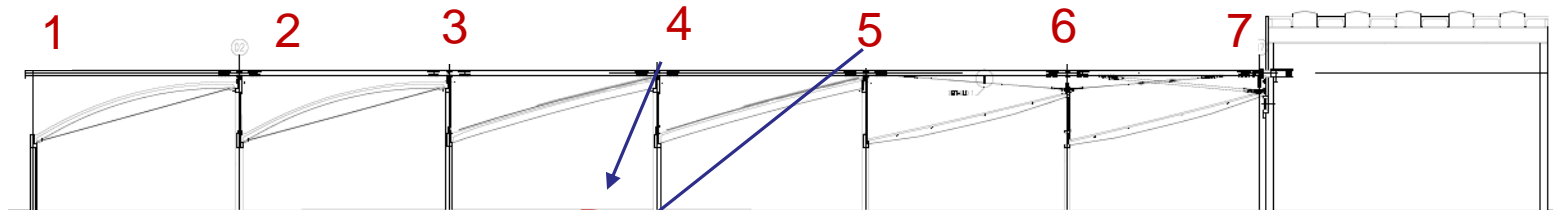


SEZIONE B-B

SEZIONE C-C

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Connessione tra trave in cls e struttura in acciaio – fili 4/5

Sezione longitudinale



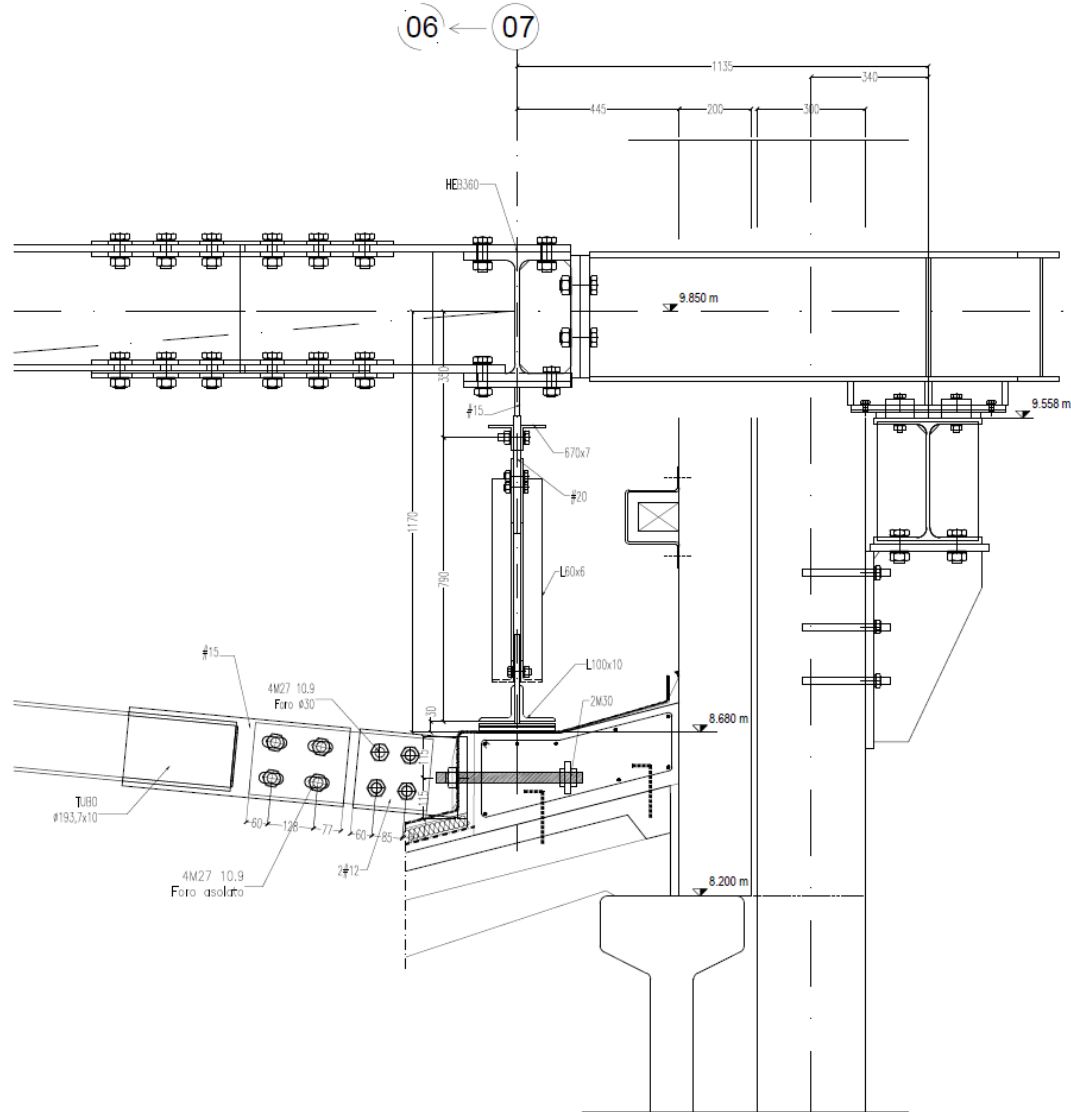
SEZIONE B-B

SEZIONE B-B

SEZIONE C-C

SEZIONE C-C

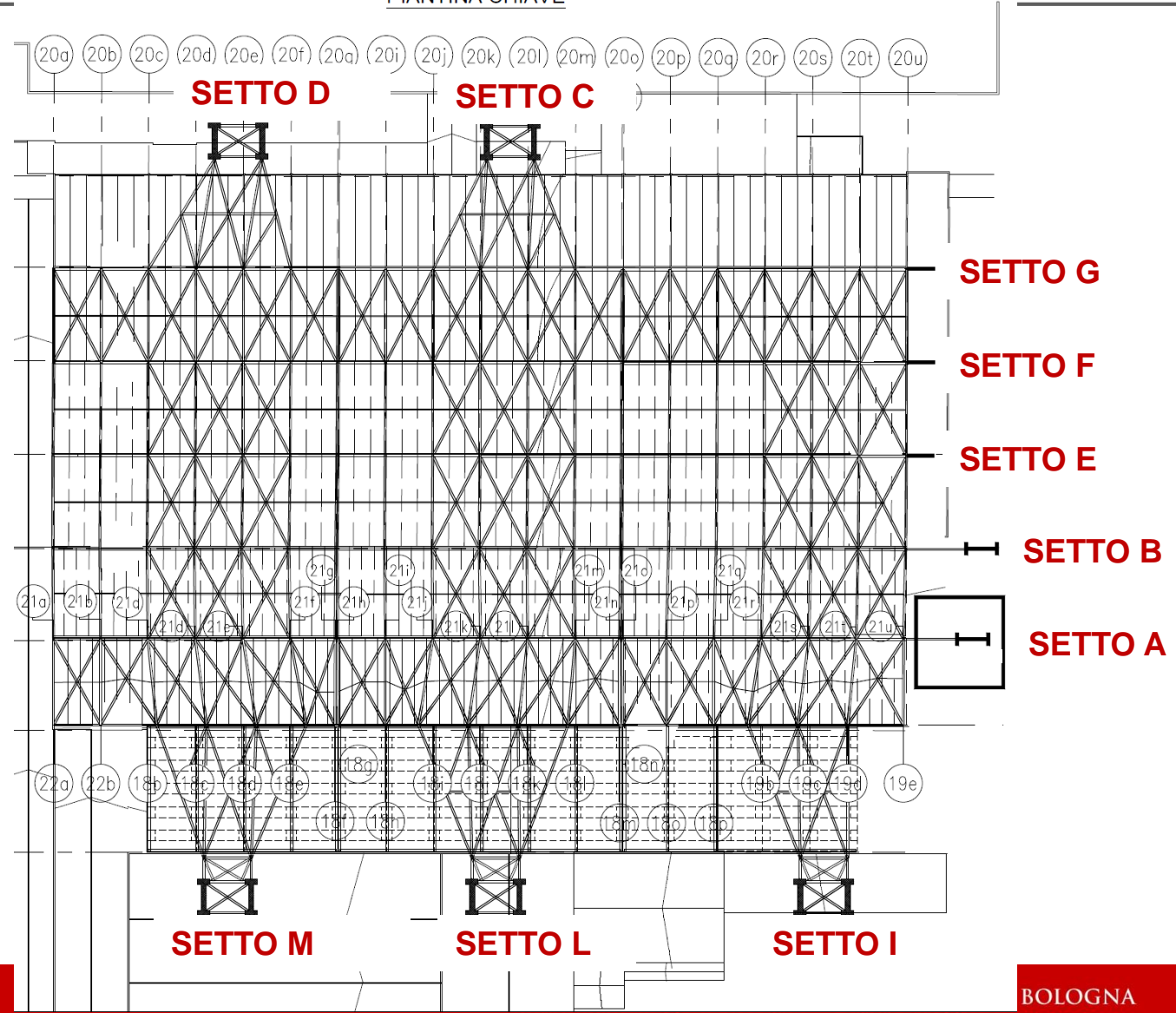
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Connessione tra trave in cls e trave saldata (filo 7)

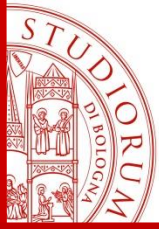




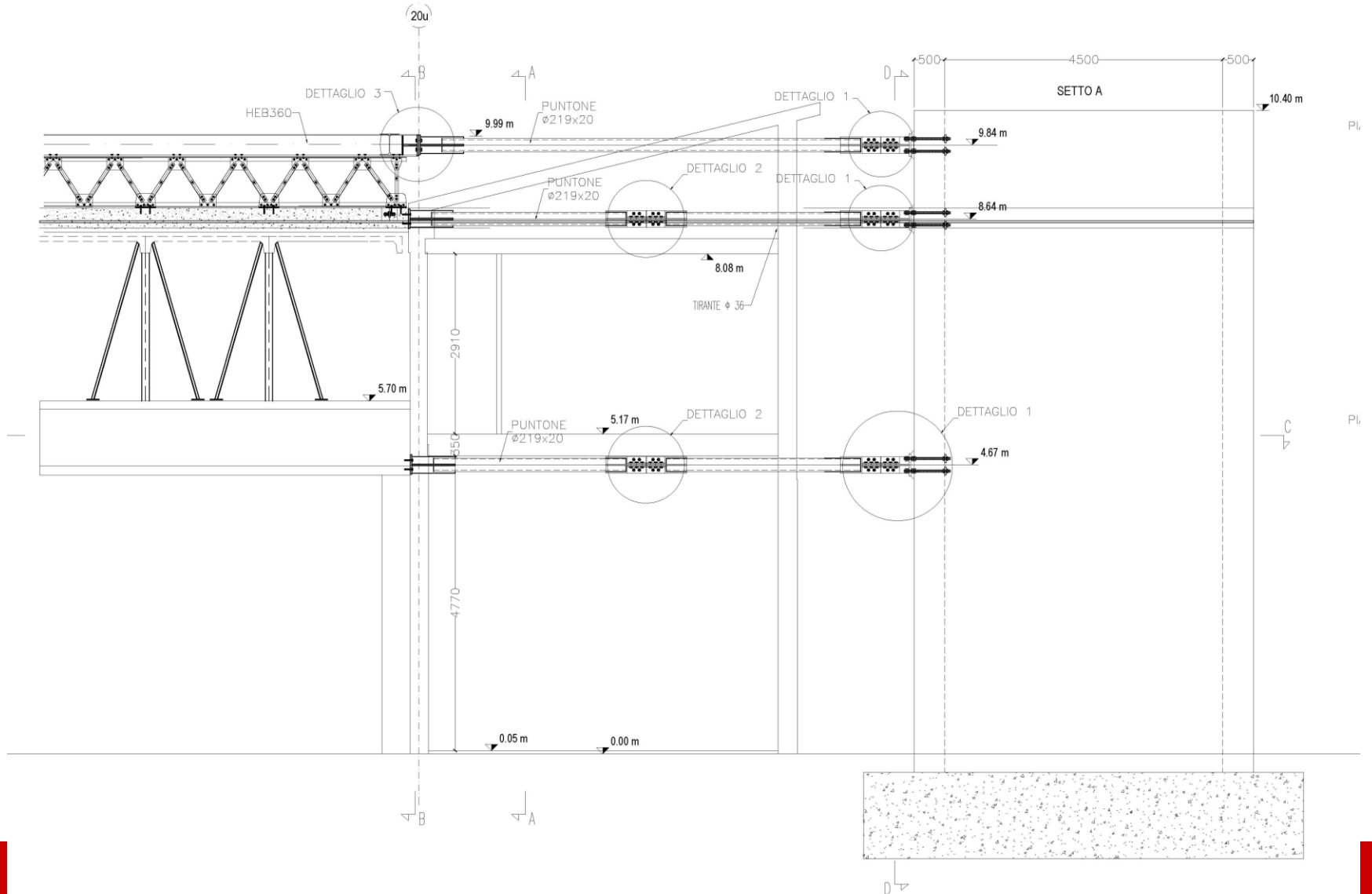
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : PIANTA CHIAVE – NOMI DEI SETTI

PIANTINA CHIAVE



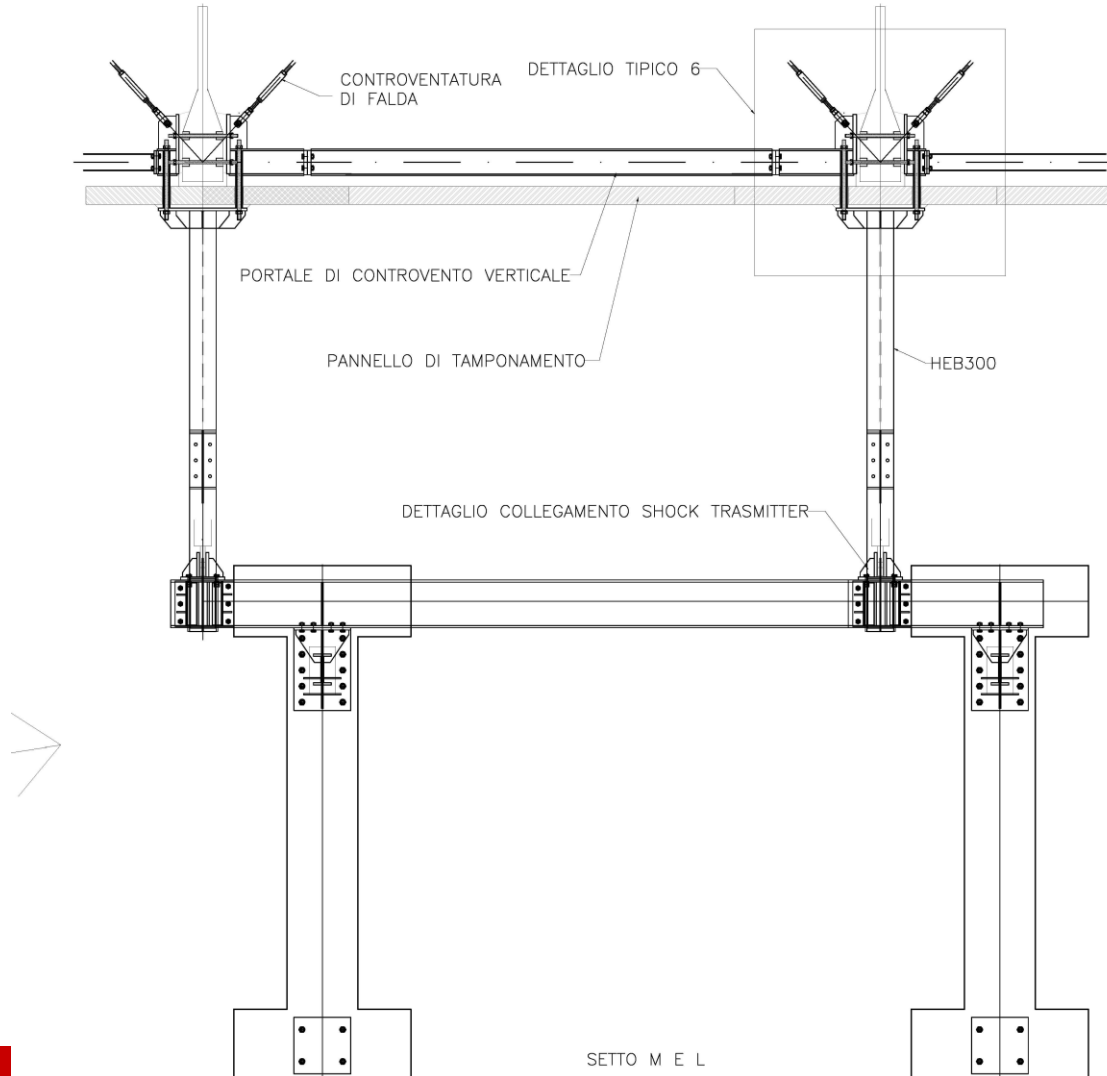


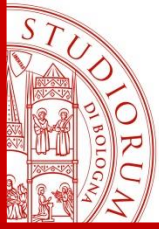
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Connessione puntone – **Setto A**



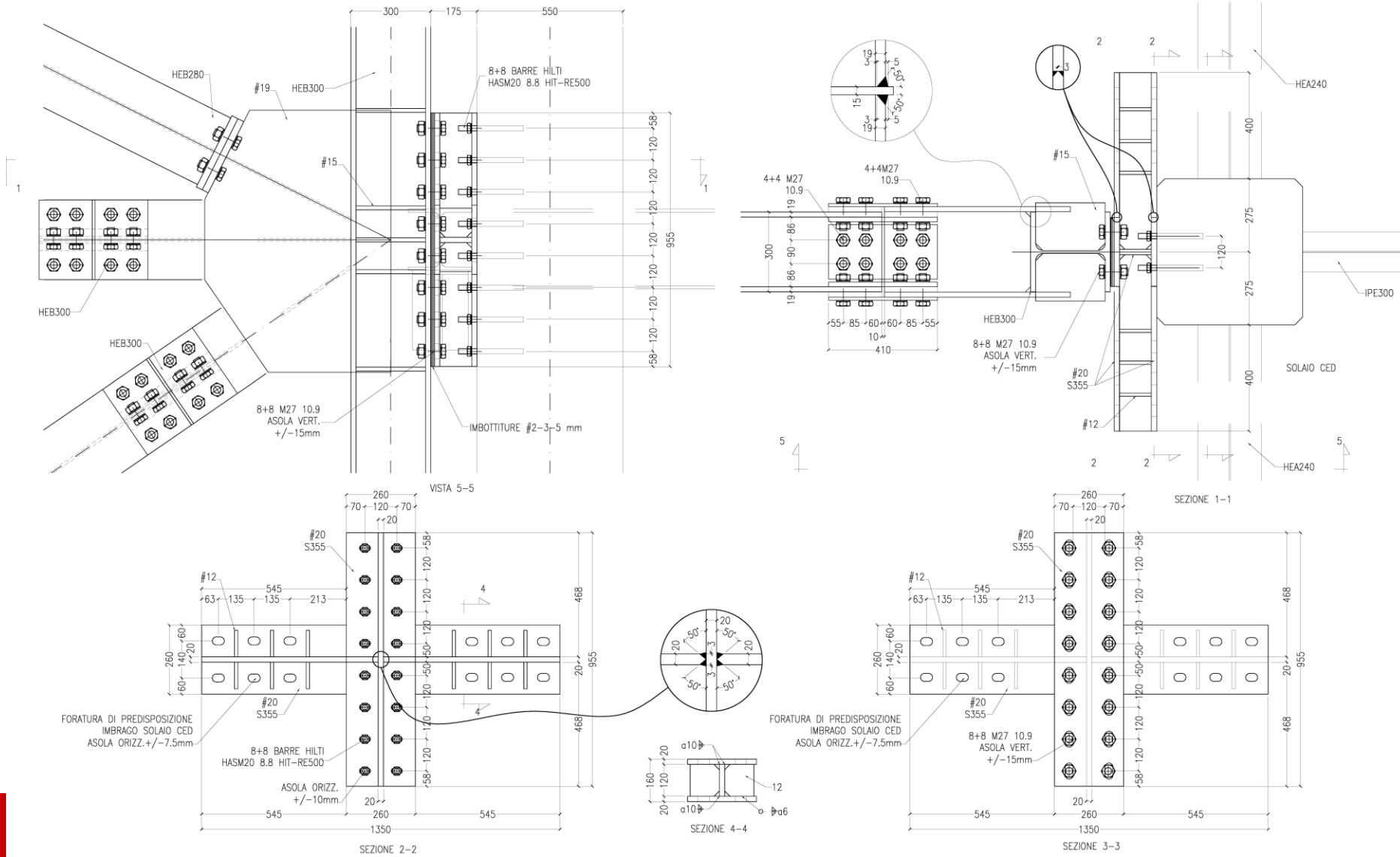
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Collegamento ai shock transmitter – **setti M e L**

DETTAGLIO COLLEGAMENTO AI SHOCK TRANSMITTER A QUOTA 12.75 MT – PICCHETTO 8

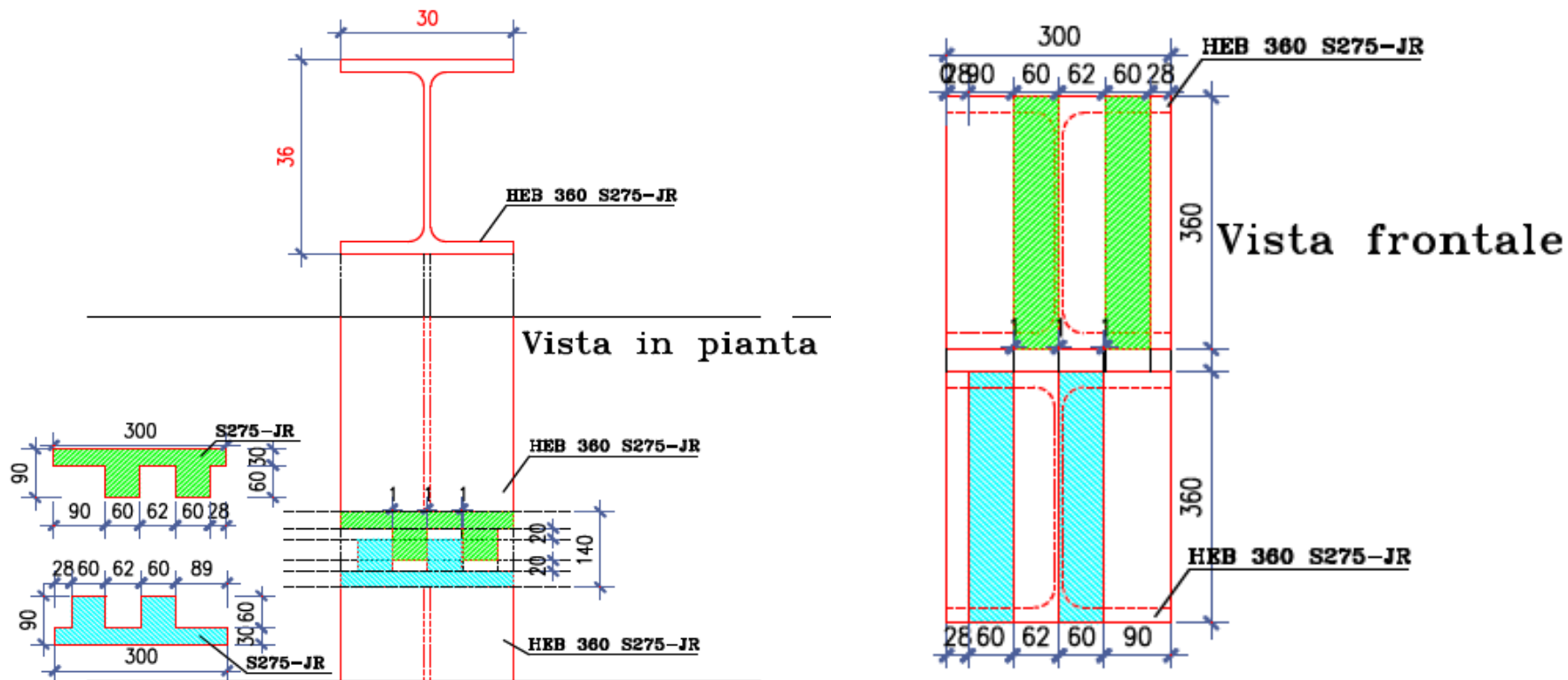




INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Connessione portale in corrispondenza del solaio del CED



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Particolare in corrispondenza giunto freddo

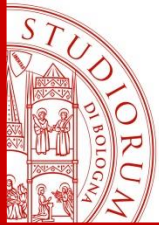


Questo particolare **in corrispondenza dei giunti freddi**, unito alla realizzazione dei tiranti in FRP consente di trasmettere le catenarie dei carichi senza avere problemi di dilatazioni termiche.

Tale particolare costituisce nella modellazione strutturale sostanzialmente un **vincolo a cerniera**

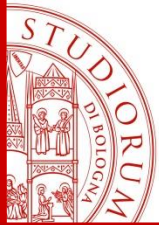
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – REALIZZAZIONE SETTI e RELATIVE FONDAZIONI





INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – REALIZZAZIONE SETTI



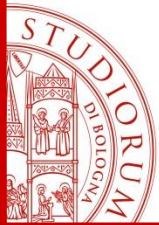


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – REALIZZAZIONE SETTI



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – REALIZZAZIONE SETTI

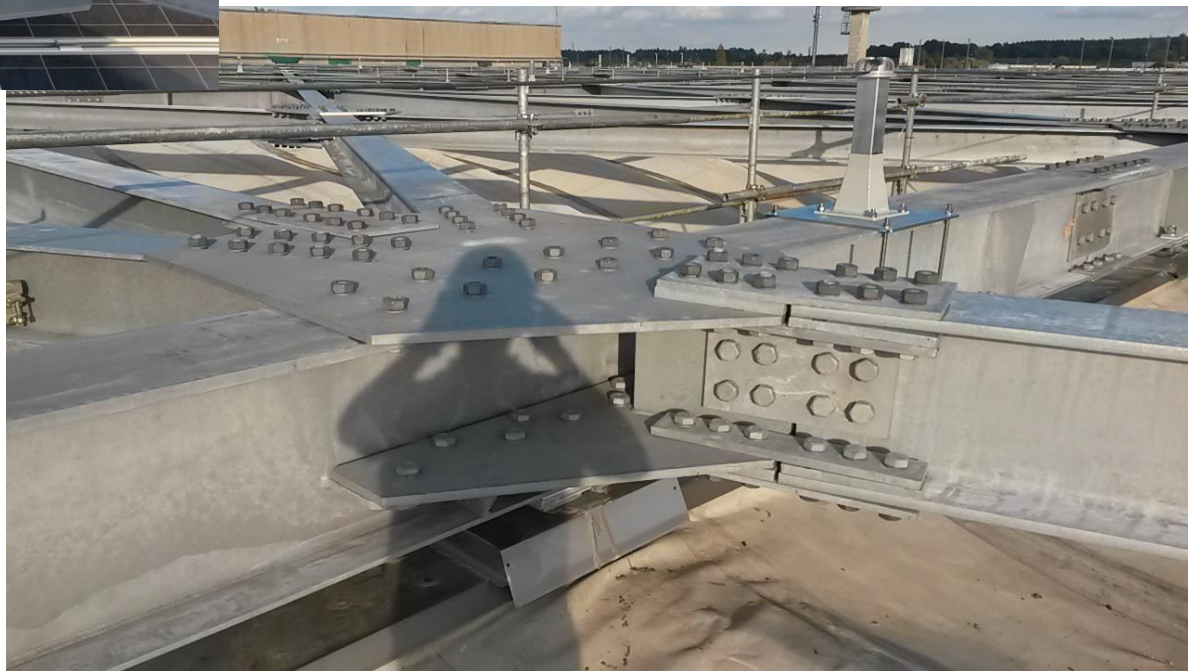




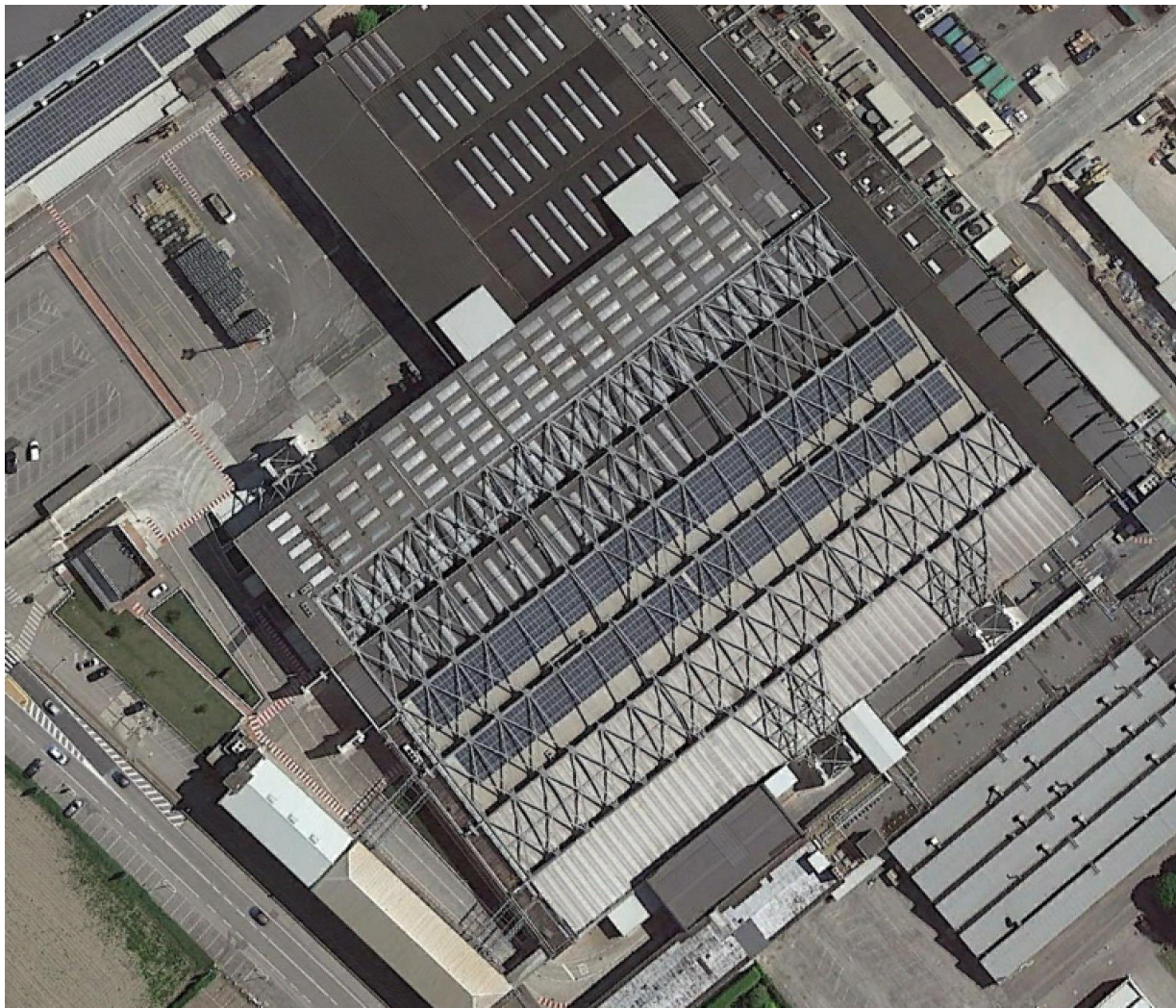
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – MONTAGGIO RETICOLARI



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – MONTAGGIO RETICOLARI

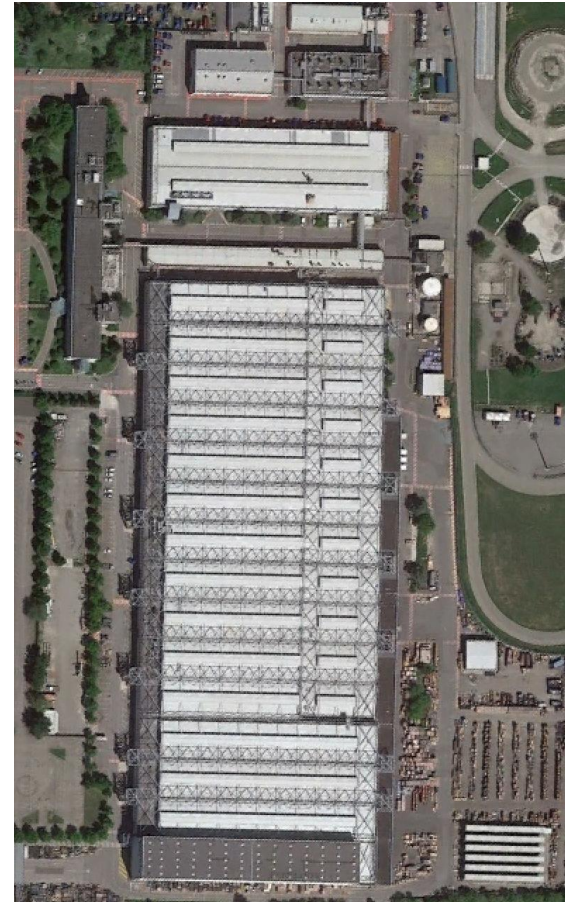


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : VISTA AEREA



Intervento di miglioramento sismico di un edificio ad uso produttivo

Edificio produttivo sito a San Matteo (MO)



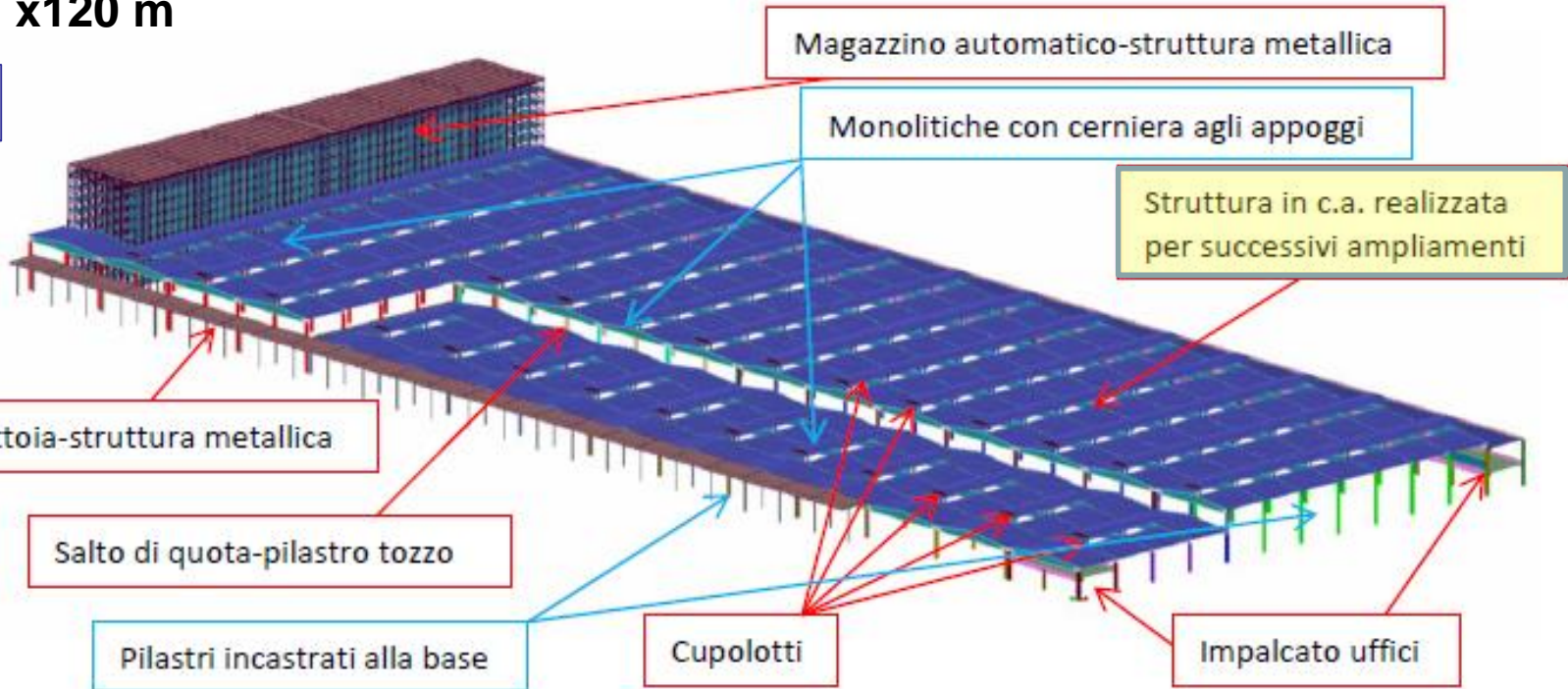
Vista satellitare PRE e POST intervento

Progetto strutturale: Ing. Maurizio Trizzino
Consulenza strutturale: Prof. Marco Savoia

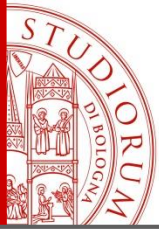
STATO DI FATTO: modello tridimensionale della struttura

~ 300 m x 120 m

$q=1,5$



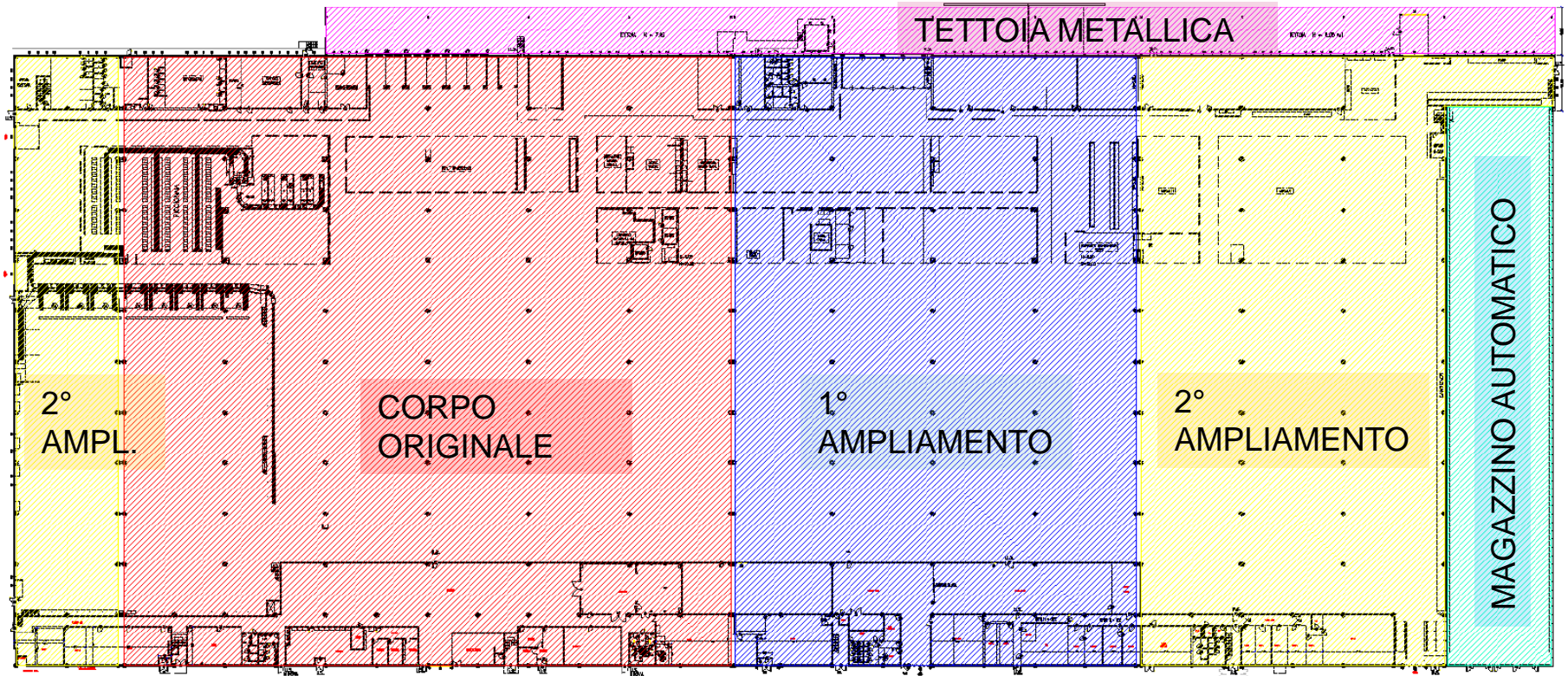
- H sotto trave zona bassa = 4,8 m;
- H sotto trave zona alta = 10 m;
- Struttura prefabbricata in semplice appoggio => FASE 1 = messa in sicurezza;
- Copertura zona produzione: molto deformabile, implacato uffici zoba est: rigido => effetti torcenti;
- Panelli di tamponamento: verticali no adeguatamente collegati;
- Fondazioni: plinti su pali + spessa pavimentazione armata fondata su pali => Incastro alla base.



STATO DI FATTO: Pianta piano terra

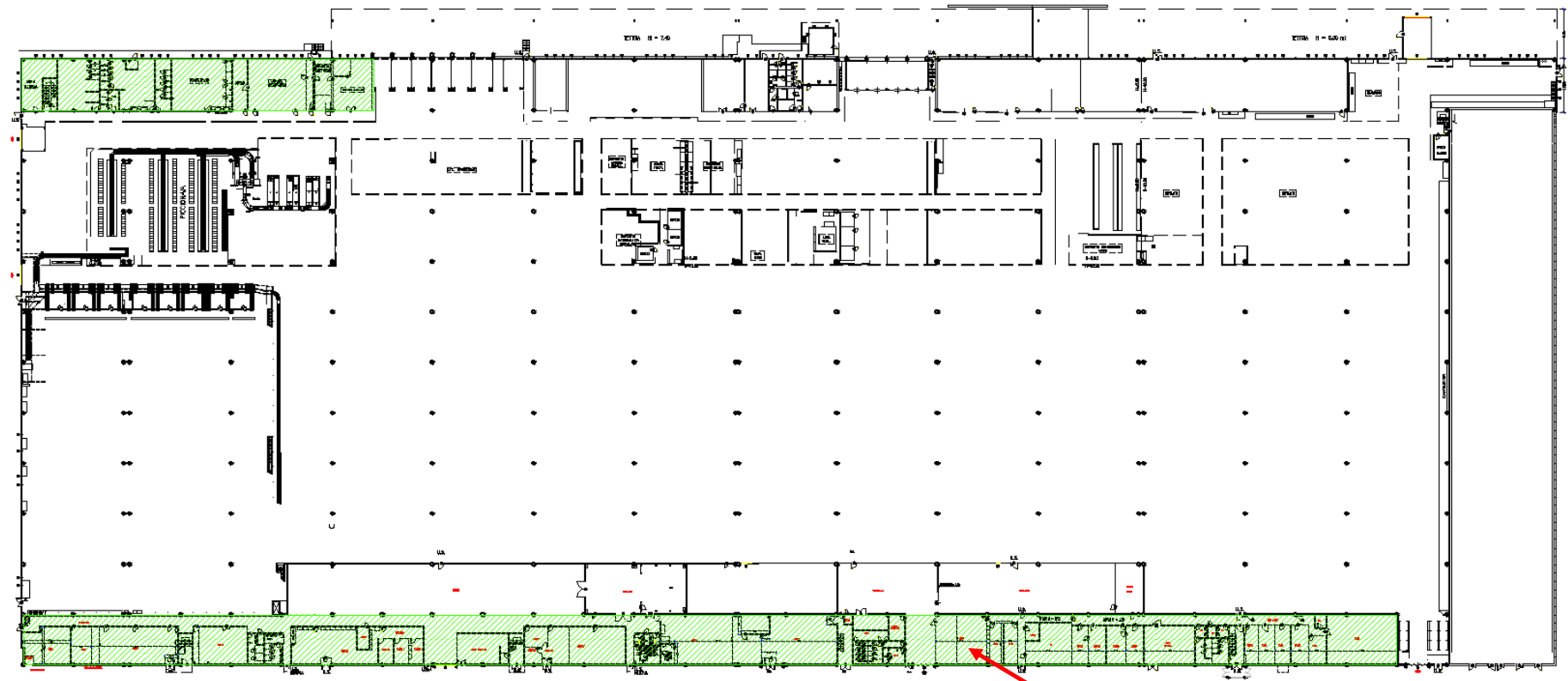


Epoche, tecniche realizzative diverse e realizzato IN CONTINUITA' STRUTTURALE.



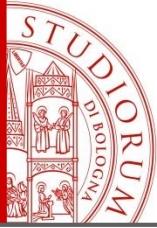
Corpo originale (rosso); primo ampliamento (blu); secondo ampliamento (giallo); tettoia metallica (magenta); magazzino automatico (ciano)

STATO DI FATTO: Pianta piano primo



Solai uffici (verde)

Piano rigido



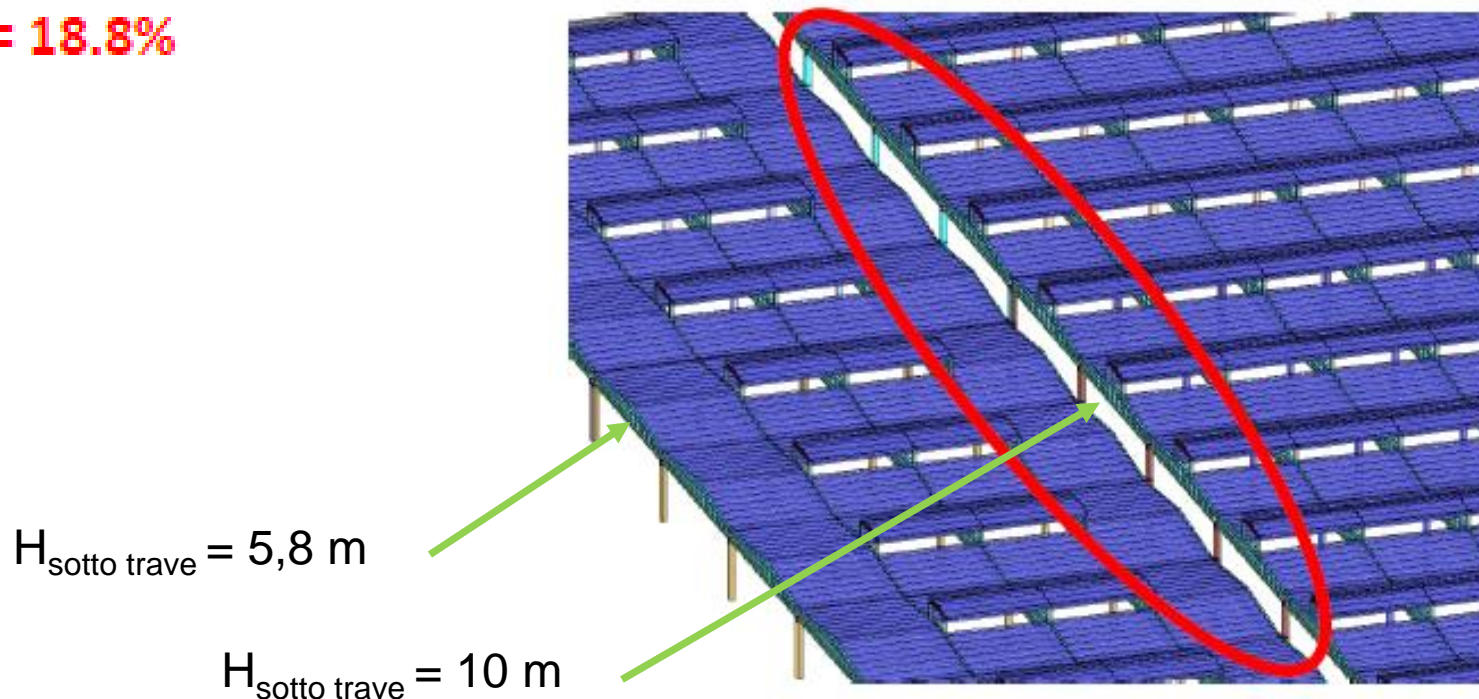
CRITICITA' STRUTTURALI

1. **IRREGOLARITÀ IN ALTEZZA** (piani sfalsati e diverse masse e rigidzze);
2. **COPERTURA=> PIANO NON RIGIDO** (modo di vibrare non è d'insieme);
3. **PILASTRI IN CLS DEBOLMENTE ARMATI CON ELEVATO SFORZO NORMALE**
(rischio rotture fragili);
4. **FORMAZIONE PILASTRO TOZZO** (elementi di copertura confluiscono a due altezze diverse);
5. **PORZIONI DI STRUTTURA CON DIVERSE RIGIDENZE** (magazzino automatico in acciaio molto alto risulta molto + deformabile del resto della struttura prefabbricata in c.a.)
6. **PRESENZA DI SEGGIOLE TIPO GERBER LESIONATE;**
7. **ASSENZA DI COLLEGAMENTI** (travi- copponi, travi pilastri);
8. **PARAMENTI MURARI NON ANCORATI;**
9. **PANNELLI VERTICALI DI TAMPONAMENTO NO COLLEGATI ADEGUATAMENTE ALLE STRUTTURE.**

E' stata svolta un'analisi dinamica lineare con fattore di comportamento $q=1,5$

Svolgendo le verifiche per step incrementali di azione sismica è emerso che **i primi elementi che raggiungono la crisi sono i pilastri ubicati in corrispondenza della zona di discontinuità tra la porzione ad altezza minore e quella ad altezza maggiore**

$$\alpha_j = 18.8\%$$

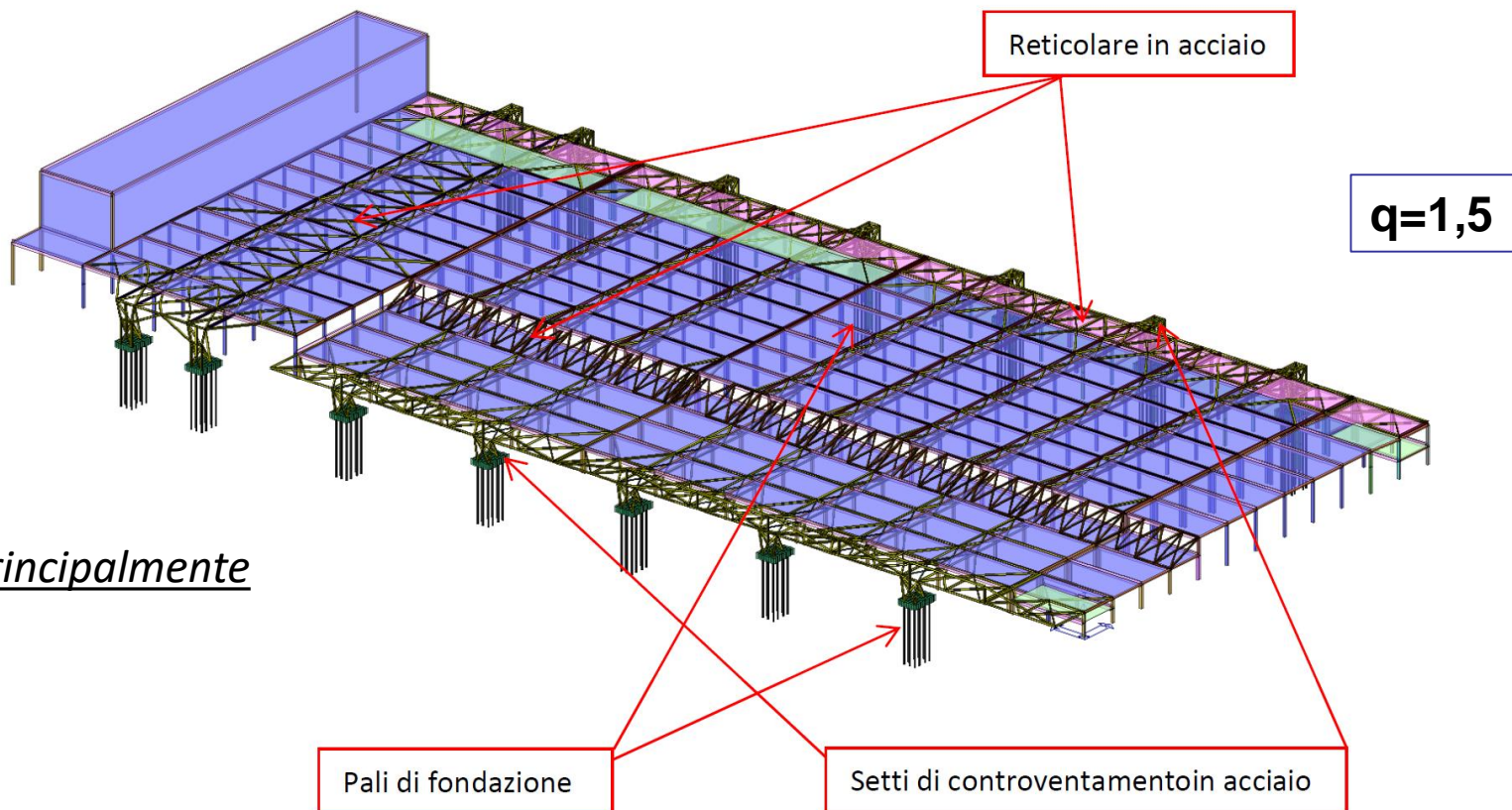


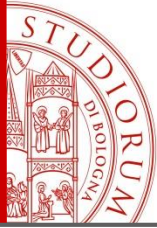
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : PRINCIPALI INTERVENTI

Intervento **GLOBALE** di miglioramento sismico:

1) reticolare di copertura, ancorata a elementi di controvento in acciaio fondati su plinti su pali, dimensionati in modo da ridurre gli spostamenti in testa ai telai e uniformare il comportamento dinamico del fabbricato.

$\alpha_f = 61\%$





INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : PRINCIPALI INTERVENTI

2) INSERIMENTO DI SHOCK-TRASMITTER

per ogni punto di attacco della reticolare alla copertura esistente.

⇒ elementi a comportamento viscoso, che permettono spostamenti relativi tra le due estremità in caso di azioni lente (gradienti termici) ma comportamento infinitamente rigido in caso di azioni impulsive (sisma).

⇒ Le dilatazioni termiche della reticolare non provocheranno alcuno stato di coazione negli elementi strutturali esistenti, ma in caso di sisma le nuove strutture saranno in grado di assorbire l'azione sismica.

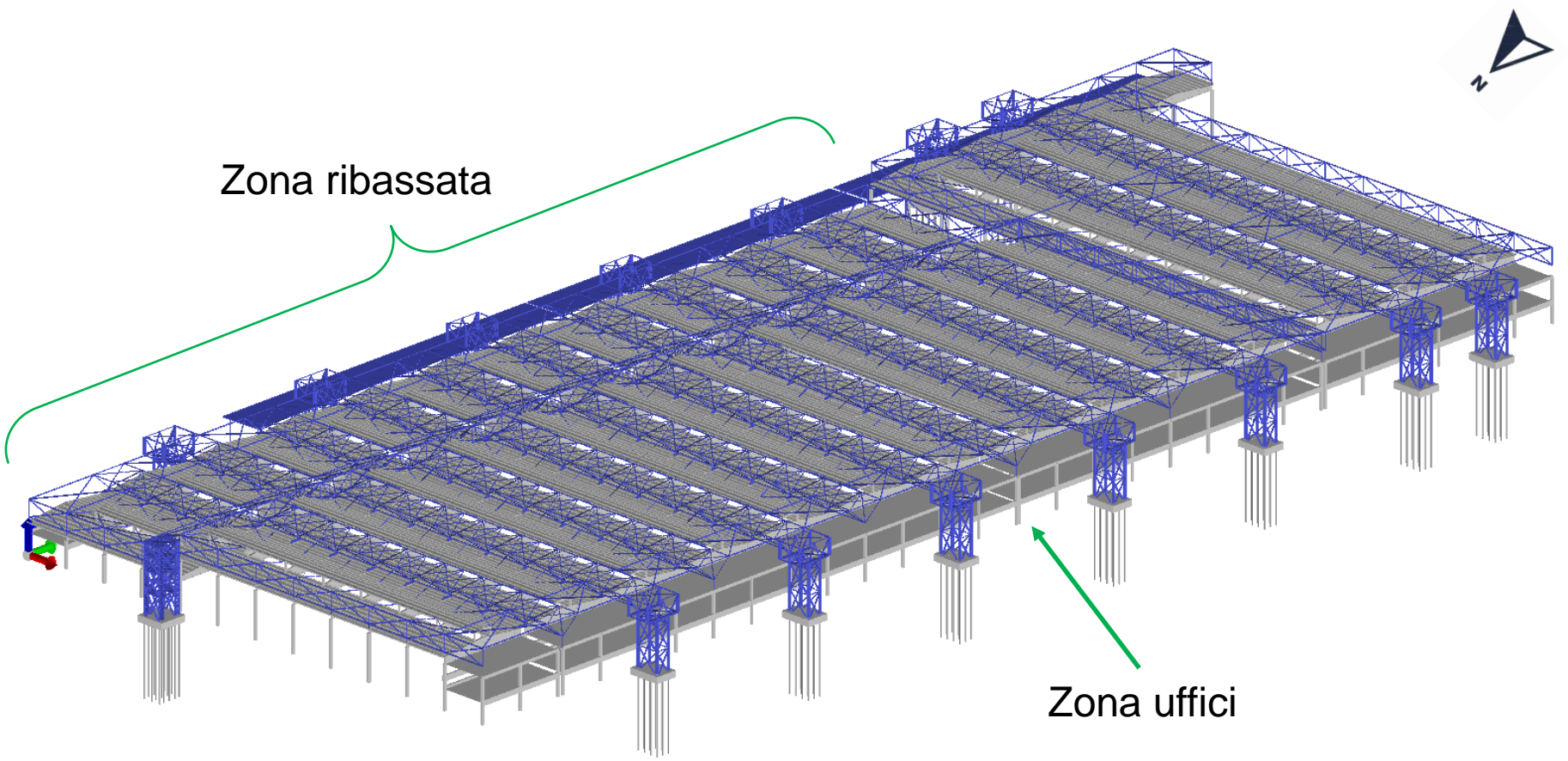
3) FASCIATURE IN FRP ALLA BASE DEI PILASTRI alti 5.8 m (i meno duttili), in modo da aumentare il grado di confinamento del calcestruzzo nelle zone di formazione delle cerniere plastiche.

4) CONTROVENTAMENTO DEI CUPOLOTTI mediante carpenteria metallica per evitarne il collasso.

5) COLLEGAMENTO MEDIANTE TIRANTI IN CARPENTERIA METALLICA In direzione longitudinale ai copponi nelle campate terminali, oltre alla piastre metalliche tra l'appoggio trave-coppone verranno realizzati dei tiranti con tenditori per mantenere in fase le orditure principali dei telai ed evitare spostamenti relativi tra di essi.

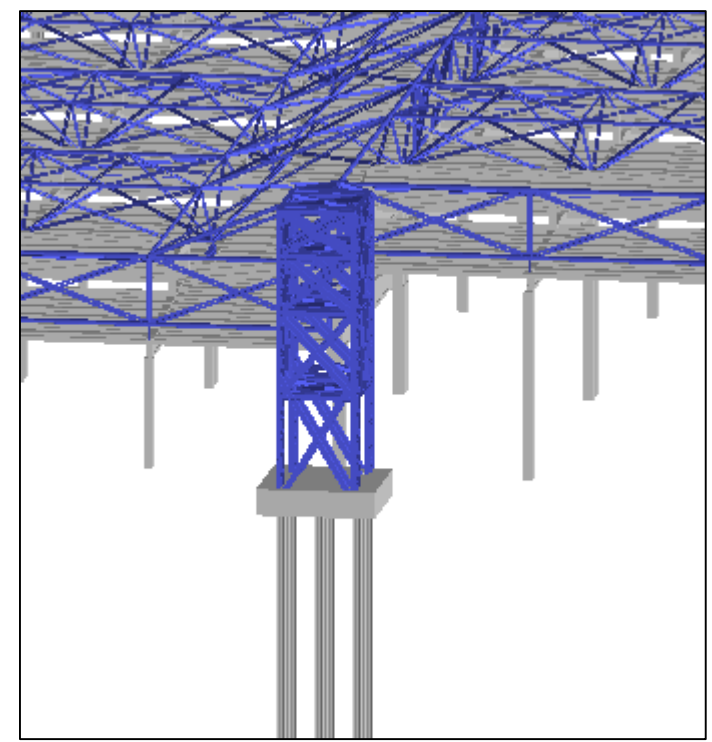
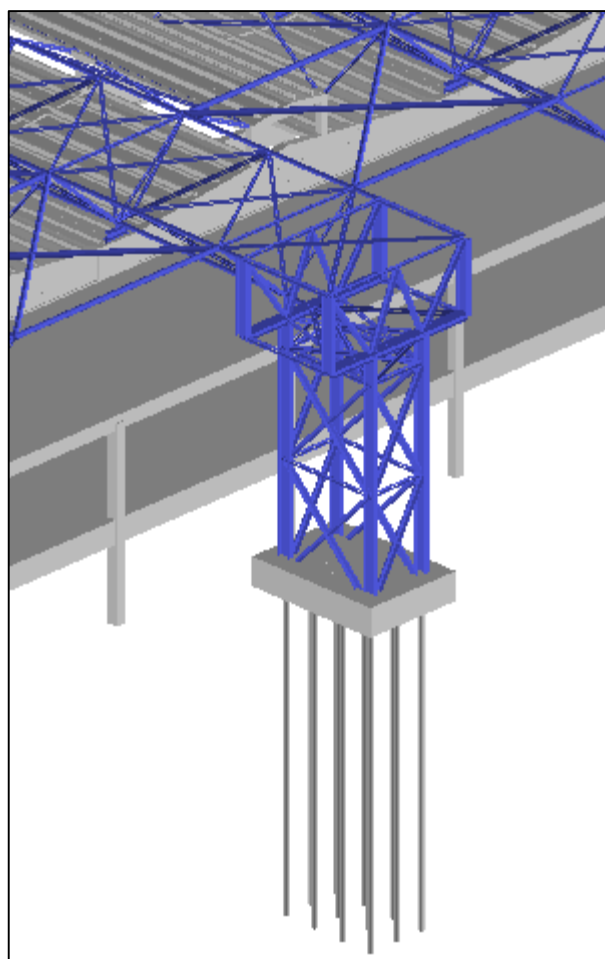


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Modello FEM



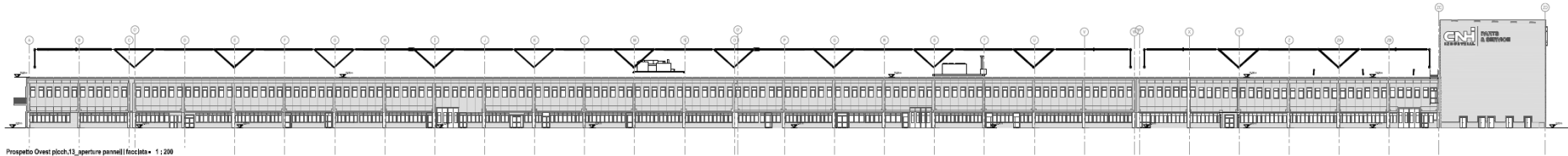


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Modello FEM - Dettaglio controventi in acciaio

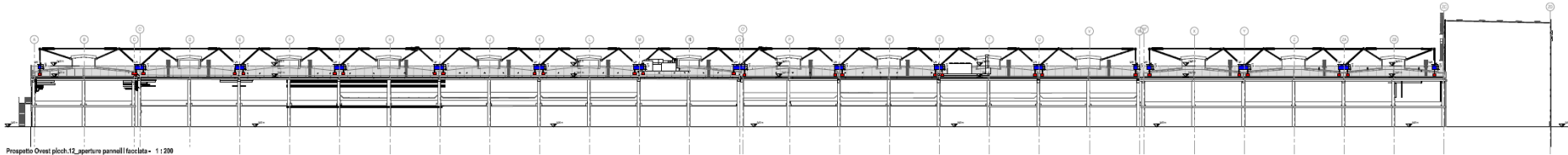




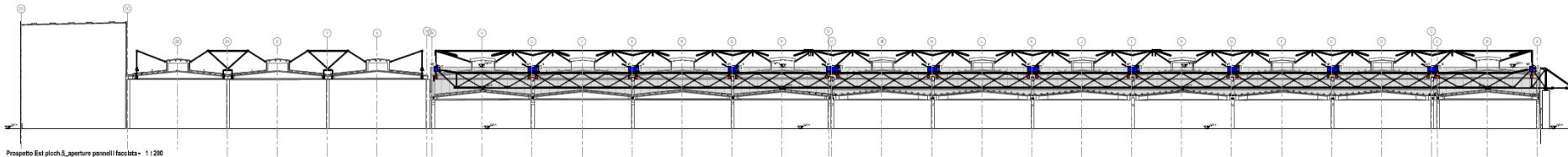
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : PROSPETTI



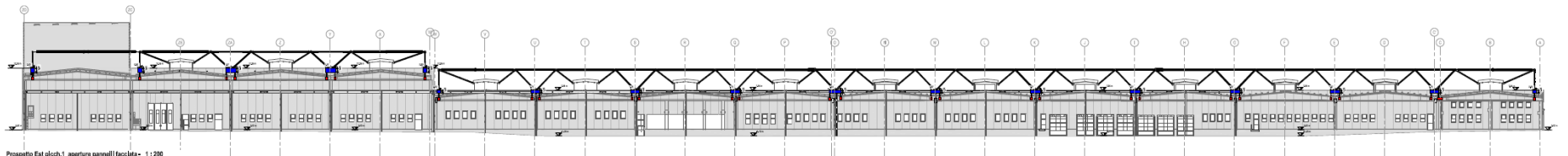
Prospetto Ovest plich.13_aperture pannelli facciata - 1:200
(folia 14)



Prospetto Ovest plich.12_aperture pannelli facciata - 1:200
(folia 24)

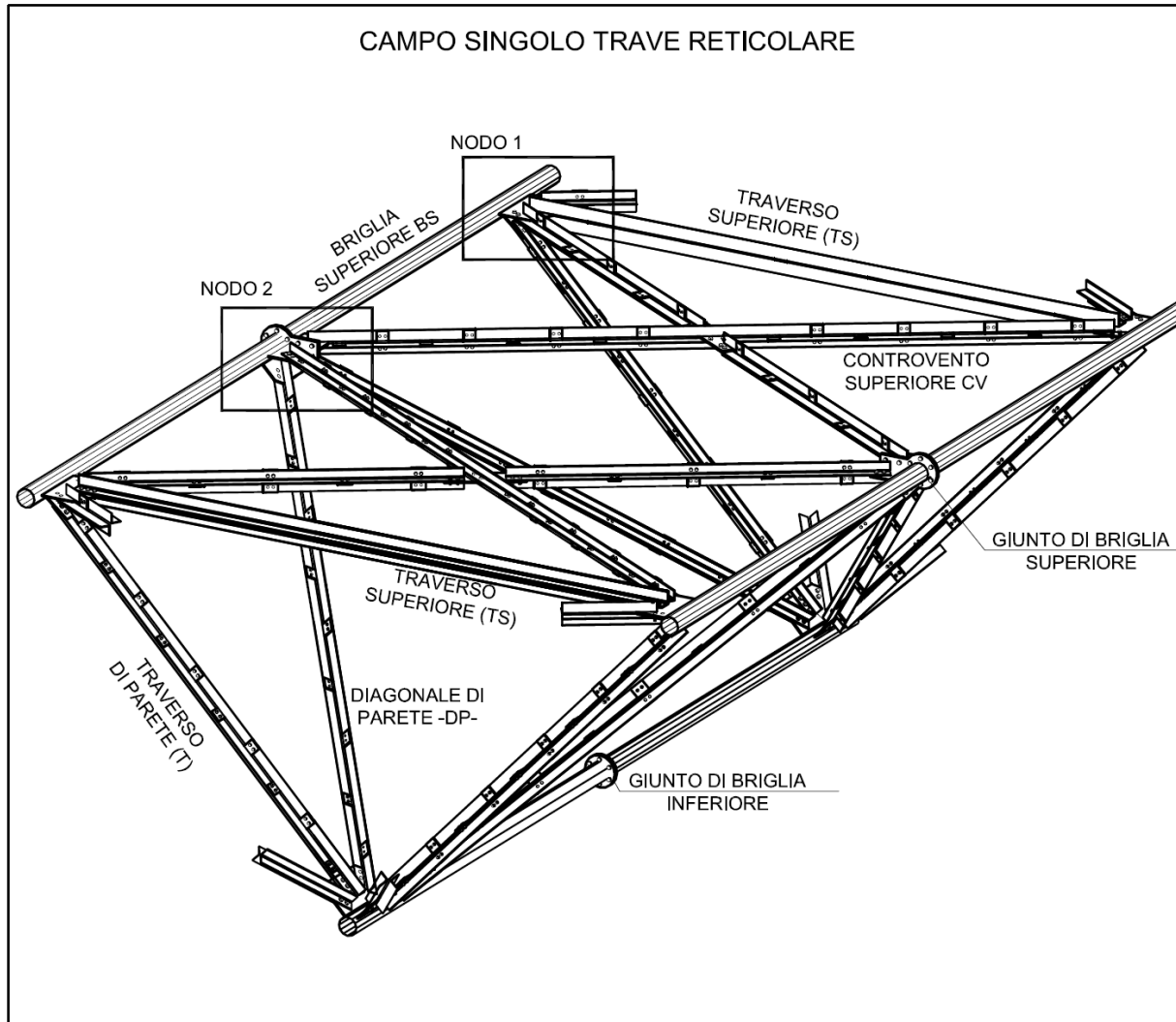


Prospetto Est plich.1_aperture pannelli facciata - 1:200
(folia 34)



Prospetto Est plich.1_aperture pannelli facciata - 1:200
(folia 44)

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Trave reticolare – campo singolo

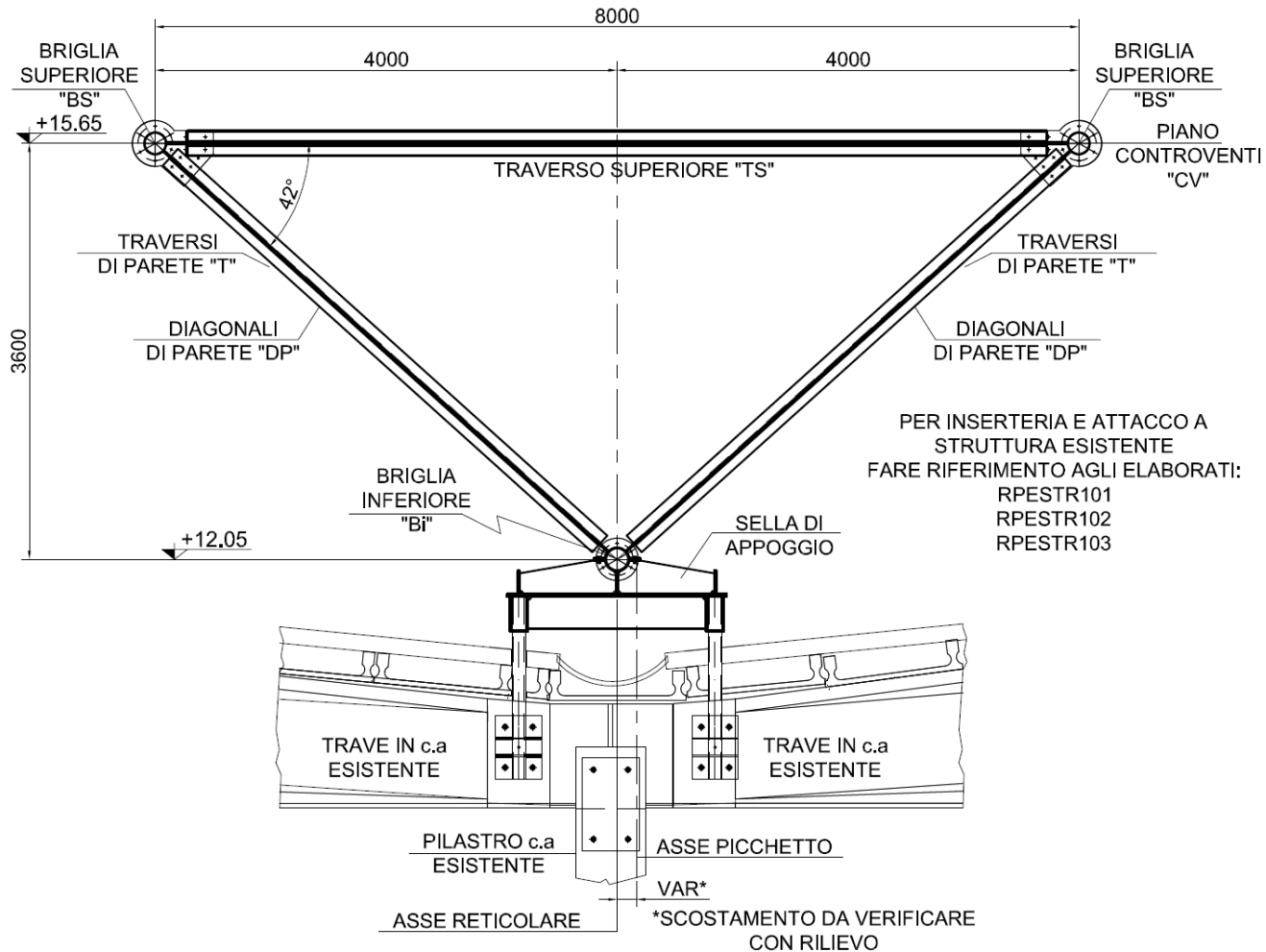




INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Trave reticolare – sezione trasversale tipica

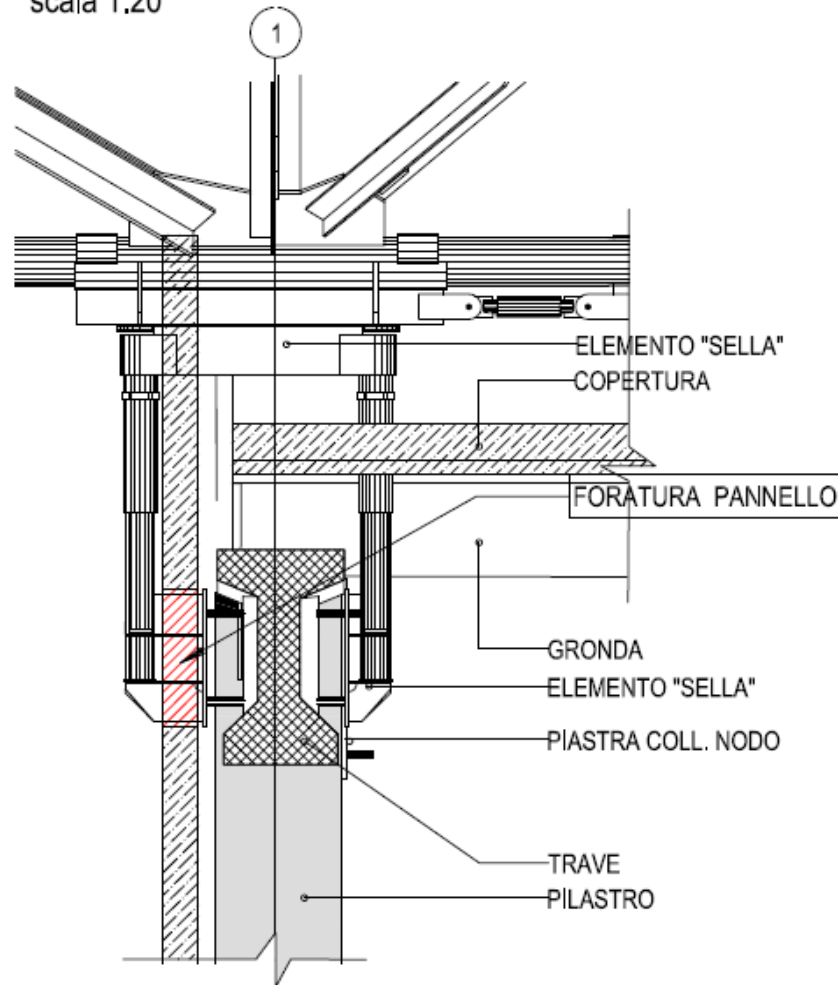
SEZIONE TRASVERSALE TIPICA

SCALA 1:50



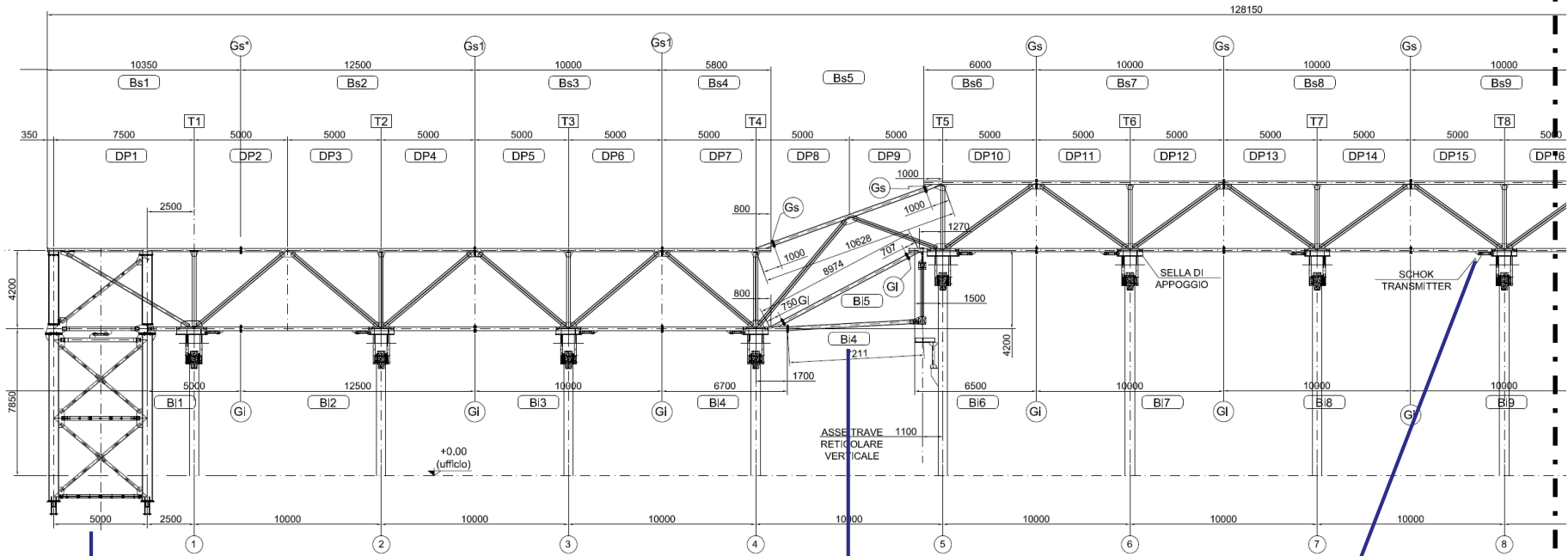
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Dettaglio tipologico collegamento a struttura

CASO 01 - DETTAGLIO TIPOLOGICO
scala 1:20



INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : Trave reticolare – sezione longitudinale

SEZIONE LONGITUDINALE TRAVE RETICOLARE PICCHETTI C-G-K-O-S
SCALA 1:1150



Controventi in acciaio

Reticolare di collegamento tra le due porzioni a quote diverse

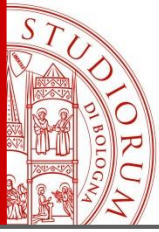
SHOCK TRANSMITTER

INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – fondazioni su pali

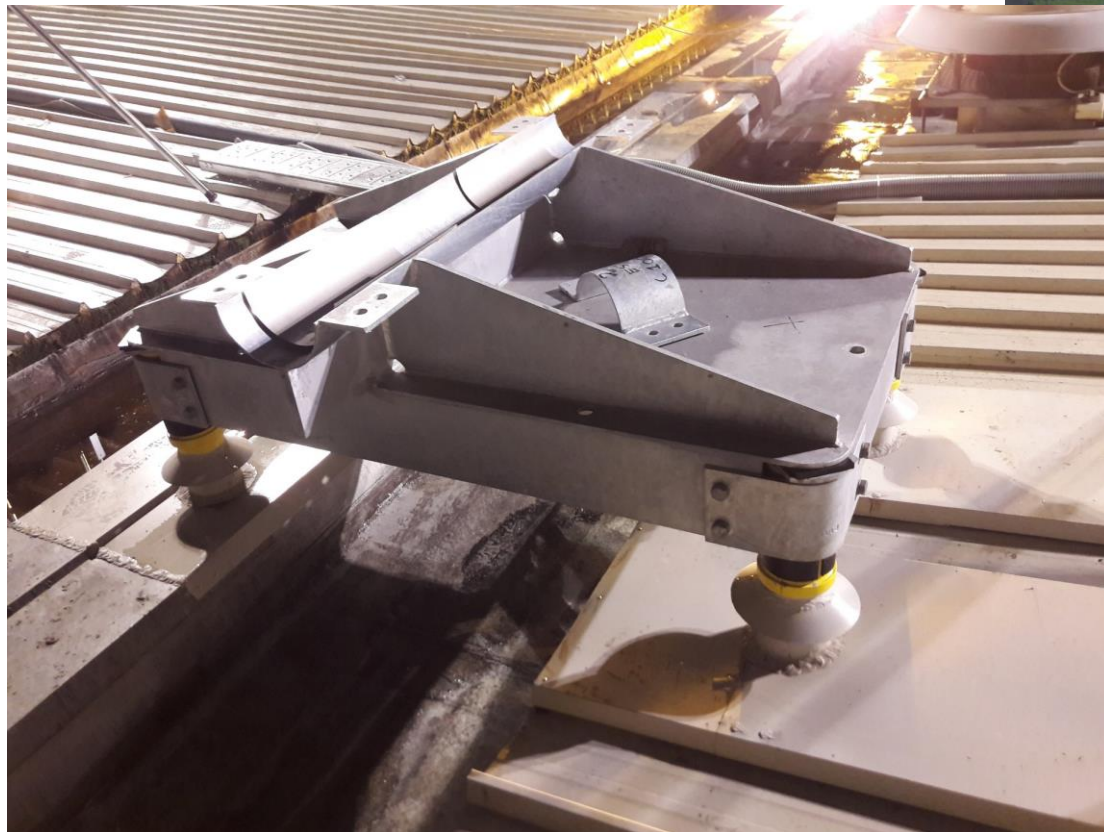


INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – controvento in acciaio

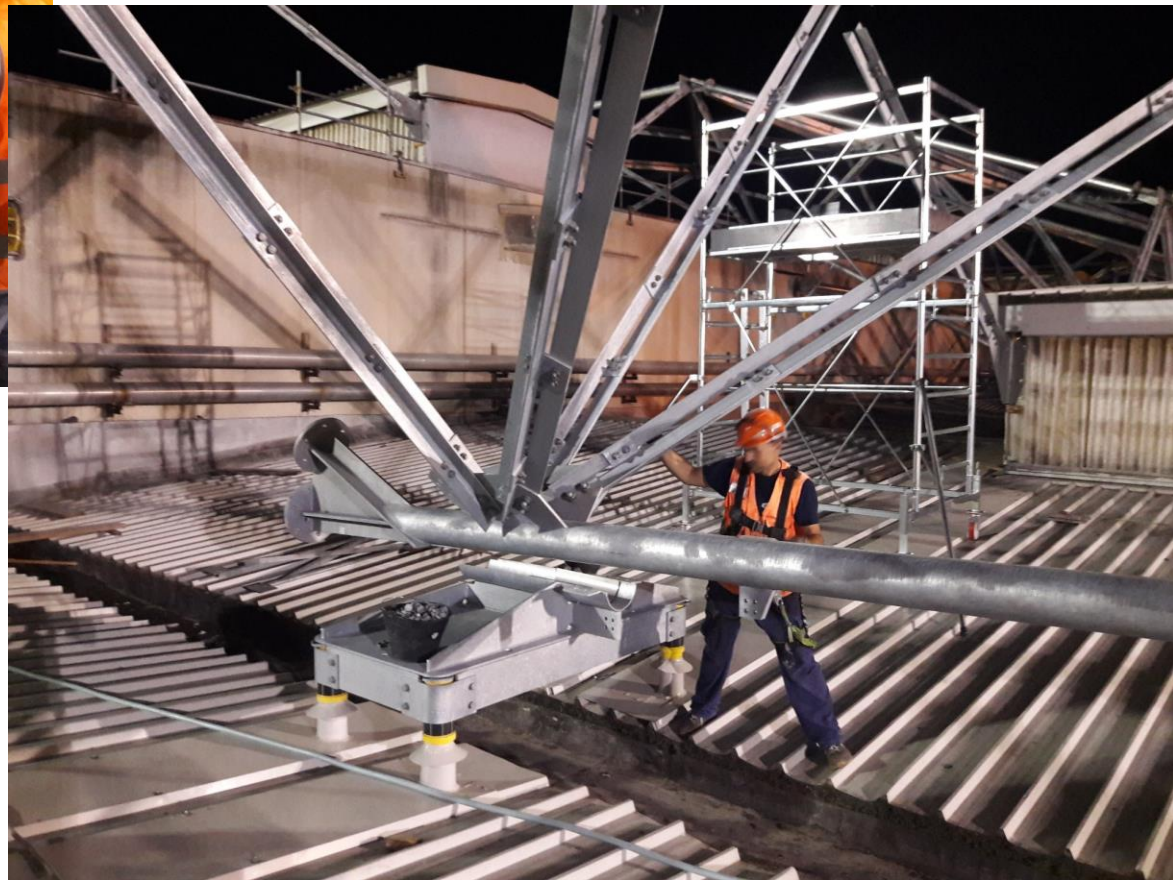




INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – sistema di collegamento reticolare in acciaio – struttura esistente

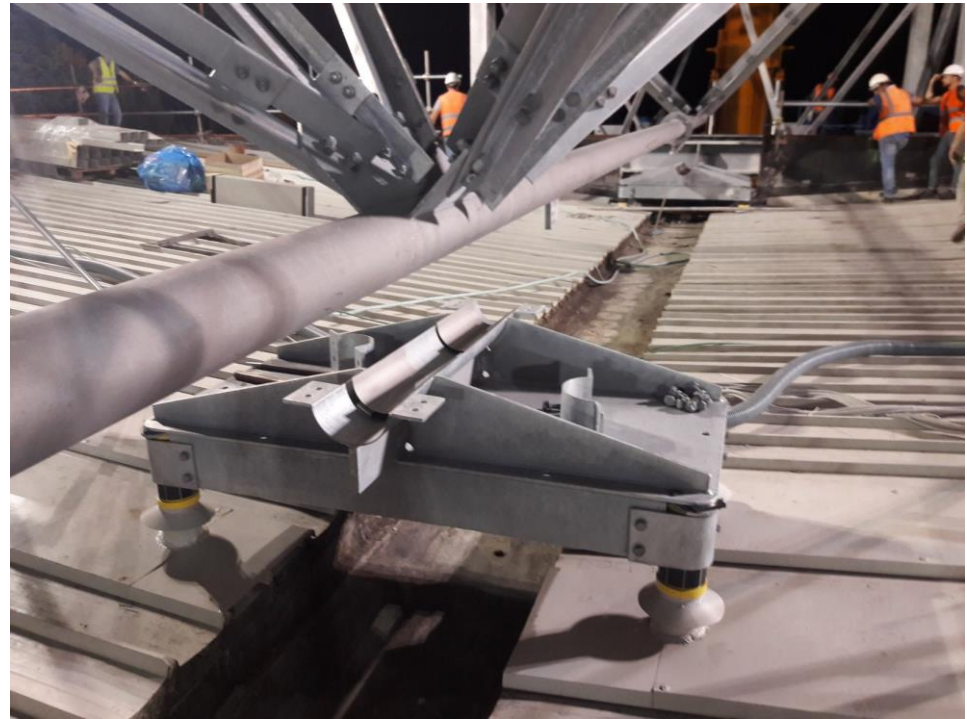
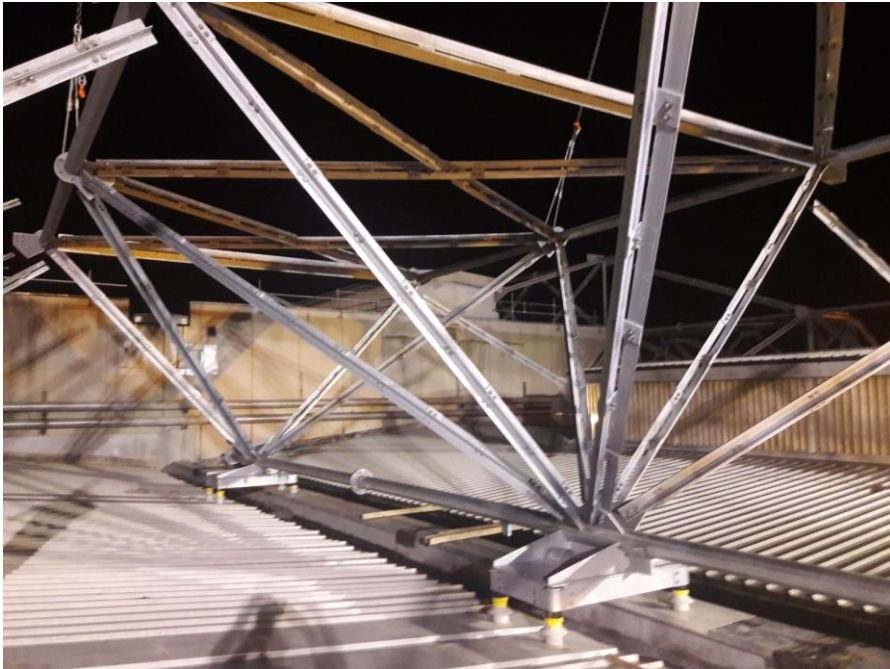


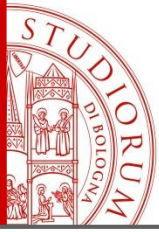
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – collegamento a reticolare in acciaio





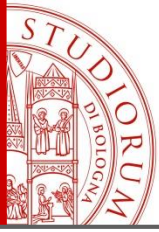
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – reticolare in acciaio





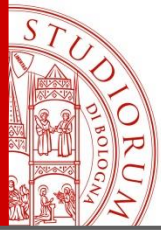
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – reticolare in acciaio





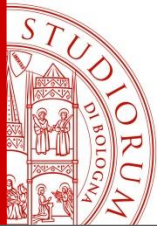
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : **FOTO – reticolare in acciaio**





INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO : FOTO – collegamento reticolare in acciaio – controventi.





Grazie per l'attenzione

***Prof. Marco Savoia
Università di Bologna***