



CENTRO COMMERCIALE "LE TERRAZZE" DI LA SPEZIA



UN ESEMPIO DI PREFABBRICAZIONE ANTISISMICA GRAZIE A UN SISTEMA MECCANICO CHE ASSORBE L'ENERGIA IN CASO DI TERREMOTO

Nicola Malatesta e Gabriele Weisz - BMS Progetti
Pasquale Di Tolve e Andrea Carnevali - RDB



Il centro commerciale "Le Terrazze" a La Spezia è costituito da tre distinti corpi strutturali affiancati: quello principale del vero e proprio centro commerciale; il secondo, denominato "Hero building", più piccolo e più alto del precedente e caratterizzato in termini architettonici dalla presenza di facce poligonali irregolari; infine, il parcheggio multipiano fuori terra. I tre manufatti sono separati strutturalmente, mentre sono collegati tra loro funzionalmente, i primi due senza soluzione di continuità, e questi con il terzo tramite delle passerelle.

La parte commerciale ha due ingressi principali, posizionati su fronti opposti in corrispondenza dei due diversi livelli commerciali; i due livelli (piano terra e piano primo) sono in comunicazione tra di loro attraverso dei sistemi di rampe mobili ricavate all'interno del corridoio distributivo

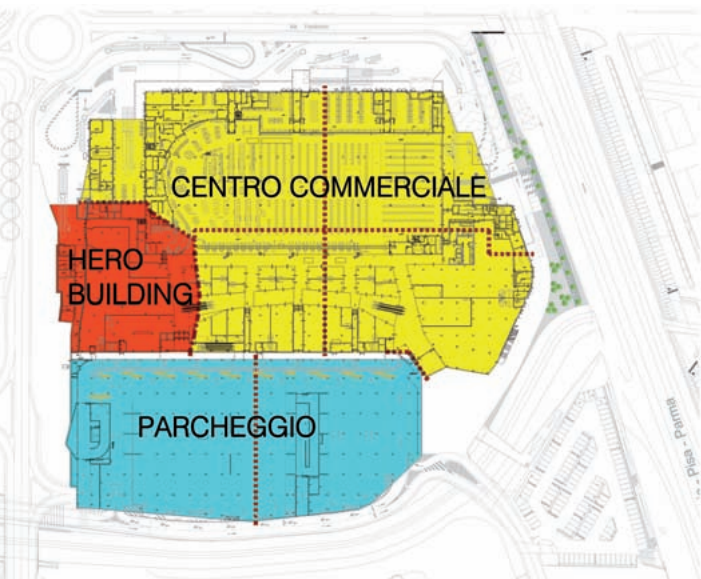
principale (mall) che si sviluppa ad anello all'interno degli spazi commerciali. All'interno dell'Hero building, che si sviluppa su quattro livelli, sono state ricavate aree per il fitness e per gli uffici direzionali del complesso. Il parcheggio esterno si sviluppa su quattro livelli fuori terra sovrapposti; il sistema di verde perimetrale e l'andamento a "terrazze" degli impalcati verso l'ingresso posteriore, caratterizzano tutto il fronte laterale del corpo e, riprendendo le tipiche terrazze liguri, danno il nome all'intero complesso.

IL CORPO PRINCIPALE

Il corpo principale dell'edificio del centro commerciale ha una pianta di forma abbastanza regolare, ad eccezione della facciata est che presenta una geometria più articolata, ed è inscritto in un rettangolo da 220x130 metri. Consta di un livello su terra e due livelli di impalcato, compresa la copertura, con un interpiano pari a 6.30 metri, per un'altezza complessiva di circa 12.60 metri. Il corpo è caratterizzato da due maglie strutturali diverse: una maglia tipica predominante, da 11.9x16 metri, in corrispondenza dell'area occupata in pianta dall'ipermercato; una maglia avente dimensioni in pianta di circa 8x8 metri per le altre zone. Data la notevole estensione in pianta dell'edificio, sono stati posizionati due giunti, lungo due allineamenti centrali ortogonali, "H" e "12", in modo da dividere l'edificio in quattro corpi di dimensioni simili; per esigenze di carattere architettonico-funzionale dell'edificio i giunti sono realizzati senza raddoppio di struttura verticale.

HERO BUILDING

Il corpo denominato "Hero Building" presenta una pianta di forma molto articolata inscritto in un rettangolo avente dimensioni di circa 60x70 metri; un giunto strutturale lo separa staticamente dal corpo principale del centro commerciale mediante raddoppio di struttura verticale. È costituito da un livello su terra e quattro livelli di impalcato, compresa la copertura, con un interpiano di 6.30 metri per i primi due livelli e di 5.50 metri per gli altri due, per un'altezza complessiva circa pari a 23.60 metri. Dal primo piano in su, l'edificio risulta sdoppiato con un ampio sfondato centrale attraversato da una passerella di collegamento ai livelli del secondo e del terzo piano. Al secondo piano è prevista la realizzazione di una piscina e, in corrispondenza della stessa, al piano superiore è presente un ampio sfondato. La struttura presenta un'irregolarità in pianta, dovuta ad esigenze funzionali ed estetiche, che si riflette in parte sulla maglia strutturale la quale presenta indicativamente delle zone a maglia a 8x8 metri e altre con maglia 12x8 metri.



PARCHEGGIO MULTIPIANO

Il parcheggio multipiano ha una forma in pianta inscrivibile in un rettangolo di dimensioni 170x80 metri ed è diviso, da un giunto con raddoppio di struttura, in due corpi di circa 85 metri di lunghezza ciascuno a livello del piano terra. I due corpi hanno strutture del tutto indipendenti. Il parcheggio presenta un livello su terra e quattro livelli di impalcato con arretramenti del bordo sud-est, di piano in piano in modo da creare delle zone terrazzate esterne. I quattro livelli di impalcato hanno un interpiano di 3.15m, in modo che ad ogni piano di area commerciale corrispondano due piani di parcheggio. La maglia tipica dei pilastri è 8x10 metri.

LE STRUTTURE

Tutte le strutture sono dimensionate e verificate adottando il metodo agli stati limite. La progettazione è stata effettuata negli anni 2006÷2008, in accordo con quanto previsto dal D.M.96 e tenendo conto, per quanto riguarda gli aspetti di carattere sismico (zonazione, metodi di verifica, prescrizioni, ecc.) di quanto previsto dall'O.P.C.M. n°3274 del 2003, come modificato dall'O.P.C.M. n°3431, per siti posti in zona 3. In questo modo si è cercato di coniugare, da una parte, l'opportunità di seguire gli ormai ineludibili orientamenti, all'epoca in fase di introduzione nel nostro paese, tesi a cogliere in modo più attendibile il comportamento in zona sismica di manufatti complessi quale quello in esame, con l'esigenza, d'altra parte, di utilizzare un quadro normativo generale affidabile e di applicazione consolidata. È opportuno ricordare che l'unica alternativa esistente nel periodo di sviluppo del progetto era rappresentata dalle NTC 2005, che ha creato non pochi dubbi e difficoltà

interpretative ai professionisti del settore (valori base dei carichi da vento e neve, ecc...), superati solo a seguito dell'entrata in vigore delle NTC 2008. Per tutti i corpi presenti nel complesso in esame si è scelto di non trascurare il contributo di resistenza alle forze orizzontali prevedibili, fornito dagli elementi verticali di grande rigidità, nuclei scale e vani ascensori in primis, posizionati all'interno dei vari corpi secondo logiche essenzialmente di tipo funzionale e commerciale. Nel comportamento d'insieme delle strutture, quindi, si è tenuto conto del contributo di tutti gli elementi verticali presenti in base alla propria specifica rigidità, data la presenza di travi e solai prefabbricati, che non permettono di realizzare effetti telaio con unioni di continuità, se non mediante accorgimenti complicati e costosi. Le forze orizzontali, di conseguenza, sono assorbite per la quasi totalità da nuclei scale e ascensori e da setti in c.a. (questi ultimi opportunamente collocati in pianta secondo criteri illustrati nel seguito), dando vita ad uno schema statico cosiddetto "pendolare", nel quale i pilastri, anch'essi prefabbricati, sono sostanzialmente riconducibili a "bielle" sollecitate prevalentemente dai soli carichi verticali. Le cappe di solidarizzazione, realizzate in opera, sono state dimensionate per rendere gli impalcati sufficientemente rigidi nel proprio piano, in modo tale da trasferire le azioni orizzontali agli elementi di controvento, anch'essi realizzati in opera. Il cantiere è stato aperto nel mese di gennaio del 2010, e le opere sono attualmente in fase di esecuzione.

COMPORTEMENTO STRUTTURALE DELL'EDIFICIO PRINCIPALE

L'edificio principale del centro commerciale, come già detto, presenta in pianta una dimensione indicativamente pari a 220x130 metri. Nuclei scale e ascensori sono distribuiti, essenzialmente lungo il perimetro del centro commerciale, secondo esigenze legate alla distanza tra le vie di fuga, alla funzionalità del centro e a criteri di tipo commerciale.

In queste condizioni, per evitare che, in presenza di variazioni termiche, si manifestino sollecitazioni inaccettabili negli elementi di controvento, a meno di cedimenti locali, di difficile determinazione, indesiderati e non controllabili, si utilizzano normalmente due diversi approcci progettuali: si introducono giunti di dilatazione sufficienti a rendere limitate le distanze degli elementi di controvento dal centro di rigidità di ciascun corpo così individuato. In tal modo si rendono accettabili le sollecitazioni dovute a variazioni termiche, dovendo aggiungere peraltro setti di controvento, collocati in prossimità dei giunti di dilatazione,

Pianta generale piano terra con identificazione corpi e giunti

Dispositivo di protezione sismica (Shock transmitters).

per potere assorbire le forze di natura sismica; si svincolano dall'impalcato e, quindi, dal resto delle strutture, gli elementi verticali di grande rigidità, posizionando lungo il loro perimetro giunti nel piano orizzontale ed affidando, così, ai soli pilastri l'onere di assorbire le azioni sismiche, con la conseguenza, per casi come quello in esame, di un notevole aumento delle dimensioni dei pilastri o della necessità di realizzare effetti telaio con unioni di continuità nelle due direzioni, con importanti complicazioni e costi aggiuntivi, soprattutto in presenza di elementi prefabbricati. Per entrambe le soluzioni descritte, inoltre, le dimensioni dei giunti, dettate dalla necessità di evitare fenomeni di martellamento in presenza di sisma, possono assumere valori molto elevati (circa 30 cm nel caso in esame per la seconda soluzione). Per ridurre al minimo le notevoli ripercussioni che entrambe le soluzioni descritte determinerebbero, soprattutto sulla funzionalità e sulla fruibilità commerciale del manufatto, si è fatto ricorso all'utilizzo di apparecchi di recente concezione, in grado di far fronte alle opposte esigenze generate dalle variazioni termiche e dalle azioni sismiche. Nella sostanza, innanzitutto sono stati individuati giunti di dilatazione, di piccola dimensione ($2\div 3$ cm in quanto dovuti alle sole variazioni termiche), in funzione delle sollecitazioni prevedibili negli elementi di controvento per effetto delle variazioni termiche previste dalle norme. Lungo gli allineamenti dei giunti così definiti, quindi, a livello della cappa di solaio, si è previsto l'uso di particolari elementi di connessione che sono in grado di:

- permettere lo sviluppo di spostamenti orizzontali differenziali sotto le azioni lente, quali le variazioni termiche;
- garantire il trasferimento delle forze orizzontali, sotto le azioni istantanee, da sisma o da vento in particolare, in modo da poter considerare l'edificio come un corpo unico.

Si è così ottimizzato il comportamento globale dell'edificio, che prevede i nuclei distribuiti lungo il perimetro, minimizzando l'eccentricità fra il centro delle masse e quello delle rigidità per carichi istantanei, eccentricità che sarebbe invece elevata per ogni singolo corpo in condizioni di comportamento indipendente l'uno dall'altro. È prevista in particolare l'adozione di due sistemi di connessione:

- apparecchi di connessione a taglio;
 - apparecchi di protezione sismica.
- Gli apparecchi di connessione a taglio hanno la funzione di garantire il trasferimento dei tagli orizzontali nella direzione parallela al giunto, consentendo le dilatazioni termiche nella direzione perpendicolare; ciascun apparecchio è

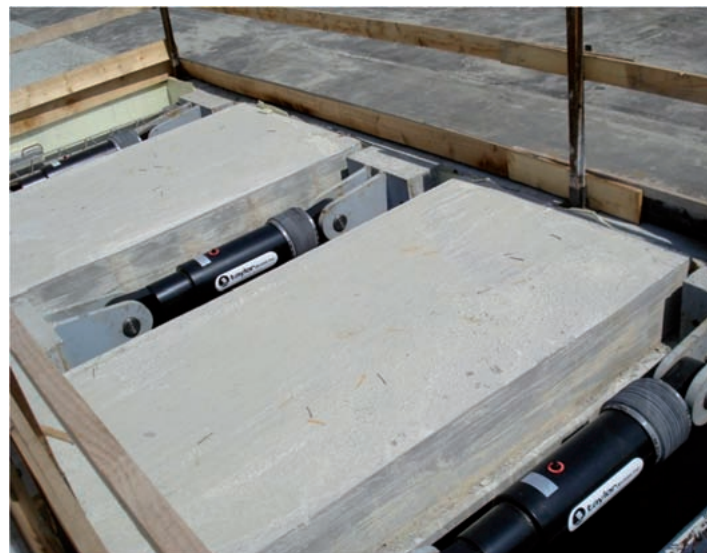
in grado di trasferire 62.8 kN di taglio agli stati limite ultimi (SLU) nelle condizioni di massima apertura dello stesso.

Il dispositivo di protezione sismica a comportamento fluido-viscoso, come già detto, consente alle parti strutturali connesse, di muoversi liberamente, senza indurre significative azioni aggiuntive, quando soggette a basse velocità traslazionali, costituendo invece una connessione rigida durante un evento sismico.

È previsto l'impiego di dispositivi con due diversi valori di forza orizzontale trasmissibile:

dispositivi in grado di trasmettere forze orizzontali pari a 1.000 kN in compressione e trazione agli stati limite ultimi (SLU) e dotati di rigidità pari a 200.000 kN/m.

dispositivi in grado di trasmettere forze orizzontali pari a 2.000 kN in compressione e trazione agli stati limite ultimi (SLU) e dotati di rigidità



pari a 320.000 kN/m; il sistema è costituito tecnologicamente da un cilindro-pistone, nel quale il fluido viscoso viene forzato a passare attraverso ugelli di sezione tale da impedire il movimento del pistone durante azioni dinamiche veloci. Sotto la massima forza impressa il dispositivo subisce deformazioni elastiche in genere inferiori al 5% della massima corsa del pistone.

Sono state effettuate diverse modellazioni tridimensionali ad elementi finiti. Nuclei, setti e pilastri sono stati inseriti nei modelli di calcolo come elementi di tipo "beam" perfettamente incastrati alla base.

Il modello utilizzato per le verifiche sismiche ha previsto l'introduzione di diversi diaframmi di piano per ogni quota di impalcato e per ogni corpo in cui la struttura principale è divisa dai giunti. ai diversi livelli di impalcato. In corrispondenza del posizionamento degli "shock transmitters"

sono state introdotte delle molle di connessione, introducendo il valore di rigidezza fornito dal produttore degli elementi di protezione sismica. Per l'analisi termica si sono utilizzati 4 modelli separati, uno per ognuno dei corpi in cui la struttura risulta divisa dai giunti; in questi modelli gli impalcati sono stati schematizzati mediante elementi di tipo shell, con uno spessore pari a quello della cappa di solidarizzazione e di connessione con gli elementi di controvento. Su tali elementi è stato applicato il valore di dilatazione termica secondo normativa.

OPERE FONDAZIONALI PROFONDE

Le fondazioni dei diversi manufatti presenti sono sempre di tipo profondo, realizzate mediante pali trivellati di diametro 600, 800 e

Prova di carico su pali.



1000 mm. Gli elementi di fondazione, di altezza variabile da 800 a 1700mm, sono di tipo a platea, in corrispondenza di nuclei e setti, e a plinto sotto i pilastri. Il dimensionamento e la verifica di tutti i pali sotto i pilastri sono stati condotti considerando le azioni verticali che gravano sui pilastri e tenendo conto delle eccentricità dovute agli appoggi delle travi sulle mensole dei pilastri stessi, nelle diverse fasi, compreso il montaggio.

Per quanto concerne, invece, il dimensionamento e la verifica dei pali in corrispondenza dei vani scala, vani ascensore e setti, si è tenuto conto sia delle azioni dei carichi verticali con le rispettive eccentricità rispetto al baricentro della platea, sia dei contributi dei momenti flettenti trasmessi dai nuclei alla fondazione per effetto delle azioni orizzontali sull'intero edificio.

	NMAX (compressioni)	NMAX (trazioni)
[mm]	[KN]	[KN]
600	2050	600
800	3950	1200
1000	6150	2000

$$N_{palo} = \frac{N_{tot}}{n^{\circ} \text{ pali}} \pm \frac{M_{xx}}{\sum x_i^2} x \pm \frac{M_{yy}}{\sum y_i^2} y$$

I pali posti sotto le fondazioni di nuclei e setti sono soggetti, in condizioni sismiche o a seguito di variazioni termiche, a sollecitazioni notevoli, sia di compressione, sia di trazione. Le sollecitazioni massime previste sui pali agli SLU risultano:

ELEMENTI REALIZZATI MEDIANTE GETTI IN OPERA

Le fondazioni a platea per i setti ed i nuclei sono realizzate in c.a., come pure i plinti a pozzetto che accolgono i pilastri prefabbricati. Le strutture in elevazione di setti, vani e nuclei, che assolvono alla funzione di controvento degli edifici, sono a loro volta realizzate in c.a. gettato in opera.

Tali elementi presentano a livello di ogni piano le mensole per l'appoggio delle strutture prefabbricate (travi e solai) che su questi concorrono. Sui setti e sui nuclei, a livello della cappa di solaio, sono previste opportune riprese di armatura, realizzate con elementi tipo boccia filettata o con elementi a strappo; questi elementi garantiscono la necessaria continuità per l'armatura presente nella cappa allo scopo di trasmettere le forze orizzontali dai piani agli elementi di controvento.

STRUTTURE PREFABBRICATE

Le strutture principali (travi, pilastri, solai) e i pannelli di tamponamento sono realizzati con elementi di tipo prefabbricato. Il corpo principale presenta pilastri monolitici da 80x80 cm a piano terra, rastremati a 60x60 cm al piano superiore, nelle zone con maglia 11.9x16 metri, e pilastri filanti, da 60x60 cm nelle zone con maglia ridotta a 8x8 metri. I pilastri in alcune zone della facciata del corpo principale hanno un'altezza di circa 6-7 metri maggiore di quelli interni, alti circa 13 m, per sostenere e controventare i pannelli di tamponamento che schermano i volumi tecnici. Il corpo denominato "Hero Building" ha, nei primi due piani, pilastri da 80x80 cm che rastremano a 60x60 cm nei due successivi. La maggior parte dei pilastri ha un'altezza di circa 24 m ed è realizzata in un unico getto.

Anche in questo caso sono presenti alcuni pilastri con appendici di circa 7 m oltre l'ultimo impalcato, che portano la loro altezza a 31.4 m. Tali pilastri vengono realizzati, quindi, in due pezzi, uniti in fase di montaggio tramite un sistema di fissaggio meccanico composto da tirafondi annegati nella parte superiore del pilastro da

IN OPERA



Plinto a pozzetto.



Armatura platea di fondazione



Nuclei di controvento.

giuntare e inserti speciali costituiti da una scarpa in acciaio cui è saldata un'armatura propria che si sovrappone all'armatura dell'appendice da fissare. In fase di montaggio i tirafondi vengono serrati alle scarpe e in seguito il tutto viene sigillato con malta anti ritiro. Il parcheggio presenta pilastri filanti con sezione rettangolare tipica da 40x90 cm, per ridurre l'ingombro nella direzione dei posti macchina. L'altezza massima dei pilastri è di circa 13 m e sono, quindi, monolitici.

Tutti i pilastri sono realizzati con calcestruzzo Rck = 50 MPa

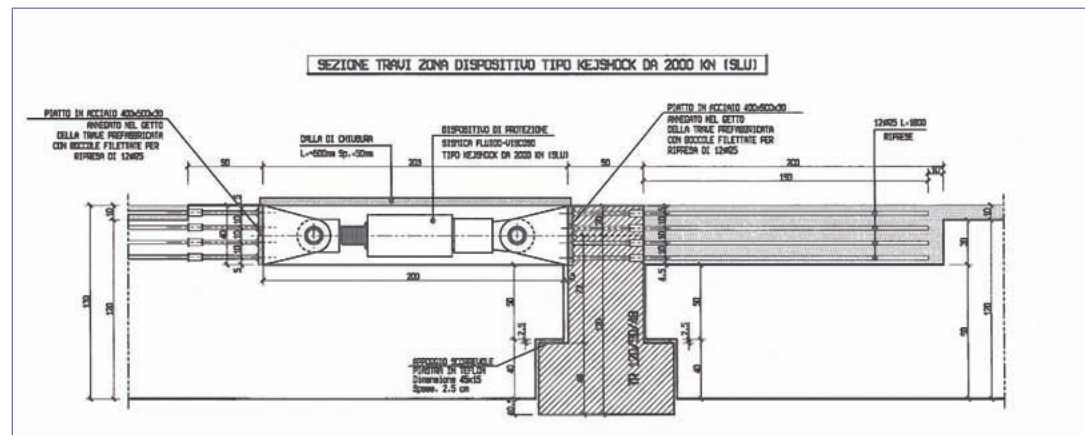
Gli elementi di solaio del corpo principale e dell'Hero Building sono realizzati mediante tegoli TT binervati precompressi a cavi aderenti con differenti altezze H=40, 60, 80, 90, 100 cm. La scelta dei tegoli TT ha permesso di coprire anche le zone d'impalcato caratterizzate da forti inclinazioni e irregolarità in pianta grazie alla possibilità di realizzare tagli inclinati sia sulle testate che nella tavola del tegolo.

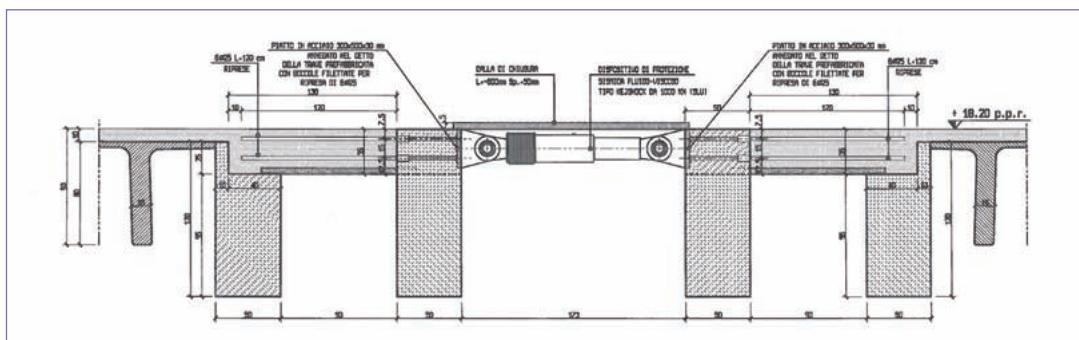
Nel parcheggio, invece, si utilizzano lastre alveolari precompressi a cavi aderenti prodotte per estrusione con altezza H= 32 cm realizzate con 4 fori sulla maggior parte degli impalcati, altezza H=22 cm con 7 fori nelle zone delle rampe,

altezza H=16 cm con 8 fori in corrispondenza delle passerelle di collegamento con il centro commerciale. Alcune zone in cui è prevista una soletta in getto pieno, ad esempio attorno ai grandi lucernari in copertura, sono realizzate con lastre predalles autoportanti, per evitare opere di cassetatura e puntellazione in cantiere, in modo da ridurre i tempi di montaggio e di realizzazione degli edifici. Le travi principali dei tre corpi sono realizzate con elementi a sezione TR e TL precompressi a trefoli aderenti, con altezza variabile a seconda dell'altezza del solaio portato. Gli elementi di solaio e le travi sono prodotti con Rck = 55 MPa. Le esigenze architettoniche e la notevole irregolarità dell'edificio hanno reso necessaria la realizzazione di un grande numero di travi secondarie, con appoggi a sella Gerber in falso sulle principali, e numerose specializzazioni a livello sia di cassero, sia di inserti.

In tal senso sono da segnalare travi secondarie speciali, previste in corrispondenza dei giunti, che hanno la funzione di trasferire nella soletta di ripartizione le azioni passanti nei dispositivi di protezione sismica fluido-viscosi e negli apparecchi di connessione a taglio, descritti in precedenza. Sull'allineamento "12" le travi TR

Particolare posizionamento dispositivo fluido-viscoso portata 2000 KN su allineamento 12





Particolare posizionamento dispositivo fluido-viscoso portata 1000 KN su allineamento H

principali presentano appendici all'interno delle quali è gettata la piastra con tirafondi che, da un lato, collega la trave al dispositivo fluido-viscoso e, dall'altro, presenta all'estremità dei tirafondi con boccole per la ripresa degli ancoraggi nel getto. La stessa piastra con tirafondi è gettata all'interno delle travi secondarie in corrispondenza dell'alloggiamento per il dispositivo, realizzato con uno scasso all'estradosso della trave stessa. Tali travi presentano appoggi scorrevoli, realizzati con piastre di neoprene armato e PTFE, che permettono il movimento del giunto.

Sull'allineamento "H" il posizionamento degli apparecchi di protezione sismica viene realizzato tramite quattro travi secondarie che delimitano una zona con soletta piena di 30 cm, all'interno della quale si ancorano le barre di collegamento tra il dispositivo e le travi. Gli apparecchi a taglio sono distribuiti in maniera pressoché uniforme lungo entrambi i giunti. Sull'asse "12" sono posizionati nel getto tra la testa delle travi principali TR e uno scasso realizzato sui tegoli TT in prossimità del giunto, mentre sull'allineamento "H" sono posizionati nel getto all'estradosso di due travi secondarie parallele. In corrispondenza delle zone a verde del parcheggio sono previste delle travi "balcone" realizzate con sezione a TR, sulle quali viene gettata in seconda fase una soletta a sbalzo a livello dell'estradosso, per il sostegno delle fasce di pannelli perimetrali. Il sovraccarico di progetto permanente è, in genere, pari a 2.50 KN/m² per tutti gli edifici del complesso. Il sovraccarico variabile è pari a 8.00 KN/m² per il 1° impalcato del centro commerciale e per il 2° e 3° impalcato dell'Hero Building, eccetto per le passerelle di collegamento tra i due corpi che lo costituiscono, dove è di 5.00 KN/m². Al 2° impalcato dell'Hero Building è inoltre prevista una zona con sovraccarico variabile di 15.00 KN/m² in corrispondenza della piscina.

La copertura del centro commerciale ha un sovraccarico variabile di progetto compreso tra 3.00,7.00 KN/m². Il parcheggio prevede ad ogni impalcato un sovraccarico variabile di 3.00 KN/m², ad eccezione delle zone a verde, in cui il

permanente è di 8.00 KN/m² e il variabile di 2.00 KN/m². La resistenza al fuoco prevista per il centro commerciale è R120' per i pilastri e R90' per travi ed elementi di solaio, calcolata secondo UNI 9502, fatta eccezione per le zone interessate da locali tecnologici soggetti a prevenzione incendi, per le quali è richiesta resistenza R120'.

Per tutte le strutture del parcheggio la classe di resistenza al fuoco richiesta è R90' essendo protetto da impianto fisso di spegnimento automatico d'incendio. L'intero complesso deve soddisfare i requisiti della classe di esposizione ambientale XC3 secondo UNI EN 206-1, ad esclusione delle strutture del parcheggio e di tutte le superfici esterne, per le quali è richiesta la classe XS1, poiché il complesso sorge nelle vicinanze della costa ed è, quindi, esposto alla salsedine marina. Sono stati adottati, di conseguenza, valori di copriferro che hanno reso necessario modificare la maschera della trefolatura dei solai alveolari, di altezza H= 32 cm, per rispettare le prescrizioni della UNI EN 13369.

I pannelli di tamponamento dei tre corpi presentano due finiture faccia a vista con rilievi differenti, uno più marcato nelle fasce in basso degli edifici e uno più leggero per le fasce superiori.

Tali rilievi sono realizzati sulla faccia esterna dei pannelli mediante l'utilizzo di matrici in gomma che vengono incollate sul fondo del cassero prima del getto in stabilimento del pannello. Sono previsti pannelli con tre diverse stratigrafie: pannelli a taglio termico (U=0.4 W/m²K) di spessore

Dati riassuntivi

Committente: Le Terrazze Shopping Centre 1 (una joint venture tra Sonae Sierra e ING Real Estate)

Coordinamento di progetto e D.L.: Jacobs Italia

Progetto Architettonico: Broadway Malyan (concept design), Sonae Sierra Arch. Dept e BMS Progetti Srl (esecutivo)

Progetto strutturale: BMS Progetti

Progetto Impianti: Technion

Progetto e realizzazione strutture prefabbricate: RDB

Impresa generale: Carron



28 cm, realizzati con una crosta esterna portata e una crosta interna portante, collegate tramite perni di sostegno e connettori in acciaio inox tali da permettere dilatazioni termiche differenziate; pannelli di spessore 20 cm alleggeriti con polistirolo espanso; pannelli da 15 cm pieni.

CONCLUSIONI

Il centro commerciale "Le Terrazze", attualmente in fase d'esecuzione a La Spezia, costituisce senz'altro un complesso degno di nota sia per le sue dimensioni ragguardevoli, sia per l'indubbio pregio architettonico; persino il parcheggio fuori terra con le sue terrazze a degradare verso l'entrata principale, con fioriere che ne ingentiliscono il profilo, ne caratterizza lo stile, oltre che suggerirne la denominazione. In questo quadro vale la pena di sottolineare che, anche sotto l'aspetto strutturale, il complesso si distingue dagli altri di questo genere, in particolare sia per l'utilizzo di dispositivi denominati "shock transmitters", posizionati in corrispondenza dei giunti, in modo da consentire gli spostamenti sotto azioni lente (termiche) e trasmettere le sollecitazioni in presenza di azioni istantanee (sisma, vento, ecc.), sia per la grande capacità di adattamento alle diverse esigenze mostrata nel caso in esame dalle strutture prefabbricate. Il progetto di queste ultime è riuscito ad interpretare al meglio le esigenze architettoniche, legate soprattutto alla forma articolata in pianta dell'Hero Building e al susseguirsi di sfondati di perimetro irregolare, ed anche ad adeguarsi con successo alla forma e alle dimensioni, un po' rigide, degli "shock transmitters". In relazione ai dispositivi di protezione sismica a comportamento fluido viscoso, "shock transmitters" (noti in letteratura anche come "luck-up device"),

la particolarità consiste soprattutto per il loro utilizzo in un caso di edilizia civile. Questi apparecchi, infatti, conoscono oramai un'applicazione abbastanza diffusa nel controllo passivo di strutture soggette ad azioni dinamiche nel campo infrastrutturale (ponti e viadotti con grandi luci), tanto che, a catalogo, il mercato offre attualmente prodotti quasi esclusivamente specializzati in tal senso.

Rimane ancora molto da fare, invece, in termini industriali e commerciali, per le applicazioni nell'ambito dell'edilizia civile; in particolare per quanto riguarda le dimensioni ed i valori di portata da essi garantiti, nonché per il loro costo elevato che, nonostante i notevoli risparmi che il loro utilizzo determina nel dimensionamento di controventi e fondazioni, spesso incide in modo inaccettabile in un'analisi di costi/benefici.

BIBLIOGRAFIA

1. D.M. Min. LL.PP. 09/01/96, "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
2. D.M. Min. LL.PP. 16/01/96, "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi".
3. CNR 10025/98, "Istruzioni per il progetto, l'esecuzione ed il controllo delle strutture prefabbricate in calcestruzzo".
4. UNI EN 206-1:2006, "Calcestruzzo-specificazione, prestazione, produzione e conformità".
5. O.P.C.M. 3274 20/03/03, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
6. O.P.C.M. 3431 03/05/05, "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'O.P.C.M. n°3274".
7. UNI EN 13369:2008, "Regole comuni per prodotti prefabbricati di calcestruzzo".
8. UNI 9502:2001, "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso".
9. F. Leonhardt - Vol. V, "Il Precompresso: calcolo, verifiche, tecnologie".
10. F. Leonhardt/E. Monnig - Vol. I, "Le basi del dimensionamento nelle costruzioni in cemento armato".
11. A. Migliacci/F.Mola "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a.".
12. Taylor, D.P., 1999 "Buildings: Design for Damping" Proceedings of the Boston Society of Civil Engineers, BSCES Fall 1999