

***Alcuni esempi di trattamenti  
d'iniezione nel terreno di Milano  
per consentire la creazione di nuovi  
spazi sotterranei in adiacenza o sotto  
fabbricati vecchi da conservare***

Omaggio della



**ING. GIOVANNI RODIO & C. S.p.A.  
IMPRESA COSTRUZIONI SPECIALI**

## 1. Generalità

La necessità di adeguamento dei volumi già costruiti alle attuali esigenze di vita si fa di giorno in giorno più impellente a MILANO.

Il traffico veicolare sempre più intenso ha bisogno di non essere intralciato da auto parcheggiate ai lati delle vie, soprattutto in centro; d'altra parte le zone di parcheggio sufficientemente ampie scarseggiano. Anche nel caso in cui si giungesse alla totale eliminazione del traffico privato di scorrimento attraverso il centro storico, permarrebbe la necessità di ricovero di auto per i residenti.

Inoltre la ristrutturazione di vecchi edifici generalmente impone la creazione di più ampi spazi sotterranei per le installazioni dei servizi indispensabili per il miglioramento delle condizioni di abitabilità degli edifici stessi.

La città deve quindi rinnovarsi senza però cambiare, nelle zone di maggiore interesse storico-artistico, il suo volto esterno.

Quanto sopra comporta l'esecuzione di tutta una serie di lavorazioni particolari di competenza sia di Imprese Edili sia di Imprese specializzate in lavori del sottosuolo.

In questa breve nota vengono illustrati alcuni interventi, eseguiti dalla Impresa G. RODIO & C. S.p.A., per la esecuzione di sottofondazioni di edifici in MILANO.

Si desidera sottolineare il fatto che con iniezioni, opportunamente condotte, è possibile raggiungere gli stessi risultati che generalmente vengono conseguiti con l'esecuzione di paratie in cemento armato.

È evidente che le iniezioni in lavori cittadini, specialmente all'interno di fabbricati, possono avere un campo di applicabilità molto maggiore delle paratie a causa del minimo ingombro occorrente per le attrezzature necessarie. Si può facilmente operare anche dagli scantinati degli edifici da sottofondare.

## 2. Sistema d'iniezione e grado di consolidamento

Il trattamento del terreno deve risultare in questi casi perfettamente omogeneo. Discontinuità o ammanchi di miscela in certe zone potrebbero originare franamenti del terreno e quindi cedimenti dei vecchi fabbricati.

È necessario quindi agire con tecniche particolari che assicurino una penetrazione uniforme delle iniezioni.

Le numerose esperienze di trattamento nel terreno di MILANO ed in terreni alluvionali simili (ad esempio iniezioni eseguite per la M.M. nei difficili casi del sottopasso della Martesana in Via Melchiorre Gioia e della galleria delle F.S. in Via Sassetti) consentono ora di garantire quel grado di consolidamento necessario per le varie situazioni affrontate.

Il sistema d'iniezione utilizzato è quello ormai noto dell'immissione nel terreno di miscele di vari tipi attraverso tubi forniti di valvole ogni 33 cm (fig. 1).

Le valvole rendono possibile la ripresa delle iniezioni in un determinato punto del trattamento in qualsiasi momento, anche a distanza di tempo; consentono pure l'iniezione in uno stesso punto di miscele a base di cemento per il riempimento dei vuoti più grandi ed in seguito di miscele chimiche (gel di silice) per il trattamento degli orizzonti fini sabbiosi.

Si comprende facilmente come tale sistema presenti la flessibilità necessaria per un consolidamento preciso di un terreno di granulometria variabile come quello di MILANO e come sia possibile garantire a priori la trasformazione di un masso assolutamente incoerente in un vero e proprio « conglomerato » (fig. 2).

Il grado di consolidamento da ottenere varia con il tipo di miscela impiegata: nei lavori sotto descritti si è sempre operato in modo da avere una resistenza media a rottura (compressione semplice ad espansione libera) maggiore di 15 kg/cm<sup>2</sup>; nel caso di Corso Venezia tale valore è stato portato a 25 kg/cm<sup>2</sup> con l'impiego di gel duri di silice a reagente organico.

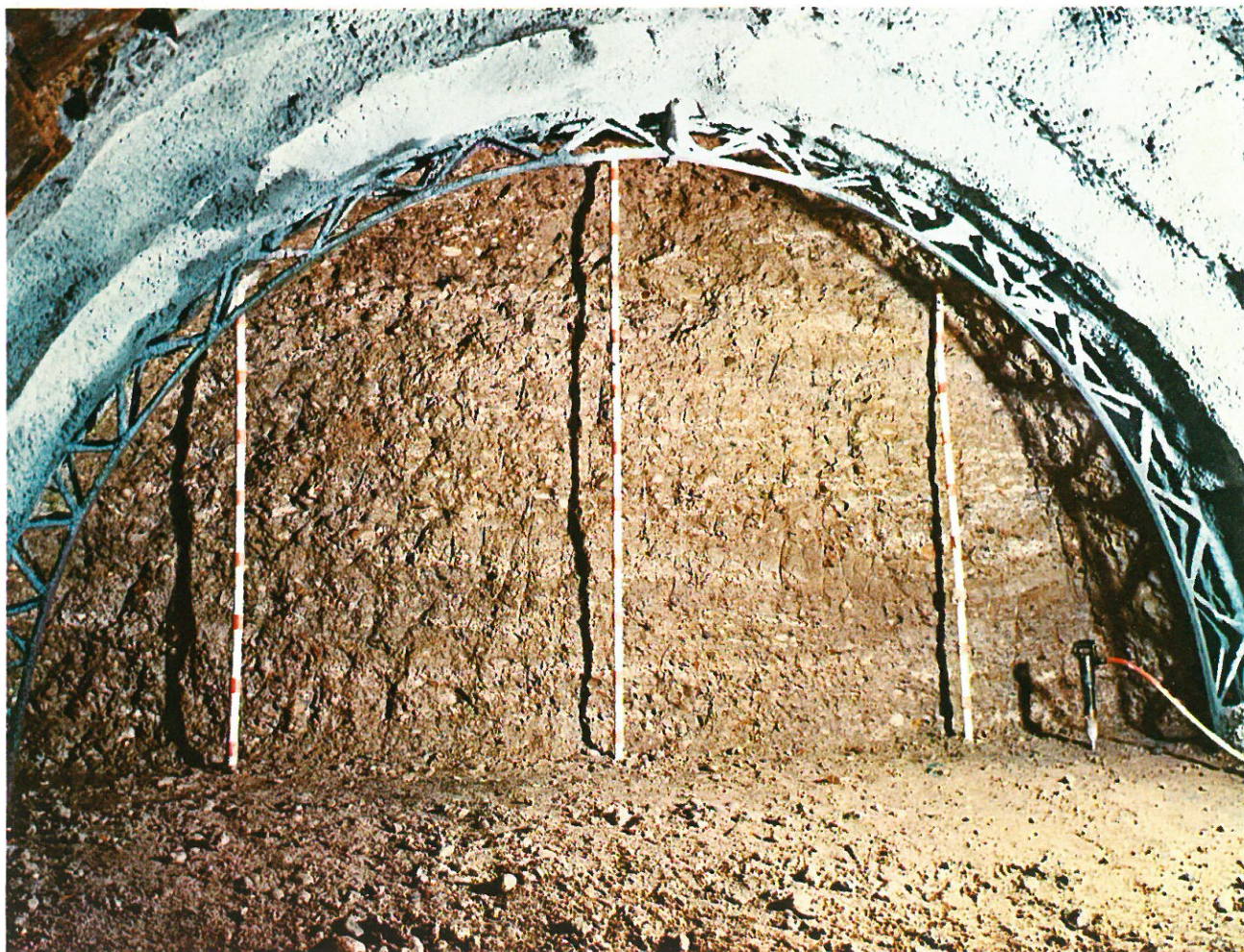


Foto 1 - M.M. Galleria sotto Via DE CASTILLIA

Scavo in terreno consolidato con miscela a base di cemento e chimiche. L'omogeneità del trattamento è ottenuta iniettando piccoli quantitativi attraverso le apposite valvole ben visibili sulla foto.



Foto 2 - Particolare di terreno alluvionale trattato con iniezioni di cemento e chimiche. Si può osservare l'uniformità di diffusione delle miscele consolidanti ed anche l'alto grado di consolidamento ottenuto. Come si vede qualche grosso ciottolo è stato tranciato durante lo scavo con martello demolitore. (La foto è stata scattata al cantiere HOTEL DU NORD).

Cantiere: Via CESANA

Cliente: Montecatini Edison S.p.A.

Progettista: Ufficio Tecnico Montecatini Edison

Lo sbancamento generale del nuovo edificio della Montecatini doveva raggiungere una quota di oltre 2,00 m inferiore alle fondazioni dello stabile di 9 piani adiacente (fig. 3).

Data l'impossibilità, per ragioni di ingombro, di realizzazione di una paratia in calcestruzzo in fregio al muro di frontespizio dell'altra proprietà, si è ricorsi ad un trattamento di iniezioni miste di cemento e gel di silice che ha permesso la costituzione dei plinti della nuova costruzione senza provocare alcun cedimento della casa vicina.

Il masso di terreno trattato è stato disposto, sotto le vecchie fondazioni, in modo che i carichi del fabbricato di 9 piani venissero trasmessi verticalmente al terreno ad una quota inferiore allo sbancamento da eseguirsi.

### SEZIONE TIPO

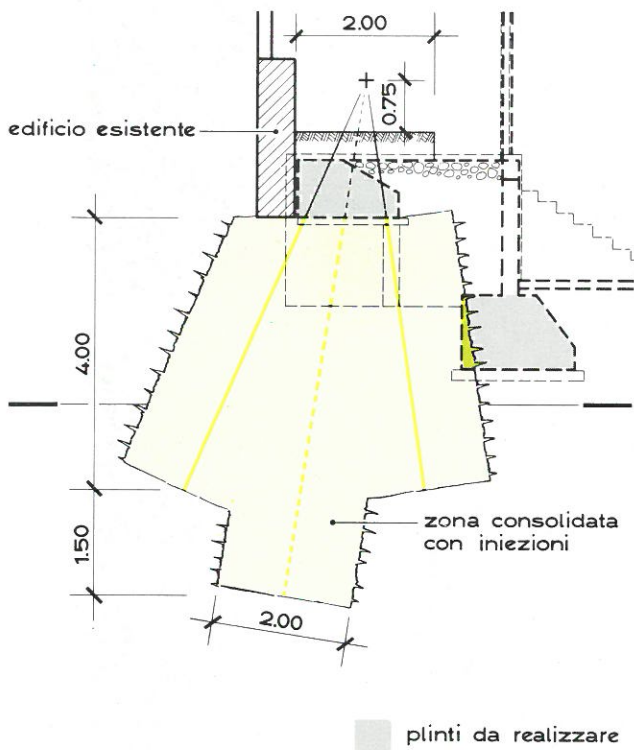
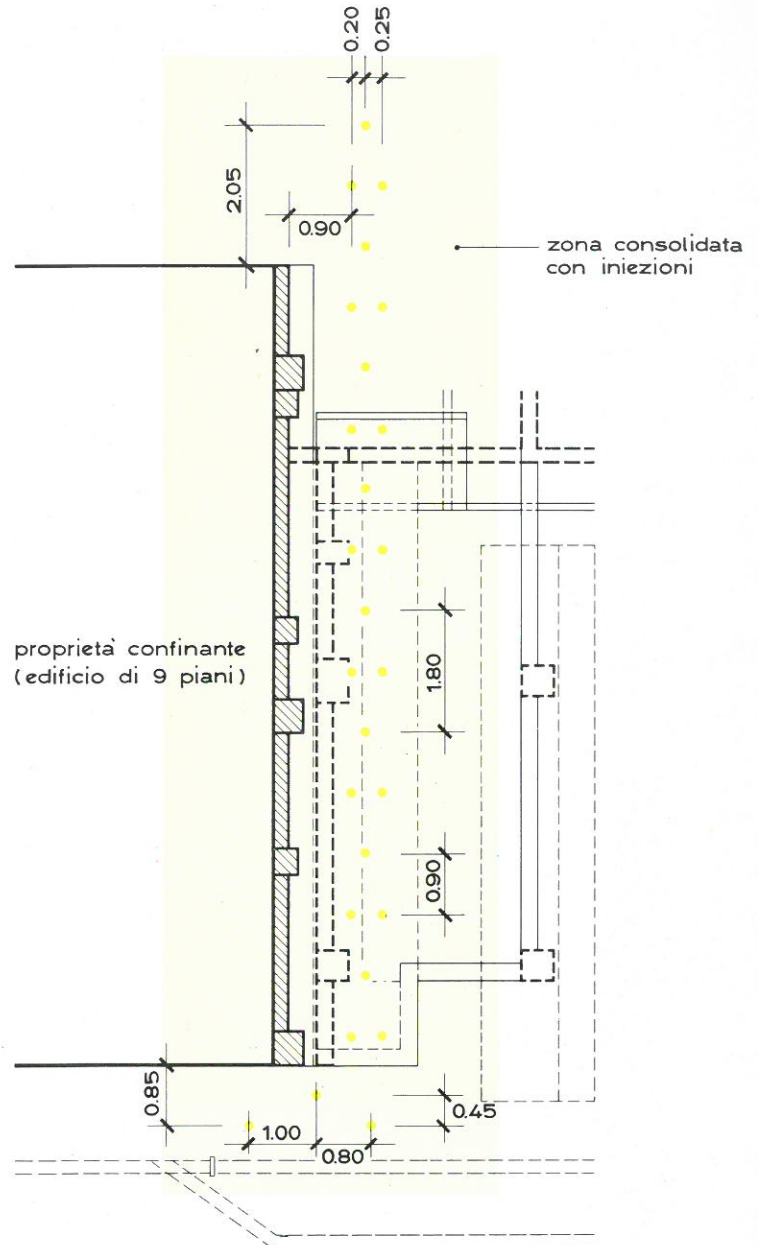


Fig. 3 - Via CESANA  
Schemi esecutivi del trattamento.

### PIANTA



La foto 4 riporta una vista generale del cantiere: gli scavi sono in atto, nel terreno consolidato nella zona adiacente all'edificio vicino.

La foto 5 mostra un particolare del terreno trattato: come si può notare il fronte dello scavo sotto le fondazioni della casa vicina si mantiene perfettamente verticale.

Sembra interessante riferire che il risultato è stato raggiunto con i seguenti quantitativi percentuali riferiti ad 1 m<sup>3</sup> di terreno consolidato:

— miscele a base di cemento-bentonite	12,2 %
— miscele chimiche a base di gel di silice	14,4 %
<b>Totale miscele per m<sup>3</sup> di terreno</b>	<b>26,6 %</b>



Foto 4 - Via CESANA

Vista generale del cantiere e degli scavi che hanno raggiunto una quota inferiore a quella di appoggio delle fondazioni dell'edificio di 9 piani adiacente. Tali scavi hanno potuto essere realizzati dopo un trattamento d'iniezioni a sostegno del muro di frontespizio della casa esistente.



Foto 5 - Via CESANA  
Particolare della parete verticale dello scavo in terreno consolidato sotto le fondazioni della casa adiacente.

Cantiere: ricostruzione HOTEL DU NORD

Località: Piazza della Repubblica - Milano

Cliente: Reale Compagnia Italiana S.p.A.

Progettista: Arch. Soncini

Direzione Lavori: Tekne S.p.A.

È stato eseguito un lavoro molto simile a quello, precedentemente descritto, di Via Cesana.

Lo sbancamento generale ha raggiunto quota -9,30 m dal piano marciapiede. Lo scavo lungo quasi tutto il suo perimetro è stato protetto da paratie incastrate nel terreno (fig. 6 e 7).

Anche in questo caso però, per ragioni di ingombro, tale sistema non ha potuto essere applicato a ridosso del vicino edificio alto 40.00 m prospiciente Piazza della Repubblica.

In questa zona si è allora intervenuti con iniezioni miste di cemento e chimiche; la distribuzione uniforme nel terreno delle miscele veniva come al solito assicurata dall'applicazione del sistema dei tubi a valvola.

La foto 8 mostra la stretta trincea scavata nel masso di terreno consolidato per raggiungere la zona di impostazione di un pilastro del nuovo fabbricato, proprio a ridosso delle fondazioni del palazzo esistente.

La geometria dello scavo denuncia la precisione della diffusione della miscela ed il buon grado di coesione conferito all'alluvione.

Nella parte più interna dello scavo si intravede la casseratura del pilastro, sostenuta da puntoni in legname; si intravedono pure i ferri del pilastro che escono nella parte alta per la ripresa del getto.

Nella foto 9 si può vedere il sistema di scavo, secondo tratti alterni di lunghezza di 2,50 m circa, adottato dopo la costruzione dei pilastri.

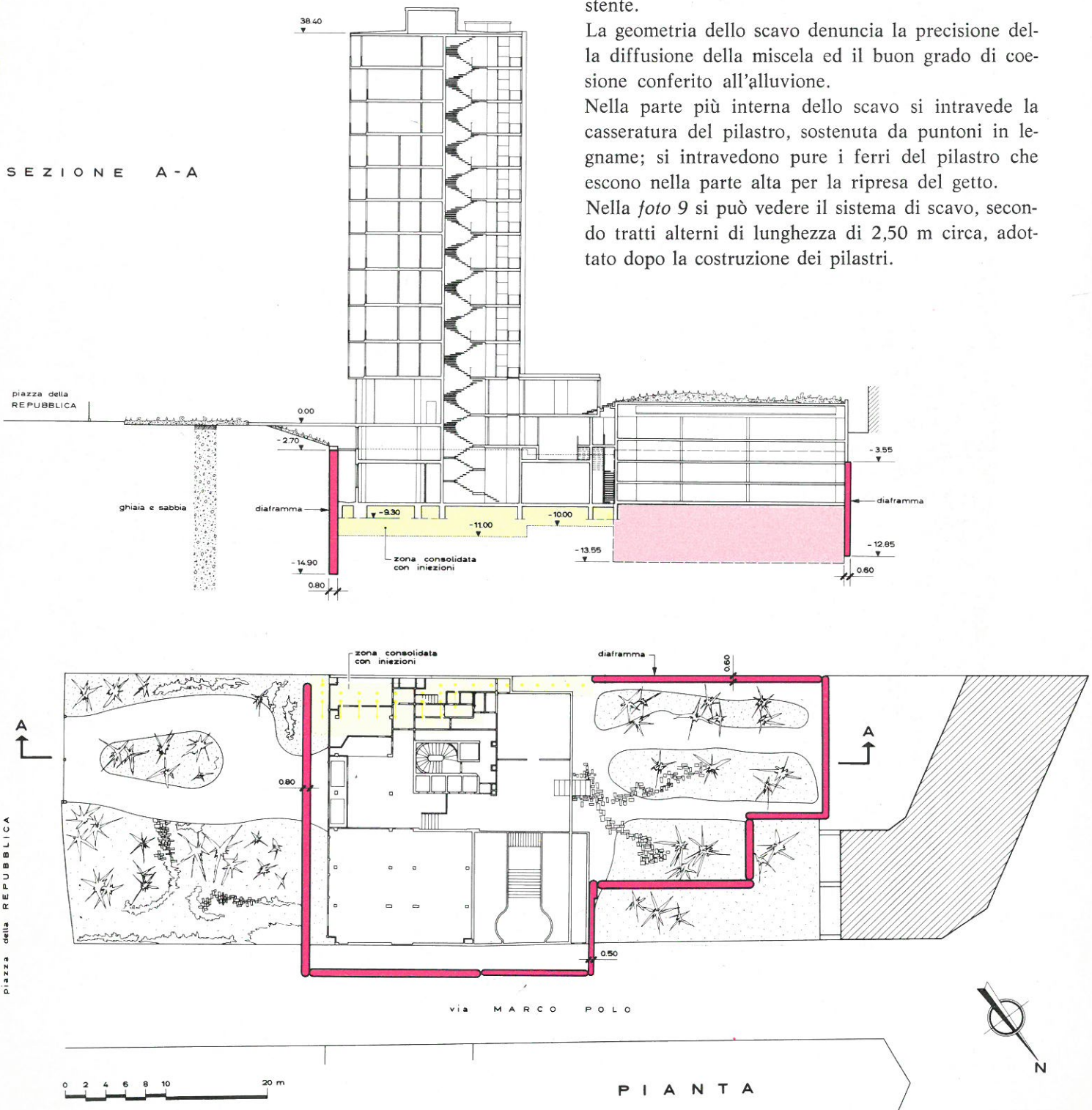


Fig. 6-7 - HOTEL DU NORD  
Pianta e sezione con disposizione dei fori d'iniezione e della zona consolidata.





Foto 8 - Ricostruzione HOTEL DU NORD (Piazza Repubblica)  
Scavi in adiacenza di una costruzione alta 40.00 m. Impostazione di un pilastro del nuovo edificio attraverso una trincea scavata in terreno trattato con iniezioni. I puntoni in legname sostengono la casseratura del pilastro del quale si intravedono i ferri nella parte alta.



Foto 9 - Ricostruzione HOTEL DU NORD (Piazza Repubblica)  
Particolari degli scavi in adiacenza dell'edificio vicino, eseguiti per tratti di lunghezza di 3,00 m. circa. Si può notare la compattezza del terreno consolidato costituente gli speroni di sostegno.



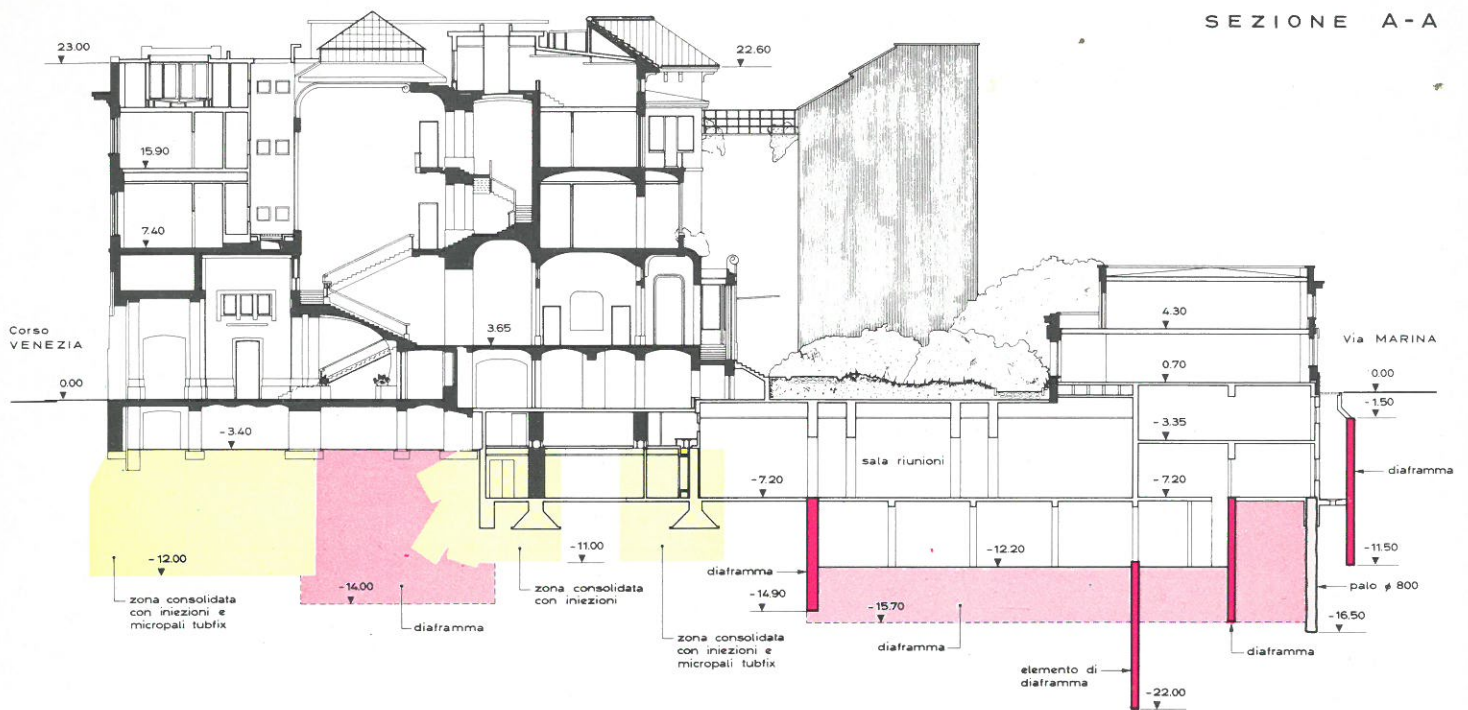


Fig. 10-11 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
Planimetria generale e sezione con disposizione dei lavori eseguiti.

Come già detto sono stati ricavati campioni di terreno che, provati a compressione libera, hanno fatto registrare carichi di rottura attorno ai  $25 \text{ kg/cm}^2$  (prove eseguite al Politecnico di Milano; fig. 14). La foto 15 mostra lo stesso muro di facciata della foto 13, visto dallo scavo della parte interna dell'edificio. Qui il pilastro poggiato su micropali è già stato gettato fino alla trave reticolare longitudinale.

Nella foto 16 si può vedere un particolare della scavo, eseguito in una stretta trincea nel terreno consolidato, per l'impostazione di un pilastro della nuova struttura a ridosso della muratura vista nelle precedenti foto.

Un operaio sta qui scavando una nicchia che si adentra in una zona sottostante le vecchie fondazioni per creare lo spazio necessario all'ala del plinto.

La foto 17 mostra uno stadio successivo dell'esecuzione dello stesso pilastro; l'armatura è già in opera ed un operaio sta predisponendo la cassetta per il getto.

Il lavoro nel suo complesso ha comportato la esecuzione di:

— paratie	4'100 m <sup>2</sup>
— tiranti	180 m
— pali ( $\phi$ 600 ÷ 800 mm)	580 m
— micropali	2'600 m
— iniezioni	6'300 m <sup>3</sup>

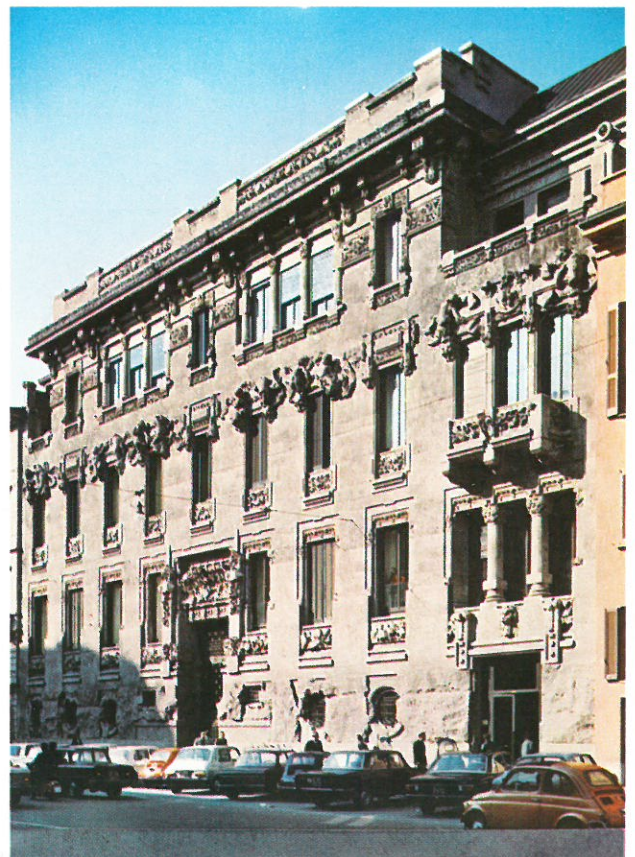


Foto 12 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
Facciata principale conservata integra, fotografata dopo la ristrutturazione interna dell'edificio.

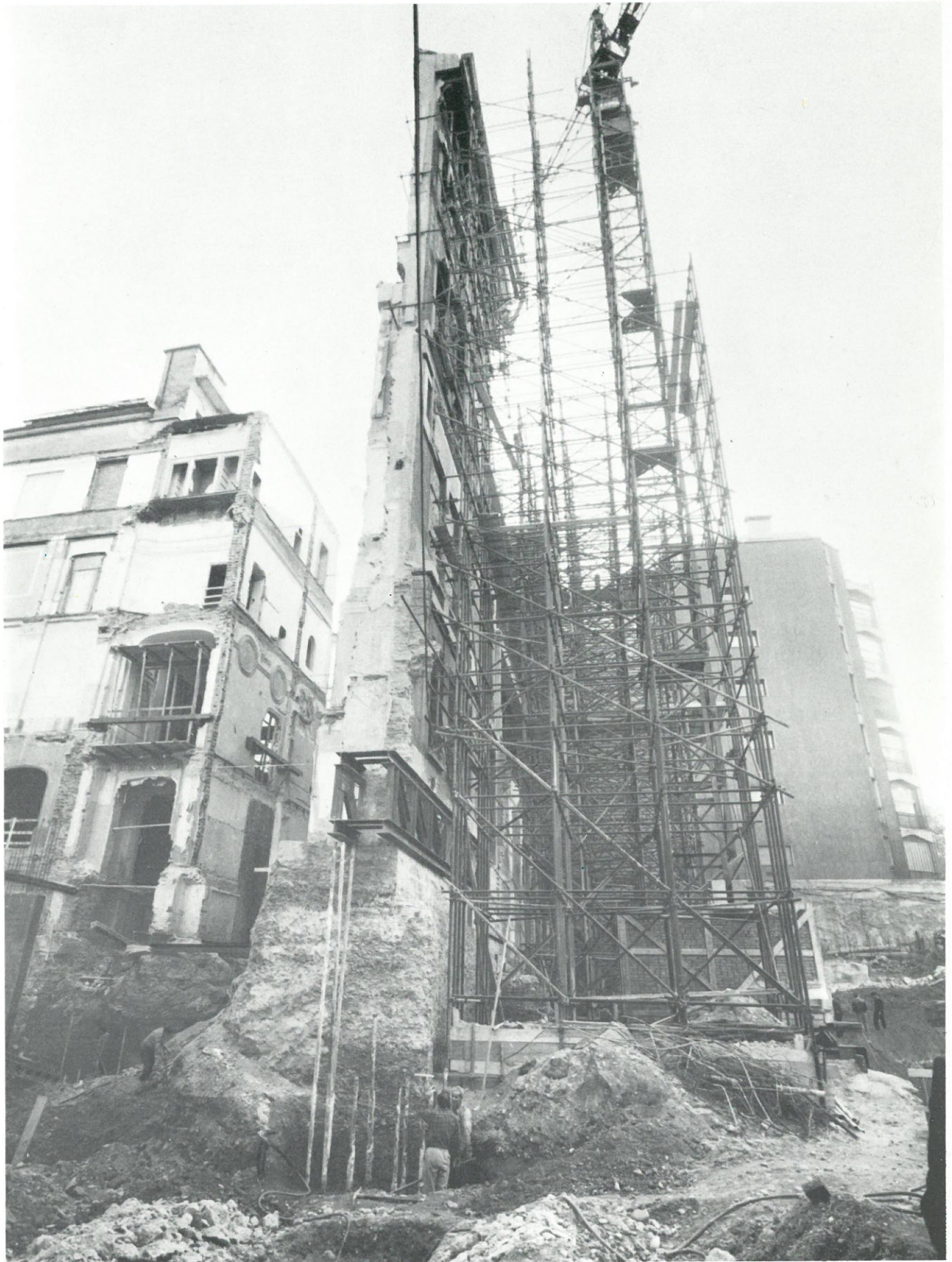


Foto 13 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
Vista della facciata posteriore durante gli scavi a quota inferiore al piano di fondazione della vecchia struttura. La muratura appoggia su terreno consolidato con iniezioni. Il traliccio di tubi ha solamente funzione di controventatura.

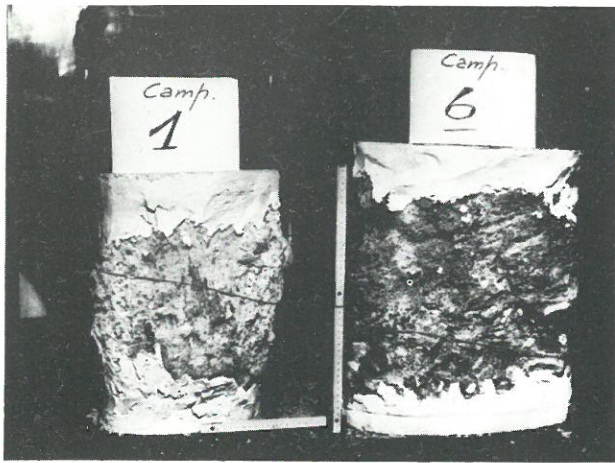


Foto 14 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
 Due campioni di terreno trattato subito dopo la prova di compressione ad espansione laterale libera.



Foto 15 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
 La stessa muratura della foto precedente vista dal fondo degli scavi all'interno dell'edificio. In basso il terreno trattato ed un pilastro della nuova struttura.



Foto 16 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
Un operaio, dopo avere ultimato lo scavo in trincea attraverso il terreno consolidato, sta eseguendo una nicchia sotto le vecchie fondazioni per la impostazione del plinto di un pilastro della nostra struttura.



Foto 17 - Corso Venezia - PALAZZO CASTIGLIONI  
L'armatura del plinto e del pilastro è ormai completata. Un operaio sta mettendo in opera la casseratura in legname per il contenimento del getto. Si può notare come il terreno consolidato svolga perfettamente la sua funzione di sostegno durante gli scavi di sotto-murazione.

Cantiere: Via S. PAOLO

Cliente: Banca Popolare di Milano

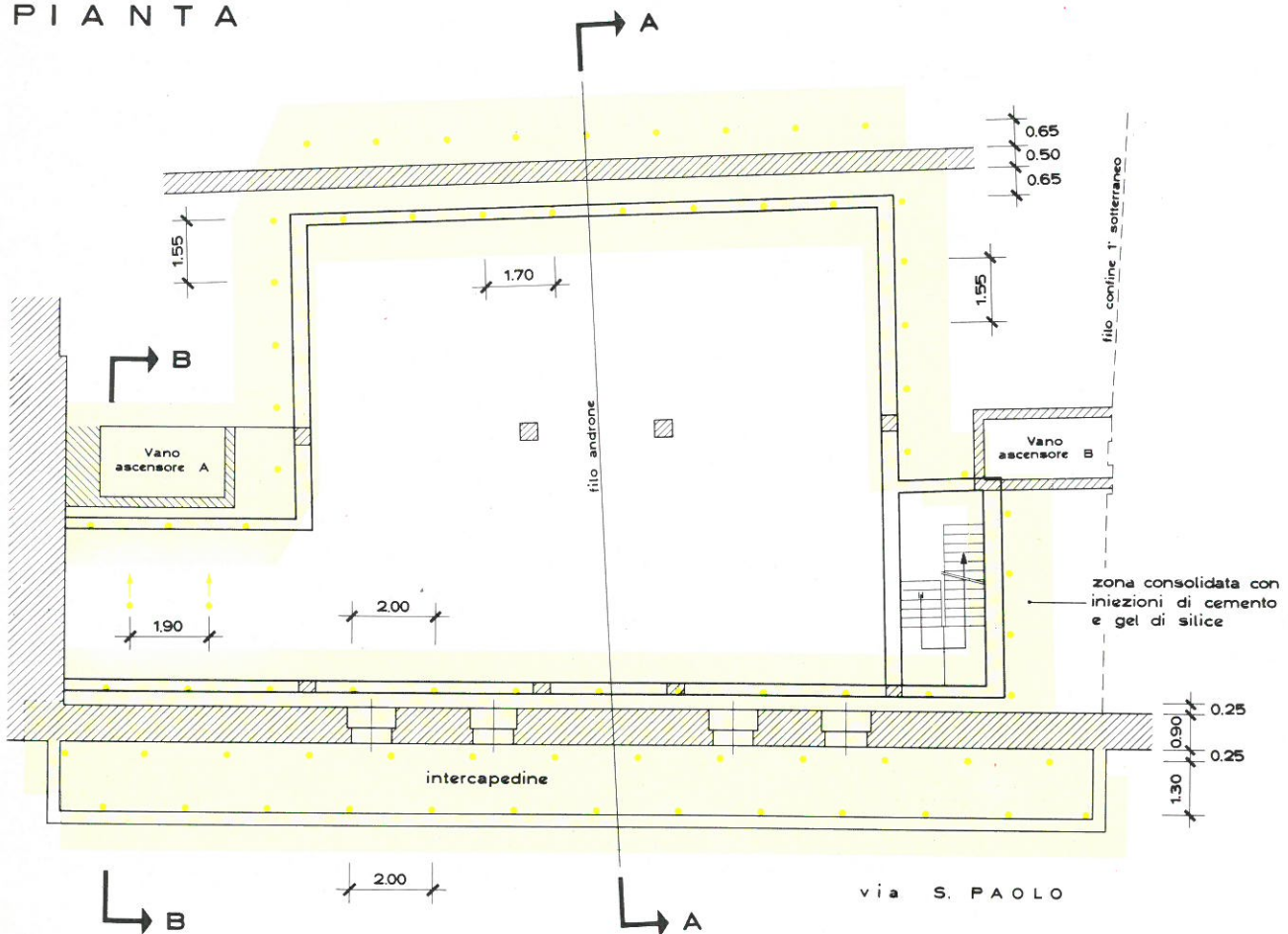
Progetto e Direzione Lavori: Ingg. Angilella  
e Ghignatti

Lavoro di più limitate dimensioni (sono stati iniettati 1'500 m<sup>3</sup> di miscele di cemento e chimiche) ma non per questo di minore interesse tecnico.

Mediante iniezioni, i vecchi scantinati sotto il corpo dell'edificio da conservare verso Via S. Paolo, hanno potuto essere approfonditi di due piani, per una altezza di circa 7,00 m (fig. 18 e 19).

I trattamenti sono stati eseguiti in gran parte dagli scantinati esistenti del vecchio edificio ed in parte dal marciapiede di Via S. Paolo, dove grazie alle iniezioni si è anche potuto ricavare una intercapedine lungo la facciata.

## PIANTA





# SEZIONE A-A

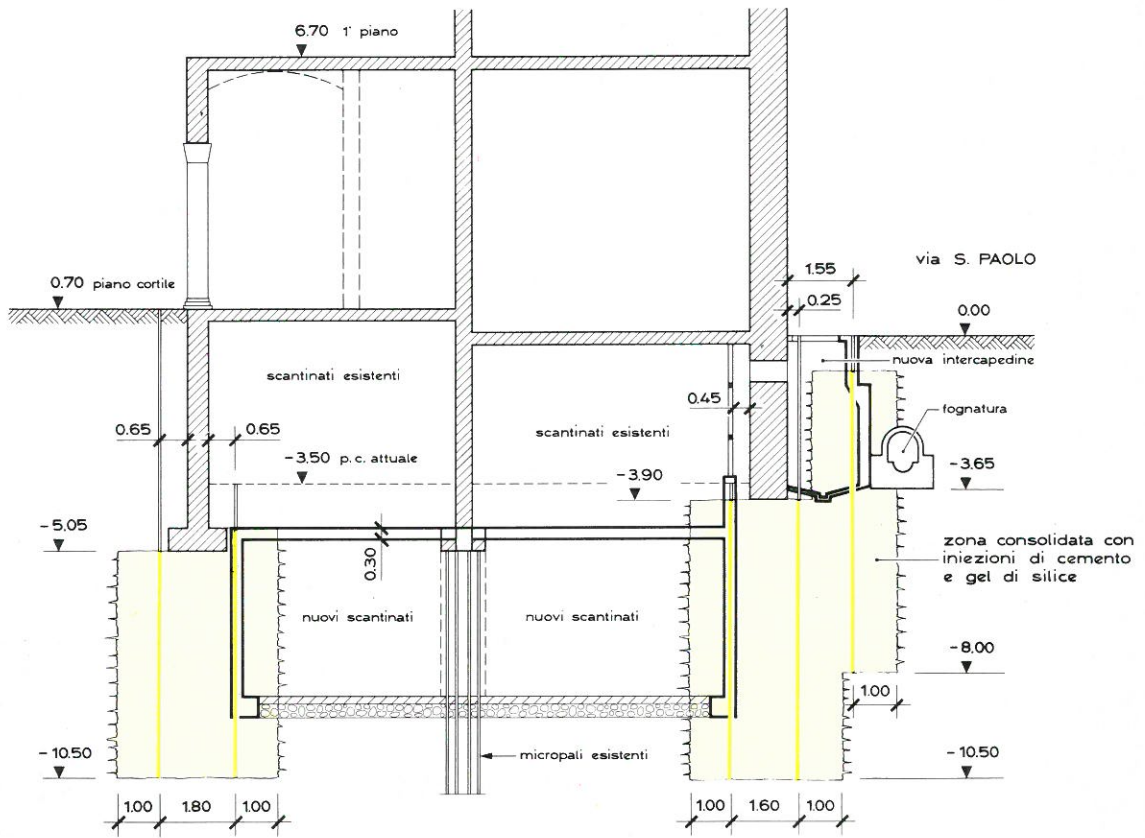
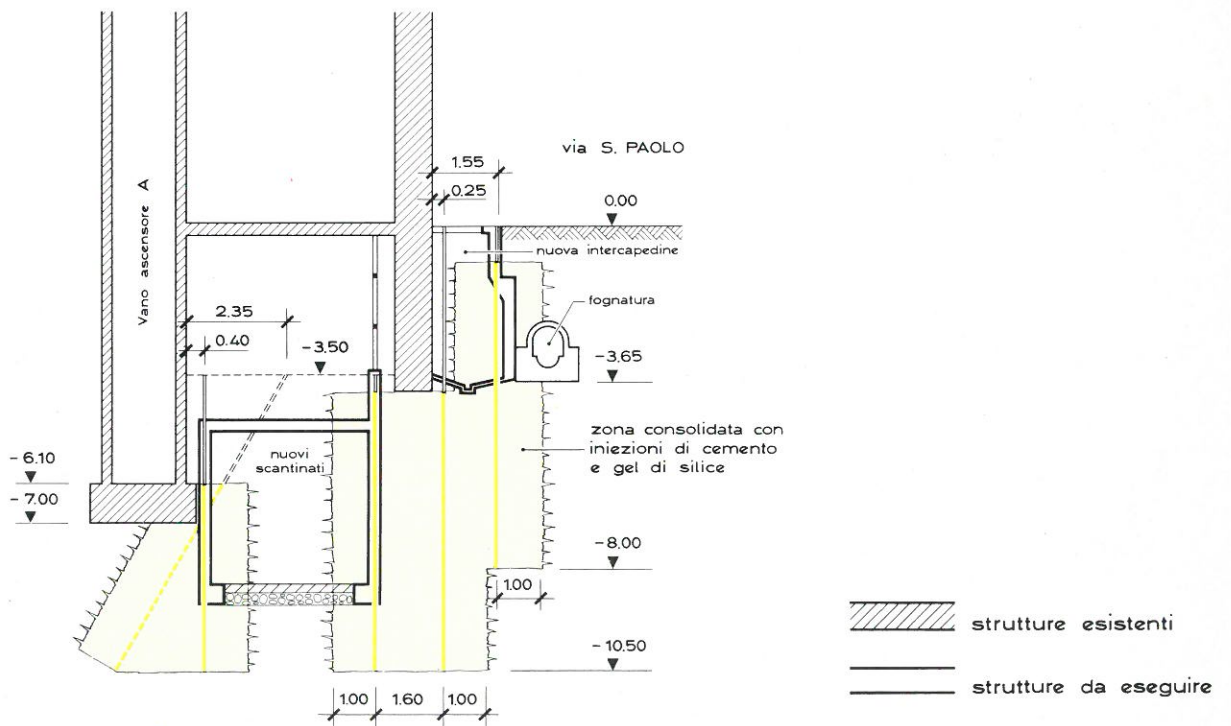


Fig. 18-19 - Via S. PAOLO  
Pianta e sezioni con disposizione dei fori d'iniezione e delle zone consolidate.

# SEZIONE B-B



Cantiere: *Via S. VITTORE*

Cliente: *Ingg. Provera e Carrassi S.p.A.*

Le iniezioni di consolidamento sono qui state impiegate, similmente a quanto fatto in Via Cesana, per l'approfondimento dello scavo generale a quota inferiore a quella di una dei due edifici adiacenti prospicienti in Via S. Vittore.

Per tutta la parte rimanente lo scavo è stato protetto da paratie incastrate nel terreno: l'area di cantiere infatti ha consentito l'impiego di grossi macchinari, fuorché nella zona a sinistra rispetto alla facciata, come si può vedere sulla *figura schematica 20*.

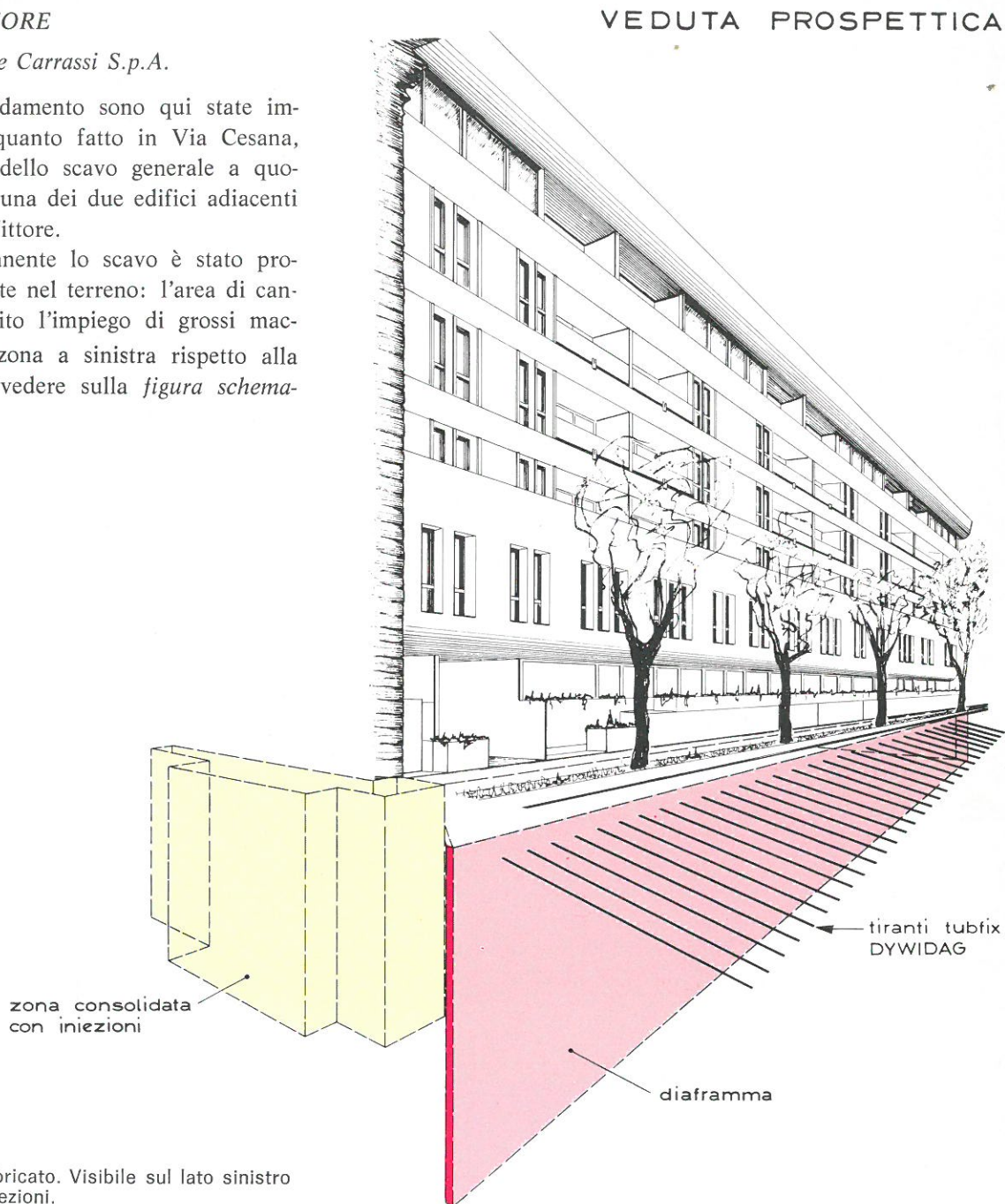


Fig. 20 - Via S. VITTORE  
Veduta prospettica del fabbricato. Visibile sul lato sinistro la zona consolidata con iniezioni.

### 3. Conclusioni

Gli esempi, sopra riportati, d'intervento <sup>di</sup> cantieri cittadini riteniamo possano dare un'idea delle possibilità offerte dalle iniezioni in terreni alluvionali incoerenti per quanto concerne l'acquisizione di nuovi volumi sotterranei in zone densamente urbanizzate.

I trattamenti di consolidamento non comportano l'abbattimento degli edifici esistenti e perciò pensiamo possano essere utilizzati in molti casi dove si desidera da una parte mantenere inalterato il carattere ambientale di certi quartieri cittadini, dall'altra migliorare la funzionalità delle vecchie costruzioni.

Interventi di questo tipo comportano quasi sempre operazioni molto delicate e richiedono estrema accuratezza di progettazione e di esecuzione: basti pensare al problema degli innalzamenti delle fondazioni che iniezioni condotte senza mezzi adeguati (o anche semplicemente a velocità e pressioni eccessive) possono provocare, pregiudicando la stabilità delle strutture sovrastanti.

Le esperienze fino ad oggi eseguite, anche fuori MILANO, tutte riuscite felicemente confermano però la validità del sistema che può risolvere senza eccessivi disturbi situazioni complesse che altrimenti dovrebbero essere affrontate con sottomurazioni tradizionali certamente più lunghe e onerose.

## **CONSOLIDAMENTI DEL TERRENO DI MILANO PER CONSENTIRE SCAVI SOTTO EDIFICI DA CONSERVARE**

### **Sommario**

*In questa nota l'Autore, mediante la schematica illustrazione di alcuni lavori eseguiti nel sottosuolo di Milano, dimostra come iniezioni miste di miscele di cemento e silicati possano conferire al terreno un grado di coesione tale da consentire scavi, in piena sicurezza anche a notevole profondità, sotto vecchi edifici da conservare. Ciò assume importanza determinante nei casi in cui, per ragioni d'ingombro, non sia possibile ricorrere alle ormai tradizionali paratie in cemento armato.*

## **CONSOLIDATIONS DU TERRAIN DE MILAN PERMETTANT D'EXÉCUTER DES EXCAVATIONS SOUS DE VIEUX BATIMENTS À PRÉSERVER**

### **Résumé**

*Dans ces notes l'Auteur, avec une rapide illustration de quelques travaux exécutés dans le sous-sol de Milan, veut démontrer de quelle façon des injections mixtes de coulis de ciment et de silicates puissent donner au terrain un tel degré de cohésion qui permet d'excaver avec une sécurité totale aussi à une remarquable profondeur sous de vieux bâtiments que l'on veut préserver. Cette technique acquiert une importance décisive dans les cas où, pour des raisons de encombrement, on ne peut pas utiliser les normales parois en béton moulées dans le sol.*

## **CONSOLIDATION OF MILAN SUBSOIL TO ALLOW THE EXCAVATION UNDER BUILT-UP AREAS**

### **Summary**

*In this article the Author shows, through illustration of some typical works executed in Milan subsoil, how the injection of cement and silicate grouts may impart such degree of cohesion to the ground as to permit safe excavations even at remarkable depths under old buildings. This is of paramount importance whenever the size of the trenching rigs makes it impossible to resort to the traditional reinforced concrete underground walls.*

## **VERDICHTUNG DES UNTERGRUNDES IN MAILAND UM AUSGRABUNGEN UNTER DEN ZU BEWAHRENDEN GEBAEUDEN ZU GESTATTEN**

### **Zusammenfassung**

*Der Verfasser beweist in dieser Note mittels schematischer Abbildung einiger im Untergrund von Mailand ausgeführten Arbeiten, wie gemischte Injektion von Zement- und Silikatmischungen dem Untergrund ein solcher Kohäsionsgrad verleihen um Ausgrabungen unter alten zu bewahrenden Gebaeuden bei vollkommener Sicherheit zu ermöglichen, auch bei beträchtlichen Tiefen. Dies stellt eine massgebende Bedeutung dar in jenen Faellen in denen es nicht moeglich ist, wegen Ausmassgruenden, die nunmehr traditionnel Schlitzwaende aus Beton anzuwenden.*