

Il sistema NPS negli interventi di ristrutturazione e adeguamento sismico delle strutture esistenti: il Megastore Benetton a Verona

Alfredo Scattolin¹, Stefano China² ■



Nome dell'opera/progetto:

Megastore Benetton

Ubicazione:

Verona

Committente:

Benetton Group S.p.A.

Progettazione/Direzione Lavori:

S.I.C. Società di Ingegneria Consulting S.r.l.

Periodo di progettazione:

Aprile 2013 - Gennaio 2014

Durata lavori:

Novembre 2013 - Marzo 2014

Superficie utile complessiva:

750 m² x 4 piani

Progettazione interventi Tecnostrutture:

Ing. Alfredo Scattolin

Impresa costruttrice:

Vilnai S.p.a., S. Martino di Lupari (PD)

1 Premessa

Nell'ambito della ricerca e innovazione di sistemi strutturali altamente performanti e innovativi presenti sul mercato, esponiamo il caso di un'applicazione del sistema costruttivo misto acciaio-calcestruzzo denominato NPS in un intervento di ristrutturazione edilizia.

Tale sistema semi-prefabbricato trova la sua applicazione prevalentemente in interventi ex-novo dove, attraverso un'opportuna progettazione preliminare, è possibile ottenere importanti benefici in termini di sfruttamento delle caratteristiche meccaniche dei materiali, tempi di realizzazione dell'opera, riduzione delle maestranze e delle opere provvisorie normalmente necessarie (Figura 1).

Nell'ambito di interventi di ristrutturazione e recupero del patrimonio esistente, il sistema ha trovato sporadiche applicazioni, in genere con un utilizzo parziale dei suoi elementi peculiari (Figura 2), a causa dei vincoli di carattere architettonico, di cantiere e logistico. Il suo sviluppo e la flessibilità che lo caratterizzano ne hanno invece permesso l'utilizzo completo nel caso in esame.

¹ Ingegnere Progettista Tecnostrutture S.r.l.

✉ scattolin@tecnostrutture.eu

² Direttore Tecnico Tecnostrutture S.r.l.

✉ schina@tecnostrutture.eu

2. Descrizione dell'intervento

L'intervento ha visto il recupero e la ristrutturazione con adeguamento sismico di un edificio a corte risalente al 1500 vincolato come bene di interesse storico e archeologico dato che al livello interrato sono stati rinvenuti importanti reperti archeologici risalenti all'età romana, tra cui un pozzo e alcuni pavimenti mosaicati (Figura 3). Esso è situato nel centro storico di Verona, con facciata principale aggettante su via Mazzini e gli altri 2 lati su via S. Nicolò e via Noris (Figura 4); l'altro lato confina con altri corpi di fabbrica risalenti alla stessa epoca, a formare un unico quartiere storico.

Allo stato di fatto l'edificio, che era stato adibito a banca negli anni '50, insiste su un'area di circa 750 m² con uno sviluppo di 4 piani fuori terra e uno interrato (caveau della banca) che interessava parzialmente il sedime del fabbricato. Le strutture risultavano rimaneggiate in epoche diverse, con interventi più o meno invasivi, in particolare l'ultimo risalente agli anni '50, per destinarlo all'attuale utilizzo commerciale e direzionale (Figura 5).

Allo stato attuale la struttura dell'edificio è costituita dalle pareti storiche perimetrali in mattoni pieni, su cui si innestano ai vari livelli i solai in latero cemento gettati in opera con orditure orizzontali in profili di acciaio (anche accoppiati) conglobati in calcestruzzo; nella parte centrale sono inoltre presenti pilastri in c.a. debolmente armato e colonne ornamentali in pietra cave riempite di calcestruzzo, la gran parte risalente proprio agli anni del dopoguerra. Anche la copertura a falde (Figura 6) è realizzata con le stesse tecniche costruttive.

Le nuove destinazioni d'uso dell'edificio sono: commerciale (ai livelli terra e primo), residenziale (ai livelli secondo e terzo), di servizio (al livello interrato).

Il progetto di ristrutturazione e adeguamento sismico prevedeva inizialmente:

- La rimozione di tutti gli elementi strutturali interni ai corpi di fabbrica compresi i 3 impalcato fuori terra
- Il mantenimento dell'involucro esterno dell'edificio (tutte le pareti perimetrali e le coperture);
- Il rinforzo delle opere fondali esistenti con integrazione di quelle necessarie ad accogliere le nuove strutture verticali;
- La realizzazione delle nuove strutture verticali interne e relativi impalcato orizzontali.

Durante le opere di scavo, successivamente alla demolizione parziale del livello interrato e al rinvenimento dei reperti archeologici di epoca romana, la committenza, anche su parere della sovrintendenza, decise di demolire completamente le strutture del livello terra per la realizzazione di un

nuovo impalcato che permettesse il ricavo di nuovi locali di servizio e d'ispezione ai beni rinvenuti.

Condizioni al contorno per la progettazione

Accanto alle usuali tematiche di carattere progettuale, per fornire una struttura che rispondesse agli obiettivi preposti, si sono dovuti valutare altri vincoli di carattere tecnico e cantieristico che di seguito elenchiamo.

Vincoli di carattere progettuale:

1. adeguamento sismico della struttura in funzione delle nuove destinazioni d'uso;
2. incremento delle caratteristiche sismo-resistenti globali dell'intero corpo di fabbrica e delle strutture dei fabbricati contigui;
3. mantenimento dell'involucro edilizio esistente ovvero delle pareti perimetrali, delle forometrie e delle coperture, senza alcuna alterazione dello stato di fatto;
4. riduzione delle masse degli elementi strutturali sismo-resistenti;
5. garantire i requisiti minimi di resistenza e duttilità;
6. rispetto dei requisiti di resistenza al fuoco previsti per le nuove attività;
7. inserimento di 3 vani scale e 2 vani ascensore a servizio esclusivo delle attività commerciali e residenziali;
8. posizionamento delle nuove strutture verticali interne e sottostanti opere fondali in punti prestabiliti, data la presenza dei rinvenimenti archeologici ai livelli interrati;
9. la nuova struttura doveva essere in grado di sostenere in fase transitoria e definitiva l'involucro edilizio esistente.

È stata inoltre necessaria la valutazione di alcune condizioni di carattere logistico e cantieristico che hanno fortemente influito nell'ambito progettuale, quali:

1. il limitato accesso all'area dei mezzi per la movimentazione e ubicazione del materiale con gru di cantiere di piccole dimensioni ubicata sul cortile interno;
2. la limitazione di peso a 1 kN e lunghezza a 6.5 m per i manufatti da movimentare;
3. la riduzione delle opere provvisorie interne a sostegno dell'involucro edilizio da mantenere, per permettere l'esecuzione delle nuove strutture;
4. l'interferenza ed il coordinamento tra le diverse attività svolte contemporaneamente all'interno dello stesso cantiere (demolizioni, nuove opere in c.a., realizzazione opere provvisorie, montaggio elementi in carpenteria metallica);
5. le tempistiche ridotte (richiesti 3 mesi dal progetto alla realizzazione);

6. l'impossibilità di operare dal perimetro del fabbricato per la presenza di strade, viali pedonali e altri fabbricati.

Ulteriori condizioni che hanno fortemente influenzato la scelta del sistema costruttivo, imposte dalla committenza sono risultate essere:

1. la certezza sulle tempistiche di realizzazione dell'opera;
2. la possibilità di dare inizio alle successive lavorazioni (installazione pareti divisorie, condotte impianti, ecc.) immediatamente dopo la realizzazione di ogni impalcato;
3. la necessità di anticipare la consegna degli impalcati di chiusura dei piani a destinazione commerciale e in seguito quelli a destinazione residenziale (richiesta imposta a cantiere in corso), per permettere l'apertura anticipata del Megastore.

3. Il progetto iniziale

Il progetto strutturale iniziale prevedeva l'impiego di profili in acciaio per le orditure orizzontali e verticali, la realizzazione di nuovi setti in c.a. sismo resistenti addossati alle murature perimetrali esistenti in corrispondenza dei nuovi vani scala/ascensore con solai in lamiera grecata collaborante, gettata in opera con l'impiego di calcestruzzo normale (Figura 7). In fase transitoria, esso prevedeva la demolizione parziale delle strutture interne esistenti con mantenimento degli elementi verticali a sostegno della copertura, con contestuale messa in sicurezza delle murature perimetrali mediante opere provvisorie in carpenteria metallica, per una quantità stimata di 3000 kN di acciaio. Quindi la successiva realizzazione delle opere fondali, dei 3 nuovi impalcati a partire dal basso (il livello terra non era oggetto di intervento) con contestuale rimozione/sostituzione delle opere provvisorie ove si rendesse necessario. In corrispondenza delle nuove solette erano inoltre previsti ancoraggi in acciaio per il collegamento delle murature perimetrali ai nuovi impalcati (Figura 8).

4. Il progetto NPS System

L'ingente quantitativo di acciaio necessario per la realizzazione delle nuove strutture e la non completa definizione delle opere provvisorie, da realizzarsi in opera con conseguente incertezza sulle tempistiche di realizzazione, ha spinto l'impresa principale a valutare e proporre alla committenza sistemi costruttivi alternativi a quello previsto.

Tecnostre ha proposto la realizzazione dell'intero telaio strutturale mediante la tecnologia NPS SYSTEM, con utilizzo di pilastri PDTI, travi NPS BASIC e solaio NPS L in lamiera grecata (Figura 9).

4.1 Descrizione del sistema

Per poter comprendere al meglio la portata dell'intervento e le implicazioni riguardanti le varie fasi progettuali e realizzative, riportiamo preliminarmente la descrizione delle principali caratteristiche degli elementi che contraddistinguono il sistema strutturale misto in acciaio-calcestruzzo NPS, il quale prevede l'utilizzo di elementi strutturali verticali (pilastri) e orizzontali (travi) semi-prefabbricati, realizzati in stabilimento, successivamente assemblati in cantiere e, ad avvenuta posa dei solai, resi solidali dal getto di calcestruzzo in opera. Durante la fase di montaggio e posa dei solai, fino al getto di completamento del conglomerato cementizio, gli elementi strutturali sono totalmente autoportanti. Come poc'anzi accennato, nel caso in esame sono stati utilizzati i seguenti elementi:

- Pilastri NPS PDTI (Figura 10): costituiti da tubo in acciaio a sezione rettangolare/circolare con flange e fazzoletti di rinforzo, all'interno del quale vengono poste delle gabbie costituite da barre longitudinali e trasversali (staffe), preventivamente assemblate e posizionate; tutte le preparazioni, gli assemblaggi, le saldature sono eseguite in stabilimento secondo quanto previsto e prescritto dalla normativa vigente, su cui le maestranze sono istruite e controllate. Le operazioni di movimentazione delle colonne in acciaio in cantiere avvengono solitamente con l'utilizzo di gru nel rispetto scrupoloso delle norme generali in materia di sicurezza; la posa in opera delle colonne in acciaio avviene su dispositivi di appoggio opportunamente dimensionati, ovvero dime e tirafondi di collegamento alle strutture di fondazione in c.a. con successivo utilizzo di malte anti-ritiro secondo il consolidato sistema di posa delle colonne in acciaio. Gli elementi vengono successivamente riempiti di calcestruzzo in opera, a formare così un elemento di tipo misto acciaio-calcestruzzo. Essi possono avere particolari caratteristiche di resistenza al fuoco, soddisfatte con l'inserimento dell'armatura integrativa tipo B450C posta ad adeguata distanza dal bordo esposto al fuoco, che, unitamente a quella del tubo, garantisce le caratteristiche prestazionali previste per legge.
- Travi NPS BASIC (Figura 11): sono composte da un piatto inferiore e/o corrente inferiore e superiore in acciaio per carpenteria metallica collegati mediante saldatura a una o più anime ottenute con barre inclinate in acciaio per carpenteria metallica. Un dispositivo d'appoggio antiscorrimento e antiribaltamento, permette il razionale collegamento con le strutture verticali. Il comportamento statico della trave è collegato ai due diversi momenti in cui svolge la sua completa fun-

zione statica: in fase di montaggio, sino al getto e consolidamento del calcestruzzo di completamento, la trave NPS funziona come una struttura reticolare metallica a maglia triangolare e presenta lo schema statico di una trave in semplice appoggio. A getto maturato, l'elemento è solidarizzato con le strutture portanti contigue (solai e pilastri), con conseguente configurazione meccanica di struttura mista acciaio-calcestruzzo. Nella configurazione di travate in continuità, le sollecitazioni ai nodi derivanti dallo schema statico in seconda fase sono sopperate da armatura in acciaio B450C, comprensiva di staffatura in prossimità dei nodi travi pilastro per garantire i requisiti minimi di duttilità previsti per norma.

- Solaio in lamiera grecata con soletta collaborante (Figura 12): il sistema prevede per i solai l'utilizzo di lamiere grecate collaboranti opportunamente dimensionate in funzione dei carichi e delle luci richieste per dare un solaio autoportante in fase di getto e le caratteristiche prestazionali minime richieste per i carichi in esercizio e di resistenza al fuoco. La lamiera grecata è resa collaborante con il getto mediante impronte capaci di ancorare il getto stesso, impedendo sia lo scorrimento longitudinale che il distacco verticale. Come elementi integrativi del sistema solaio è prevista la posa di armatura in acciaio B450C con funzione di ripartizione, per sopporre alle sollecitazioni derivanti dai carichi di seconda fase e garantire le caratteristiche prestazionali di resistenza al fuoco previste.

La proposta progettuale in grado di rispondere alle esigenze e ai vincoli visti in precedenza, quindi, ha previsto un sistema costruttivo "up-down", secondo i seguenti step:

1. realizzazione dei setti in calcestruzzo e delle colonne miste acciaio-calcestruzzo PDTI dal livello interrato alle coperture del fabbricato per la messa in sicurezza, in fase transitoria e definitiva dei solai a falde, previa realizzazione di tutte le opere fondali necessarie, mediante parziale demolizione dei solai esistenti nei soli punti di passaggio delle nuove strutture verticali, appositamente posizionate in modo da poter interferire il meno possibile con le orditure principali verticali/orizzontali esistenti;
2. posa dei profili in acciaio di rinforzo definitivo delle orditure di copertura secondo i nuovi schemi di progetto con appoggio alle nuove strutture verticali realizzate (Figura 13);
3. demolizione completa del quarto solaio, realizzazione del nuovo impalcato con travi NPS BASIC e lamiera grecata alla quota prevista,

mediante appoggi e mensole predisposti su pilastri PDTI e setti in c.a.;

4. allo stesso modo di cui al punto precedente si è proseguito con demolizione completa e immediata realizzazione con travi NPS BASIC e lamiera grecata degli altri impalcati fino a quota livello terra, sempre mediante appoggi e mensole predisposti su pilastri PDTI e setti in c.a.

In questo modo è stato possibile minimizzare le operazioni e gli interventi di messa in sicurezza in fase transitoria delle strutture esistenti, così come la contemporanea esecuzione delle opere di demolizione e realizzazione delle nuove strutture (con ottimizzazione delle tempistiche di esecuzione e realizzazione delle opere in maggior sicurezza) ed è stata minimizzata la presenza di ponteggi e opere provvisorie per l'esecuzione dei lavori in quota e puntellazione dei nuovi solai.

4.2 Fasi progettuali

Una delle prime richieste della committenza è stata la verifica della compatibilità e dei parametri di progetto del nuovo sistema costruttivo proposto da Tecnostrutture, mediante modellazione FEM dell'intera struttura del fabbricato (Figura 14).

Inizialmente si è resa quindi necessaria un'intensa attività progettuale e collaborativa con il progettista principale dell'opera, per la verifica della compatibilità della struttura proposta e il rispetto dei parametri prestazionali attesi in termini di spostamenti e risposta della nuova struttura. La modellazione è stata effettuata considerando le proprietà geometriche e meccaniche effettive delle travi NPS e dei pilastri PDTI, ipotizzando di utilizzare calcestruzzi alleggeriti preconfezionati per il getto degli impalcati, al fine di ridurre le masse sismiche. Grazie all'utilizzo delle travi NPS BASIC in corrispondenza del perimetro del fabbricato, è stato possibile realizzare più efficienti ancoraggi alle murature perimetrali senza intaccare l'involucro esterno dell'edificio (la soluzione con piastre di ancoraggio dall'esterno non era gradita dalla Sovrintendenza ai beni Culturali e dall'impresa per problematiche di fattibilità). In questo modo è stato possibile considerare le murature perimetrali come effettive masse reagenti con incremento degli sforzi trasmessi al nuovo telaio strutturale, ma con notevoli benefici, semplificazione e attendibilità del comportamento strutturale.

I risultati della modellazione FEM del telaio interno costituente la nuova "ossatura" portante dell'edificio sono stati confrontati con quelli ottenuti dal progettista principale dell'opera risultando ampiamente compatibili (Figura 15 e 16). Sono seguite ulteriori rielaborazioni e verifiche

da parte del progettista principale atte a dimostrare il miglioramento della risposta sismica globale degli edifici dell'intero isolato adiacenti a quello oggetto d'intervento, grazie agli elementi NPS.

4.3 Dettagli progettuali innovativi

Le particolari condizioni al contorno derivanti dalla progettazione e dalle esigenze logistiche e di cantiere, hanno reso necessaria l'introduzione di nuovi elementi di dettaglio rispetto alla tradizionale produzione di elementi NPS. Riportiamo di seguito la descrizione di alcuni aspetti per ciascun elemento coinvolto.

4.3.1 Pilastri PDTI

La necessità di realizzare pilastri multipiano dal livello interrato alla copertura e di avere elementi singoli di ridotte dimensioni e peso limitati, hanno necessariamente condizionato la progettazione di questi elementi rispetto agli standard di produzione.

L'ulteriore necessità di ricorrere ad elementi verticali snelli in grado di sostenere in fase transitoria le azioni trasmesse dalla copertura alle fondazioni e quella di garantire la continuità delle armature delle travi in fase definitiva, hanno fortemente condizionato la progettazione dei tradizionali nodi dei pilastri in corrispondenza dei piani.

Nella soluzione proposta e realizzata (Figura 17), i pilastri PDTI di sezione rettangolare 300x300 mm realizzati con tubo di spessore 10 mm, prevedono in corrispondenza dei nodi la realizzazione di 4 tubi di dimensione 100x100 mm posti ai vertici della sezione 300x300 mm, all'interno dei quali è stato possibile garantire la continuità delle armature longitudinali della gabbia interna ed il passaggio del calcestruzzo per l'intera altezza del pilastro, lasciando i necessari spazi per il successivo inserimento delle armature di continuità delle travate previste.

I fenomeni d'instabilità in fase transitoria della colonna parzialmente realizzata, sono stati evitati realizzando getti provvisori con calcestruzzo successivamente demolito, in corrispondenza dei fori su solaio (dimensioni 1.00x1.00 m circa) realizzati per permettere il montaggio degli elementi. In questo modo la luce di libera inflessione di ogni elemento in fase transitoria è stata ridotta dai 23-24 m a quella di 2 interpiani consecutivi, cioè pari a 6-7 m al massimo, con notevoli benefici in termini di dimensioni delle sezioni e utilizzo dei materiali.

La particolare conformazione del nodo trave pilastro così descritta, la necessità di realizzare elementi di limitati ingombri e peso e i ridotti spessori per la realizzazione delle pavimentazioni sopra solaio, hanno posto in evidenza la necessità di realizzare elementi con lunghezza

non superiore al singolo interpiano, giuntati in posizioni diverse dagli standard previsti per questa tipologia di pilastri.

Nella soluzione proposta e realizzata (Figura 18), le giunzioni dei pilastri PDTI sono state realizzate in corrispondenza della mezzeria di ogni interpiano, dove risultano minime le sollecitazioni flettenti derivanti dall'analisi sismica, attraverso barre filettate, dadi, flange e fazzoletti di irrigidimento interni alla sezione della colonna. Le flange di giunzione sono state posizionate in modo da prevedere la possibilità di regolare in altezza e garantire la verticalità di ogni elemento, agendo sui bulloni di giunzione. Tali operazioni sono state possibili realizzando opportune finestre sulla camicia del pilastro da tamponare con apposite piastre al momento del getto (Figura 19). Il foro centrale sulla piastra di supporto ai bulloni ha permesso il passaggio del conglomerato cementizio in fase di getto e quindi la continuità strutturale dell'elemento pilastro in fase definitiva.

Al fine di garantire il corretto riempimento e costipamento del conglomerato cementizio all'interno degli elementi, si è optato per l'utilizzo di calcestruzzi ordinari classe C28/35 autocompattanti (SCC).

L'armatura interna longitudinale e trasversale del pilastro posizionata in stabilimento a corretta distanza dal bordo esposto al fuoco del pilastro, è progettata per garantire la resistenza al fuoco R 90 per i livelli a destinazione commerciale.

4.3.2 Travi NPS

Tutti i vincoli progettuali e logistico/cantieristici volgevano a schemi strutturali in cui era necessario minimizzare il numero degli elementi verticali (a tal proposito ricordiamo che si sono resi necessari solo 6 pilastri centrali per sorreggere solai di 700 m² di superficie per 5 piani, al netto dei setti), con conseguente necessità di utilizzare orditure di travi principali e secondarie di luce elevata (Figura 20).

Le travi avevano sezioni tipologiche di 40x45 cm (travate principali e perimetrali all'edificio) e 30x35 cm per le orditure secondarie a sostegno dei solai in lamiera grecata.

Ogni trave risulta dimensionata e verificata alle sollecitazioni derivanti dall'analisi FEM dell'intero edificio, considerando l'involuppo di quelle più gravose, tra cui quelle dovute al sisma.

Altro requisito fondamentale è che tutti gli elementi dovevano essere autoportanti in fase di montaggio e getto dei solai, al fine di evitare ogni opera provvisoria, con notevole riduzione dei tempi di esecuzione; in questo modo terminato il montaggio di una porzione di solaio, si poteva procedere immediatamente alla demolizione della porzione al livello inferiore in totale sicurezza (Figura 21).

Anche per questi elementi la limitazione di lunghezza e pesi, ha determinato la necessità di realizzare giunzioni mediante bullonature, con flange e fazzoletti di rinforzo in grado di garantire la continuità degli elementi (Figura 22).

Una volta demolito il solaio, la particolare conformazione dei nodi sui pilastri PDTI ha consentito l'agevole inserimento delle armature di continuità agli appoggi delle singole travi, siano esse costituite da barre in acciaio B450C che connessioni NPS (utilizzate nei casi di elevate sollecitazioni flettenti ai nodi, Figura 23).

In corrispondenza degli appoggi previsti sui setti in c.a. sono state previste apposite "tasche" di alloggiamento delle estremità delle travi, in corso d'opera sostituite da mensole metalliche e tasselli di fissaggio (Figura 24). La particolare conformazione delle travi, posizionate adiacentemente alle murature perimetrali, ha permesso l'esecuzione di tasche a "coda di rondine" che corredate di opportuna armatura in acciaio B450C, hanno consentito l'efficace connessione delle pareti perimetrali agli impalcati, garantendone l'ancoraggio ad ogni livello.

Al fine di ridurre le masse sismiche dovute al peso proprio degli elementi strutturali costituenti l'impalcato, si sono utilizzati calcestruzzi pre-confezionati classe C28/35 alleggeriti con inerte in argilla espansa.

Per garantire i requisiti di resistenza al fuoco richiesta ai livelli delimitanti i piani commerciali, è stata prevista opportuna armatura in acciaio B450C posizionata in stabilimento a corretta distanza dai bordi esposti al fuoco e progettata per garantire la resistenza al fuoco R 90. In corrispondenza degli appoggi di ogni trave a

questi livelli è stato previsto l'innalzamento del dispositivo di appoggio in prima fase (martello) rispetto all'intradosso finito della trave, in modo da avere un adeguato ricoprimento di calcestruzzo e quindi garantire i requisiti di resistenza al fuoco previsti.

5. Variazioni in corso d'opera

Il rinvenimento dei reperti archeologici al livello interrato in fase di scavo e realizzazione delle fondazioni, unitamente all'arrivo delle festività Natalizie (ovvero alla chiusura al traffico veicolare del centro storico), oltre che altri imprevisti nel corso delle lavorazioni, hanno inevitabilmente comportato forti scostamenti temporali ai termini di consegna, che hanno indotto la committenza a richiedere la consegna anticipata dei livelli a chiusura dei piani commerciali e successivamente la realizzazione del solaio 4.

La flessibilità del sistema NPS ha permesso di effettuare le operazioni di demolizione e rifacimento dei solai secondo, primo e terra soddisfacendo le esigenze della committenza, con il solo onere di realizzare opere provvisorie aggiuntive (non previste inizialmente) a sostegno parziale dei solai a falde di copertura, rimosse successivamente al termine del solaio a quota +12.90. Ci preme infine citare che il progetto architettonico originale prevedeva la controsoffittatura e il rivestimento in cartongesso degli impalcati e dei pilastri: ad opere ultimate, vista la qualità dei dettagli e la gradevole finitura estetica del sistema, la committenza ha preferito lasciare a vista l'intera struttura nei comparti espositivi del Megastore (Figura 25).

Figura 1
Esempio di utilizzo
della tecnologia NPS in
costruzioni ex-novo.





Figura 2
Esempio di utilizzo della tecnologia costruttiva NPS un'intervento di recupero della Chiesa di Sizzano (NO).

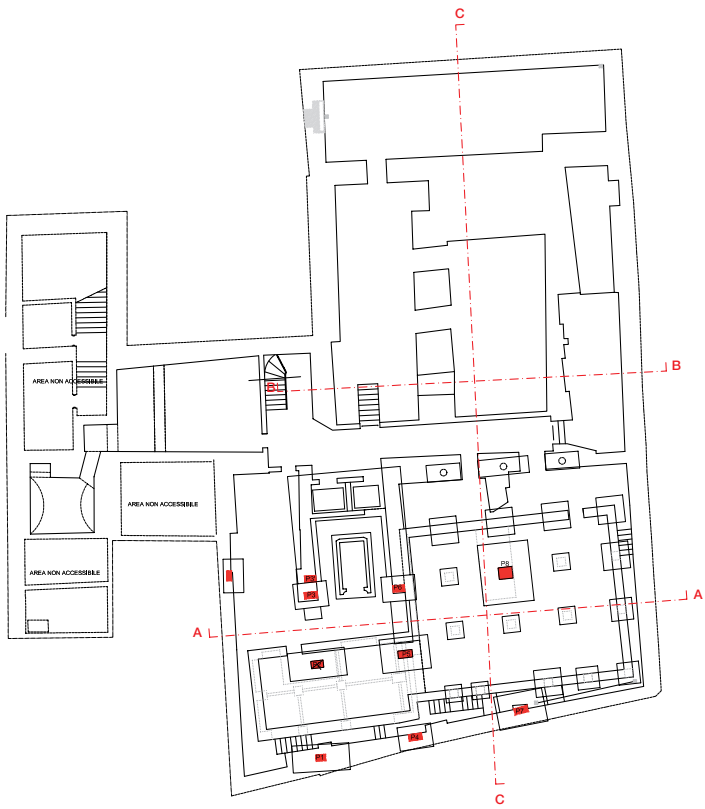


Figura 3
L'intervento di recupero e adeguamento sismico dell'edificio sede del Megastore Benetton a Verona ha visto anche la valorizzazione di alcuni reperti archeologici di età romana, rinvenuti nel piano interrato.

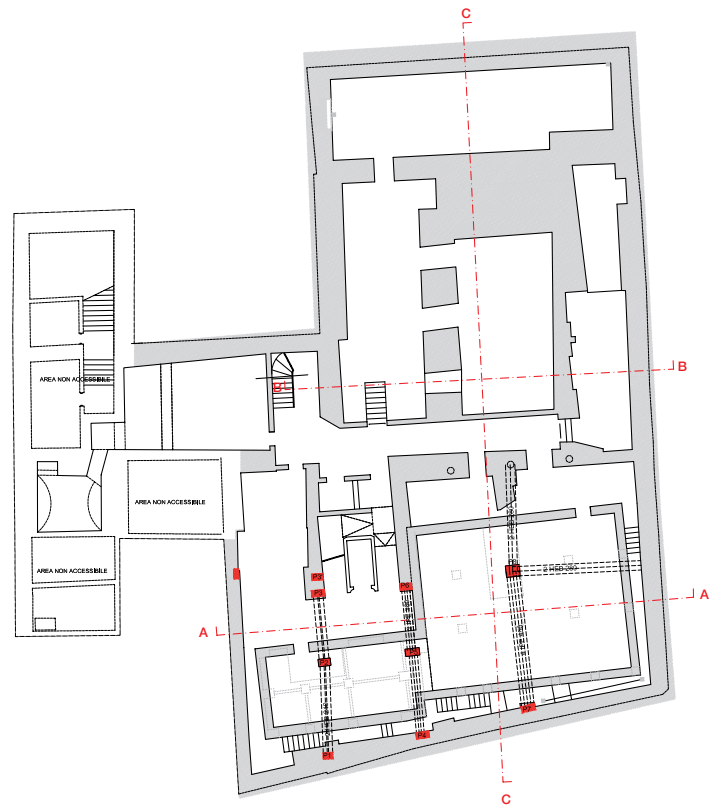


Figura 4
L'edificio del 1500 oggetto dell'intervento è ubicato nel centro storico di Verona, elemento che ha comportato notevoli problematiche alla gestione della logistica di cantiere.

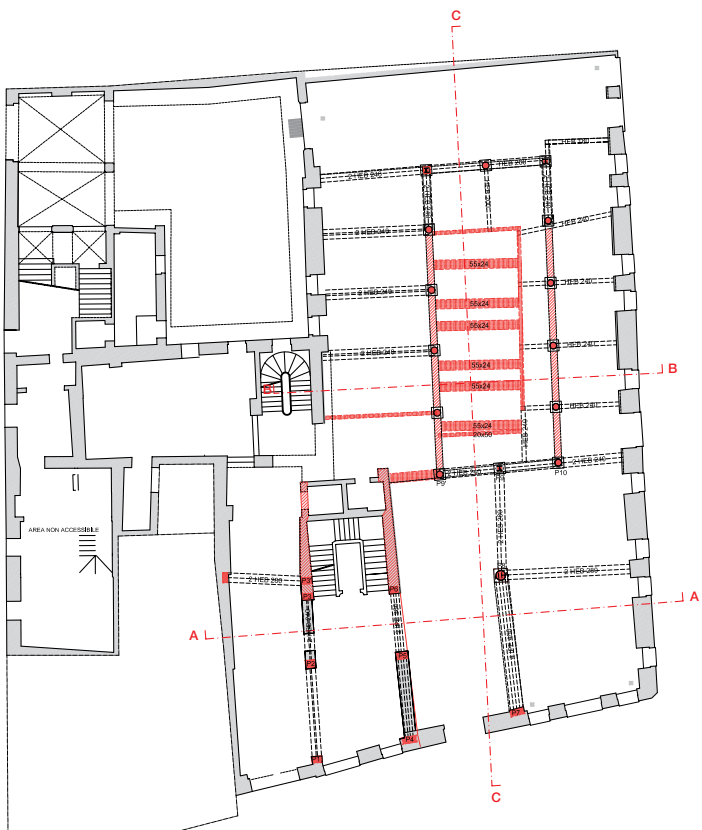
PIANTA FONDAZIONI



PIANTA SOLAIO A Q. +0.00



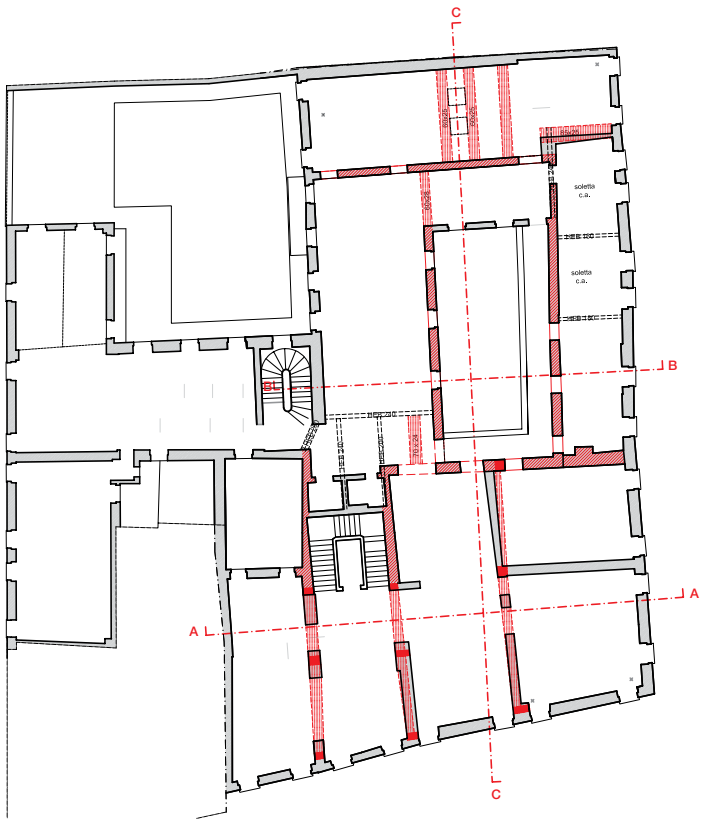
PIANTA SOLAIO A Q. +4.60



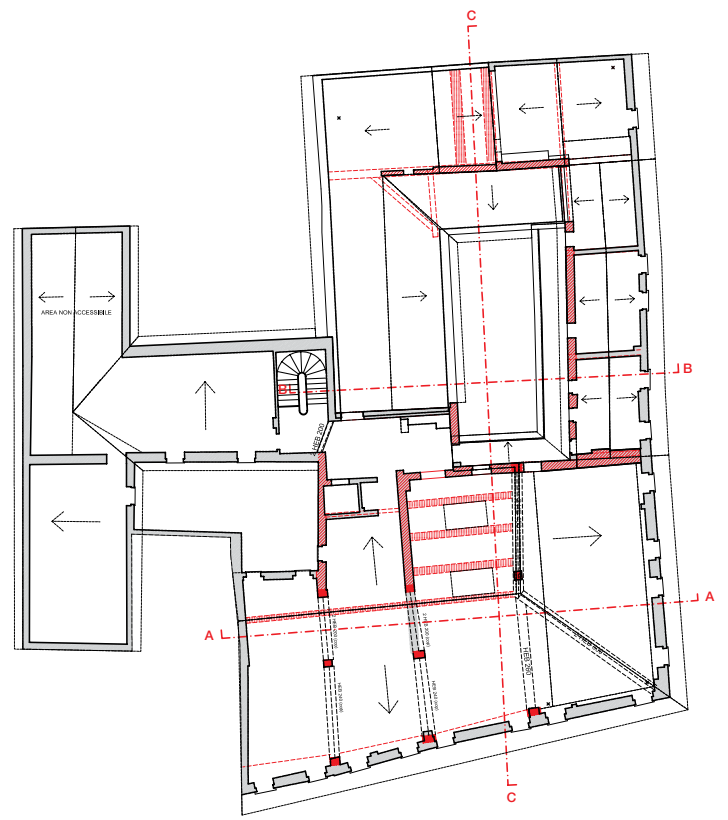
PIANTA SOLAIO A Q. +9.25



PIANTA SOLAIO A Q. +12.90



PIANTA ORDITURE COPERTURA



PIANTA COPERTURE

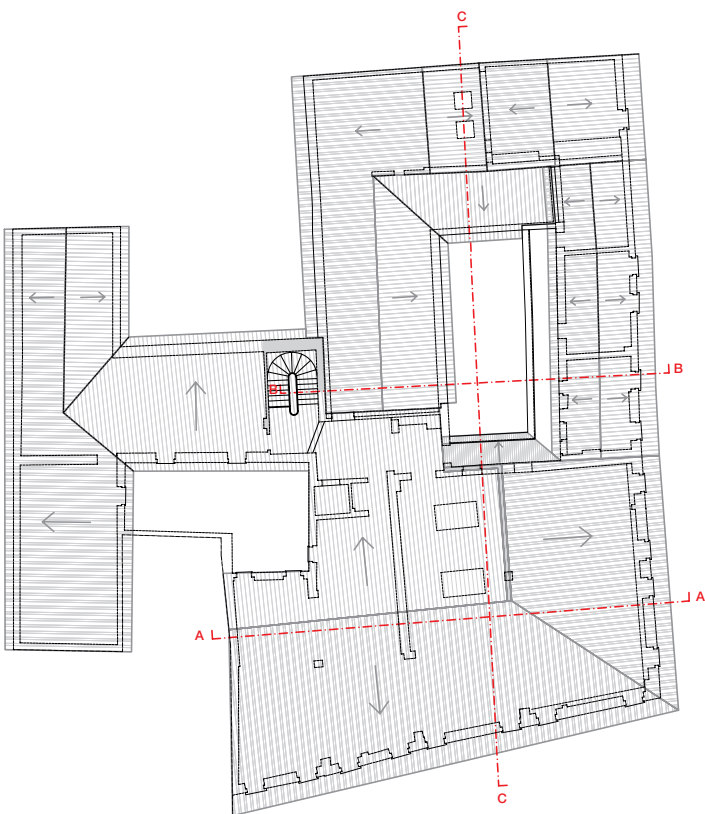
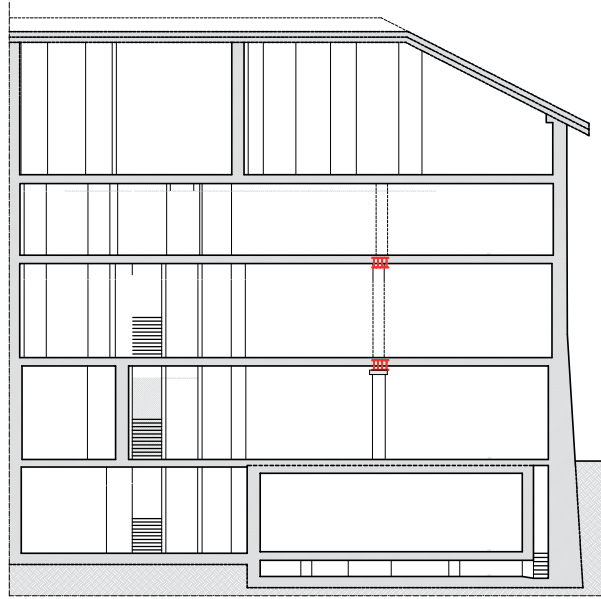


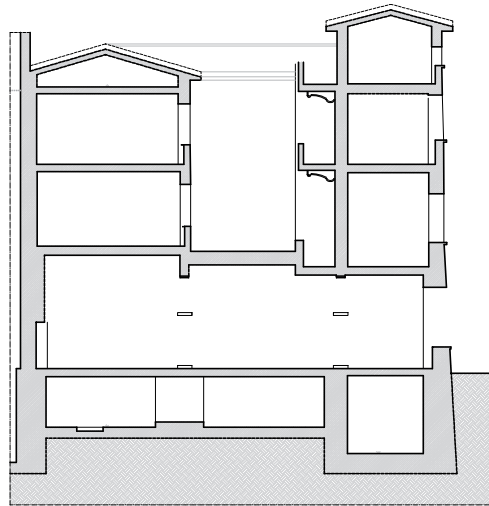
Figura 5
L'edificio, adibito a sede di una banca negli anni '50, insiste su un'area di circa 750 m² con uno sviluppo di 4 piani fuori terra e uno interrato. Le strutture risultavano rimaneggiate in epoche diverse con interventi più o meno invasivi.

Figura 6
Sezioni trasversali
dell'edificio nello stato di
fatto (per i riferimenti, si veda
la figura precedente).

Sezione A-A



Sezione B-B



Sezione C-C

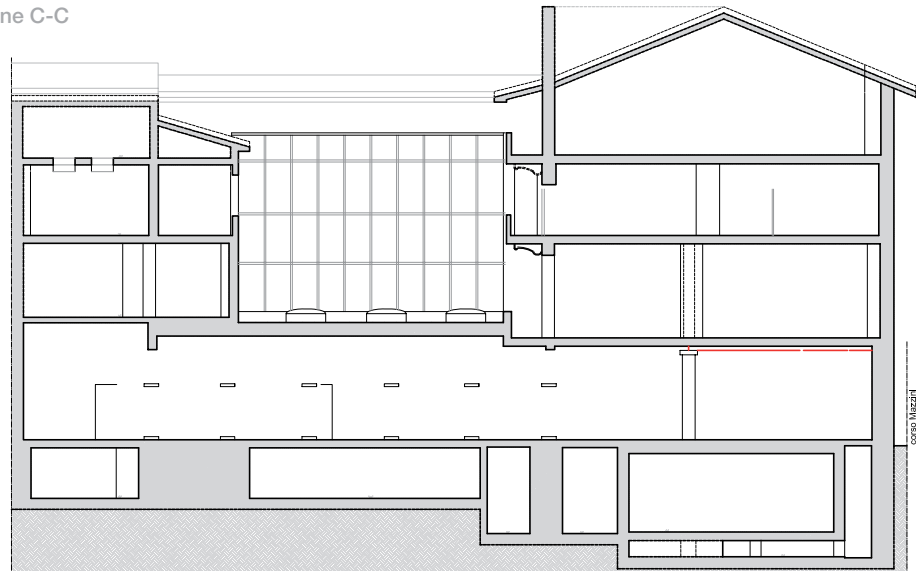
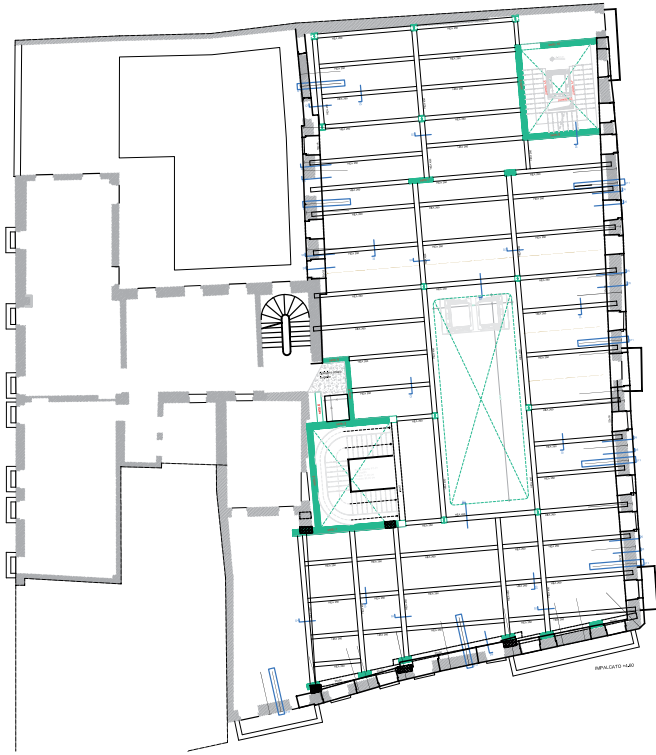




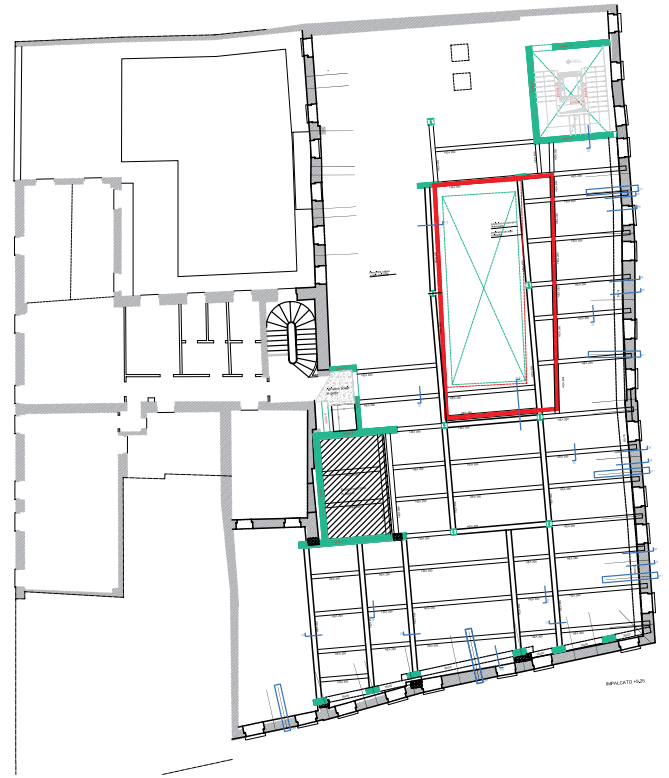
Figura 7
Allo stato attuale, la struttura è costituita da pareti storiche perimetrali in mattoni pieni, su cui si innestano a vari livelli i solai in latero cemento gettati in opera. Nella parte centrale sono presenti pilastri in c.a. debolmente armato e colonne cave ornamentali in pietra riempite di calcestruzzo. La copertura a falde è realizzata con le stesse tecniche costruttive.



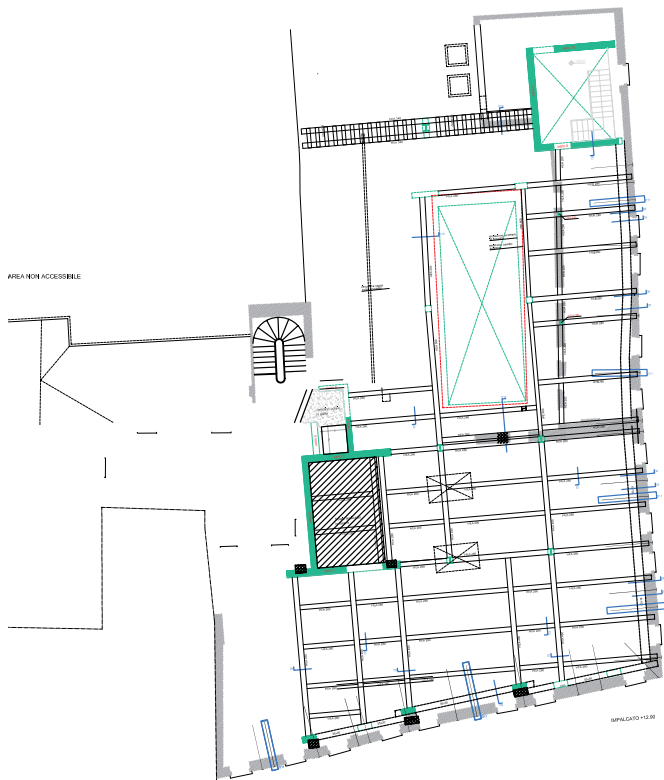
PIANTA IMPALCATO +4.60



PIANTA IMPALCATO +9.25



PIANTA IMPALCATO +12.90



COPERTURA

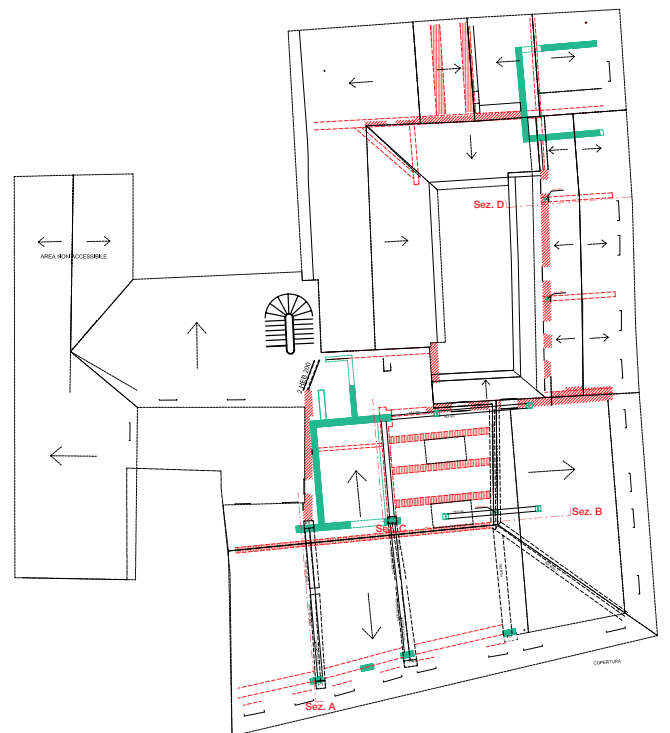
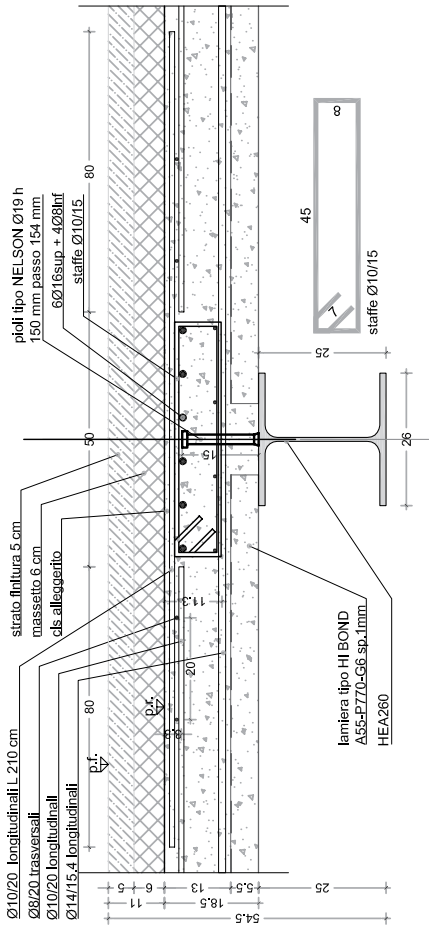


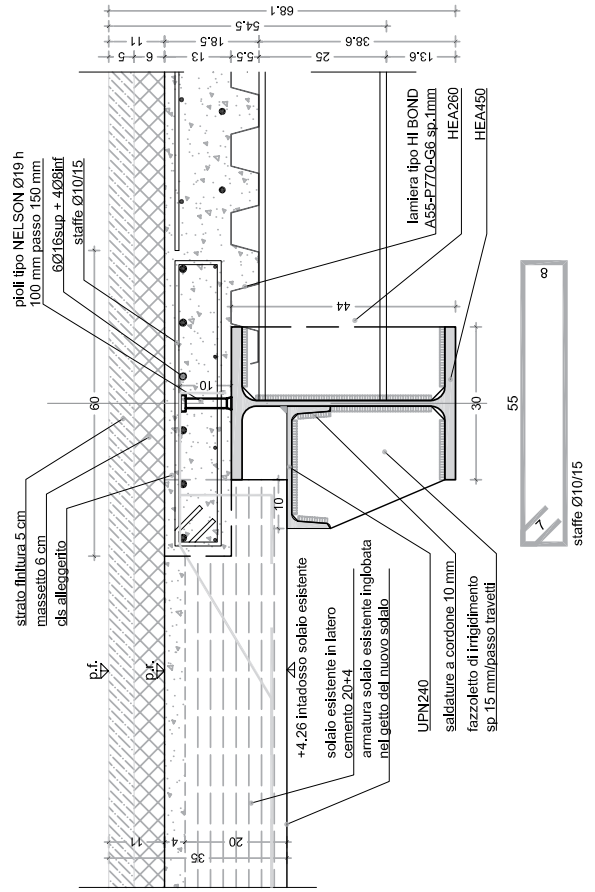
Figura 8a

Il progetto strutturale inizialmente preso in considerazione era basato sull'impiego di profili in acciaio per le orditure orizzontali e verticali, su nuovi setti in c.a. sismoresistenti e solai composti in lamiera grecata collaborante con getto di calcestruzzo in sostituzione di alcuni elementi strutturali interni per i quali era prevista la demolizione parziale.

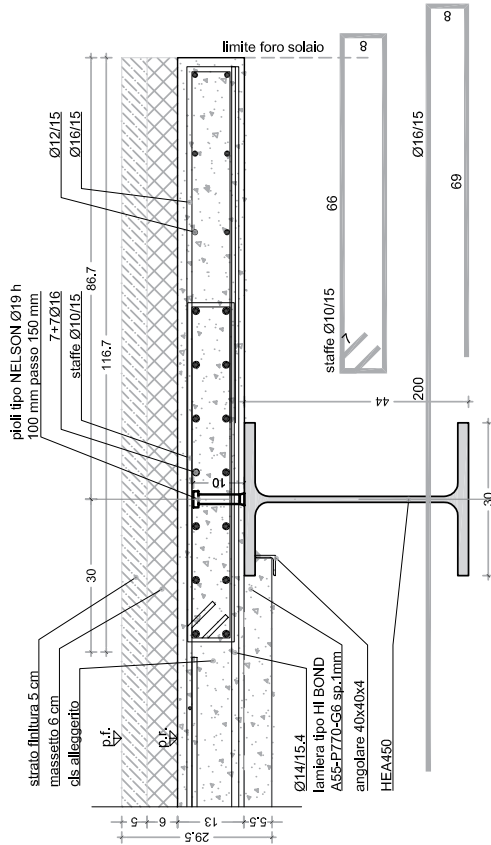
Dettaglio D3-trave secondaria



Dettaglio D4-collegamento con solaio esistente lato Carriar



Dettaglio D1-delimitazione foro doppia altezza



Dettaglio D2-trave principale

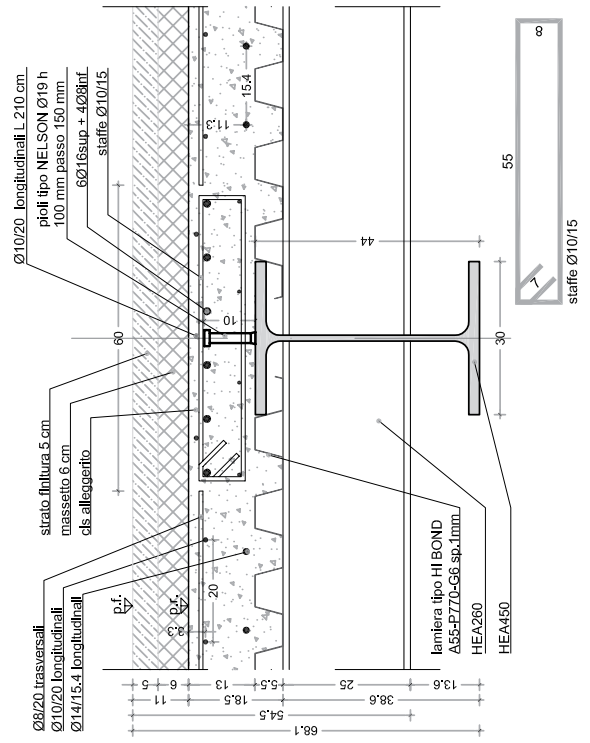
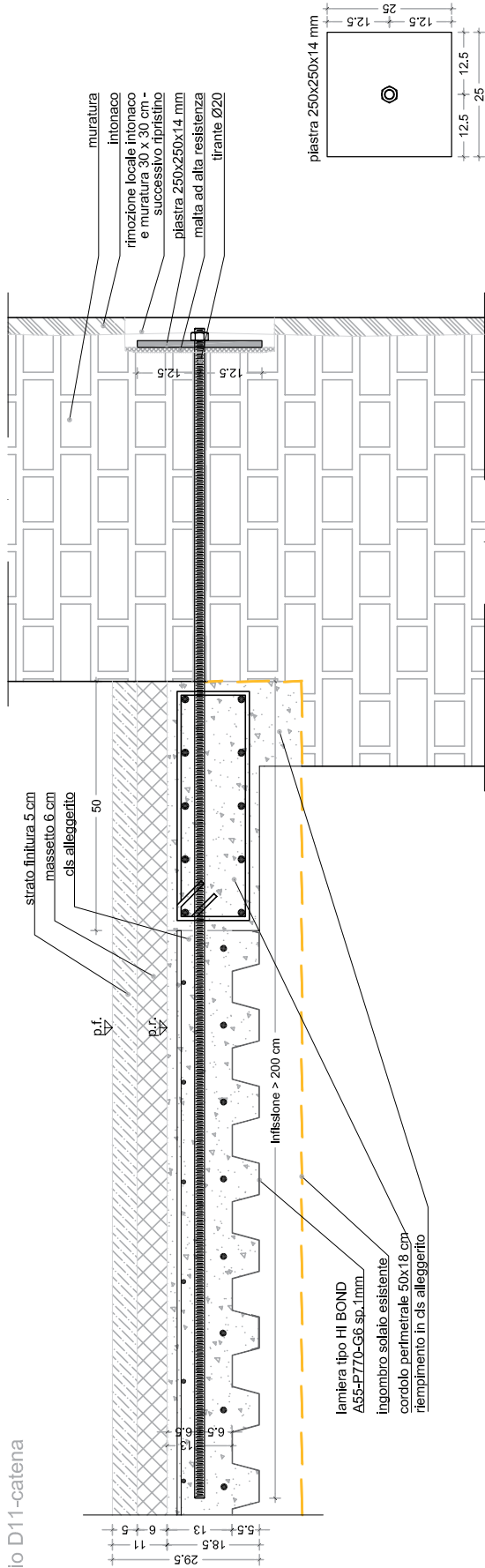
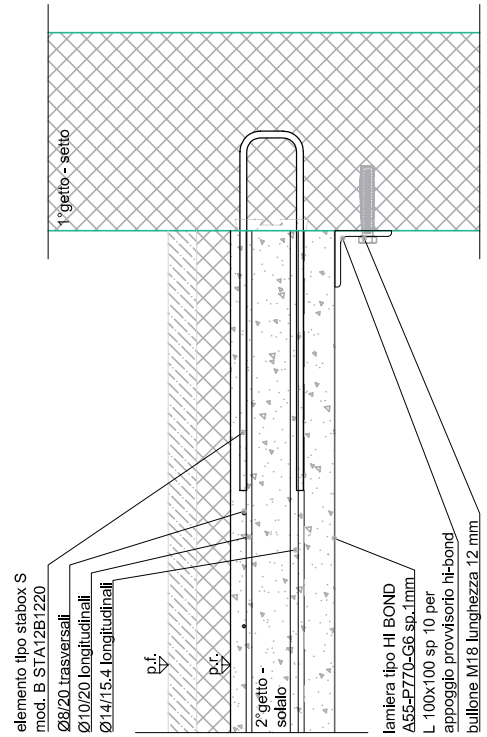


Figura 8b
Il progetto strutturale inizialmente preso in considerazione era basato sull'impiego di profili in acciaio per le orditure orizzontali e verticali, su nuovi setti in c.a. sismoresistenti e solai composti in lamiera grecata collaborante con getto di calcestruzzo. In questa pagina sono rappresentati alcuni dettagli degli orizzontamenti in corrispondenza dell'appoggio sulle travi secondarie.

Dettaglio D11-catena



Dettaglio D8-connezione tra solaio e setti



Dettaglio D9-travi lato via Mazzini

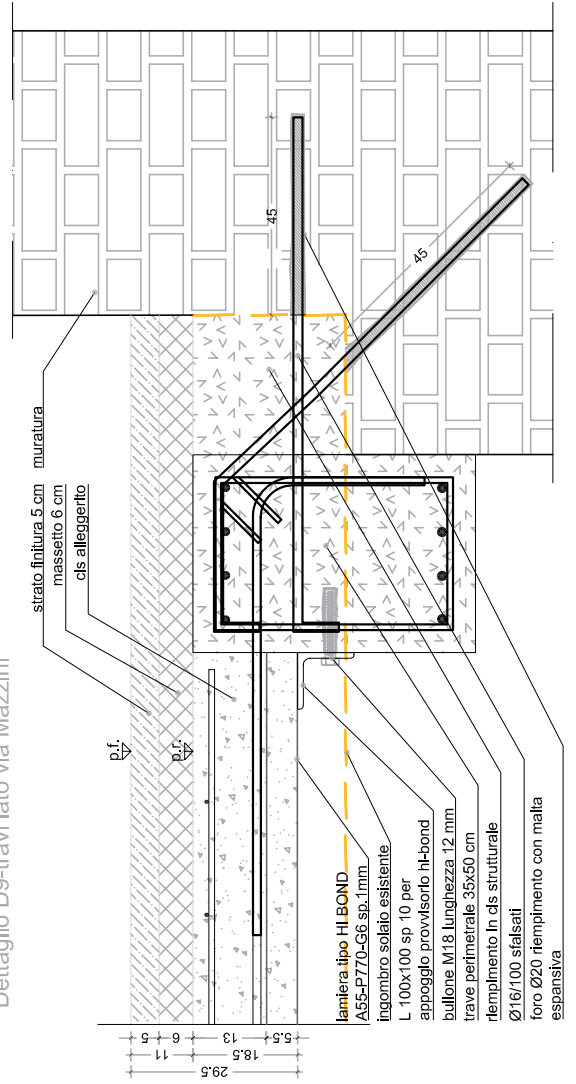
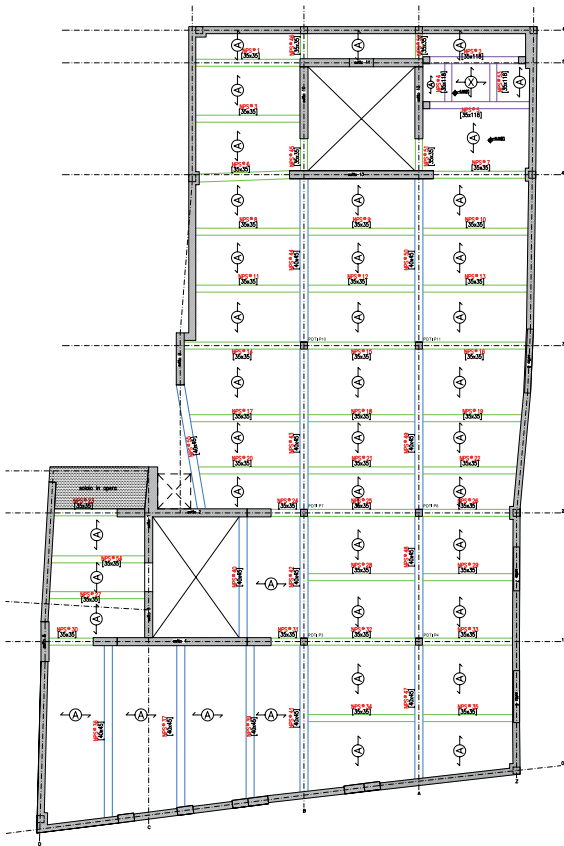


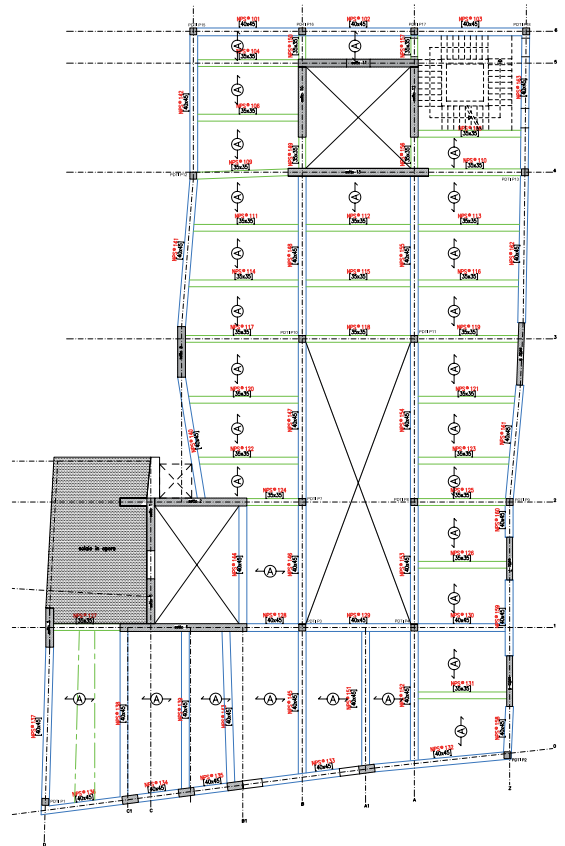
Figura 8c

Il progetto strutturale inizialmente preso in considerazione era basato sull'impiego di profili in acciaio per le orditure orizzontali e verticali, su nuovi setti in c.a. sismoresistenti e solai composti in lamiera grecata collaborante con getto di calcestruzzo. In questa pagina sono rappresentati alcuni dettagli degli orizzontamenti in corrispondenza dell'innesto sulle murature. Da notare la presenza degli appositi ancoraggi in acciaio per il collegamento solaio-mattatura.

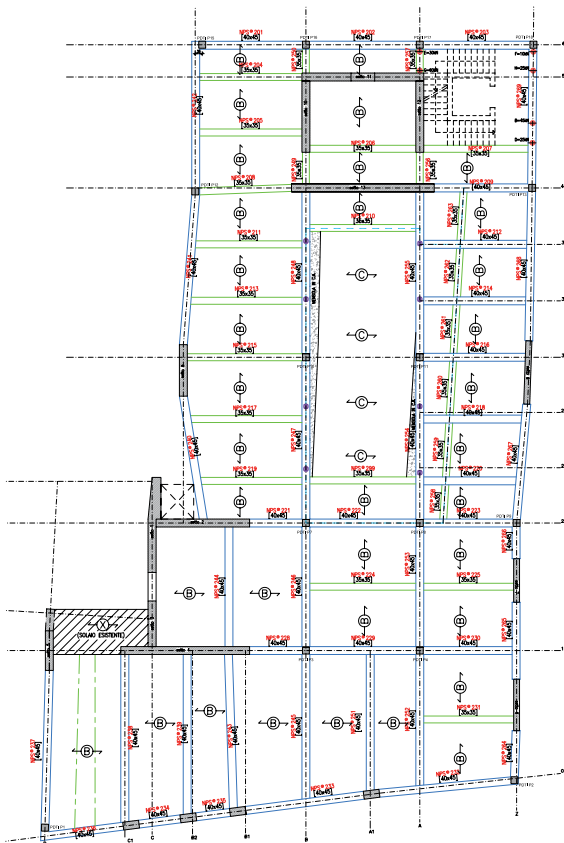
PIANTA IMPALCATO A QUOTA +0.00



PIANTA IMPALCATO A QUOTA +4.60



PIANTA IMPALCATO A QUOTA +9.25



PIANTA IMPALCATO A QUOTA +13.10

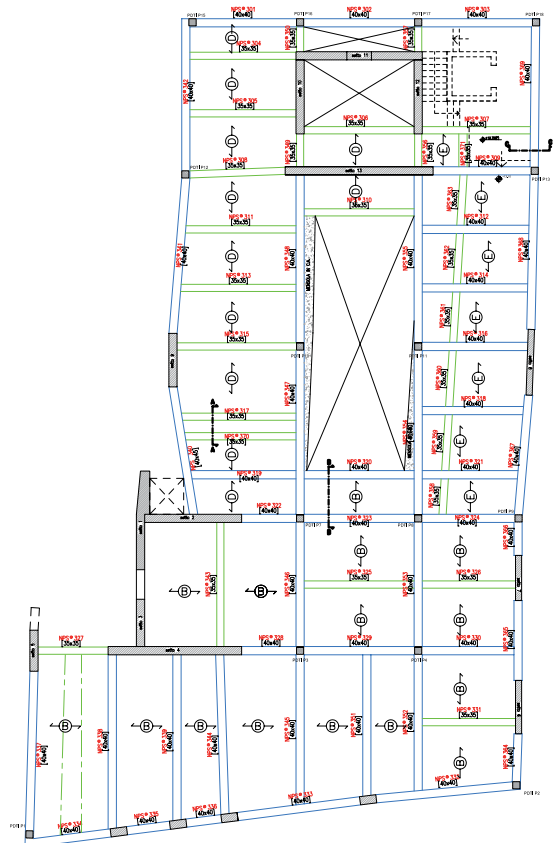


Figura 8d

Alcune problematiche pratiche legate al quantitativo di materiali e ad incertezze sulle tempistiche hanno indotto l'impresa principale a proporre alla committenza sistemi costruttivi alternativi. Tecnostrutture ha proposto la realizzazione dell'intero telaio strutturale mediante la tecnologia NPS-SYSTEM. In questa pagina sono proposte le piante dell'edificio con la disposizione dei nuovi elementi costruttivi proposti (si vedano, per ulteriori dettagli, le successive figure 10, 11 e 12).

Figura 10
Esempi di pilastri PDTI NPS.



Figura 11
Esempi di travi NPS Basic.



Figura 12
Il sistema costruttivo NPS L
composta da pilastro PDTI
NPS, Trave Basic NPS e
solai in lamiera.





Figura 13
Posa dei profili di rinforzo
in acciaio delle coperture
secondo i nuovi schemi di
progetto con appoggio
sulle nuove strutture verticali
realizzate.

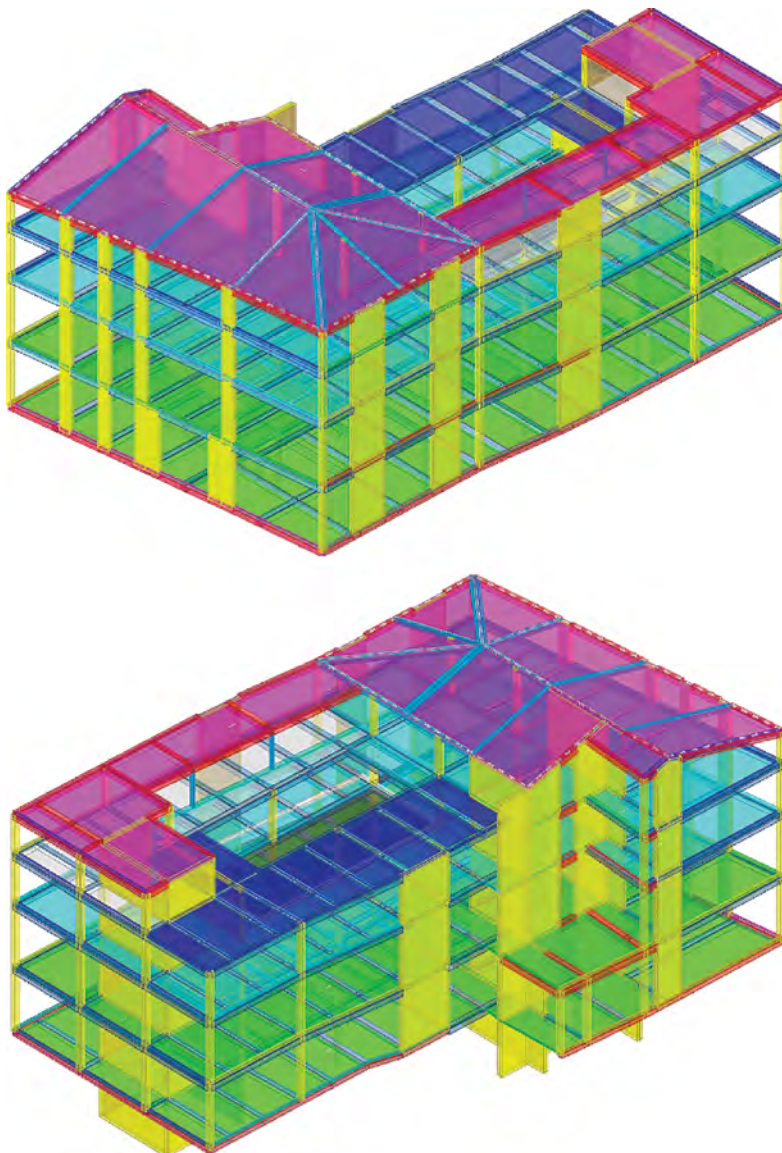


Figura 14
Modellazione ad elementi
finiti dell'edificio oggetto
dell'intervento.

Figura 15
Modellazione FEM del telaio interno costituente la nuova "ossatura" portante dell'edificio.

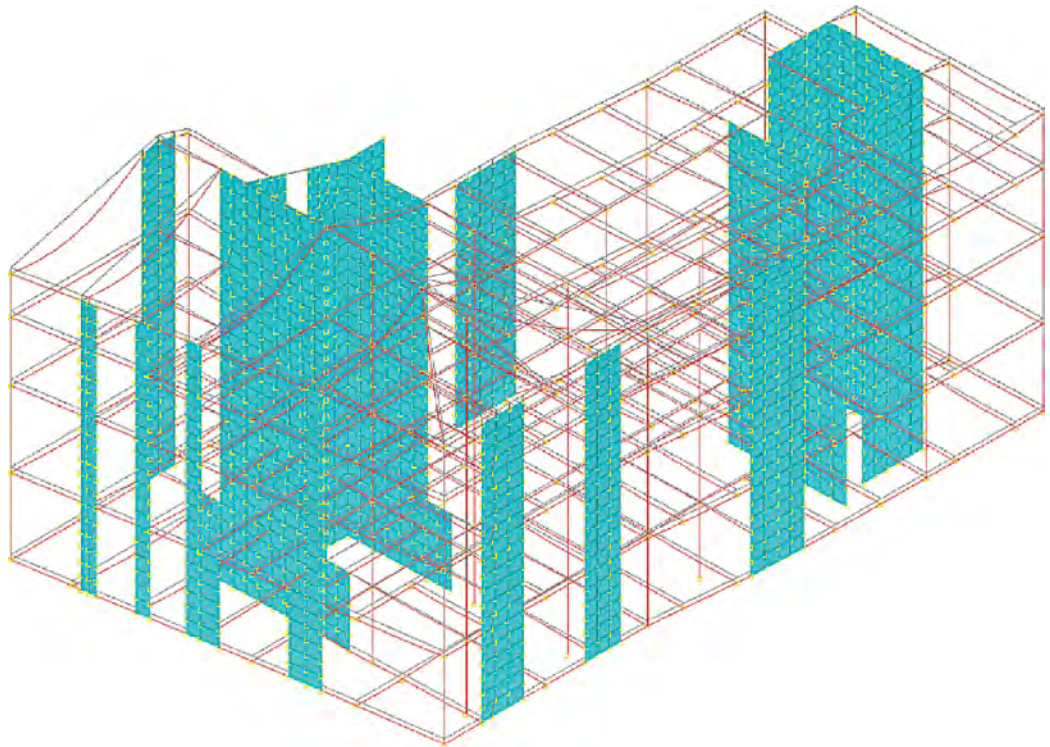
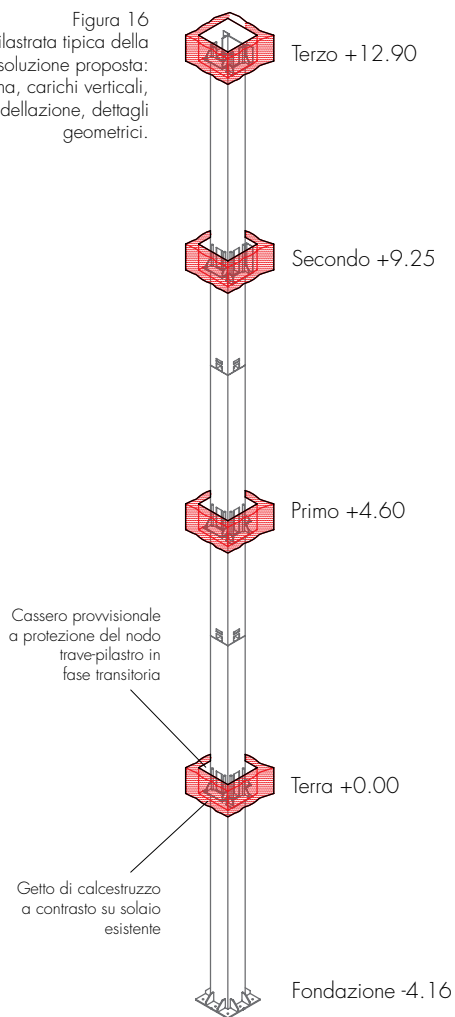
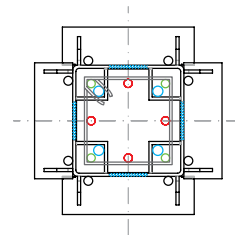


Figura 16
Pilastrata tipica della nuova soluzione proposta: schema, carichi verticali, modellazione, dettagli geometrici.



Sezione B-B



Dettaglio croce interna

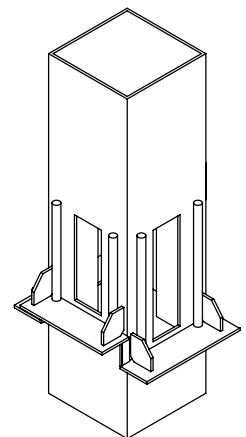
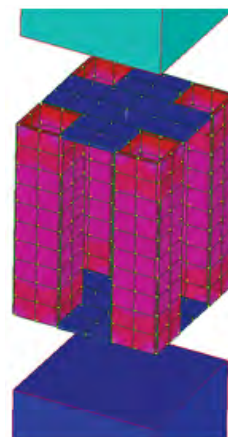
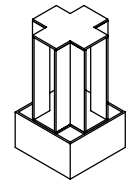
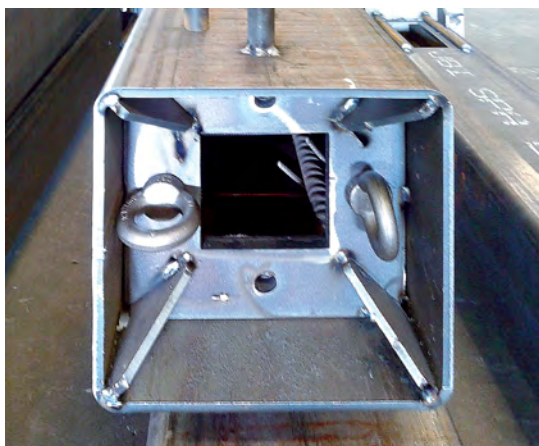




Figura 17
Dettagli dei pilastri utilizzati:
sezione rettangolare
300x300 mm con tubo
di spessore 10 mm. In
corrispondenza dei nodi è
prevista la realizzazione di 4
tubi di dimensione 100x100
mm posti in corrispondenza
degli spigoli esterni della
sezione grazie ai quali
è garantita la continuità
delle armature longitudinali,
lasciando i necessari spazi
per il successivo inserimento
delle armature di continuità
delle travi.

Figura 18
Le giunzioni dei pilastri sono realizzate in corrispondenza della mezziera di ogni interpiano, dove risultano minime le sollecitazioni flettenti, attraverso barre filettate, dadi, flange e fazzoletti di irrigidimento. Le flange di giunzione sono posizionate in modo da prevedere la possibilità di regolare in altezza e garantire la verticalità di ogni elemento, agendo sui bulloni di giunzione.





Dettaglio unione tronchi

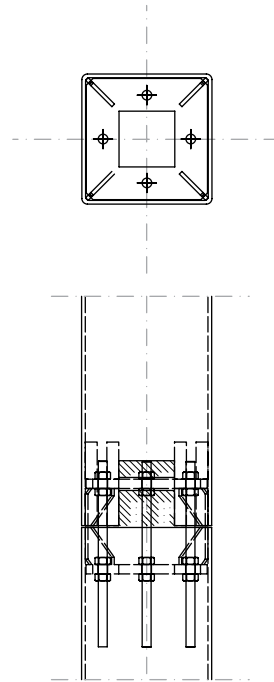


Figura 19
Le operazioni di regolazione dei pilastri sono rese possibili grazie ad opportune finestre sulla camicia dei pilastri stessi, da tamponare con apposite piastre al momento del getto.



Figura 20
I vincoli progettuali e logistico/cantieristici volgevano a schemi strutturali in cui era necessario minimizzare il numero degli elementi verticali: la soluzione adottata ha previsto solo 6 pilastri centrali per sorreggere solai di 700 m² di superficie per 5 piani, al netto dei setti), con conseguente necessità di utilizzare orditure di travi principali e secondarie di luce elevata.

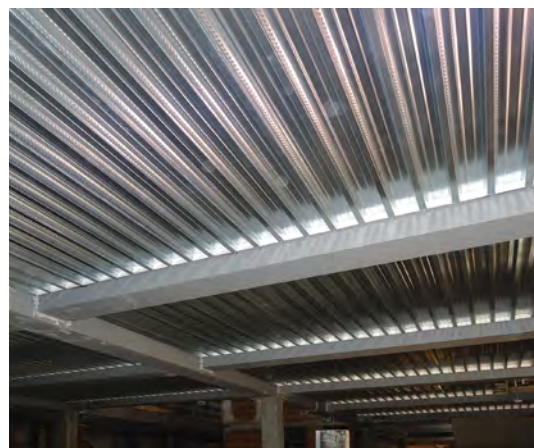


Figura 21
Nell'ambito della soluzione adottata, le travi sono autoportanti in fase di montaggio e getto dei solai. Questo ha comportato una notevole riduzione dei tempi di esecuzione, permettendo, una volta terminato il montaggio di una porzione di solaio, di demolizione la porzione sottostante in totale sicurezza.



Figura 22
La limitazione di lunghezze e pesi, ha determinato la necessità di realizzare giunzioni mediante bullonature, con flange e fazzoletti di rinforzo.





Figura 23
Tipico nodo pilastro-
orizzontamento.



Figura 24
In corrispondenza degli
appoggi previsti sui setti
in c.a. sono state previste
apposite "tasche" di
alloggiamento delle estremità
delle travi, in corso
d'opera sostituite da mensole
metalliche e tasselli di
fissaggio.



Figura 25
Una foto dell'interno del
Megastore Benetton:
per scelta della committenza
sono stati lasciati a vista
gli elementi del sistema
costruttivo NPS, i pilastri
PDTI, le travi NPS Basic e
il solaio in lamiera grecata
NPS L.

