TOP SIDE DOWN

tecnologie di fissaggio applicate ai parcheggi sotterranei nei centri storici **ing.Alberto Cucinella**

Nei centri storici è sempre più sentita una duplice esigenza: restituire alle strade la funzione di viabilità, liberandole dalle vetture in parcheggio, e reperire volumi per la sosta delle autovetture.

I parcheggi interrati trovano una naturale collocazione nelle piazze, svuotandone il sottosuolo e realizzando un'opera interrata la cui copertura, ad opera completata, sostituisca la viabilità, pedonale e carrabile, *ante operam*. Talvolta tuttavia, in sede esecutiva, alcune Amministrazioni locali manifestano seri impedimenti alla cessione, anche temporanea, dell'area prescelta proprio per importanza strategica che essa determina sulla viabilità, al punto da impedirne la realizzazione.

In questa nota si presenta una particolare tecnologia che è stata attuata per la realizzazione del parcheggio interrato nella Piazza Mercato in Vico Equense (NA).

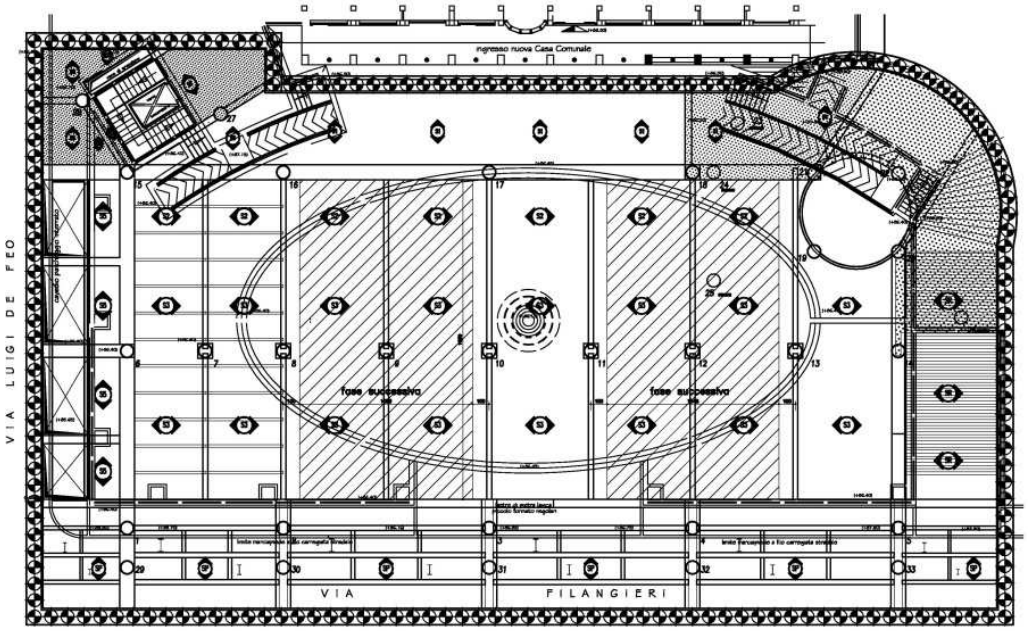
La progettazione e l'esecuzione dell'opera furono condizionate dal particolare contesto del sito, unica via di passaggio per il flusso turistico e mercantile da Napoli verso le località delle costiere sorrentina e amalfitana. La piazza prescelta per l'opera costituisce una vitale arteria di comunicazione e non sarebbe stata proponibile una prolungata interruzione del traffico; la tecnologia adottata ha consentito in un arco di tempo brevissimo di ripristinare completamente la viabilità e l'impiego pedonale della piazza, compresi gli spazi di ristorazione dei locali circostanti.

In sostanza l'obiettivo primario è consistito nell'eseguire dapprima la copertura pedonale e carrabile (un ponte di prima categoria) e solo successivamente, a traffico ripristinato, estrarre il terreno (circa 18000mc), realizzare gli impalcati intermedi e, infine, la fondazione, invertendo completamente l'ordinaria prassi costruttiva. In questo contesto di capovolgimento tecnologico si chiarisce il significato del titolo.

Il contesto geotecnico.

L'opera, come sopra descritto, occupa l'intera Piazza Mercato, da destinare in parte alla viabilità carrabile (Via Filangieri), costituendo pertanto un ponte di prima categoria, e in parte ad area pedonale.

Nell'immagine (1) la carpenteria è sovrapposta con l'architettonico della piazza.



(1) la carpenteria sovrapposta all'architettonico della piazza Mercato

L'opera chiaramente interagisce con i terreni circostanti con una paratia al contorno, realizzata senza interruzione della viabilità. A monte della paratia insistono il Municipio e antichi fabbricati con struttura muraria, particolarmente sensibili ad eventuali anche minimi assestamenti del terreno.

I terreni si presentano di scadente qualità e interessati da numerose cavità. L'ipotesi di realizzare paratie ancorate in questi terreni venne scartata sia per la loro inaffidabilità e sia perché si sarebbe sconfinato in proprietà aliene.

La concezione strutturale.

L'esigenza concomitante di rendere subito disponibile la piazza e di contrastare efficacemente in testa la paratia, prima di effettuare lo scavo, portarono a realizzare primariamente la paratia, quindi l'impalcato di copertura (ponte compreso) e sfruttare il diaframma orizzontale così formato come vincolo che assicurasse la totale assenza di variazioni tensionali dei terreni circostanti.

A loro volta gli impalcati intermedi sono stati impiegati come contrasti.

(2) il parcheggio occupa tutta la piazza; la parte della copertura coincidente con la strada è un ponte di prima categoria; i fabbricati circostanti insistono sul ciglio della paratia. Gli impalcati, per ridurre i tempi di realizzazione, sono in acciaio calcestruzzo.

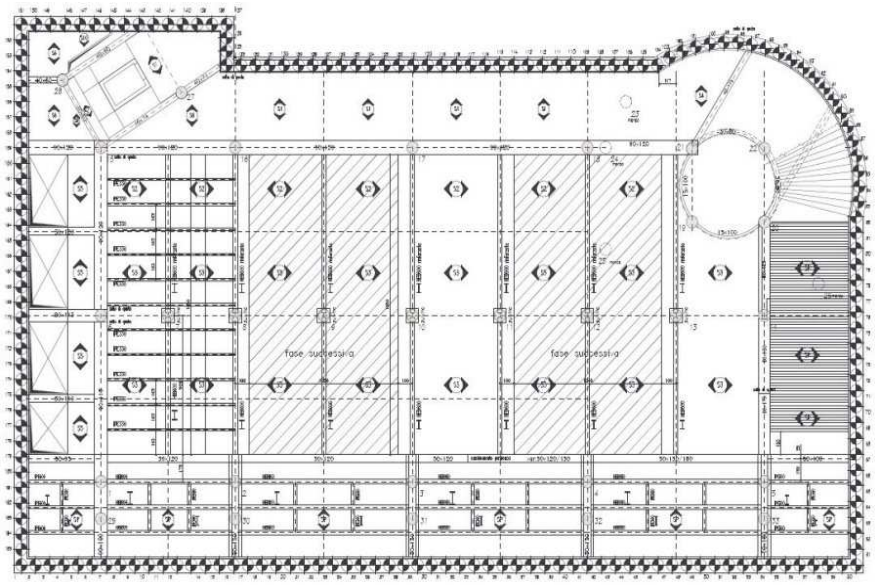
Circondando il terreno tutto il perimetro dell'opera, le spinte esercitate dal terreno vengono ad elidersi se viene realizzato un corretto sistema di contrasto, così come concepito.

In contropartita questo obiettivo impone l'inversione totale del sistema produttivo, cominciando l'opera non dalla fondazione ma dalla copertura.

Volendo analogamente sfruttare allo stesso scopo anche gli impalcati sottostanti, via via che lo sbancamento si approfondisce, la realizzazione della fondazione definitiva diventa non la fase iniziale, ma la finale dello sviluppo dell'opera.

Ma come sostenere gl'impalcati di contrasto in assenza della fondazione ?

Come realizzare i puntelli provvisori a sostegno degli impalcati ?



(3) la carpenteria della copertura (i fori di aerazione sono tratteggiati)

Mentre al perimetro la paratia stessa offriva in copertura un efficace appoggio per l'impalcato ed il ponte, occorreva realizzare dei *puntelli* provvisori su cui scaricare i carichi permanenti degli impalcati, uti-

lizzati come contrasti, e i sovraccarichi dovuti alla viabilità, anche pesante. Al tempo stesso occorreva lasciare degli ampi fori per consentire l'aerazione e lo smarino dei 18000mc di terreno.

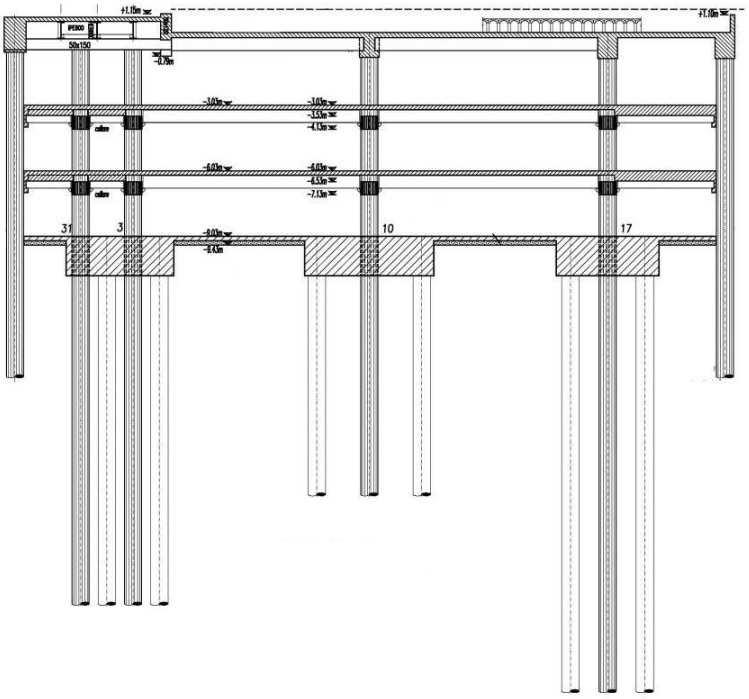
Nella carpenteria (3) si evidenziano gli ampi fori provvisori.

I *puntelli provvisori* degli impalcati furono realizzati mediante "*pali colonna*" cioè pali trivellati che svolgono la duplice funzione di colonna definitiva, per la zona che rimarrà sbancata, e *monopalo* di fondazione, in fase provvisionale.

I *monopalo* non sono certamente in grado di sostenere i carichi definitivi e pertanto dovranno intervenire successivamente altri pali "*satellite*", disposti nel loro intorno.

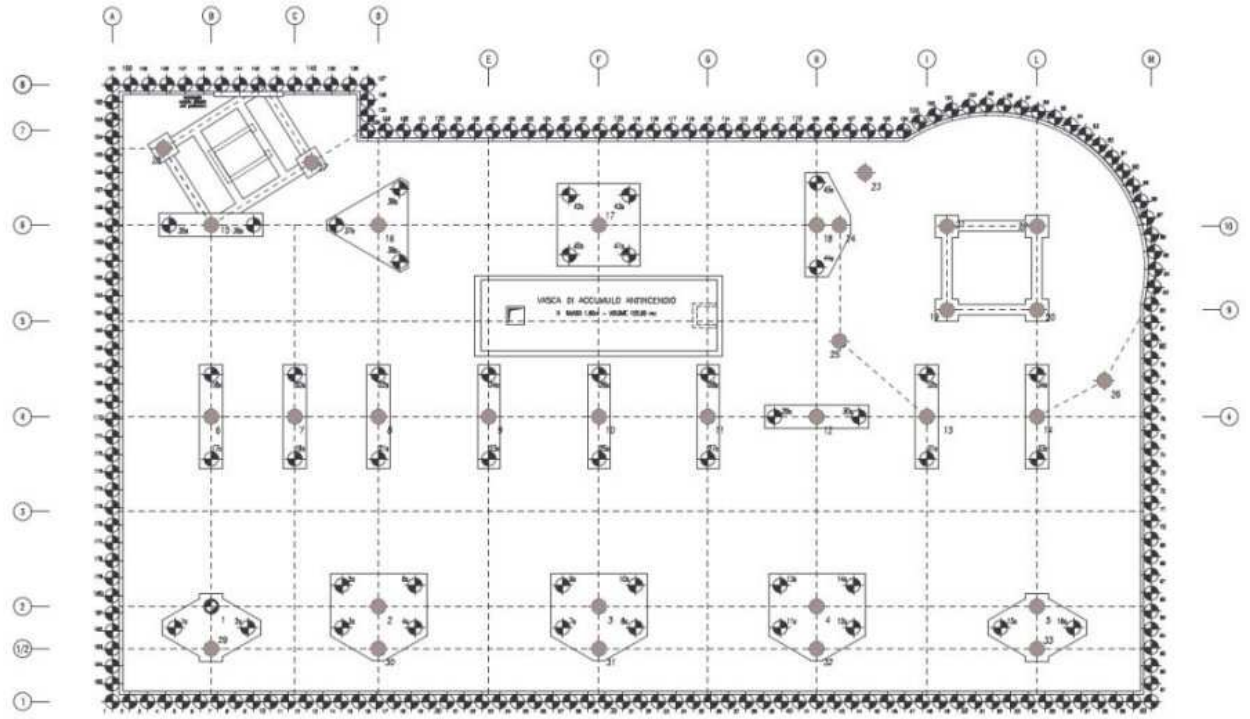
Tutti pali vennero realizzati coevamente trivellando dalla piazza.

Mentre i pali "*colonna*" vennero gettati e armati per l'intero volume trivellato, i pali "*satellite*" furono armati e gettati solo dalla quota d'imposta a quella d'intradosso plinto (trivellazione a secco). Delicatissimo, in questo contesto, fu il tracciamento planoaltimetrico, anche in considerazione della particolare conformazione dell'impalcato di copertura.



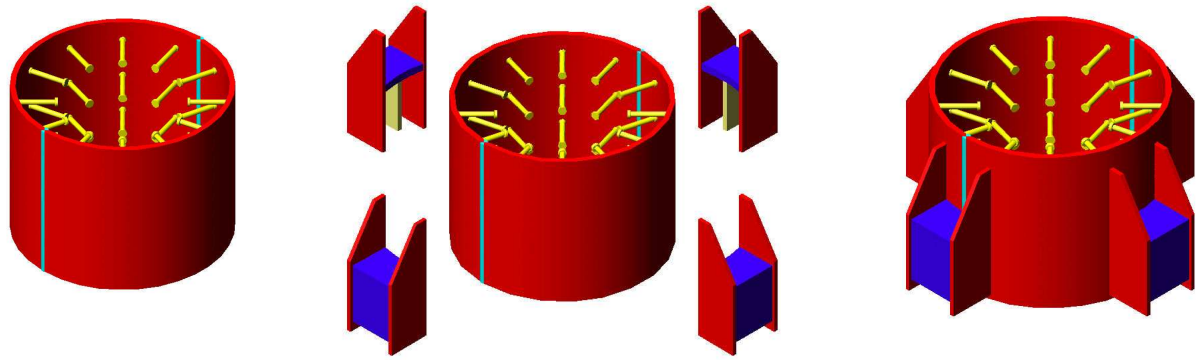
(4) la sezione trasversale: i pali "*colonna*" assolvono allo scopo di fondazione *monopalo provvisoria* e di pilastro definitivo; i pali "*satellite*" (sottostanti alla quota di sbancamento) e "*colonna*" vennero collegati con i plinti solo a sbancamento finito.

Nella sezione trasversale (4) s'individuano i pali "*colonna*", che fungono sia da pilastri definitivi, sia da *monopali* in fase iniziale, e i pali "*satellite*" che restano inerti fino all'esecuzione dei plinti e all'incremento di carico. In funzione delle esigenze statiche i pali furono attestati a quote differenti.



(5) la pianta della fondazione: i pali "*colonna*" retinati collegati ai pali "*satellite*" con i plinti

Attestare alla sommità dei pali colonna l'impalcato di copertura, in acciaio-calcestruzzo non costituì un problema; ben più problematico furono i collegamenti trave - colonna e paratia – trave, agli impalcati intermedi. Il collegamento fra le travi e le colonne venne realizzato fissando delle selle "Gerber" (6b) ai fusti delle colonne. A questo scopo venne predisposto, a quote prestabilite, un rigido collare in acciaio (6a) che venne collegato alla gabbia di armature. La sua efficacia si basa sul confinamento della zona d'interfaccia e nella possibilità, a scavo avvenuto di applicare per saldatura le selle per la posa delle travi in acciaio (6c). Per assicurare la tenuta longitudinale dei collari ed evitarne lo sfilamento, all'interno dei collari vennero disposti dei connettori Nielsen a triplice giacitura radiale.



(6a) il collare singolo (6b) assemblaggio delle selle "Gerber" (6c) il collare assemblato

(6) i collari: in fase di posa dell'armatura della gabbia e di assemblaggio delle selle Gerber

Il sistema collare-connettori costituisce un sistema acciaio calcestruzzo: il taglio delle travi viene trasferito come sforzo normale alle colonne attraverso i connettori radiali, le tensioni locali indotte dalla selle Gerber vengono assorbite dalla piastra circonferenziale, in trazione, e dal calcestruzzo in compressione.

(7°) il collare osservato dall'esterno

(7b) il collare dall'interno della gabbia di armatura dei pali

(7) i collari come realizzati: s'individuano i connettori Nielsen radiali in triplice allineamento

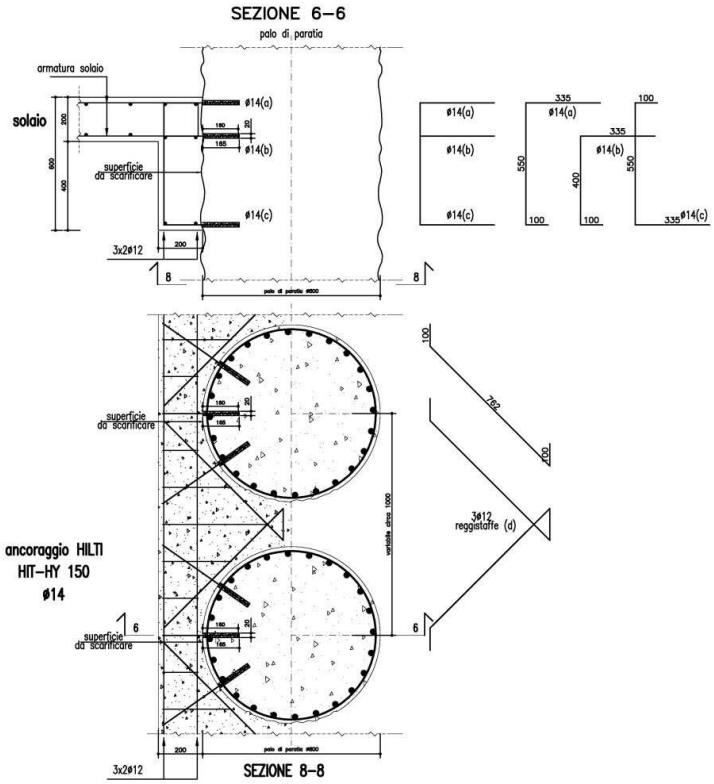
In sostanza con questo sistema, effettuato lo scavo (vedi foto 8 e 9), vennero alla luce i collari, alle quote d'imposta delle travi, pronti per il loro assemblaggio alle selle Gerber.

(8) i collari predisposti sui pali colonna in fase di scavo.

(9) la sezione della figura 4 in fase costruttiva.

(10) mentre avvenivano le fasi in sotterranea la viabilità pesante era aperta: sull'impalcato stazionano, due betoniere a pieno carico e una pompa, con la pala cingolata per l'estrazione del terreno, mentre i veicoli percorrono la strada.

Collegamento fra gli impalcati e la paratia.



(11) l'armatura dei cordoli laterali e i grip di fissaggio chimici

Il collegamento continuo fra la paratia e gl'impalcati venne realizzato mediante la realizzazione di un cordolo di contrasto aderente ai pali e ad essi agganciato mediante migliaia di fissaggi chimici progettati in resina HILTI HY 150.

(12) preparazione dell'iniezione di resina

Come evidenziato in (11) l'aggancio del cordolo laterale ai pali di paratia venne concepito come una triplice stratificazione di maniglie radiali ("*grip radiali*") progettate per trasferire agli elementi verticali taglio, momento flettente e sforzo normale dalle travi e dai solai d'impalcato.

I fissaggi vennero progettati in tre livelli, onde consentire dapprima il getto del fondello inferiore su cui poggiare il banchinaggio d'impalcato, successivamente venne armato l'impalcato e inghisati i grip del livello superiore.

(13) il cordolo laterale armato e collegato all'impalcato attraverso i grip radiali

Con tecnologia analoga si eseguirono i collegamenti fra i pali colonna e le travi gettate in opera. Nella (14) si evidenzia la trave elicoidale della rampa agganciata, dopo lo sbancamento, ai pali colonna, ancora non collegati alla base.

Nella parte alta della foto s'individua la terrazza all'aperto dell'adiacente bar che era regolarmente in attività mentre 12m sotto procedevano le operazioni di scavo e di realizzazione del parcheggio.

Collegamento fra i pali "*colonna*" e i pali "*satellite*" con i plinti.

Per quanto attiene la formazione della fondazione ed in particolare la statica del sistema palo colonna, pali satellite e plinto, occorre fare alcune considerazioni.

(14) collegamento fra palo colonna e le travi della rampa elicoidale

In via provvisionale non fu realizzata la fondazione completa ed il sostegno degli impalcati fu assicurato esclusivamente dai pali colonna.

Solo successivamente fu possibile realizzare i plinti e richiamare il contributo dei pali satellite, già realizzati ma inerti per mancanza di collegamento. Lo sforzo normale agente originariamente sul palo colonna resta su tale membratura mentre il sistema complessivo, cioè costituito dal palo colonna e dai satelliti, entra in funzione soltanto per i carichi applicati successivamente all'esecuzione del plinto, cioè con la solidarietà di tutto il sistema.

Ciò implica che minore è il carico che inizialmente agisce sul palo colonna, presente fin dall'inizio, maggiore è l'efficienza del sistema complessivo.

Per assurdo, se si applicasse l'intero carico ai pali colonna, eseguendo tutta la struttura ed applicando a questi anche i sovraccarichi, l'esecuzione ed il collegamento dei pali satellite non avrebbe alcuna utilità.

Ovviamente affinché questo contributo sia valido ed effettivo occorre che la struttura di collegamento, cioè il plinto, sia notevolmente rigida; a questo scopo si progettarono dei plinti massicci di adeguata altezza (H=180cm).

Inoltre per rendere massimo il carico limite della fondazione in gruppo, cioè del sistema complessivo, i pali furono opportunamente distanziati.

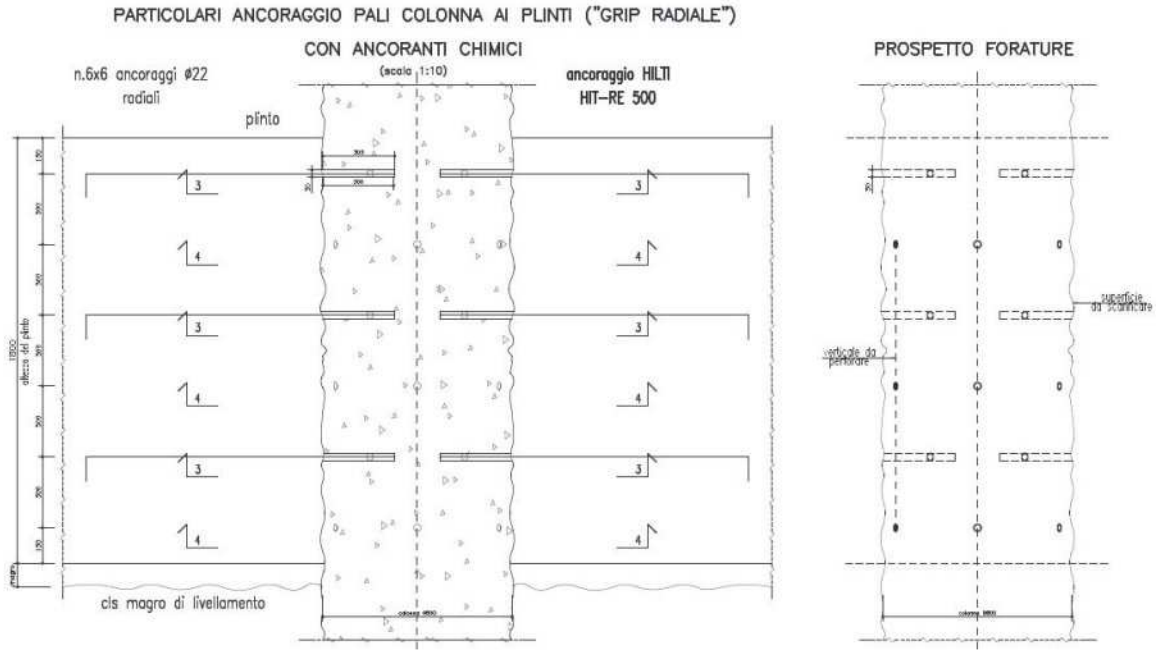
Oltre alle esigenze di aerazione e di smarino del terreno in fase di scavo, in questo contesto s'inquadra la decisione di eseguire l'esecuzione parziale degli impalcati: sul palo colonna, in fase provvisionale, agisce il carico che gli compete per l'esecuzione di una parte di tali impalcati, mentre sul futuro sistema complessivo (palo colonna e pali satellite) verrà ad agire tutto l'incremento di carico successivamente applicato e che verrà ripartito su tutti i pali, compreso quelli colonna.

In sostanza il palo colonna sarà sottoposto alla somma del carico iniziale (parte del pp degli impalcati) e della parte che gli compete, insieme ai pali satellite, dell'incremento di carico, a plinto collegato.

Importanza notevole assumono, in questo contesto, i dispositivi deputati a trasferire i carichi dalla colonna ai pali satellite.

Come premesso i carichi assunti in fase provvisionale dall'unico palo esistente restano esclusivamente a tale membratura. I pali collegati successivamente entrano in funzione per tutti i nuovi carichi (ΔN) applicati in tempi successivi alla formazione del collegamento (plinto).

Il collegamento fra il palo colonna ed il plinto fu realizzato con fissaggi strutturali chimici, attraverso la formazione di dispositivi disposti radialmente al fusto del palo, nello spessore del plinto (180 cm), applicati mediante perforazione con trapano, iniezione di resina epossidica HILTI HIT-RE 500 ed inserimento di una barra nervata per 30cm.



(15) collegamento fra il palo colonna ed il plinto

(16) plinto a un palo colonna e due satellite

(17) plinto a un palo colonna e quattro satellite

Nelle foto (16-17 e 18) si vede il montaggio delle gabbie del plinto sul fusto grippato del palo colonna con le teste dei pali satellite scapitozzati

(18) plinto a un palo colonna e due satellite in fase di montaggio della gabbia, mentre la gru, posteggiata sull'impalcato da ponte, a traffico aperto, cala le travi a fondo scavo

Conclusioni.

Si è illustrata una tecnologia che consente, attraverso l'impiego di fissaggi chimici, d'invertire l'ordinario processo produttivo, ottenendo la quasi immediata restituzione della superficie di copertura delle aree di parcheggio interrato alla funzione di viabilità.

(19) la copertura è completata: resta un solo foro di aerazione; la viabilità è aperta; sulla stessa superficie del parcheggio in costruzione insistono i mezzi pesanti di cantiere come la pompa e la betoniera.

Ulteriori approfondimenti sono disponibili su www.cucinella.org.

ing. Alberto Cucinella

Scheda di progetto:

Tipologia:	Parcheggio interrato con copertura carrabile (ponte prima categoria) e pedonale, in zona sismica.
Committente:	Comune di Vico Equense (NA)
Progetto architettonico e DL:	ing. Giuseppe Passarelli (Sant'Agnello (NA))
Progetto strutturale:	ing. Alberto Cucinella (NA)
Geotecnica:	ing. Gianfranco Urcioli (Monteforte Irpino (AV))
Collaudo statico:	ing. Gianvito Bello (BN)
Costruttore:	PASSARELLI spa (Sant'Agnello (NA))