

**RECUPERO DI PARCHEGGI SOTTERRANEI  
INTERESSATI DALLA RISALITA DEL LIVELLO DI FALDA**

**Antonio MIGLIACCI**  
Dipartimento di Ingegneria Strutturale - Politecnico di Milano

**Maurizio ACITO**  
Ingegnere - Milano

**Sergio LEVATI - Clemente SCHIATTI**  
Studio Tecnico M.S.C. - Milano

## RECUPERO DI PARCHEGGI SOTTERRANEI INTERESSATI DALLA RISALITA DEL LIVELLO DI FALDA

### ANTONIO MIGLIACCI

Professore Ordinario di Progetto di Strutture  
Politecnico di Milano

### MAURIZIO ACITO

Ingegnere diplomato alla Scuola di Specializzazione  
in c.a. "F.lli Pesenti" Politecnico di Milano

### SERGIO LEVATI

Ingegnere libero professionista  
Studio Tecnico M.S.C. Milano

### CLEMENTE SCHIATTI

Ingegnere libero professionista  
Studio Tecnico M.S.C. Milano

## SOMMARIO

Il problema delle volumetrie sotterranee che si presentano parzialmente immerse, in conseguenza della risalita del livello di falda, in Milano, si sta rivelando in termini e misura veramente drammatici. La memoria considera un intervento di recupero per le parti immerse di un autosilo, nel centro di Milano.

## SUMMARY

The paper present the operation of recover of underground building volume, immerse in water-bearing, in Milan centre.

## 1. PREMESSA

L'autosilo è stato realizzato nell'area della Piazza Borromeo a Milano, di circa 2900 mq. Il sistema di parcheggio, del tipo a rampe interne con percorrenza alternata (salita-discesa) e collegamento intermedio, si sviluppa su un'area di piano di circa 2.000 mq, per un totale di 9 piani interrati. Lo sviluppo planimetrico ed altimetrico è indicato nelle figure allegate. L'altezza di interpiano è sempre di almeno 2,62 m. La dimensione media dei posti auto è sull'ordine dei 5x2 mq, per cui risulta un'occupazione massima di parcheggio di 760 autovetture. Per la realizzazione dello scavo generale, la cui profondità ha superato

nella zona più profonda i 29,00 m misurati dal piano viario circostante, si è fatto ricorso a diaframmi in calcestruzzo armato, tirantati con tre ordini di tiranti provvisori; sul fondo dello scavo generale è stato realizzato un semplice massetto in calcestruzzo debolmente armato. Le strutture sono in c.a. a travi e pilastri che, insieme ai blocchi scale-ascensori, costituiscono la struttura portante le solette rampanti; queste sono di tipo alleggerito in modo da ottenere, a parità di peso, altezze tali da scongiurare problemi di instabilità che potrebbero determinarsi per le azioni che i diaframmi esplicano sulla struttura, attraverso un sistema di puntoni di contrasto (come, ad esempio, studiato in [1]). Al momento della progettazione e

realizzazione, non era stato previsto alcun presidio per il contenimento delle acque di falda, in quanto si era in una fase in cui il loro livello era in rapida diminuzione, anche a causa dell'emungimento delle acque per vari usi (industrie collocate anche nella cinta urbana ed impianti di condizionamento). Successivamente, le autorità amministrative, al fine di contenere tale fenomeno, hanno predisposto appositi provvedimenti legislativi e normativi. Tale nuovo contesto, unito alla scelta di molte industrie di trasferire le loro sedi produttive al di fuori della cinta urbana, ha provocato una inversione di tendenza nell'andamento del livello di falda. Il fenomeno si è manifestato in modo evidente anche nel parcheggio di Piazza Borromeo provocando l'allagamento degli ultimi tre piani. L'innalzamento del livello di falda è tuttora in atto e le previsioni, contenute in documenti di analisi del fenomeno, condotte ad esempio dalla Società MM spa, indicano che, salvo nuovi disposti normativi, il livello di falda raggiungerà nel prossimo decennio la quota di circa -8 m in centro città, il che comporterebbe per l'autosilo Borromeo l'allagamento di ulteriori 4 piani, per un totale di 7 piani allagati sui 9 disponibili. Tuttavia, poichè il piano medio del ferro della linea 1 metropolitana e parte della linea 2 è posto a quota -12 m e le relative strutture non sono state progettate per livelli di falda superiori<sup>(1)</sup>, è ragionevole pensare che le amministrazioni competenti dovranno mettere in atto provvedimenti atti a garantire un livello di falda che stia al di sotto dei 12 m. Per questa ragione sembra opportuno, anche per il contenimento dei costi del recupero, ipotizzare una quota di falda di progetto posta a -12 m. L'insieme di queste considerazioni, oltre alla necessità economica di salvaguardare il valore dell'immobile e della sua redditività, comporta l'inderogabile esigenza di un intervento che miri al recupero della funzionalità originaria dell'immobile e di garantirla nel tempo. L'intervento di recupero, di seguito descritto, si limita a considerare gli aspetti strutturali.

## 2. INTERVENTO DI RECUPERO

### 2.1 Descrizione del recupero

L'intervento prevede di operare, inizialmente, senza l'emungimento delle acque presenti nei piani sottostanti: ciò al fine di non produrre scompensi nel terreno circostante e nel contesto edificato. Il concetto informatore dell'idea progettuale è la realizzazione di un "tampone" (sul fondo e intorno alle pareti), eseguito

utilizzando la tecnica del jet-grouting o delle iniezioni a bassa pressione (sul fondo), come è illustrato nella Fig. 2, in tal modo, potrà essere consentito il successivo emungimento dell'acqua e la sigillatura dei giunti tra i pannelli di paratia, a partire dalla quota -12 m sino alla quota, di circa -30 m. Successivamente, a partire dal fondo dell'edificio ora reso accessibile, si eseguiranno le perforazioni per la realizzazione dei tiranti di ancoraggio del futuro solettone di fondo in cemento armato. Compilate queste operazioni con la posa dei tiranti, si procederà alla costruzione di tale solettone, che garantirà la tenuta idraulica anche in corrispondenza dei giunti con le strutture verticali esistenti. Ultimate queste operazioni che consentiranno la piena accessibilità dell'autosilo, si procederà alla verifica dello stato di conservazione delle parti strutturali rimaste sommerse, realizzando gli eventuali interventi di recupero statico.

### 2.2 Fasi di intervento

Nel proseguo sono indicate le fasi, nelle quali si articola l'intervento di recupero. Innanzitutto, sono previste indagini geognostiche ed idrauliche al fine di valutare le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e la sua permeabilità. Tali indagini, che hanno anche lo scopo di poter prevedere gli effetti, prodotti dall'intervento, nel terreno circostante, sono ovviamente fondamentali per la definizione del progetto esecutivo. Le fasi operative previste dal progetto sono poi le seguenti:

FASE 1) Esecuzione delle perforazioni, per la realizzazione del tampone di fondo, attraversando le 3 solette in c.a. dei piani sommersi e prosecuzione della perforazione stessa nel terreno; realizzazione del tampone di fondo in jet-grouting o con iniezioni a bassa pressione; esecuzione delle perforazioni per il completamento del tampone di fondo e sui fianchi dell'area e realizzazione di questo.

FASE 2) Emungimento delle acque interne e loro scarico nelle condotte fognarie; verifica della tenuta del tampone, per eventuali interventi integrativi; sigillatura dei giunti tra i pannelli di paratia.

FASE 3) Demolizione del massetto di fondo esistente; predisposizione dell'impianto di drenaggio, con tubi drenanti perforati e protetti con tessuto non tessuto; formazione di pozzetti di aggettamento e predisposizione dell'impianto di pompaggio; ricoprimento della rete drenante con ghiaietto, per la formazione del piano di lavoro.

FASE 4) Realizzazione del sottofondo in calcestruzzo magro; tracciamento della maglia dei tiranti di ancoraggio di tipo "attivo" per il solettone di fondo in cemento armato; posizionamento dei tiranti, dotati di testa a tenuta idraulica; iniezione delle fondazioni dei tiranti; realizzazione del solettone di fondo in cemento

(1) in seguito, un'azione di progetto per le linee metropolitane è stata la risalita della falda a quota -9 m.

tiranti; realizzazione dei giunti a contatto con le preesistenti strutture e nelle riprese di costruzione del solettone stesso, attrezzati con water-stop e getto con calcestruzzo additivato; tesatura dei tiranti di fondo con i relativi controlli tensionali; risanamento statico delle strutture precedentemente sommerse; sigillatura dei fori nelle solette soprastanti.

### 3. CONCLUSIONI

La tecnologia di recupero descritta consiste, quindi, in tre momenti costruttivi:

- realizzazione di un "tampone" di fondo e di un "tampone" perimetrale sui fianchi dell'area;
- emungimento delle acque d'invaso, per consentire l'agibilità delle volumetrie allagate;
- realizzazione di un solettone di fondo, ancorato mediante una tirantatura profonda e (messa in precarico), munito dei necessari water-stop, lungo le linee di contatto con le preesistenti strutture in elevazione; realizzazione di giunti di tenuta tra i pannelli delle paratie. Il recupero prosegue con la realizzazione delle necessarie opere edili ed impiantistiche. Le regole, generalizzabili per questi interventi di recupero, suggerite dall'intervento studiato, si possono così riassumere:

- valutazione corretta delle caratteristiche del terreno per la determinazione delle miscele di iniezioni o dei dati tecnici del jet-grouting;
- dimensionamento della maglia di tirantatura del solettone (sull'ordine dei  $2.0 \times 2.0 \text{ m}^2$ ,  $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$ ) in relazione da un lato, alla "potenza" dei tiranti e all'ancoraggio delle loro fondazioni; dall'altro lato allo spessore del solettone e al suo quantitativo di armatura, effettuato con riferimento alle pressioni idrostatiche determinate dal battente di progetto;
- dimensionamento e posizionamento del tampone in relazione da un lato al vincolo di limitare al minimo l'abbassamento di livello di falda, in modo da non provocare cedimenti del contesto edificato, dall'altro lato di bilanciare la spinta idrodinamica, determinata dal battente attuale, attraverso il peso del tampone, il peso dell'edificio ed il peso dell'eventuale terreno di zavorramento.

### Bibliografia

- [1] F. MOLA, I. IORI - 1977. Effetti delle viscosità e del ritiro nelle travi continue in cemento armato in presenza di forze assiali, Studi e Rendiconti volume 14. Italcementi, pag. 179-185.

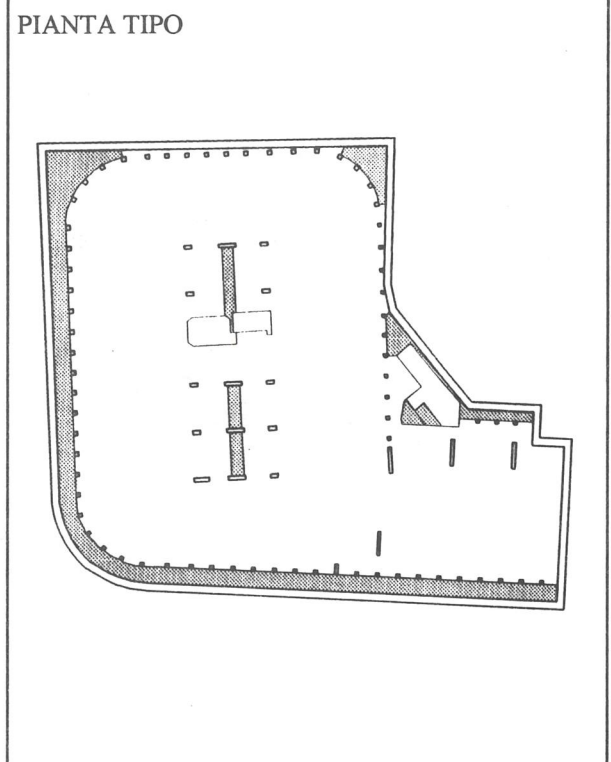


fig. 1 Pianta tipo

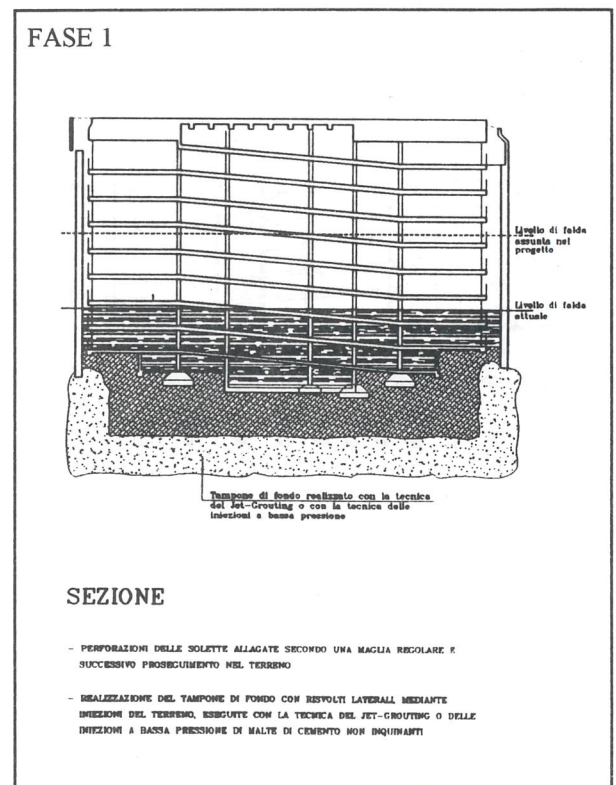


fig.3 Fase 1

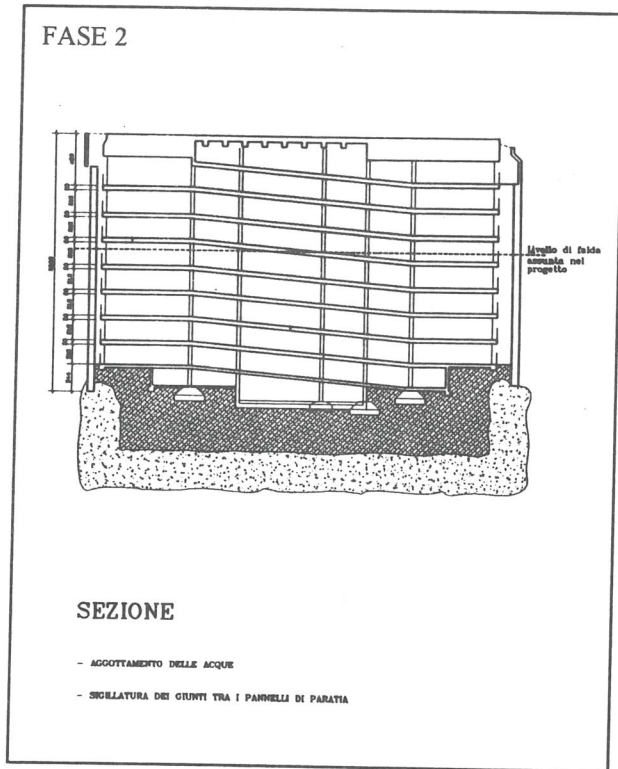


fig. 3 Fase 2

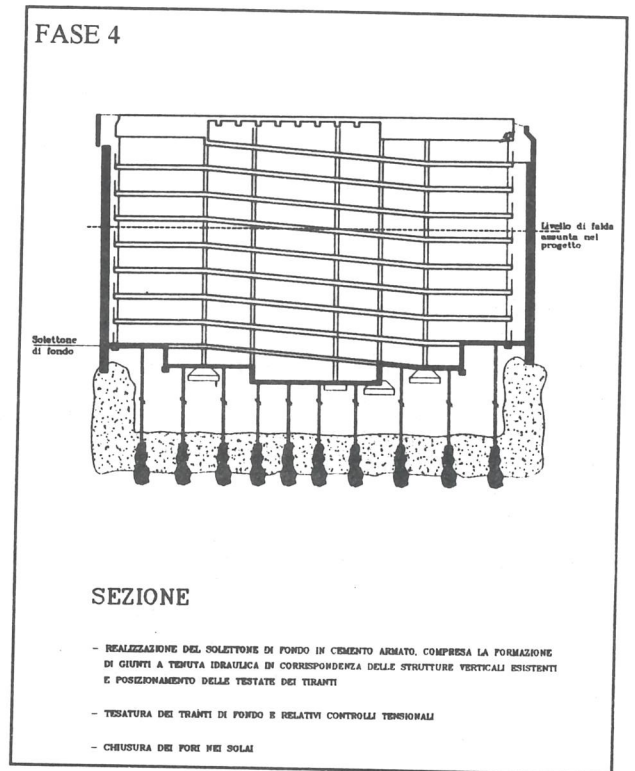


fig. 5 Fase 4

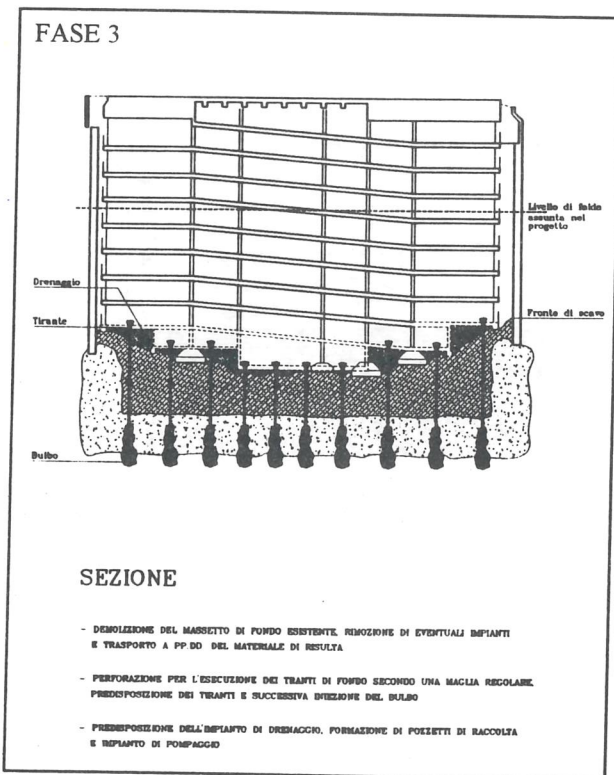


fig. 4 Fase 3

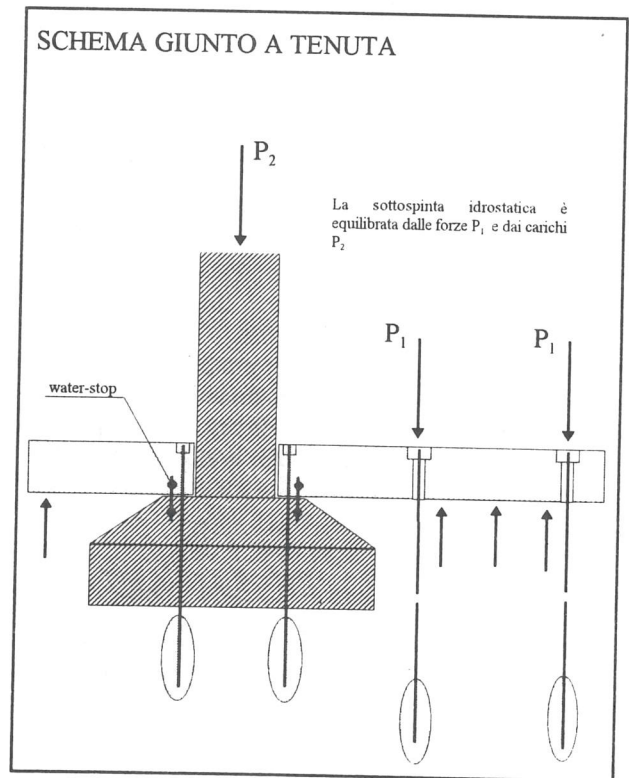


fig. 6 Particolare giunto pilastro-soletta in c.a.