

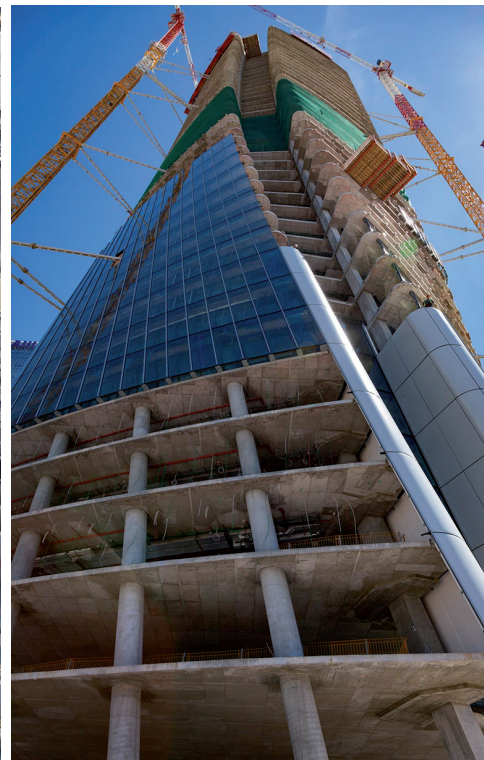
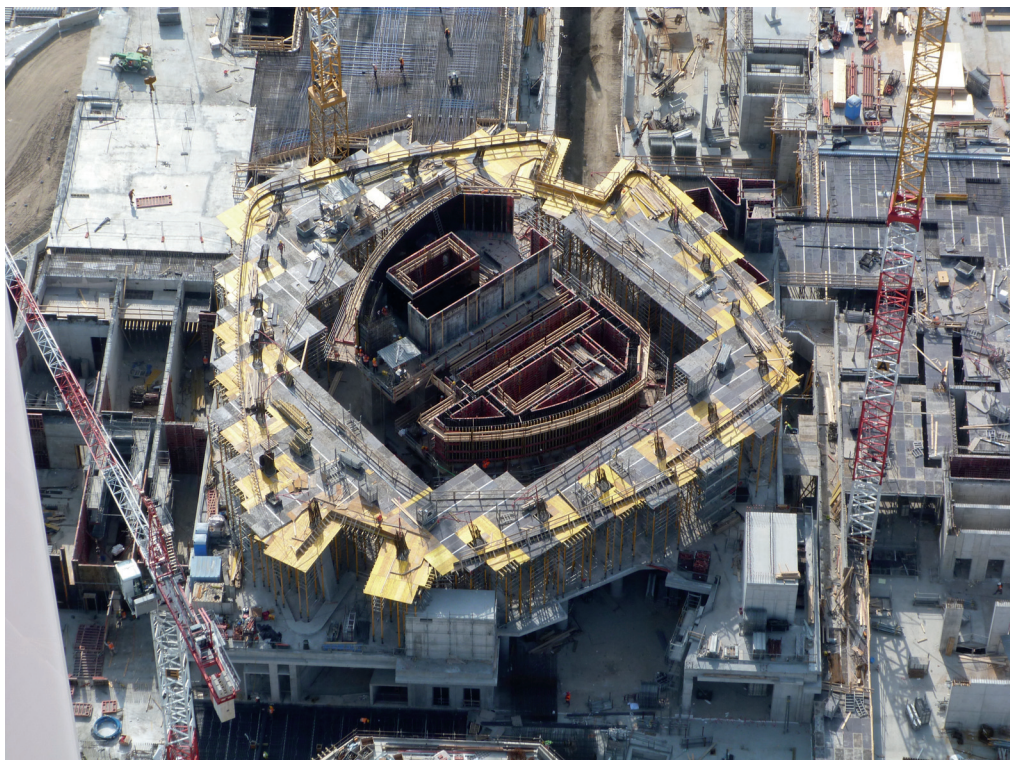


LA TORRE DI ZAHA HADID A MILANO

L'approccio per quanto concerne la pelle esterna della TCB tower del complesso CityLife è stato invece differente. La torre TCB, chiamata anche "Torre Hadid" dal nome dell'architetto Zaha Hadid, è tuttora in fase di costruzione nella zona "CityLife" nel centro di Milano. Il complesso TCB consiste di due parti: una torre di 43 piani e un padiglione commerciale (facente parte anch'esso del progetto Hadid) posto alla base della torre. Il piano interrato comprende garage, locali tecnici e magazzini. La facciata principale è costituita da un involucro vetrato che segue la geometria in torsione dell'edificio. All'interno di questo, due profondi tagli, diametralmente opposti rispetto al nucleo centrale, individuano gli ingressi, mentre dai livelli uffici incorniciano le viste preferenziali della città e del paesaggio. La geometria della torre è controllata da funzioni matematiche che mettono in relazione la quota delle diverse piante con la loro rotazione e la scalatura di alcuni valori caratteristici. Le funzioni di scalatura e rotazione hanno un asintoto verticale oltre il 40° livello. I valori sono maggiori alla base e quasi nulli in alto per porre l'accento verticale della torre. La torre ha un impianto tradizionale di nucleo centrale con scale, ascensori, impianti e servizi e corona di pilastri, posti sul bordo sul perimetro del solaio, e che seguono l'andamento geometrico della torre. La geometria del nucleo centrale garantisce la massima efficienza sia strutturale sia impiantistica nonché distributiva degli uffici in una stringente logica costruttiva.

La pelle esterna (un sistema di facciata a celle) definisce la forma dell'edificio ed è costituito da vetri di forma irregolare e non planari. La pelle interna (un sistema di facciate a cellule da pavimento a soffitto) segue una forma sfaccettata a gradoni

Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano.
Render della torre.



che approssima la forma fluida esterna della torre. Questa approssimazione della pelle interna permette l'uso di cellule standard, generalmente rettangolari. Ciascuno dei due fianchi è diviso in due parti da una zona caratterizzata da una maggiore curvatura della forma architettonica, dove è richiesto l'impiego di elementi di vetro curvato a caldo. La pelle esterna e la pelle interna sono separate e differenti, sia per geometria che per prestazioni. L'involucro edilizio è pertanto una facciata a doppia pelle a ventilazione naturale di tipo esterno-esterno. L'aria entra dal traverso inferiore della pelle esterna ed è libera di circolare nell'intercapedine di piano (in realtà vista la presenza del "cut" l'aria è libera di circolare solo per metà piano). Il giunto orizzontale è stato progettato per assicurare la ventilazione naturale passiva della cavità. Il passaggio dell'aria è permesso attraverso due feritoie poste sul profilo traverso inferiore di ogni cellula.

La pelle dell'edificio asseconda la geometria solida in torsione che caratterizza la torre. A tal riguardo la facciata esterna si presenta estremamente articolata, mentre quella interna ha una geometria regolare. La pelle interna sfaccettata, va da solaio a solaio ed è generalmente realizzata con pannelli rettangolari piani di larghezza costante pari a 1500 mm x 3240 mm, ad eccezione di alcuni pannelli irregolari po-

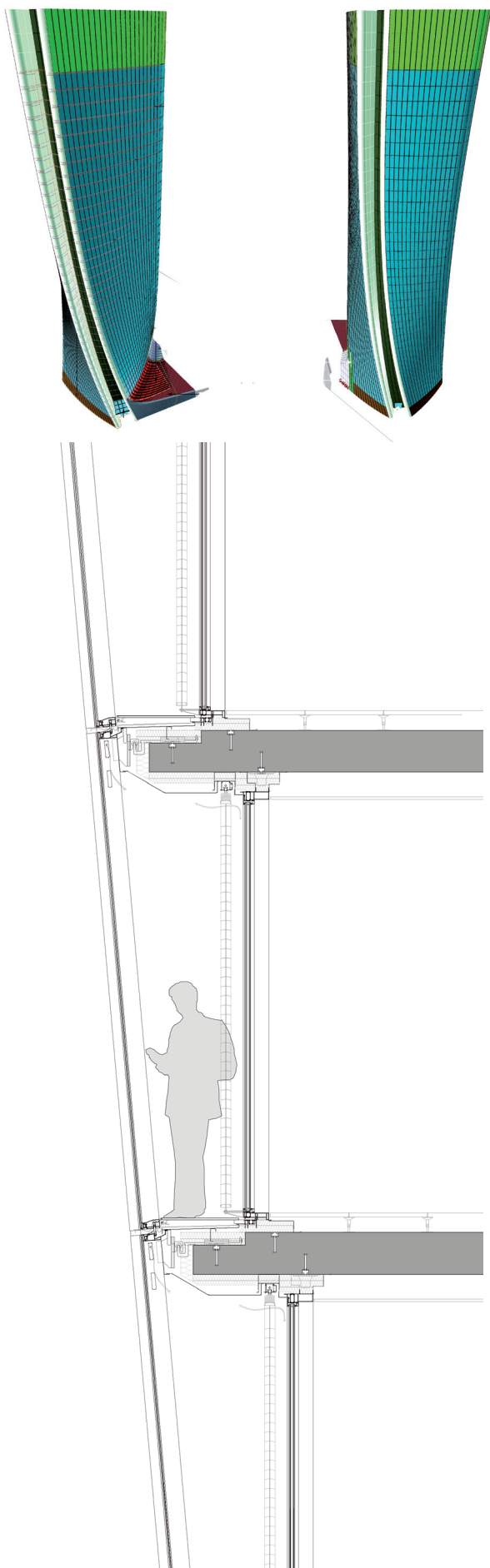
sizionati nelle zone di raccordo e nelle sezioni di interfaccia con l'involucro opaco. La facciata si presenta generalmente ad ante fisse, tranne 4 cellule apribili per piano (2 per ogni lato), che servono per permettere la manutenzione dell'intercapedine. La posizione delle cellule varia ad ogni piano e le cellule non sono mai allineate sul piano verticale. L'angolo del montante delle cellule della pelle interna è generalmente uniforme (e diverso da 180°) ma esistono alcuni punti di discontinuità in corrispondenza delle zone "snodo". La larghezza dell'intercapedine cambia al variare dell'inclinazione delle cellule e al variare dell'altezza dell'edificio, da un minimo di 65 cm ad un massimo di 150 cm. La pelle esterna seguendo la superficie geometrica in torsione della torre è caratterizzata da cellule di geometria quadrilatera irregolare, di forma diversa al variare della loro posizione, e non ripetibile lungo l'edificio. Per seguire la torsione della torre le cellule di facciata hanno inclinazione verticale sempre diversa, variabile lungo il perimetro della pianta e salendo con l'altezza dell'edificio e formano un angolo sempre diverso l'una con l'altra. I pannelli della pelle esterna nella zona "di snodo" (zona centrale dei due lati in cui viene suddiviso l'edificio) sono stati progettati come pannelli quadrilateri di vetro curvato a caldo (la geometria dell'edificio, infatti, richiedeva una

In alto sopra a sinistra.
Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano.
Fase di costruzione.

In alto sopra a destra.
Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano.
Fase di costruzione dell'involucro di facciata.

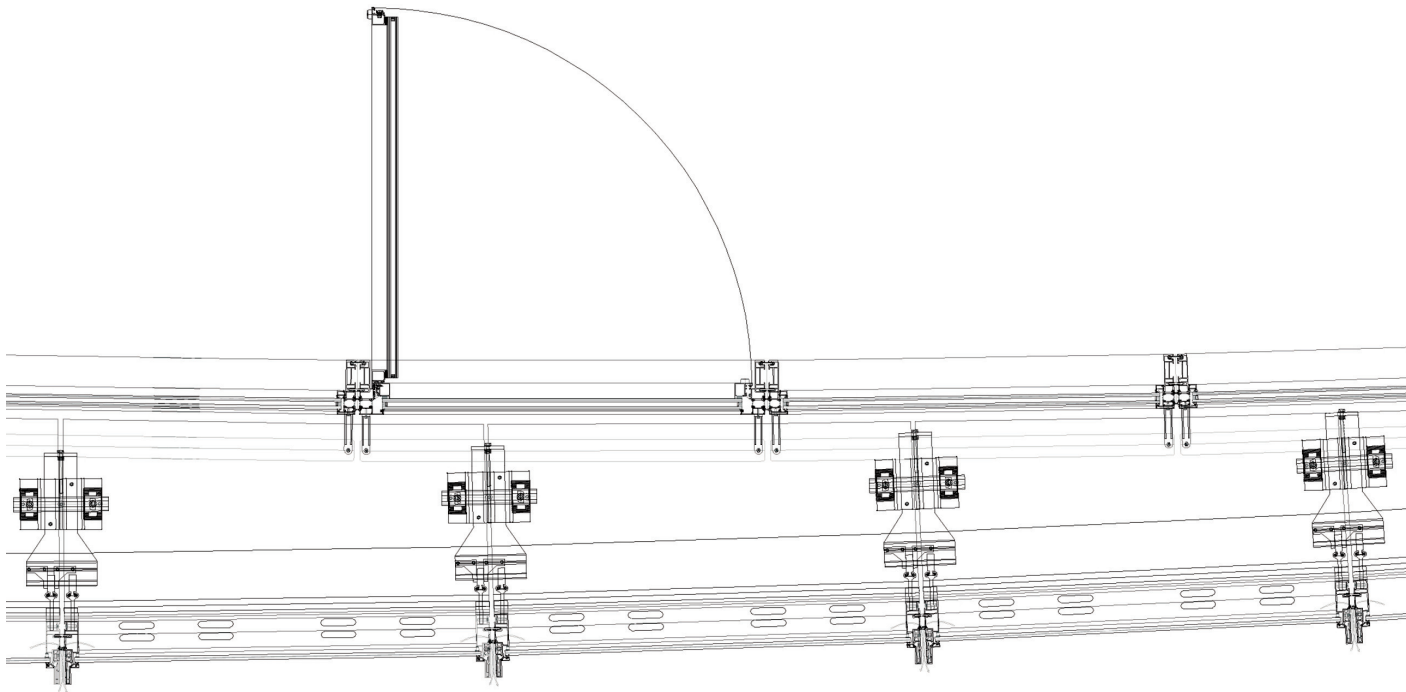
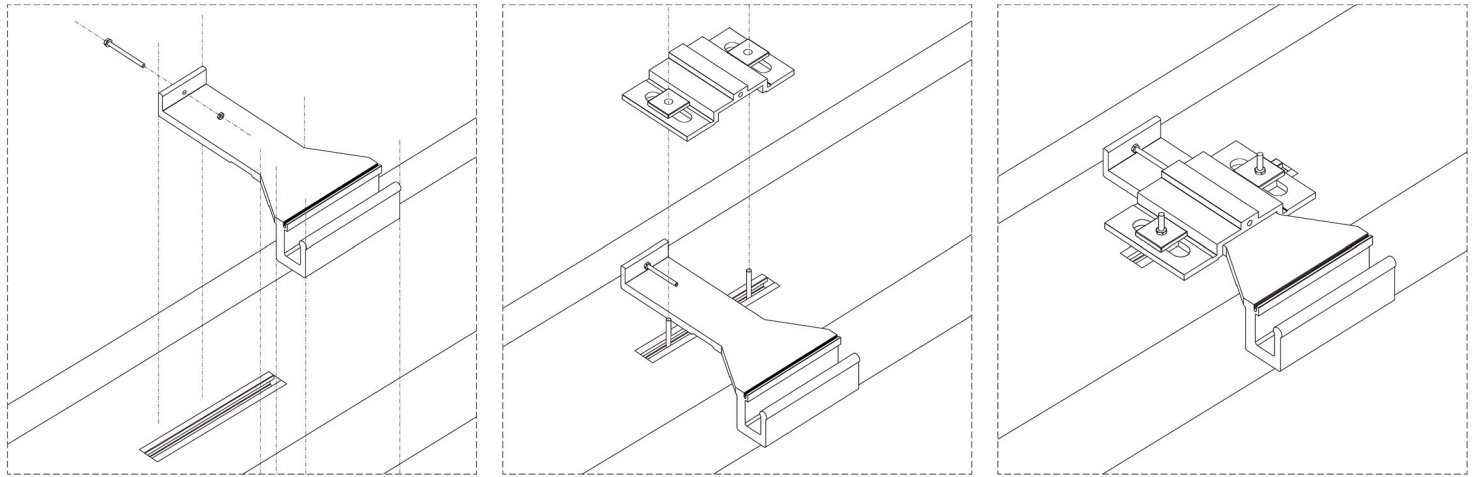
In alto a destra, Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano. Modellazione involucro.

A fianco, Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano. Sezione verticale dell'involucro di facciata.



curvatura troppo elevata per questi pannelli, che non poteva essere realizzata con una piegatura a freddo). Lo sviluppo del progetto esecutivo della facciata ha seguito i punti cardine con il quale essa è stata concepita nel progetto definitivo per risolverne le criticità e svilupparne una soluzione "ad hoc" in grado di garantire le migliori prestazioni. Per questo lo sviluppo del progetto esecutivo è stato coordinato al fine del raggiungimento i seguenti obiettivi: qualità estetica e funzionale della soluzione; durabilità nel tempo della stessa; rispetto dei requisiti prestazionali previsti a capitolato; rispetto della normativa vigente e degli standard di sicurezza per la posa in opera; rispetto dei requisiti di tutela ambientale nell'uso dei materiali; ottimizzazione delle risorse; velocità e semplicità di posa in opera; rispetto dei requisiti estetici coordinati dalla Direzione Artistica dello Studio Zaha Hadid Architects. Il primo passo verso l'ingegnerizzazione della soluzione è stato compiuto con la scelta della tipologia di piegatura a freddo dei vetri, ma prima ancora di questa, con la verifica della fattibilità di tale soluzione. Il progetto prevede la realizzazione di cellule di facciata caratterizzate da una doppia curvatura, a formare una geometria solida di paraboloide iperbolico. Come descritto in precedenza, realizzare questo tipo di geometria può condurre a fenomeni di instabilità (il fenomeno si verifica solo per pannelli vincolati puntualmente sui quattro angoli) delle lastre e deve essere, quindi, attentamente valutato. Tale fenomeno potrebbe comportare tra l'altro riflessioni luminose indesiderate della superficie del vetro, accentuate dalla presenza di coating. La valutazione di tali fenomeni è stata effettuata tramite l'applicazione della formula riportata nella teoria di Staaks, tratta dalla modellazione FEA (Finite Elements Analysis). Determinato che i possibili fenomeni d'instabilità delle lastre non costituivano un problema sono state analizzate le possibili alternative per l'applicazione della piegatura a freddo alle lastre. L'impiego di pannelli privi di telaio (piegati quindi liberamente e che comportano una minore sollecitazione sulle lastre) è stato escluso in quanto sarebbe stato necessario un sistema di tenuta supplementare per resistere ai carichi del vento. La valutazione si è quindi ristretta a due soluzioni possibili: piegare i pannelli in fase di produzione (pre-warp panels) oppure piegare i pannelli insieme al telaio in opera (restrained warp panels). La prima ipotesi comportava l'esecuzione dell'intero processo in stabilimento attraverso una piegatura libera dei pannelli di vetro, vincolati successivamente ai telai calandrati in precedenza. Tale soluzione è stata scartata in quanto avrebbe comportato maggiori costi (dovuti alla calandratura sempre diversa dei profili), tutti differenti tra loro, e tempi di produzione più elevati (dovuti all'assemblaggio a posteriori del vetro all'interno dei profili calandrati e all'accurato controllo delle curvature differenti per ogni cellula). La seconda soluzione è stata preferita poiché caratterizzata da minori costi e tempi di realizzazione (giacché le cellule vengono fabbricate piane e piegate in opera), nonché dalla possibilità di aggiustamenti in opera della facciata, indispensabili vista la complessità della stessa.

Uno dei punti cardine per la realizzazione di questa particolare geometria di facciata è sicuramente identificabile nella staffa di aggancio della facciata al solaio,

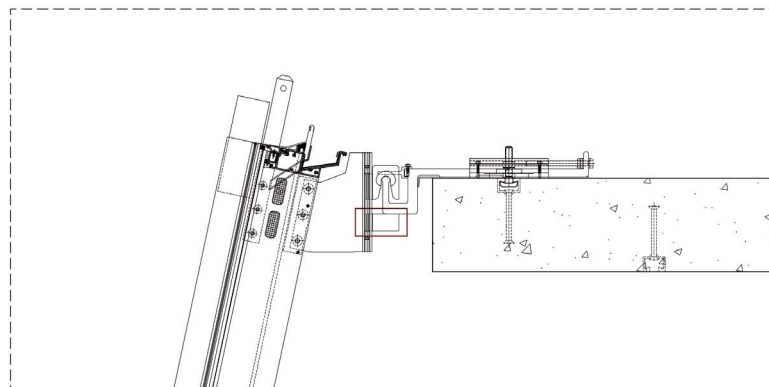
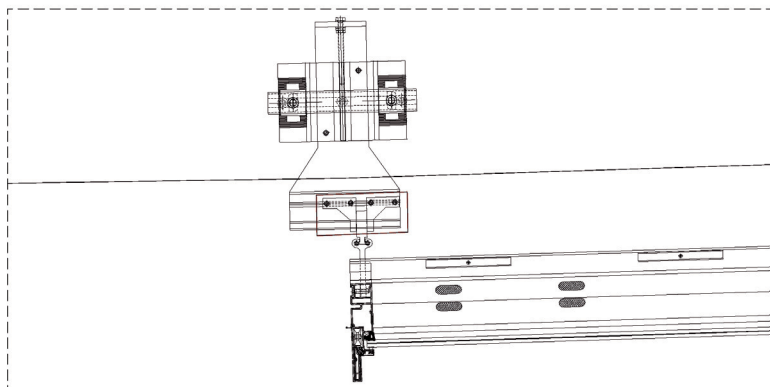
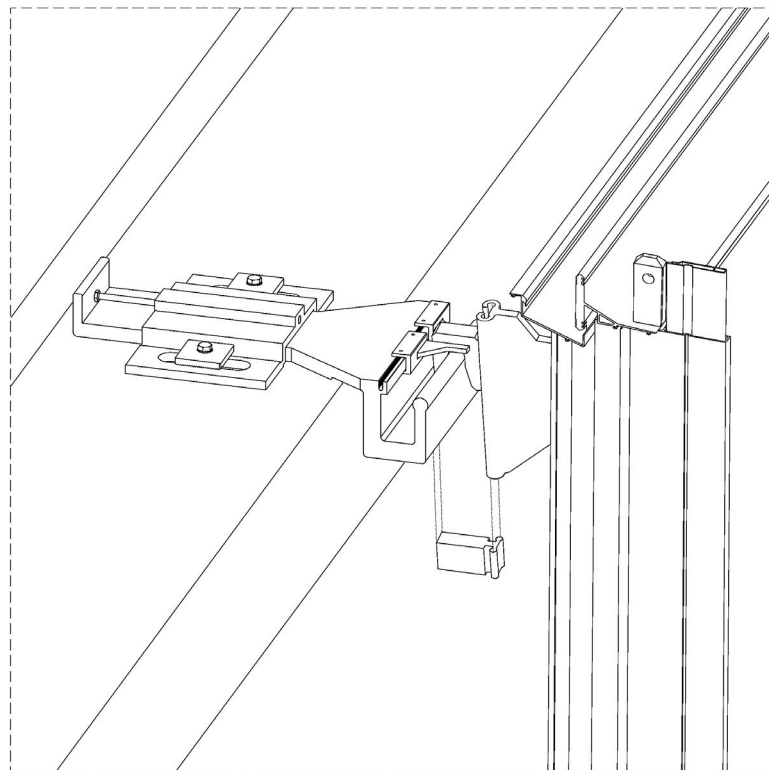
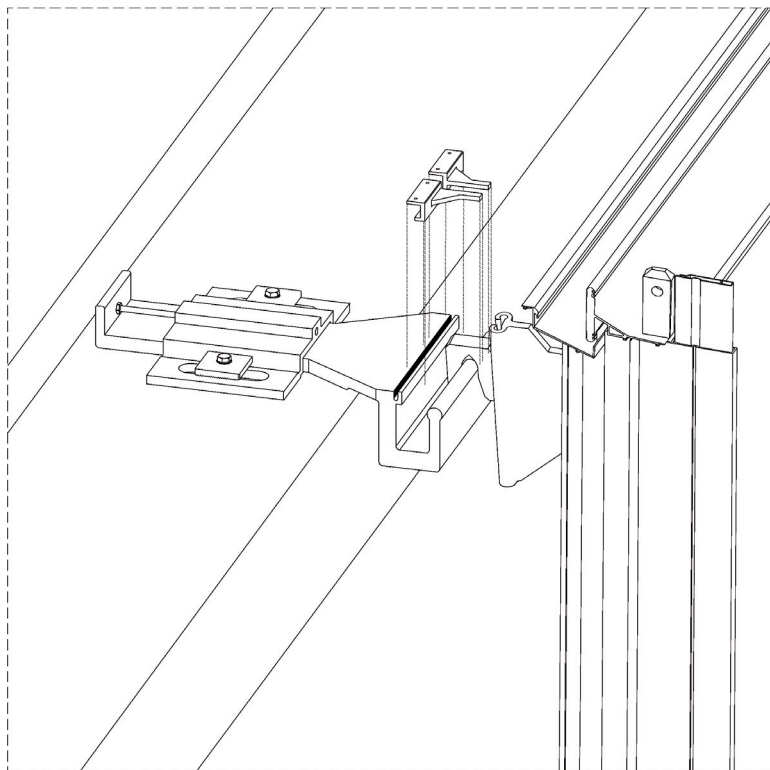


in quanto questa deve permettere un posizionamento a rotazione variabile sia in altezza che sul piano orizzontale, pur mantenendo la possibilità di piegare a freddo la cellula. Viste le criticità e la particolare geometria della facciata si è ritenuto opportuno guidare i progettisti nella realizzazione di una staffa che permettesse le regolazioni in opera al fine di compensare le tolleranze dei vari elementi nonché una agevole operazione di cold bending della cellula. In particolare, la staffa di fissaggio progettata è composta dai seguenti elementi: staffa su montante o "slitta"; uncino; staffa a solaio o "mensola"; staffa "ponte"; staffa di ritegno

orizzontale. La prima staffa è ancorata al montante ed è predisposta a forma di "slitta" per permettere all'uncino di scorrervi all'interno e garantire una regolazione in altezza della cellula. L'uncino è bloccato in posizione attraverso apposito grano di fissaggio e si ancora alla staffa a solaio appositamente sagomata per permetterne il suo inserimento. Questo ancoraggio permette delle rotazioni fra uncino e staffa, così che anche le cellule che presentano montanti obliqui possono essere ancorate senza particolari problemi. La staffa "ponte" passa al di sopra della staffa "mensola" e si ancora ai profili di ancoraggio annegati nel solaio

In alto, Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano. Sequenza di montaggio delle celle della pelle esterna.

Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano. Sezione orizzontale dell'involucro di facciata.



In alto, Hadid Tower, Zaha Hadid, Milano. Sequenza di montaggio delle celle della pelle esterna.

in calcestruzzo armato. Le due staffe sono collegate per mezzo di un'asta autofilettante e permettono la piegatura a freddo in opera del vertice della cellula mediante la trazione esercitata con la rotazione della stessa. La barra filettata permette, quindi, una regolazione dentro/fuori della staffa "mensole". Oltre alla regolazione dovuta per l'azione di cold bending sono permesse le regolazioni in piano sul solaio nelle due direzioni, per compensare le tolleranze di fabbricazione e posa in opera dei vari elementi. Una volta avvenuto il tiraggio in opera della cellula, l'uncino viene bloccato per mezzo di due staffe di ritegno orizzontale, imbullonate alla

staffa a solaio. Tale bloccaggio ha il principale obiettivo di sopperire anche alle azioni orientate lungo il traverso, associate al carico della BMU (Building Maintenance Unit, di valore pari a 2.85 kN). Un ultimo accessorio, posto a corredo della staffa è una piastra collocata al di sotto della staffa "mensole" e bloccata alla "slitta" che impedisce un eventuale innalzamento della cellula dovuto ai movimenti della struttura. La posa in opera della facciata, con questo nuovo staffaggio consente, oltre ad un preciso posizionamento della cellula (che permette margini di aggiustamento in opera) notevoli risparmi sui tempi d'installazione.