



Collegio dei Tecnici della Industrializzazione Edilizia

17° Congresso C.T.E.

Roma, 5 - 6 - 7 - 8 Novembre 2008

Nuova sede Sky Italia (Milano) – centro direzionale e produzione televisiva
ANTONIO MIGLIACCI - DANILLO CAMPAGNA - ANDREA SANGALLI, MSC Associati di
Milano, GIANLUIGI FREGOSI - RICCARDO CASTAGNA, Gamma Engineering di Lecco



NUOVA SEDE SKY ITALIA (MI) CENTRO DIREZIONALE E PRODUZIONE TELEVISIVA

**ANTONIO MIGLIACCI, DANILO CAMPAGNA,
ANDREA SANGALLI, MSC Associati, Milano
GIANLUIGI FREGOSI, RICCARDO CASTAGNA,
Gamma Engineering, Lecco**

SUMMARY

The new SKY Italia headquarters are situated in the Milano Santa Giulia area, bordering Rogoredo.

The complex is composed of three radiating buildings; building 1 (the technological building) is equipped for television production, while 2 and 3 are office buildings. Building 1 is connected to Building 2, which in turn is connected to Building 3 by a multilevel bridge suspended above street level.

The scope of this document is to illustrate the methodologies of construction used for this complex of buildings (mat foundation on jet-grouting, bracing structures in r.c., vertical and horizontal prefabricated structures, steel bridge structure), as well as the particular structural analyses carried out in order to provide considerable stiffness to the structure.

1. INTRODUZIONE

L'intervento della nuova sede SKY Italia si trova nell'area di Milano Santa Giulia.

Il complesso è composto da 3 edifici (di cui uno ancora in costruzione) collegati tra loro da una piastra comune con due piani interrati destinati a parcheggio, magazzino e locali impianti.

L'edificio 1 (Tecnologico) è attrezzato per la produzione televisiva; un corpo di collegamento lo connette all'edificio 2 che è collegato a sua volta all'edificio 3 mediante un ponte sospeso sulla

viabilità stradale; entrambi gli edifici 2 e 3 sono destinati ad uffici.

Il ponte multipiano (luci: lung. 30.15m, trasv. 16.80m), sospeso sulla viabilità stradale, è sostenuto da travi reticolari in carpenteria metallica, costituenti le 2 facciate strutturali sull'altezza di 3 piani.

L'edificio 1 ha richiesto specifiche analisi strutturali, nonché particolari scelte progettuali, per la necessità di conferire allo stesso notevole rigidità sotto le azioni orizzontali, al fine di garantire l'allineamento dei segnali di trasmissione ai satelliti, attraverso le antenne poste sulla copertura.

I solai degli edifici sono in elementi prefabbricati in c. a. precompresso a fili aderenti, i pilastri sono prefabbricati ($R_{ck}=50\text{MPa}$). Le strutture sono messe in opera secondo precise

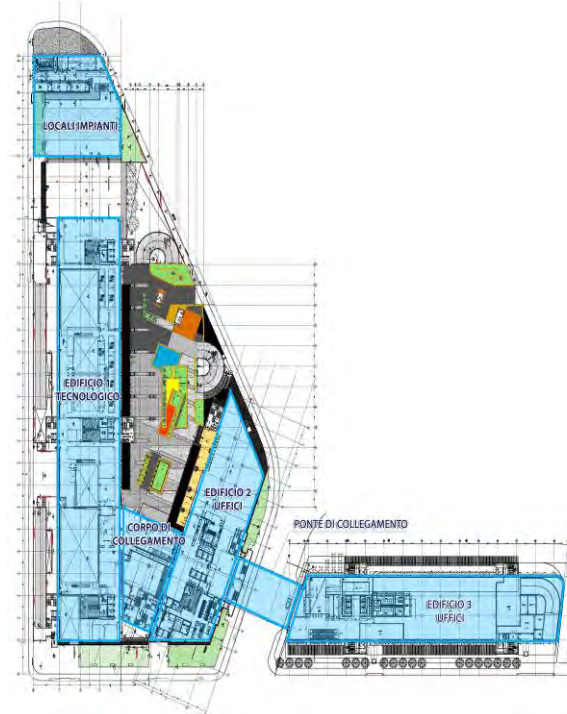
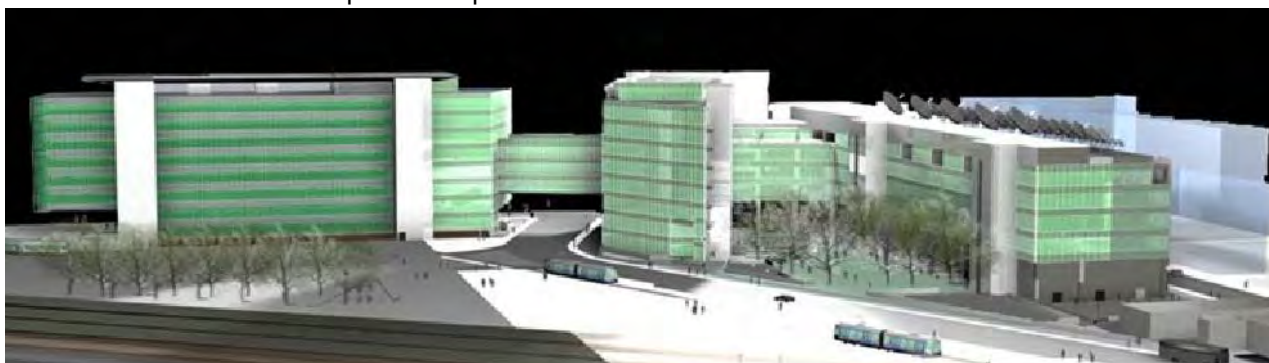


Figura 1. Planimetria Nuova Sede SKY

Figura 2. Rendering Nuova Sede SKY
(<http://www.bharch.com>)



sequenze di montaggio che hanno permesso la realizzazione delle strutture in tempi più stretti rispetto alle tradizionali strutture in c.a.. Il modulo costruttivo è basato su una maglia tipica di 8,40x8,40m, che si adatta alle diverse situazioni; localmente si sono realizzate campate di circa 18,00m (ed. 1) e di 16.80m (ed. 2). Le strutture (vani scala e vani ascensori), aventi funzione controventante degli edifici sotto l'azione dei carichi orizzontali, sono realizzate in opera ($R_{ck}=37\text{MPa}$) e connesse in seconda fase alla struttura prefabbricata mediante sistemi di ripresa e di continuità che garantiscono il monolitismo.

La presenza dell'acqua di falda e la particolare natura dei terreni hanno richiesto una fondazione a platea su colonne di jet-grouting, adottando il metodo costruttivo "vasca bianca" a garanzia della impermeabilità.

Committente: Milano Santa Giulia S.p.A., con la direzione tecnica dell'Ing. Silvio Bernabè.

Progetto Architettonico: Byron Harford & Associates - East Sydney.

Progetto Strutture in opera e Direzione Lavori opere strutturali: MSC Associati S.r.l. – Milano.

Progetto Strutture opere prefabbricate: Gamma Engineering – Lecco.

Impresa Appaltatrice: Colombo Costruzioni S.p.A – Lecco, direttore tecnico di cantiere Geom. L.P. Bertoglio.

2. OPERE FONDAZIONALI

Le opere fondazionali degli edifici, nonché le relative strutture complementari, sono costituite da una platea su colonne di jet-grouting. Tale scelta è conseguenza della particolare natura dei terreni e della presenza dell'acqua di falda. Le opere di consolidamento del terreno sono state effettuate mediante la tecnologia jet-grouting, monofluido e bifluido, tramite l'iniezione nel terreno di miscele cementizie ad alta pressione.

La peculiarità di questa tecnica consiste nella capacità, durante l'iniezione, di disgregare il terreno, miscelandolo contemporaneamente con un fluido cementizio fino a formare una colonna di materiale che ha caratteristiche geomeccaniche superiori rispetto a quelle del terreno originario, con sezione circolare ed asse corrispondente al foro di perforazione. Sono state realizzate colonne, sia compenstrate che tangenti tra loro, aventi diametro massimo pari a 190 cm in corrispondenza dei maggiori carichi verticali e altezza massima pari a 11.15 m in corrispondenza dei vani scala.

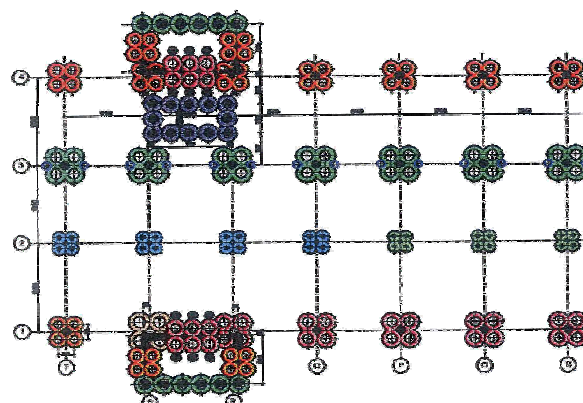


Figura 3. Stralcio pianta colonne ed.n°1

La tensione ammissibile del terreno naturale è stata assunta pari a $1,5 \text{ daN/cm}^2$, mentre in corrispondenza delle colonne di terreno trattato la tensione ammissibile è stata assunta pari a 10 daN/cm^2 .



Figura 4. Estradosso Colonne vano scala

Al fine di verificare la bontà di realizzazione di tali opere di consolidamento è stata svolta una campagna di indagini costituita da: verifica della densità della miscela cementizia (1.53 kg/l); prelievi della miscela cementizia per verifica della resistenza a compressione; carotaggi per controllo della resistenza a rottura per compressione ad espansione laterale libera ($> 50 \text{ daN/cm}^2$); prove ecometriche; prova di carico in sito su colonna singola.



Figura 5. Bilancia tipo Baroid

La platea di fondazione presenta spessore variabile da 80 a 120 cm (con esclusione della "zona ponte" illustrata nel seguito); i maggiori carichi caratteristici verticali sui pilastri sono prossimi a 14.580 kN (1.458 t) laddove lo spessore fondazionale è previsto pari a 120 cm.

Lo studio delle fondazioni è stato condotto idealizzando il comportamento del terreno di tipo elastico alla "Winkler" differenziando la rigidità tra le zone non trattate ($k_{winkler} = 0,7 \text{ daN/cm}^3$) e quelle consolidate mediante jet-grouting ($k_{winkler} \leq 4,5 \text{ daN/cm}^3$). Le analisi statiche delle opere fondazionali sono state condotte mediante il metodo degli elementi finiti realizzando diverse modellazioni di insieme e di dettaglio.

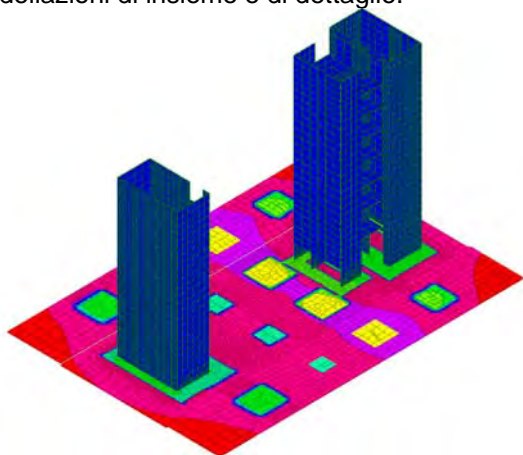


Figura 6. Modellazione platea zona vani scala

La platea è resa impermeabile mediante il sistema di impermeabilizzazione denominato "vasca bianca"; tale tecnologia si basa sulla realizzazione di una struttura in c.a. impermeabile e sull'impermeabilizzazione di fessure, giunti e attraversamenti. Tale metodologia prevede la fessurazione programmata del calcestruzzo ottenuta utilizzando elementi di prefessurazione posati tra le maglie di armatura.



Figura 7. Elemento di prefessurazione

Le fessurazioni e i punti critici vengono successivamente impermeabilizzati con iniezioni di resina acrilica.

Le caratteristiche principali della platea sono riportate nel seguito:

1) Calcestruzzo. Il conglomerato cementizio presenta il seguente mix-design: classe C25/30; rapporto acqua/cemento $\leq 0,55$; contenuto di cloruri 0,20; classe di consistenza S4; diametro massimo dell'aggregato 30 mm; classe di esposizione XC2; cemento tipo CEM IV/A 32.5R (dosaggio 360 kg/m^3); superfluidificanti di tipo Acrilico o Policarbossilico con dosaggi compresi tra lo 0,9% e l'1,1% sul peso del cemento. Oltre al controllo della composizione del calcestruzzo presso l'impianto di confezionamento, vengono svolti in cantiere controlli sul calcestruzzo fresco, tra i quali: rapporto acqua/cemento; densità; aria occlusa; acqua efficace; consistenza.

Sono stati eseguiti da Laboratorio Ufficiale, ed in contraddittorio con la Direzione Lavori Opere strutturali, controlli a piè d'opera per la valutazione delle caratteristiche del cls fresco. L'immagine seguente mostra le fasi di valutazione delle caratteristiche del cls fresco: rapporto a/c; classe di consistenza; aria occlusa.



Figura 8. Controlli cls fresco per getto platea

2) Prescrizioni progettuali. In fase di progettazione la platea è stata suddivisa in lotti costruttivi, delimitati dagli elementi di prefessurazione, aventi forma prevalentemente quadrangolare con superficie non superiore ai 400 m^2 . Inoltre, relativamente alle armature,

sono previste particolari disposizioni, quali: sovrapposizione minima 60ϕ ; nessuna sovrapposizione in corrispondenza degli elementi di prefessurazione; ricoprimento 50mm.

3. DEFORMABILITA' EDIFICI

Gli edifici sono realizzati mediante l'utilizzo di telai spaziali costituiti da pilastri, travi e solai prefabbricati solidarizzati da una soletta collaborante realizzata in opera in calcestruzzo armato. Le azioni orizzontali, relative alla sola azione del vento, sono trasferite, tramite i solai considerati rigidi nel loro piano, dai telai spaziali ai nuclei di controvento costituiti dall'insieme dei vani scala e dei vani ascensore, per cui la totalità delle azioni orizzontali viene assorbita dalle pareti in c.a. di questi ultimi.

L'edificio 1 ha richiesto specifiche analisi strutturali, nonché particolari scelte progettuali, per la necessità di conferire allo stesso notevole rigidità (rotazione massima delle antenne: 0.01° sessagesimali) sotto le azioni orizzontali (velocità di riferimento del vento: 110km/h), al fine di garantire l'allineamento dei segnali di trasmissione ai satelliti, attraverso le antenne poste sulla copertura.

Il limite deformativo viene richiesto relativamente alle seguenti condizioni di vento:

- pressione da normativa (D.M. 16.01.1996);
- pressione SKY (sollecitazioni sulla struttura calcolate applicando il D.M. 16.01.1996 utilizzando una velocità di riferimento del vento pari a 110 km/h).



Figura 9. Antenne di emissione segnale

Le pressioni dovute al vento sono state calcolate con riferimento a: Zona 1; classe di

rugosità C; categoria di esposizione III; coefficiente topografico pari all'unità; pressioni applicate, a favore di sicurezza, dallo spiccato fondazionale.

I campi di spostamento e rotazione, conseguenti all'applicazione delle pressioni del vento sui pannelli di facciata dell'edificio, sono stati dedotti analizzando due modelli strutturali distinti:

- il primo modello, analizzato da MSC Associati S.r.l è di tipo generalizzato ed è stato utilizzato per valutare il campo di spostamenti orizzontali dei solai ai vari piani dai quali si sono dedotte le rotazioni orizzontali degli impalcati (rotazioni con asse normale ai solai dell'edificio);
- il secondo modello, analizzato da "GAMMA ENGINEERING" è quello relativo all'ultimo solaio dell'edificio dove sono installati gli apparati di trasmissione. Da questo modello si sono dedotte le rotazioni alla base delle antenne (rotazioni con asse complanare al piano dei solai) per effetto dell'applicazione delle pressioni del vento sulle parabole di trasmissione.

Dall'analisi dei risultati ottenuti si deduce che la pressione massima del vento (sopravento +sottovento) richiesta da SKY risulta essere pari a 221,16 daN/mq, mentre la pressione massima fornita dalla normativa risulta essere pari a 148,00 daN/m², tale per cui risulta un incremento delle forze orizzontali pari al 49.4% rispetto a quanto richiesto dalla sopraccitata normativa.

Per valutare il campo di spostamenti orizzontali dei solai ai vari piani dai quali si sono dedotte le rotazioni orizzontali degli impalcati si è costruito un modello strutturale.

Gli elementi strutturali portanti sono stati modellati con i seguenti elementi elastici: elementi lineari di tipo beam per modellare travi e pilastri; elementi piani di tipo shell per modellare pareti e piastre.

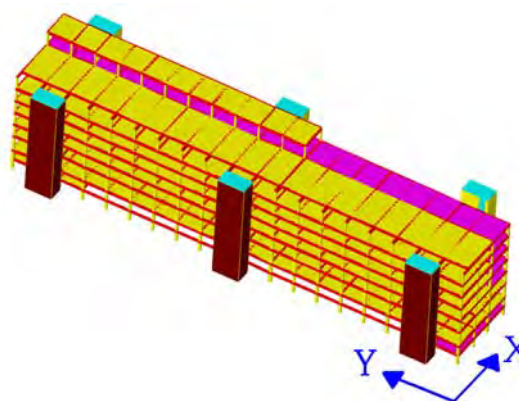


Figura 10. Modello ad elementi finiti edificio 1

La struttura è stata vincolata rigidamente al piano fondazionale in quanto il sistema di fondazione di tipo indiretto (platea su jet-grouting) ha una deformabilità trascurabile al fine della valutazione del campo di spostamenti orizzontali degli impalcati. Il getto integrativo armato previsto sui solai prefabbricati che costituiscono i vari orizzontamenti è stato considerato sufficiente per ipotizzare rigido il comportamento membranale dei solai. Dal punto di vista flessionale i solai sono stati ipotizzati unidirezionali con verso pari a quello di orditura dei solai. Per interpretare le reali condizioni di vincolo strutturali sono stati introdotti vincoli di tipo cerniera nelle connessioni travi-pilastro. Il collegamento tra la struttura prefabbricata e quelle di controvento (vani scale e ascensori) è stato modellato con opportuni elementi elastici che ne interpretano la reale connessione cinematica.

I carichi di tipo permanente ed accidentale sono stati implementati come di superficie se agenti sui solai e di tipo lineare se agenti sulle travi (es. pannelli di facciata). Il vento è stato considerato come carico orizzontale lineare applicato sulle travi perimetrali dell'edificio.

I risultati ottenuti dalle analisi numeriche, relativi al solaio di copertura a supporto delle antenne di emissione, sono i seguenti:

- Rotazione massima solaio: $0,00387^\circ < 0,01^\circ$
- Spostamento massimo solaio: $D_x = 0,980 \text{ cm}$ ($\sim 1/4.000 \text{ altezza}$) $< (1/1.000 \text{ altezza})$

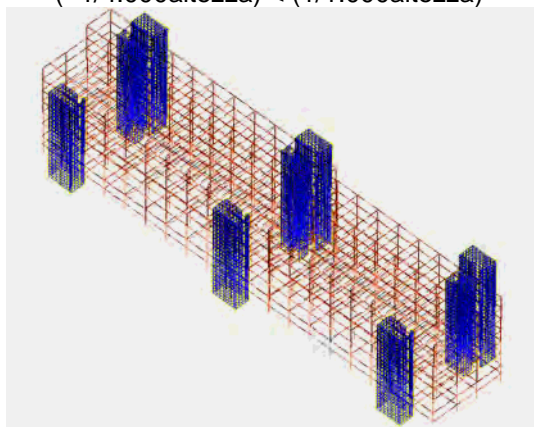


Figura 11. Deformata globale edificio 1

Le antenne principali di trasmissione segnale ai satelliti sono posizionate al livello 7 fuori terra (q.ta +39.55 dal piano fondazioni) sono vincolate alla struttura di solaio mediante tirafondi annegati nel getto e sono localizzate in corrispondenza delle travi principali.

La struttura è realizzata con travi principali prefabbricate in c.a.p. di sezione a T rovescio, poste ad interasse 8,40 m e lunghezza 9.60 m,

sono fissate ai pilastri con un vincolo orizzontale a cerniera. Gli elementi solaio sono prefabbricati in c.a.p. con sezione ad U (intradosso piano), lateralmente il solaio è confinato con travi prefabbricate di sezione rettangolare.

Opportuni fori predisposti nelle travi e nel solaio hanno permesso la posa di armatura per il basamento delle antenne e il posizionamento dei tirafondi. Un getto di completamento in calcestruzzo di spessore 20 cm, con conglobamento delle armature di ripresa sporgenti dalle travi e dagli elementi di solaio, garantisce all'impalcato la rigidità necessaria e la capacità portante per le azioni trasmesse dalle antenne.

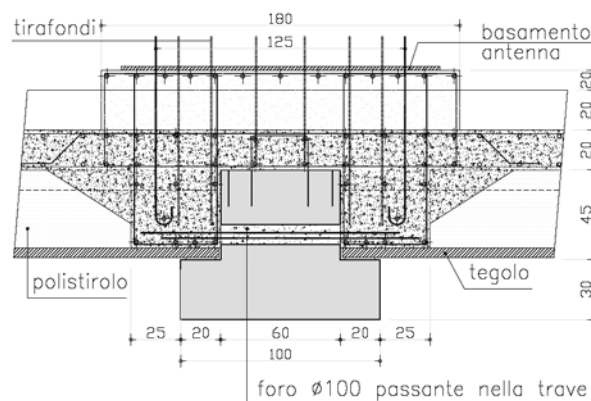


Figura 12. Particolare solaio piano 7, basamento delle antenne principali

L'analisi statica della porzione di struttura e la ricerca delle deformazioni è stata condotta utilizzando lo schema di un graticcio di travi collegate da un getto strutturale.

I risultati ottenuti dalle analisi numeriche, relativi al solo solaio di copertura a supporto delle antenne di emissione, sono i seguenti:

- Rotazione max solaio φ_y : $0,0079^\circ < 0,01^\circ$
- Rotazione max solaio φ_x : $0,0056^\circ < 0,01^\circ$

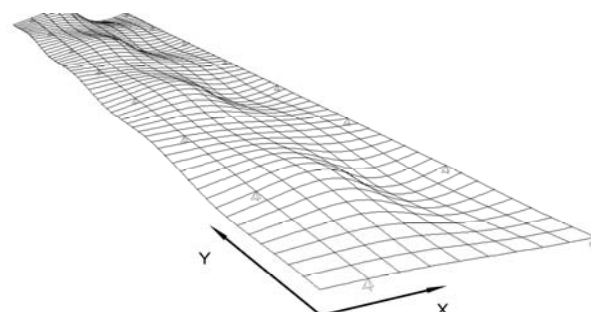


Figura 13. Deformata solaio di appoggio antenne

I casi analizzati, sulla base delle scelte strutturali fatte, hanno evidenziato il rispetto dei limiti deformativi richiesti da SKY.

4. OPERE PREFABBRICATE

Edificio 1 – tecnologico: pianta rettangolare, con dimensioni 180,5 x 28,2 m esterno pilastri (circa 36.000 mq di solai); composto da: solaio interrato, piano terra e 7 solai fuori terra. Altezza totale 39.20 m (antenne). La maglia al piano terra (studio) è 9,5-8.40 x 8.40, ai piani superiori maglia regolare 17.95 x 8.40 m.

Edificio 2 – uffici: pianta trapezoidale, con dimensioni 103 x 26 m esterno pilastri (circa 22.000 mq di solai), composto da: solaio interrato, piano terra e 9 solai fuori terra. Altezza totale 47.30 m La maglia è regolare 9.90- 8.40 x 8.40 m

Edificio 1B: edificio di collegamento tra edificio 1 e 2 (circa 4.400 mq di solai), composto da: solaio interrato, piano terra e 6 solai fuori terra. Altezza totale 34.45 m

Edificio 3: pianta trapezoidale, con dimensioni 124 x 25 m esterno pilastri (circa 25.700 mq di solai), composto da: solaio interrato, piano terra e 8 solai fuori terra. Altezza totale 44.75 m. La maglia è regolare 9.40- 7.40 x 8.40 m



Figura 14. Strutture prefabbricate ed. n.1 e n.2

Esclusi i blocchi scala, la struttura è realizzata con elementi prefabbricati: pilastri, tegoli binervati, solai alveolari, travi e elementi di compensazione. Gli elementi di solaio sono prevalentemente tegoli precompressi, a cavi aderenti, con sezione a doppio T di altezza 45 e 60 cm e con ali inferiori allargate; la sezione garantisce una rigidità superiore ai tegoli TT ed è capace di dare una buona resistenza al fuoco (R120-180) senza significativi aggravi di peso della sezione. In zone particolari per garantire un'altezza utile maggiore sono state posizionate lastre di solaio di tipo alveolare. Le travi sono prefabbricate precomprese a cavi aderenti di sezione a T rovescia ed a L con altezze differenti in funzione del solaio. Nel piano, ogni 3 tegoli di larghezza 250 m, è stato inserito un elemento speciale di larghezza 90 cm per completare regolarmente la maglia di 8.40 m; l'elemento ha caratteristiche di

rigidità superiore all'elemento di solaio ed è stato posizionato in corrispondenza dei pilastri per realizzare un telaio in direzione trasversale.

Il solaio composto da travi e tegoli è stato completato con getto strutturale realizzato in opera, previo inserimento di adeguata armatura.

Al piano terra la presenza di locali per la produzione di filmati-trasmissioni (studio) e la corrispondente presenza di pareti realizzate in opera di dimensione notevole (due piani) con caratteristiche particolari a garantire isolamenti acustici, ha comportato l'inserimento di un numero di travi porta pareti nella direzione del solaio così da assicurare la corretta capacità portante anche in presenza di carichi concentrati e lineari.

Al livello 6 per esigenze architettoniche è stata "girata" la maglia strutturale (trave nella direzione lunga, solaio nella direzione corta) e per esigenze strutturali di montaggio le travi sono state realizzate accoppiando due profili prefabbricati ad L di altezza 130 cm, completati in opera con l'inserimento di armature e getti in calcestruzzo.

I pilastri sono stati realizzati in stabilimento in casseri approntati appositamente per il progetto SKY, con sezioni differenti in c.a. ($R_{ck} = 50$ MPa), per esigenze di trasporto, montaggio e di sforno in stabilimento, il peso è stato contenuto in 40t; il pilastro è quindi stato realizzato in due pezzi solidarizzati durante la fase di montaggio.

Il pilastro centrale, di sezione alla base 90x90 cm e di sezione variabile con l'altezza, è un pezzo da circa 20 m, è stato giuntato con un elemento di sezione variabile con il piano e di altezza 20-25 m.



Figura 15. Stoccaggio pilastri prefabbricati

La caratteristica più rilevante è che questi pilastri non sono stati bloccati alla fondazione mediante un bicchiere per l'alloggiamento, perché avrebbe richiesto uno scavo maggiore di circa 140 cm, con problemi per la presenza dell'acqua di falda, ma è stato adottato un sistema di fissaggio meccanico.

Il sistema è composto da tirafondi annegati nella fondazione e da inserti di collegamento annegati nel pilastro; per garantire il

posizionamento corretto i tirafondi non sono stati posizionati direttamente prima del getto di fondazione ed è stato ideato un cestello di tubi corrugati di diametro 100 mm, posizionato sul fondo della platea in fase di assemblaggio dell'armatura e prima del getto della stessa.



Figura 16. Inserti di collegamento nelle platea

Eseguito il getto, l'impresa ha provveduto alla verifica del tracciamento e alla messa in opera dei tirafondi con l'aiuto di dime che garantivano la posizione in orizzontale ed in verticale.

I pilastri sono stati realizzati posizionando alla base un numero differente di inserti speciali, per bloccare lo stesso pilastro alla fondazione mediante i tirafondi annegati.

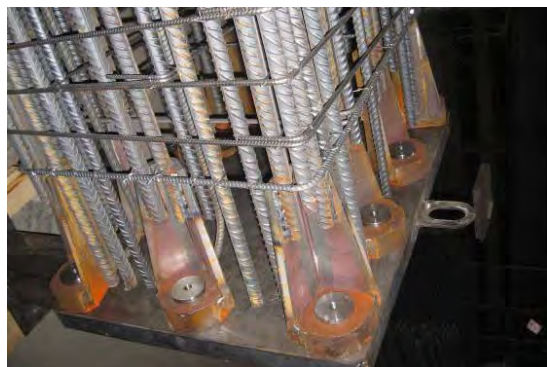


Figura 17. Inserti speciali alla base dei pilastri

Gli inserti che costituiscono il nodo principale sono formati da una scarpa in acciaio di opportune dimensioni saldata ad un'armatura propria che si sovrappone all'armatura del pilastro per evitare problemi di distacco.

Operazione di posizionamento pilastri:

- il pilastro arriva in cantiere;
- la squadra di montaggio provvede alla messa in quota dei sostegni di base;
- il pilastro viene alzato e con particolari dispositivi viene inserito con attenzione nei tirafondi;

- dopo opportune verifiche la squadra provvede al serraggio di tutti i tirafondi;
- l'impresa provvede a sigillare con malte ad alta resistenza nonché espansive lo spazio tra la base del pilastro e la fondazione.

L'utilizzo di dime anche nel posizionamento degli inserti all'interno del pilastro ha evitato ogni problema legato al corretto posizionamento dei tirafondi. Per il fatto che i pilastri sono stati realizzati con $R_{ck} = 50$ MPa e le fondazioni con un $R_{ck} = 35$ MPa si è realizzato un collare alla base del pilastro con malte cementizie ad alta resistenza per trasmettere il carico su una superficie di distribuzione maggiore.

Dopo aver montato un certo numero di pilastri, il montaggio prosegue con il posizionamento delle travi e dei tegoli, proseguendo in altezza per campata.

I controventi principali sono i nuclei dei vani scala; ogni piano è vincolato al vano scala gettato in opera attraverso opportuni fissaggi.

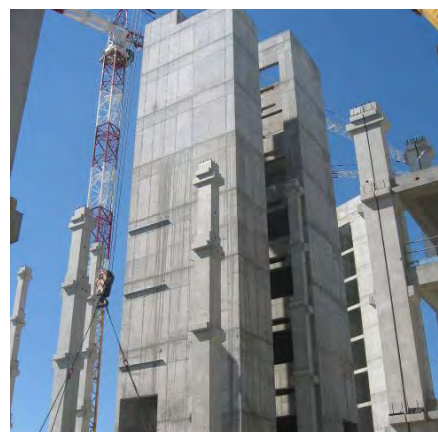


Figura 18. Vista pilastri e muri vani scala

Ogni piano è reso rigido e collegato mediante un'opportuna armatura inserita nel piano prima del getto strutturale (i pilastri laterali presentano fori nei quali sono state inserite opportune armature), mentre sono state realizzate catene per il collegamento fra i pilastri.

Nella fase di montaggio, quando il vano scala è scollegato dalla parte prefabbricata e il getto non è ancora realizzato, sono stati inseriti opportuni controventi di piano e di parete utilizzando funi in acciaio.

Totale elementi prefabbricati:

	travi	tegoli	pilastri
edificio 1	762	1159	187
edificio 2	797	1201	225
edificio 3	697	908	145
-----	-----	-----	-----
	2256	3268	557

5. CONNESSIONE STRUTTURE

Le strutture verticali, vani scala e vani ascensori, sono state realizzate in opera ($R_{ck}=37\text{MPa}$) e connesse in seconda fase alla struttura prefabbricata. Gli elementi di collegamento sono stati progettati al fine di trasferire ai nuclei di controvento le azioni orizzontali agenti sulla struttura prefabbricata.



Figura 19. Esecuzione strutture verticali in opera

La connessione, in seconda fase, tra le due strutture è avvenuta mediante differenti sistemi di ripresa e di continuità, tra i quali quelli illustrati nelle sottostanti figure 20, 21 e 22.



Figura 20. Sistemi per riprese di getto

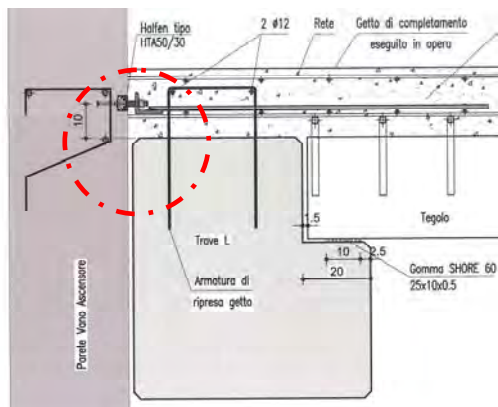


Figura 21. Sistemi di continuità



Figura 22. Barre filettate $\phi 20$ e $\phi 24$

6. PONTE MULTIPIANO

L'edificio 2 è connesso all'edificio 3 mediante un ponte multipiano. Tale struttura è costituita da una volumetria che verrà adibita a corpo di collegamento (passerella) tra quattro piani dell'edificio 2 e dell'edificio 3.

La volumetria sarà edificata a ponte al di sopra della strada comunale di prossima costruzione; pertanto dovrà scavalcare la luce netta prevista tra i due edifici pari a circa 30 m. La larghezza della stessa volumetria è prevista pari a 2 interassi strutturali (8.40×2), l'altezza corrisponde a quella di tre piani di calpestio (13,5 m).

Per quanto riguarda la tipologia delle opere strutturali, considerata la luce del ponte (30.15 m), e considerata la notevole luce dei solaio (16.8 m), ai fini di contenere il peso delle opere strutturali e lo spessore degli impalcati, si è prevista una struttura in carpenteria metallica secondo gli schemi strutturali seguenti:

- struttura portante principale, costituita da due travature di tipo reticolare poste in facciata sulla luce di 30.15 m a formare una struttura resistente alta quanto l'intera facciata e cioè pari a 3 piani. Sono previsti: montanti verticali costituiti da profili a doppio T a parete piena, composti da lamiera saldate, al passo corrispondente a quello delle travi secondarie; correnti superiori ed inferiori, sempre costituiti da profili saldati a doppio T a parete piena. Le riquadrature così ottenute in facciata (larghezza 9,25 m – 11,65 m – 9,25 m) sono poi attraversate da aste diagonali in profili tubolari a sezione ellittica (composta da due tubi semiellittici);
- struttura secondaria, costituita da travi a doppio T a parete piena, composte da lamiera saldate ed ordite trasversalmente sulla luce di 16,80 m;
- struttura terziaria, costituita da travi laminati a doppio T, ordite parallelamente alle travi principali di facciata, portanti il solaio costituito da lamiera grecata con getto di completamento.

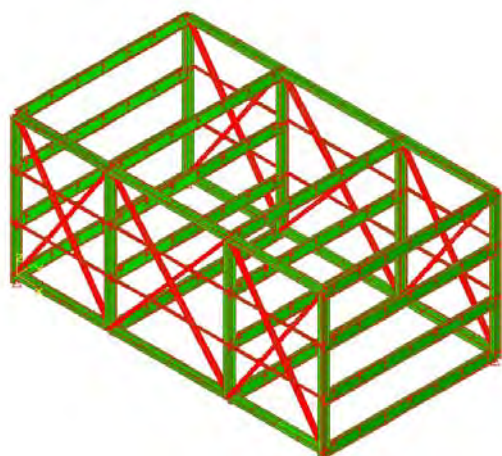


Figura 23. Struttura principale e secondaria

La struttura portante verticale è costituita da n°4 pilastri in profili metallici che trovano appoggio su n°4 pilastri in opera in c.a. ($R_{ck}=45$ MPa) connessi alla platea di fondazione che presenta, solo in corrispondenza di tali strutture verticali, uno spessore pari a 150 cm.

In aderenza ad ogni pilastro in c.a. è posizionato un pilastro prefabbricato atto a sostenere le strutture dell'edificio. Ogni coppia di pilastri risulta collegata mediante, sia barre laminate a caldo per post tensione, sia barre FeB44k con manicotti filettati. Inoltre le due coppie di pilastri in adiacenza all'edificio 2 sono altresì similmente collegate alle pareti dei vani scala mediante barre laminate a caldo per post tensione.

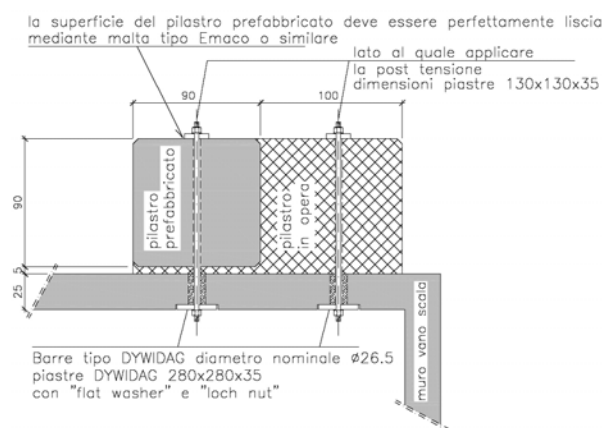


Figura 24. Collegamento con vano scala

Come si è già detto, lo schema statico del ponte consiste in due travi reticolari principali, collegate tra loro da quattro serie di quattro travi secondarie, opportunamente forate per permettere il passaggio degli impianti; ogni serie di travi secondarie forma, con i montanti delle travi

reticolari, telai incastrati ai nodi trasversalmente alle travi principali, posti a distanza 9,25 m – 11,65 m – 9,25 m. I telai sono collegati dalle travi terziarie che reggono i solai. Le travi terziarie, poste ad interasse costante di 2,5 m, sono incernierate alle estremità.

Per quanto concerne la resistenza dell'impianto strutturale alle azioni orizzontali, nel caso specifico la sola azione del vento, questa viene trasferita alle strutture in c.a. dai solai dei livelli 2 e 5 che funzionano a trave(lastra) infinitamente rigida nel loro piano. I solai dei livelli 3 e 4 sono interrotti nella campata centrale da 11,65 m e funzionano a trave-lastra solo nelle campate esterne. Quindi nel settore centrale le vetrate di facciata trasferiscono, a questi livelli, i carichi di vento ai diagonali della trave reticolare principale che hanno sezione ellittica (composta da due tubi semiellittici) con inerzia maggiore trasversalmente ai carichi.

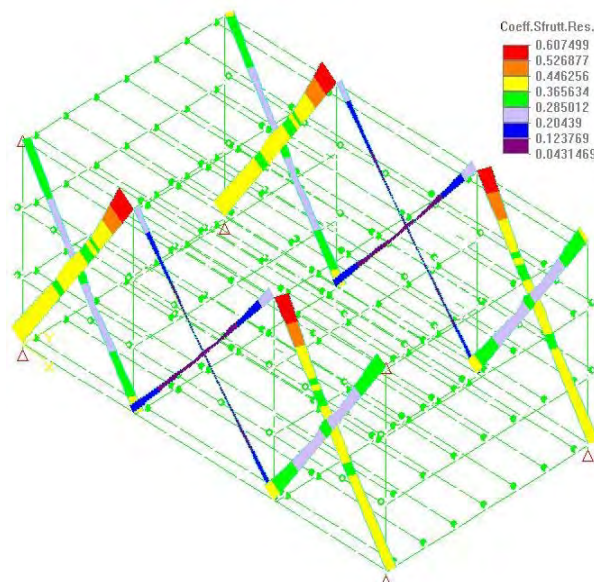


Figura 25. Resistenza dei diagonali ellittici

Al fine di consentire le libere deformazioni termiche della struttura in questione, sono previsti opportuni giunti di dilatazione-contrazione: a livello secondo (primo solaio) appoggi scorrevoli, uno unidirezionale e l'altro bidirezionale sul lato con l'edificio 3, mentre sul lato dell'edificio 2 sono previsti appoggi uno fisso ed uno scorrevole unidirezionale, ed a livello quinto (copertura) due vincoli scorrevoli unidirezionali, in modo tale che possono trasmettere correttamente le forze orizzontali in direzione trasversale, causate dall'azione del vento, alle strutture di controvento degli edifici.

Il vincolo tra la carpenteria metallica e la struttura verticale realizzata in c.a. in opera è riportato nella figura 26.

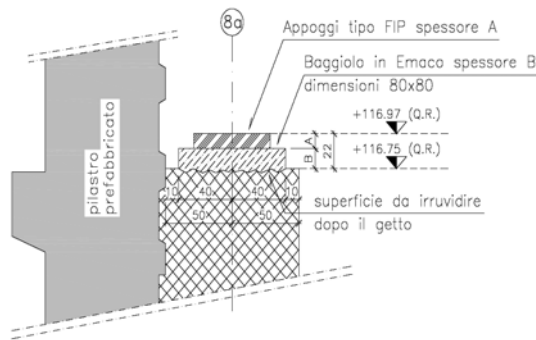


Figura 26. Particolare vincolo carpenteria

7. TEMPI DI REALIZZAZIONE

Degne di nota risultano le tempistiche di realizzazione delle opere relative agli edifici 1 e 2, in quanto l'edificio 3 è ancora in fase di costruzione. Le operazioni di getto della platea di fondazione dell'edificio 1 hanno avuto inizio in data 22 marzo 2006.

Realizzati i primi riquadri fondazionali, si è subito proceduto con la realizzazione delle strutture di controvento, mentre era in fase di completamento la platea di fondazione dell'ed. 2.

Per le opere fondazionali sono stati impiegati complessivamente circa 15.700mc di cls. I primi pilastri prefabbricati dell'edificio 1 sono stati innalzati in data 14 maggio 2006; a seguire sono stati posizionati i pilastri dell'edificio 2.

In data 20 aprile 2007 venivano concluse le ultime operazioni di getto delle solette collaboranti degli impalcati dell'edificio 2.



Figura 27. Foto aerea Nuova sede SKY Italia (aprile 2008)

8. BIBLIOGRAFIA

- [01] **A. MIGLIACCI**, "Progetti di strutture", CEA, 1991.
- [02] **C. C. GUIDI**, "Geotecnica e Tecnica delle fondazioni", HOEPLI, 1987.
- [03] **L. SANTARELLA**, "Il cemento armato", HOEPLI, 1998.
- [04] **O. BELLUZZI**, "Scienza delle costruzioni", ZANICHELLI, 1966.
- [05] **S. TIMOSHENKO**, "Theory of plates and shells", McGraw-Hill, 1970.
- [06] **R. PARK, T. PAULEY**, "Reinforced concrete structures", J. WILEY, 1975.
- [07] **R. PARK, W. GAMBLE**, "Reinforced concrete slabs", WILEY & SONS, 2000.
- [08] **O.C. ZIENKIEWIC**, "The finite element Method", McGraw-Hill, 1977.
- [09] **P. PEDEFERRI, L. BERTOLINI**, "La durabilità del calcestruzzo armato", McGraw-Hill, 2000.
- [10] **Legge 5/11/1971 n. 1086**, "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [11] **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".
- [12] **D.M. Min. LL.PP. 16/01/96**, "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- [13] **UNI EN 206-1:2006**, "Calcestruzzo-Specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Contatti con gli autori:

Antonio Migliacci, Danilo Campagna,
Andrea Sangalli: milano@mscassociati.it

Gianlugi Fregosi, Riccardo Castagna:
ufftec@gamma-engineering.it