



# Il futuro del parcheggio è top down

«**T**op-down» è una definizione generale sotto la quale vengono raccolte le metodologie tecnico-costruttive accomunate dalla costruzione, nel sottosuolo, delle parti superiori dell'opera scendendo progressivamente con quelle inferiori, operando in modo contrario a quanto avviene normalmente.

Esiste una vasta casistica di tecnologie operative, in continuo consolidamento e miglioramento, poiché il top-down costituisce la risposta più efficace alle numerose problematiche poste dalla costruzione dei parcheggi sotterranei, laddove gli spazi di intervento sono molto ristretti.

**Le tecnologie top-down per la costruzione di parcheggi interrati nei centri storici e nelle aree urbane ad alta densità offrono a progettisti, imprese e amministrazioni comunali soluzioni rapide, efficaci e sicure.**

di Giulio Gariboldi

**Dall'alto verso il basso**

Fino a pochi anni fa, l'impiego del top-down era limitato a un ristretto numero di casi di particolare complessità: solo recentemente, anche in ragione della diffusione degli interventi di realizzazione di parcheggi interrati in aree urbane, alcune imprese hanno investito consistenti risorse nell'applicazione di questo sistema costruttivo. Le amministrazioni locali delle grandi città, anche in forza di alcuni specifici provvedimenti legislativi regionali, hanno infatti promosso la costruzione di parcheggi nel sottosuolo al duplice scopo di aumentare gli spazi per la sosta a rotazione dei veicoli privati, con funzione di

## IL PROGETTISTA

# I vantaggi pratici del sistema

L'ing. Andrea Cinuzzi di Roma è fra i progettisti che più hanno studiato e applicato il top-down nella progettazione ed esecuzione dei parcheggi interrati: «Dal punto di vista concettuale, il sistema tradizionale a tiranti e il top-down sono da considerare equivalenti: i tiranti, infatti, svolgono lo stesso ruolo di un'ipotetica struttura di contrasto interna. Dal punto di vista pratico, invece, esistono enormi differenze operative, con vantaggi e svantaggi a seconda del sistema scelto. I motivi che possono portare alla decisione di utilizzare questo sistema costruttivo sono, in estrema sintesi:

- di fattibilità dell'opera, poiché per sbancamenti più profondi di 10 m, sono necessarie opere di contenimento del terreno staticamente più performanti come diaframmi a T o paratie precomprese, dai costi molto elevati; inoltre, specie nei centri fittamente costruiti, non sempre è possibile inserire tiranti nel sottosuolo;
- di sicurezza, dato che le opere di contenimento del terreno sono subito puntellate e, di conseguenza, le loro deformate sono più contenute e, parimenti, si riducono i possibili risentimenti ai fabbricati esistenti nelle immediate vicinanze;
- di tipo economico, ovvero impiegando minori quantitativi di calcestruzzo e acciaio, con notevole riduzione dei costi, per effetto della riduzione delle sollecitazioni agenti sulle opere di contenimento del terreno;
- di carattere logistico, dato che l'area in superficie potrebbe essere riconsegnata con largo anticipo rispetto al completamento delle opere;
- di carattere opportunistico, cioè per non procurare preoccupazione alle persone che abitano in edifici prossimi al cantiere.»

**Nel caso di costruzioni sotterranee, le problematiche di natura tecnico-ingegneristica sono spesso influenzate dalle differenti condizioni al contorno presenti nelle aree a disposizione del parcheggio.**

«È così: normalmente, le aree nelle quali vengono costruiti i parcheggi sono ad alta densità abitativa, localizzate all'interno di contesti fortemente urbanizzati, sotto

strade o piazze a volte anche importanti e molto trafficate. Si tratta di contesti particolarmente sensibili, nei quali questioni che in altre situazioni sarebbero dei dettagli possono assumere un'importanza tale da mettere in crisi la realizzazione stessa del parcheggio e generare a loro volta ulteriori problematiche.

Minimizzare i disagi per i residenti, completare l'opera nel minor tempo possibile e contenere l'impatto ambientale del cantiere, limitando nel tempo le lavorazioni più critiche – con tutte le evidenti ricadute sulle problematiche tecnico- ingegneristiche – sono tra le principali necessità di questo tipo di intervento. Generalmente, nei casi sopra

» **«Minimizzare i disagi per i residenti, completare l'opera nel minor tempo possibile e contenere l'impatto ambientale del cantiere sono tra le principali necessità di questo tipo di intervento».**

descritti, l'impiego del top-down è da preferirsi agli altri sistemi costruttivi poiché circoscrive alla sola realizzazione delle opere superficiali la gran parte dei motivi di attenzione da parte della popolazione insediata».

**Qual è, in sintesi, la casistica costruttiva dei sistemi top-down?**

«Il top-down è totale se l'intera struttura è realizzata procedendo dall'alto verso il basso, mentre si definisce top-down parziale se la struttura così realizzata è solo una parte dell'intervento. La soluzione da adottare dipende principalmente dalle dimensioni del parcheggio, dalla sua profondità e dall'estensione planimetrica: ad esempio, quando il numero di piani è maggiore di due è possibile realizzare solo alcuni piani in discesa e i restanti in risalita; se l'estensione planimetrica è elevata, le strutture di prima fase (in discesa) possono interessare le sole opere di contenimento e contrasto del terreno circostante, completando poi la parte centrale della

costruzione in risalita. Ulteriori varianti sono legate al tipo di elementi verticali utilizzati per il sostegno degli elementi di piano: possono essere impiegati pali-pilastro definitivi o provvisori, da eliminare in un secondo momento, oppure montanti che svolgono in prima fase la funzione di tiranti, in quanto sostenuti da strutture anch'esse provvisorie ma localizzate al piano terra, e successivamente la funzione di pilastri».

**Rispetto a un cantiere tradizionale, quali sono le caratteristiche più rilevanti nell'organizzazione di un cantiere che adotta il sistema top-down?**

«Gli spazi per i parcheggi sono di norma scarsi e, di conseguenza, si tende a sfruttarli al massimo, con il risultato che le aree per il cantiere risultano praticamente nulle. È perciò necessario, già in fase di progettazione, prevedere aree idonee, anche provvisorie o impostate su strutture provvisorie, per operazioni quali lo stazionamento dei mezzi di sbancamento e la lavorazione dei materiali.

Il semplice posizionamento della gru o la realizzazione di strade di accesso può richiedere la costruzione di specifiche strutture, da definire in rapporto ai mezzi da impiegare specie per lo sbancamento e l'allontanamento del materiale. A queste complessità, vanno aggiunti gli ulteriori accorgimenti necessari nel caso non infrequente di opere da realizzare sotto il livello della falda: la costruzione del parcheggio può provocare fenomeni di perturbazione del flusso dell'aves che possono ripercuotersi sulle fondazioni e sottofondazioni di fabbricati esistenti, come sulle strutture in elevazione. Specifiche attenzioni vanno poste alle potenziali interferenze con le strutture di fondazione e sottofondazione dei fabbricati circostanti e allo spostamento dei tracciati delle reti dei sottoservizi tecnologici presenti nel sottosuolo. Infine in alcune realtà i ritrovamenti storico-archeologici sono all'ordine del giorno e può essere richiesta la conservazione, anche mediante varianti ai progetti, di monumenti e costruzioni presenti all'interno dell'area di cantiere».



interscambio fra autovetture e mezzi pubblici, e di offrire ai residenti l'opportunità di acquistare un posto auto o un box, per ridurre il numero delle auto in sosta ai bordi delle strade. Si tratta di interventi di dimensione e complessità estremamente variabile, distribuiti capillarmente nei quartieri centrali, che rappresentano un business importante specie per le imprese edili di media grandezza, in grado di ottimizzare l'impiego delle tecnologie specifiche su più cantieri sparsi nelle zone metropolitane.

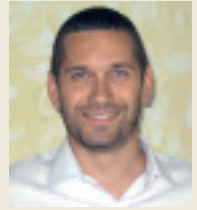
La ricerca tecnologica ha accompagnato l'espansione di questo sistema costruttivo, al punto che è possibile parlare di una seconda generazione



# ESEMPI DI PARCHEGGI TOP DOWN A ROMA | La Città Eterna si confronta con le scelte tecniche



# Tra comportamento del terreno e preesistenze



Simone Carraro, ingegnere esperto in ingegneria geotecnica, è contitolare di Sogen srl: «Operiamo prevalentemente in contesti nei quali la presenza di falde sotterranee comporta notevoli sollecitazioni per costruzioni sotterranee, in quanto la spinta orizzontale esercitata dall'acqua può risultare doppia rispetto a quella esercitata dal terreno. Ma questo è solo un aspetto del problema poiché il comportamento del terreno non è assimilabile a quello dei materiali da costruzione. In ambito edile, la macro-caratterizzazione geologica dei siti e lo studio puntuale delle caratteristiche meccaniche dei terreni, che deve precedere le operazioni progettuali di carattere ingegneristico, costituisce il presupposto di qualsiasi valutazione tecnico-economica. Le risorse indirizzate alle indagini geognostiche e alla valutazione accurata ed esauriente delle caratteristiche geotecniche di un sito sono sicuramente fra quelle meglio utilizzate, poiché una seria campagna di indagini rappresenta, per un operatore avveduto, un vero e proprio investimento».

**Cosa le ha insegnato l'esperienza finora maturata?**

«La casistica offre numerosi spunti tutti di estremo interesse. Ad esempio, per risparmiare, spesso le indagini vengono fatte eseguire direttamente ai subappaltatori, senza valutare a fondo le conseguenze di un approccio non professionale. Affidarsi a un tecnico indipendente, specializzato ed esperto è sicuramente la scelta migliore, che consente di fugare qualsiasi dubbio e di procedere speditamente e in sicurezza con le altre attività. Un secondo aspetto di assoluto rilievo è il costante monitoraggio, anche strumentale, che deve essere eseguito su tutte le opere realizzate e sulla loro interazione con il terreno e il contesto circostante. Si tratta di un'arma formidabile, che permette ai tecnici e all'impresa di prevedere l'evolversi del comportamento della costruzione e, in caso di necessità, di intervenire per tempo. Per quanto riguarda gli aspetti costruttivi, invece, l'accento va posto sulle problematiche legate all'impermeabilizzazione dello scavo e delle opere da realizzare - perciò sulla qualità della realizzazione e, in particolare, delle finiture dei manufatti - che non solo determinano la funzionalità e la durata di qualsiasi opera, specie di quelle interrato, ma che influiscono in maniera decisiva sull'ambito economico, ovvero sui costi di edificazione e di manutenzione».

**Nel caso di interventi nel sottosuolo dei centri urbani, sono consigliabili specifici accorgimenti?**

«Per quanto possibile e per motivi intuibili, eviterei il ricorso a opere che vadano a interessare ambiti esterni al perimetro di cantiere. In questo senso, oltre a evitare qualsiasi interferenza con le preesistenze, il sistema costruttivo top-down presenta il vantaggio statico di un contrasto interno, molto più efficace specie nel ridurre le deformazioni delle strutture».



1. Costruzione del piano di contrasto in via Tripoli.  
2. Vista delle travi impostate su pali provvisori in via Moricca.  
3. Vista dei pilastri definitivi nel parcheggio sotto il campo sportivo Artiglio.  
4. Soletta di contrasto superiore su micropali definitivi in via Ristori.  
5. Sostegno di un reperto archeologico in via Guidobaldo Del Monte.  
6. Opere provvisorie di sostegno del monumento in piazza Cavour.



7. Operazioni di sbancamento con piazzola intermedia in via Tevere.  
8. Vista dei pilastri provvisori in acciaio in via Como.  
9. Vista dal basso del piano di appoggio della gru in via Sacchi.  
10. Completamento delle solette realizzate in prima fase in via Tevere.  
11. Soletta di contrasto al secondo livello interrato di piazza Ledro.



Si ringrazia l'ing. Cinuzzi per il materiale fotografico.

## IL PARCHEGGIO IN LARGO V ALPINI A MILANO

Prima di procedere con lo scavo top-down in assenza di tiranti, sono state posate le Travi Prem con getto integrativo che fanno da puntone rispetto alle paratie laterali; nella vista dal fondo, nella zona senza Travi Prem, si notano i punti di infissione dei tiranti. Nella terza immagine le paratie spingono sulle Travi Prem puntone: in corrispondenza dell'appoggio si nota la parte non gettata, dove si innesteranno i pilastri in c.a. realizzati dal basso verso l'alto.



del top-down basata sull'uso di soluzioni costruttive parzialmente prefabbricate, capaci di risolvere egregiamente i problemi più tipici e di offrire una serie di vantaggi supplementari in termini di tempi e costi.

È il caso del sistema Smq sviluppato da Csp Prefabbricati spa di Ghisalba (Bg), azienda fra le più impegnate in questo settore a livello nazionale. Il principio è estremamente semplice: utilizzare, nel percorso dall'alto verso il basso, una anticipazione delle strutture definitive eliminando i presidi provvisori e temporanei finora presenti in larga misura. In altre parole, si può procedere a scavare senza il costo di opere provvisorie, grazie all'autoportanza di pilastri, travi e solai modulabile sul singolo caso. Alla fine del procedimento, che necessita di tempi di costruzione più contenuti rispetto alle normali tecniche top-down, le strutture formano un prodotto finito monolitico al pari delle strutture tradizionali in calcestruzzo armato.

Costruzioni Generali Zoldan srl è stata fra le prime a recepire il potenziale innovativo dell'evoluzione tecnologica operata da Csp Prefabbricati. ne abbiamo parlato con l'ing. Maximo Zoldan, titolare e Direttore tecnico dell'impresa omonima e anche del Consorzio Romano Parcheggi: «La realizzazione di un parcheggio interrato in un'area cittadina densamente popolata, magari proprio nel cuore

di un centro storico, può generare dei problemi di impatto urbano e sociale per chi vive o svolge delle attività nei pressi dell'area di cantiere. Spesso la soluzione tecnico-progettuale è fortemente condizionata dal disagio sociale che il cantiere potrebbe determinare o da altre variabili, fra cui la possibilità di rinvenimenti archeologici, che possono ritardare lo svolgimento di rilievi e sondaggi necessari prima di procedere con gli scavi.

In questo caso, il top-down offre una risposta molto valida anche da questo punto di vista: Zoldan è stata la prima impresa a progettare di applicare questa tecnologia a Roma.

Si tratta di un sistema costruttivo che offre risposte convincenti ai numerosi interrogativi posti dalle opere da realizzare nel sottosuolo: problemi di persistenza del cantiere sull'area d'intervento, perciò di rapidità nell'esecuzione dei lavori; riduzione delle diverse forme di disagio nei confronti della cittadinanza, come deviazioni del traffico urbano, sindrome da grattacielo, fastidio causato da rumore e dalle vibrazioni; minimizzazione dei rischi rispetto ai fabbricati

e alle reti tecnologiche.» Attualmente, per conto della committente Consorzio Romano Parcheggi, l'impresa Zoldan ha in corso la progettazione di diversi parcheggi che prevedono l'impiego del sistema Smq. «In pochi anni, il progresso del sistema top down ci ha consentito di migliorare ulteriormente metodiche e risultati. La scelta di un top down che definiamo evoluto comporta l'impiego di travi e pilastri già autoportanti, da assemblare e montare in opera in tempo relativamente breve grazie a squadre di lavoro preparate, e ci permette non solo di ottimizzazione i costi che l'impiego di questa tecnologia comporta, ma anche di lavorare in condizioni di elevata sicurezza. Un ulteriore vantaggio è costituito dalla leggerezza degli elementi prefabbricati, che risultano di facile trasporto in zone sensibili come i centri storici, mentre in cantiere possono essere stoccati e movimentati senza problemi di sorta».

» «Dopo un serio ed approfondito confronto con i metodi convenzionali, abbiamo creduto e investito in questo metodo evoluto per il top-down: ora i fatti ci stanno dando ragione».

**Ing. Livio Izzo, responsabile Ricerca e Sviluppo di Csp Prefabbricati spa**

### La procedura costruttiva

Ecco come funziona il top-down evoluto, prendendo ad esempio un intervento di due piani sotterranei: si tratta di una procedura alla portata di una impresa non specializzata, da utilizzare nel caso di due o più campate e di più di 2 piani interrati, impiegando accorgimenti via via più ingegnosi. La prima operazione consiste nel dimensionamento del pa-

lo provvisorio di fondazione dei pilastri centrali, in base alle esigenze strutturali: di massima viene predimensionato in 100 cm di diametro e con profondità variabile sotto il pilastro, verificando che il suo diametro consenta una agevole movimentazione del pilastro in cui siano già presenti le mensole di piano e che esista spazio, fuori dal pilastro, per il successivo passaggio del tubo-getto.

Si procede quindi allo scavo partendo dal piano di campagna fino alla quota di intradosso delle travi della copertura, aumentata di un valore che permetta la posa agevole del primo concio di pilastro, delle travi e del solaio di copertura. Per i pilastri, si creano dei cordoli-guida in c.a. o in acciaio, ortogonali alla palificata perimetrale e distanti fra loro come il diametro del palo di fondazione, nei quali vengono inglobati o saldati quattro tirafondi, posizionati mediante una dima che sarà tolta dopo l'indurimento dei cordoli e prima del posizionamento del pilastro. La dima è formata da una coppia di tubolari in acciaio a forma di C che costituiranno anche la barella di appoggio del pilastro. Nel caso si adot-

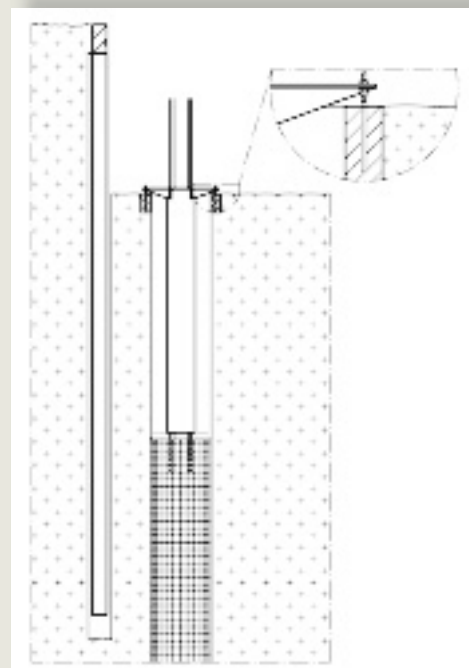
## Prefabbricati per top-down

Il sistema costruttivo Smq di Csp si distingue per razionalità costruttiva, tempistica di intervento e risultati, oltre a numerosi altri vantaggi tecnico-prestazionali come l'autoportanza e l'elevata sicurezza antisismica. Si tratta di un sistema costruttivo integrato acciaio-calcestruzzo con alto grado di adattabilità alle diverse esigenze progettuali e cantieristiche, basato sull'impiego sinergico di pilastri cerchiati misti Pcm e travi del tipo prefabbricato reticolare misto (Prem). Il sistema è stato accuratamente testato da autorevoli istituzioni di settore e collaudato con successo in molteplici scenari di cantiere: fra le più recenti applicazioni, si segnala la costruzione dell'Altra Sede della Regione Lombardia a Milano.

I pilastri Pcm sono un'originale evoluzione del classico pilastro cerchiato messa a punto da Csp Prefabbricati spa., che mette in sinergia i sistemi tradizionali con i vantaggi della prefabbricazione. Prevedono l'utilizzo di una cassaforma in acciaio, autoportante, pre-armata in stabilimento e caratterizzata da soluzioni tecniche e morfologiche innovative, nella quale viene gettato il calcestruzzo in opera. I pilastri sono dotati di mensole in acciaio sulle quali vengono poi direttamente appoggiate le travi Prem per il montaggio di solai (alveolari o lastre predalles), con aggiunta delle armature di continuità; le barre di continuità passanti, superiori e inferiori, vengono inserite nei nodi fra pilastri, travi e solai. La procedura operativa si completa con un getto di calcestruzzo effettuato in un tempo unico con travi e solai.

Le travi Tlq sono prefabbricate in stabilimento da Csp Prefabbricati spa secondo una precisa ripetitività tipologica, ma con la più ampia casistica geometrica. In opera, vengono completate con la posa delle armature integrative esterne e il getto di calcestruzzo.

Dopo queste operazioni la trave diventa, a tutti gli effetti, una struttura mista in acciaio e calcestruzzo che, se usata in continuità con altre travi, si comporta come una trave continua su più appoggi con il conseguente insorgere di momenti di continuità. Salvo prescrizioni contrarie, la trave è autoportante per il suo peso proprio, per il peso di calcestruzzo che compete alla sua sezione resistente e per il peso proprio della porzione di solaio che grava su di essa in fase di getto (dichiarato sui disegni di montaggio). La trave non ha alcuna rigidità né resistenza torsionale; occorre quindi posare i pannelli di solaio alternativamente sui due lati per evitare eccessive sollecitazioni.



Questa sezione evidenzia il procedimento di realizzazione del palo provvisorio di fondazione dei pilastri centrali in acciaio, secondo la procedura di top-down evoluta.

tino cordoli in acciaio, questi andranno allettati su un magrone e zavorrati o opportunamente picchettati al terreno. Si passa poi a trivellare un foro circolare del diametro del palo fino all'intradosso dello stesso, con o senza utilizzo di fango bentonitico o con un presidio dello scavo ottenuto con lamierino metallico, utile nella parte più superficiale, solitamente meno coesa. La sua sommità nominale è collocata 10 cm sotto l'intradosso del solettone di fondazione.

Quindi, si posiziona la gabbia del palo senza i ferri d'attesa per il pilastro, poi si batte la quota d'appoggio dei pilastri e si fissa il dado di riferimento col rispettivo controdado sul tirafondo prescelto. Si posiziona poi nel foro il pilastro di progetto, attrezzato con i ferri longitudinali fuoriuscenti nello spessore del solettone e con opportuni tirafondi fuoriuscenti al suo intradosso e penetranti nella gabbia del palo, appoggiandolo, tramite la mensola di sommità, sui tirafondi dei cordoli. Si verticalizza il tutto e si serrano dadi e controdadi.

E' ora il momento di gettare il palo, fino alla sua sommità in assenza di fango bentonitico o fino a 10 cm al di sopra di tale quota in presenza di fango, con tubo-getto passante al lato del pilastro o all'interno dello stesso. Per gli appoggi perimetrali, si creano e si posiziona-

no delle mensole d'appoggio per le travi contro le paratie o ture di pali - alcune di esse sono provvisorie, servono cioè a portare solo il peso proprio della copertura, altre sono definitive. A questo punto, se si è usato un lamierino di protezione dello scavo, si riempie di sabbia lo scavo intorno ai pilastri per creare un guscio ad assorbimento d'energia, per procedere in sicurezza al successivo scavo e asporto del terreno



«I vantaggi sono notevoli: i componenti sono prefabbricati relativamente leggeri, quindi facili da trasportare e stoccare anche in zone ristrette; con l'ausilio di squadre di lavoro preparate,

si riescono ad assemblare e a montare in opera in tempo decisamente breve e, fatto non trascurabile, con maggiore sicurezza in cantiere».

**Ing. Maximo Zoldan, titolare e Direttore tecnico di Costruzioni Generali Zoldan srl e del Consorzio Romano Parcheggi**

con mezzi adeguati. Si posano le travi Prem e il solaio di copertura, con i loro monconi passanti attraverso il nodo del pilastro - i solai, se non autoportanti, devono essere puntellati all'interno previsto.

Si posiziona una rete fermagetto intorno e all'esterno di ciascun pilastro, per impedire che il getto entri nel tubo, dopo almeno 3 settimane dal getto dei pali di fondazione, e si procede al getto di travi e solaio ( $R_{ck} = 300 \text{ daN/cm}^2$ ) per creare un effetto puntone, lasciando nelle mensole di sommità un'asola centrale delimitata dal tubo per il successivo getto dell'ultimo piano del pilastro. Nel caso della copertura, dopo almeno 3 settimane dal getto si scava fino al fondo scavo, senza formazione di tiranti, rimuovendo i cordoli e i tirafondi utilizzati per il posizionamento dei pilastri.

Se è stato necessario usare il fango, si scapitozza l'extra-altezza del palo fino a 10 cm sotto il solettone. Se si sono adoperati i lamierini di protezione, una volta a fondo scavo, si tagliano e si asportano gli stessi eliminando successivamente la sabbia. In questa fase il pilastro è ancora cavo. Si procede quindi alla formazione della gabbia e al getto del solettone di fondazione. La prima soletta si getta in salita assieme al primo piano del pilastro; il secondo piano di pilastro viene gettato immediatamente dopo, dalla quota di copertura. Per gli eventuali piani superiori alla copertura si procederà con metodi tradizionali.