



Ordine degli Ingegneri della Provincia di Bari

SEMINARI TECNICI

"FONDAZIONI SPECIALI"

(progetto, applicazioni e tecnologie)

Dott. Ing. Alberto Garrasi

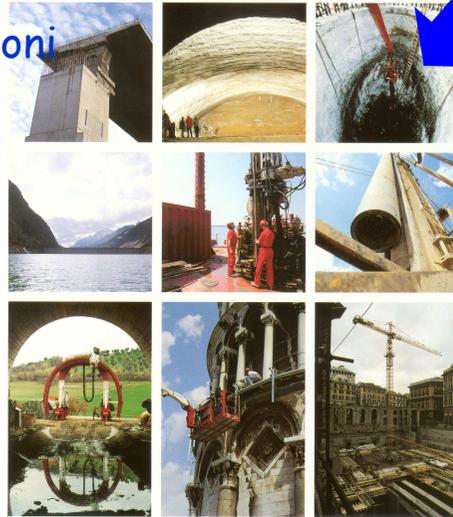
Consulente in geotecnica e fondazioni speciali

Bari, 27 Aprile 2015



"Fondazioni Speciali" (progetto, applicazioni e tecnologie)

Bari, 27 Aprile 2015



Ancorché organizzato in modo da fornire una trattazione organica e completa del tema affrontato, il seminario è concepito come parte di una triade che abbraccia l'intero mondo della "progettazione geotecnica" in senso lato, che l'Ordine degli Ingegneri di Bari intende proporre ai propri iscritti.



Dall'indagine al
progetto
o viceversa ?

ESEGUITO

BARI - 13 Aprile 2015



Problemi ingegneristici collegati alla presenza di falda

Bari, 20 Aprile 2015

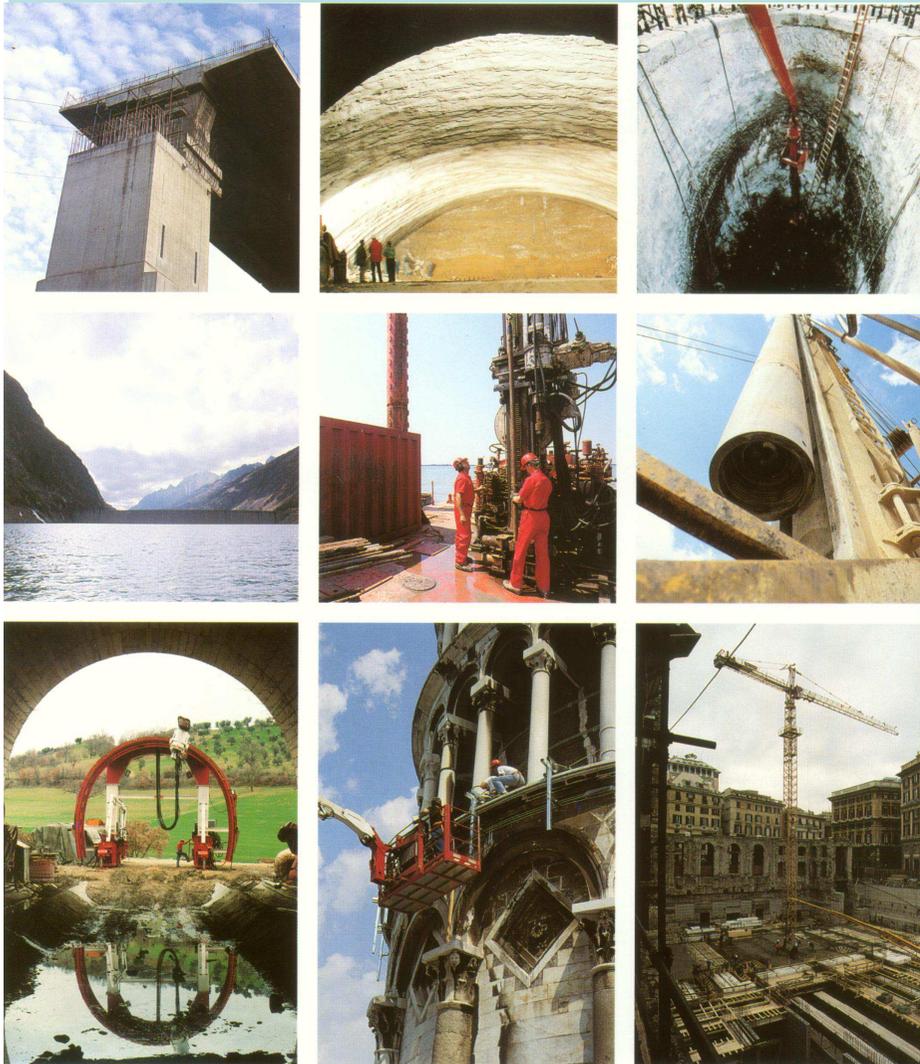


ESEGUITO



FONDAZIONI SPECIALI

"Fondazione" è la parte di struttura che ne trasmette i carichi al terreno e con questo interagisce. Nel corso dei secoli le fondazioni - salvo casi eccezionali - venivano realizzate utilizzando le stesse tecniche costruttive del manufatto in elevazione, ed erano per le più di tipo diretto.



Con il termine "fondazioni speciali" si designarono inizialmente le fondazioni profonde, quali pali e pozzi.

Con lo sviluppo di nuove tecnologie (paratie, tiranti, micropali, trattamenti d'iniezione, etc), è invalso l'uso - ormai codificato anche formalmente - di includere tra le fondazioni speciali tutte quelle opere e gli interventi che sono realizzati entro il terreno, anche se non collegati ad una struttura.

Fondazioni
speciali

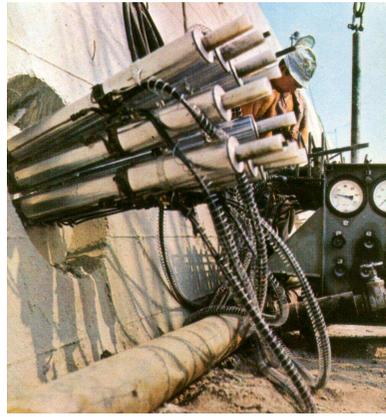


Imprese
specializzate

PARATIE



TIRANTI



PALI



MICROPALI



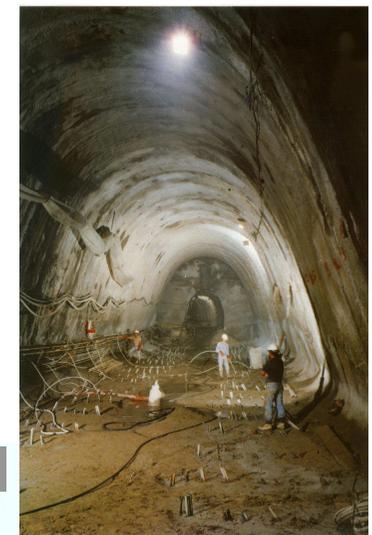
CONGELAMENTO



INFILAGGI



JET-GROUTING

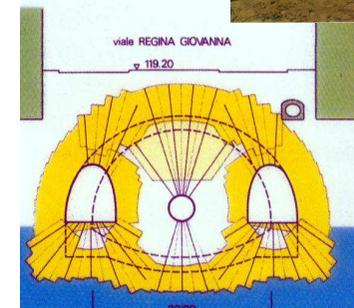


PREMIL



MIX GROUTING

INIEZIONI



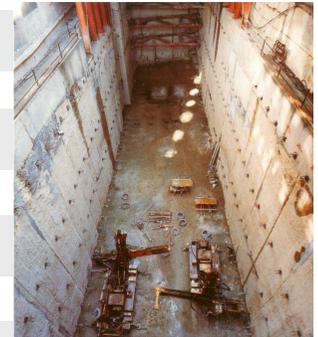
CAMPO DI IMPIEGO

PARATIE IN C.A.
➤ gettate in opera
➤ prefabbricate

Opere di sostegno

Fondazione nuove strutture

Schermi impermeabili



PALANCOLATE
METALLICHE

Opere di sostegno

Schermi impermeabili

PARATIE PLASTICHE

Schermi impermeabili

PALI DI GRANDE DIAMETRO

Fondazione nuove strutture

Opere di sostegno

(Schermi impermeabili)

MICROPALI

Fondazione di nuove strutture

Sottofondazione di strutture esistenti

Opere di sostegno (berlinesi tirantate)

CAMPO DI IMPIEGO

TIRANTI - CHIODATURE

- Incremento forze verticali
- Opere di sostegno
- Stabilizzazione pendii e fronti di scavo
- Stabilizzazione del cavo (gallerie, caverne)

TRATTAMENTI
D'INIEZIONE

- Consolidamento
- Impermeabilizzazione

JET-GROUTING E
MISCELAZIONE PROFONDA

- Consolidamento
- Impermeabilizzazione

INFILAGGI - PREMIL

Pre-consolidamento del cavo (gallerie)

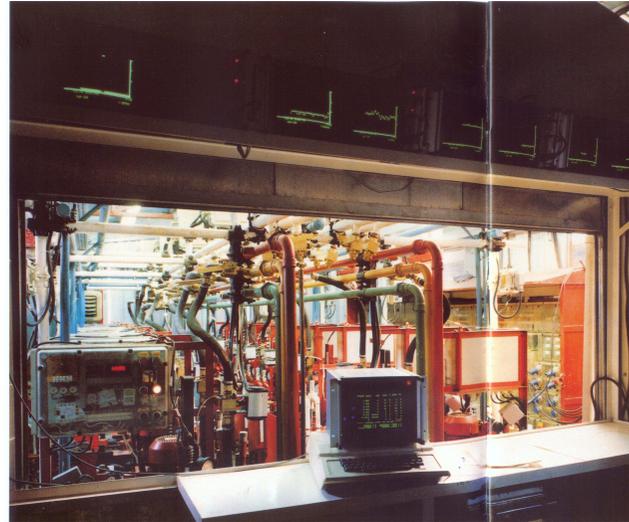
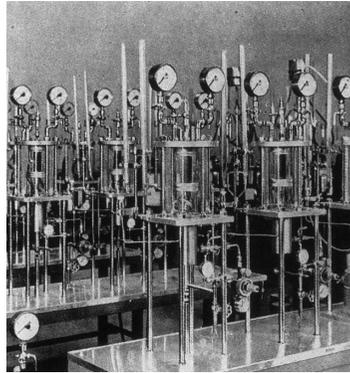
CONGELAMENTO

- Consolidamento
- Impermeabilizzazione

DRENAGGI

- Stabilizzazione pendii e fronti di scavo
- Drenaggio preventivo nello scavo di gallerie
- Accelerazione dei tempi di consolidazione

BREVE STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA



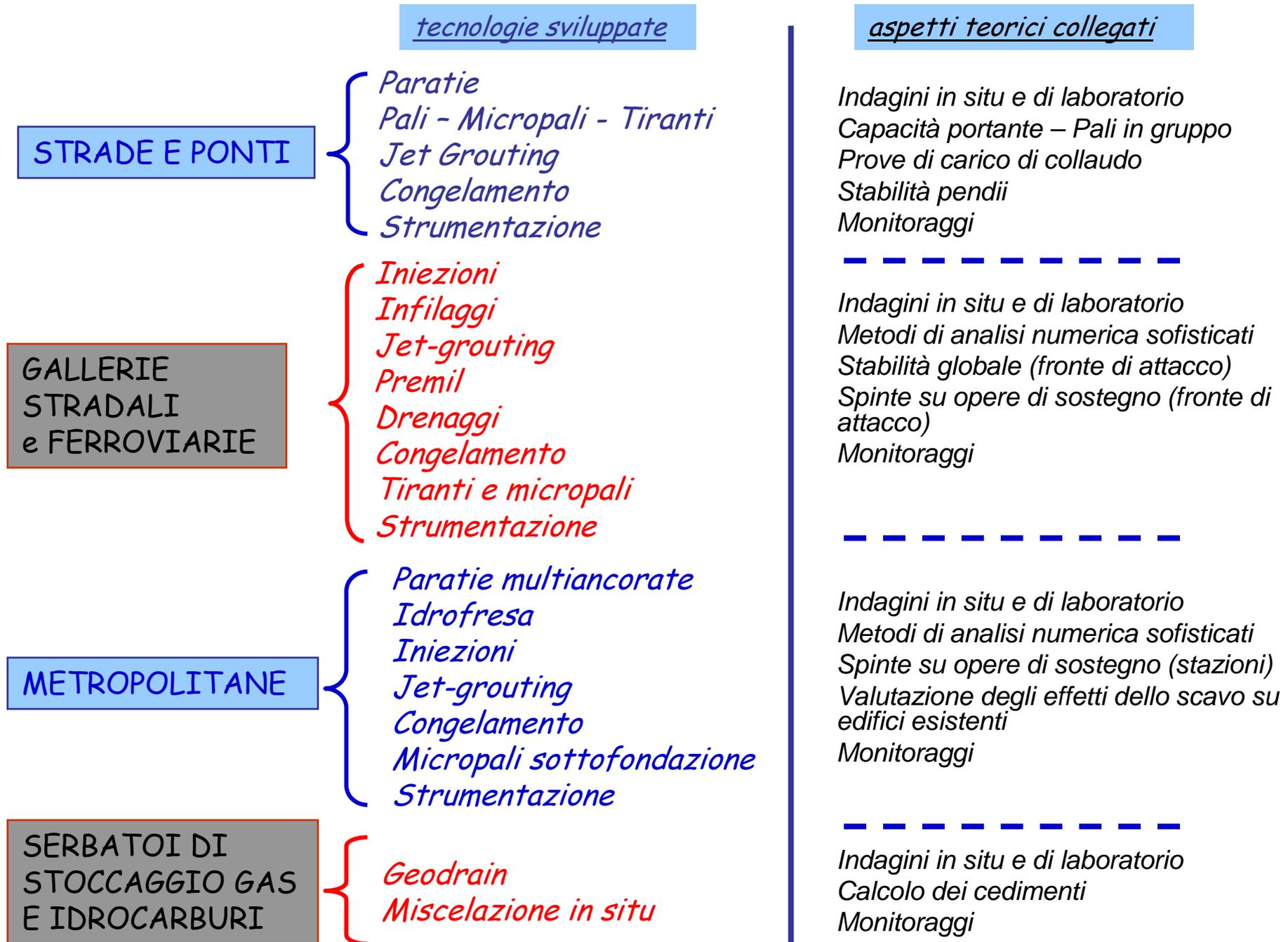
SINTESI DELLO
SVILUPPO
PARALLELO DELLE
"FONDAZIONI
SPECIALI" E
DELLA
GEOTECNICA
(ultimi 70 anni)

*Progressi della ricerca teorico-sperimentale
nella meccanica delle terre e delle rocce e
sviluppo delle corrispondenti teorie*

*Evoluzione delle macchine e delle tecnologie
nel campo delle costruzioni, con particolare
riferimento alle fondazioni speciali :*

- *fanghi bentonitici*
- *pali di grande diametro*
- *diaframmi*
- *micropali TUBFIX*
- *tiranti IRP*
- *iniezione nei terreni*
- *congelamento*
- *drainaggi profondi - geodrain*
- *diaframmi plastici*
- *jet grouting e miscelazione in situ*
- *premil*
- *idrofresa (paratie)*
- *TBM (gallerie)*
- *strumentazione di misura e monitoraggio*

*Evoluzione dei computer, del calcolo
numerico e della modellazione*



SVILUPPO DELLE "FONDAZIONI SPECIALI" IN ITALIA : CRONOLOGIA/1

1921 : l'Ing. Giovanni RODIO fonda l'Impresa RODIO (prima impresa specializzata al mondo)

1938 : prima applicazione del congelamento dei terreni, per il recupero dell'Ara Pacis (RODIO)

Anni '40: brevetto Rodio - Marconi per i pali di grande diametro

Anni '60-'70: si supera ogni limite al diametro dei pali ed alla profondità delle paratie.

- ✓ Con i **Micropali TUBFIX** ed i **Tiranti TIRSOL IRP** (brevetti RODIO) si aumenta di quasi un ordine di grandezza la capacità portante dei micropali e dei tiranti tradizionali.
- ✓ La necessità di dotare i nuovi edifici di piani garage interrati ed i lavori di costruzione di linee e stazioni metropolitane a cielo aperto richiedono numerosissimi interventi di paratie multiancorate a sostegno di scavi che molto spesso raggiungono o superano i 20 m di profondità.
- ✓ Lo sviluppo della rete autostradale e delle metropolitane di Milano e Roma dà grande impulso alle tecniche di iniezione per il consolidamento dei terreni (in termini di miscele ed impianti).
- ✓ La Rodio mette a punto la tecnologia dei **DIAFRAMMI PLASTICI** e quella del **CONGELAMENTO DEI TERRENI**, che trovano ripetute applicazioni in importanti opere civili (dighe, ponti, gallerie).
- ✓ Le grandi imprese generali italiane **ASTALDI - IMPREGILO - COGEFAR - TORNO** si aggiudicano molte delle più importanti dighe nel mondo (Tarbela - Inga - Tigri) alla cui costruzione partecipano le imprese specializzate italiane, prima tra tutte la RODIO.

SVILUPPO DELLE "FONDAZIONI SPECIALI" IN ITALIA : CRONOLOGIA/2

Anni '80: trovano largo impiego il **JET- GROUTING** e le altre tecnologie di miscelazione in situ. La Rodio introduce la tecnica del **PREMIL** (pretaglio) per il preconsolidamento sistematico dello scavo delle gallerie, e **l'IDROFRESA** che consente di eseguire lo scavo di paratie anche in presenza di rocce tenere o di orizzonti litoidi e di raggiungere elevate profondità (sino a 100 m) con un efficace controllo della verticalità.

Nasce una nuova generazione di centrali d'iniezione completamente informatizzate.

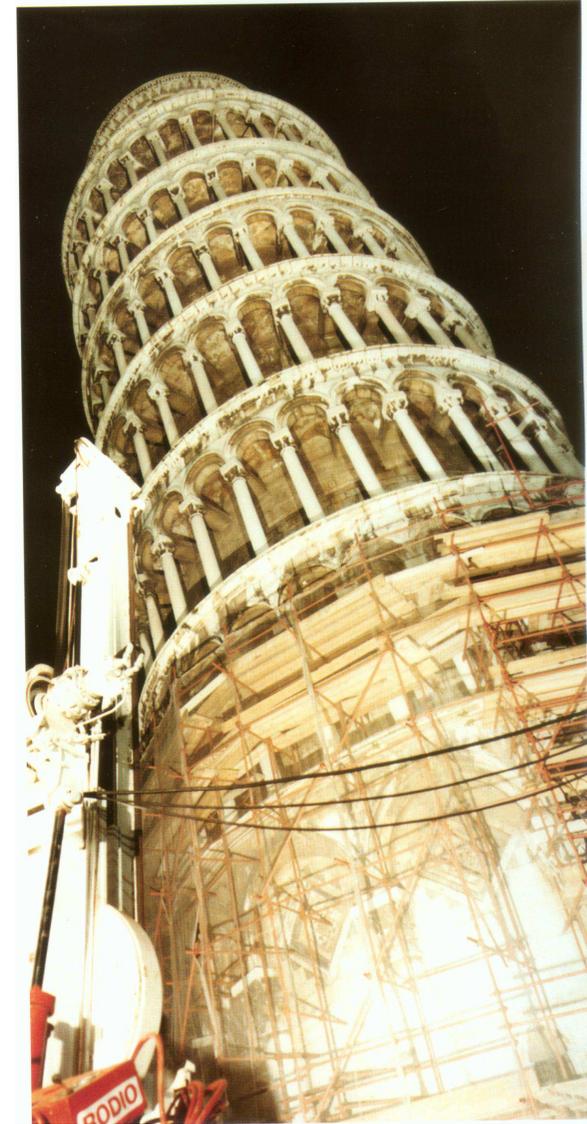
Anni '90: la formulazione di una **nuova legge sui LL.PP. (la cosiddetta legge Merloni)** blocca alla radice ogni possibilità di ulteriore sviluppo e segna l'inizio di un rapido declino del livello tecnico delle fondazioni speciali, anche a seguito degli appalti basati di fatto esclusivamente sul massimo ribasso.

La progressiva crisi di molti mercati esteri, che controbilanciavano almeno in parte la penosa situazione italiana, sancisce inesorabilmente la fine di molte delle Imprese Specializzate che si ostinavano a voler lavorare garantendo la qualità dei risultati.

Il blocco dei cantieri, attuato per circa 2 anni per ridurre il deficit corrente ed ottenere l'ingresso nell'UE, ha di fatto decretato anche la scomparsa delle medie-impresе, che costituivano un enorme patrimonio tecnico e sociale. Con alcune eccezioni legate al quadro politico - giudiziario che non è il caso di trattare in questa sede.



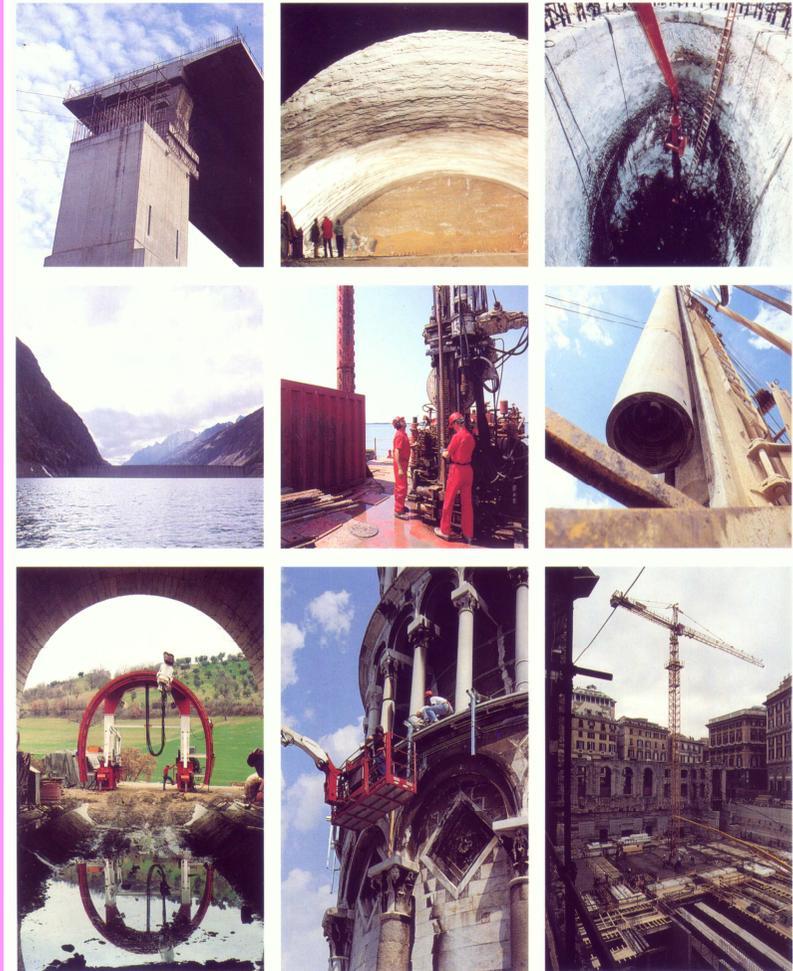
LA RODIO



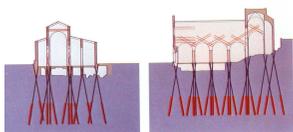
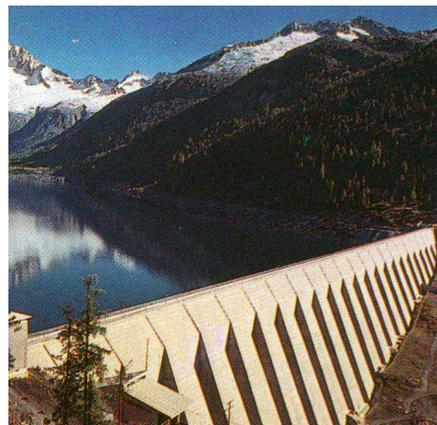
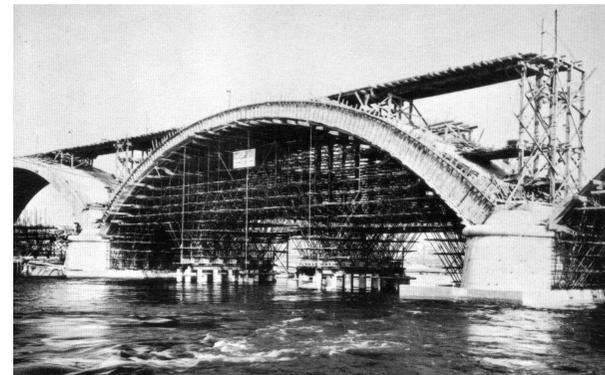
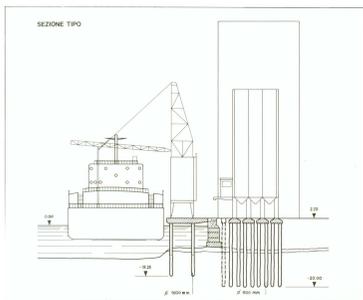
1953 : primo dettagliato studio stratigrafico dei terreni di fondazione della torre di Pisa, con campionamenti continui indisturbati lunghi 10 m.

BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI : IL RUOLO DELL' IMPRESA RODIO

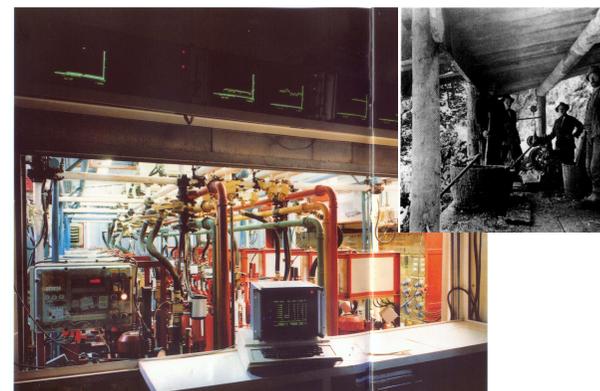
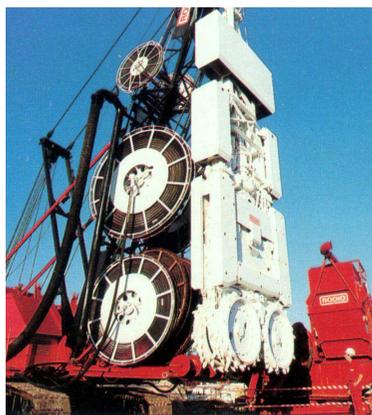
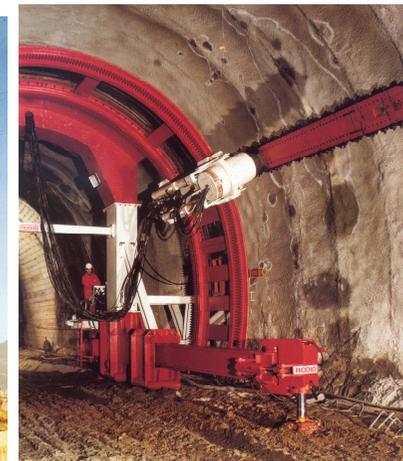
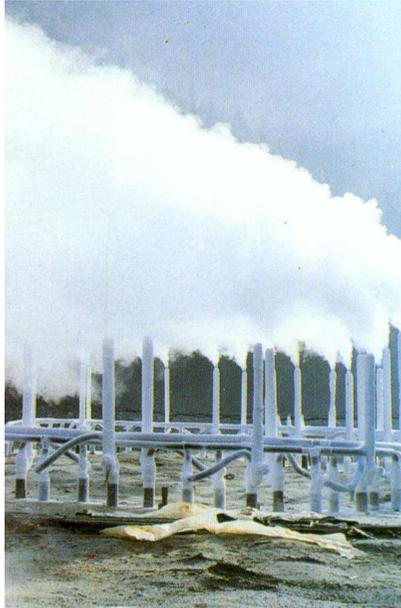
1. diaframmi con brevetto Rodio-Marconi
2. pali di grande diametro
3. messa a punto della tecnologia delle iniezioni ripetute in pressione (sistema IRP)
4. micropali Tufix (brevettati)
5. tiranti a trefoli TIRSOL IRP (brevettati)
6. messa a punto e diffusione del consolidamento dei terreni mediante iniezioni, con i primi studi sistematici di ampio respiro sulle caratteristiche reologiche delle miscele a base di cemento, di silicato e di resina
7. messa a punto di centrali d'iniezione sempre più sofisticate
8. messa a punto del "perfokelly" per le berlinesi di micropali
9. introduzione in Italia del micromulinello, del pressimetro, dell'inclinometro
10. introduzione e sviluppo della tecnica del CONGELAMENTO dei terreni
11. introduzione e messa a punto della tecnica dei FANGHI AUTOINDURENTI e quindi dei DIAFRAMMI PLASTICI
12. introduzione della tecnica degli INFILAGGI per il preconsolidamento nello scavo di gallerie
13. introduzione del sistema PREMIL per il preconsolidamento sistematico nello scavo di gallerie
14. messa a punto del sistema PA.PE.RO. per il monitoraggio in continuo dei parametri di perforazione
15. introduzione dell'IDROFRESA per lo scavo di diaframmi profondi, anche in terreni lapidei



BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI: IL RUOLO DELL' IMPRESA RODIO



BREVE STORIA DELLA GEOTECNICA E DELLE FONDAZIONI SPECIALI: IL RUOLO DELL'IMPRESA RODIO



LA STORIA DELLE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA E NEL MONDO ATTRAVERSO LA STORIA DI UN'IMPRESA



DALL'HANDBOOK DELLA RODIO

(tradizione orale, non scritta)

- l'Impresa è una comunità di persone
- maestranze e quadri sono la principale risorsa dell'Impresa
- il know-how d'Impresa deve essere condiviso :
 - ✓ investire nella formazione (tempo e risorse)
 - ✓ formazione permanente
- investire nella ricerca e nell'innovazione :
 - ✓ creare il mercato, non andarvi a rimorchio
- in prospettiva, il lavoro fatto bene garantisce i migliori profitti
- ogni lavoro e/o cantiere si porta a compimento, anche se è in forte perdita.

Dalla Relazione illustrativa al bilancio del 1989:

... l'organico è rimasto invariato : 1165 unità, di cui 731 operai, 403 impiegati e 31 dirigenti. L'età media è di 34 anni. Per i dirigenti ed i quadri l'anzianità media in azienda è di 20 anni, con un'età media di 47 anni.

Il dato conferma una caratteristica importante delle risorse umane della Società : il forte senso di appartenenza alla matrice Rodio e di fedeltà alla sua tradizione di Impresa.

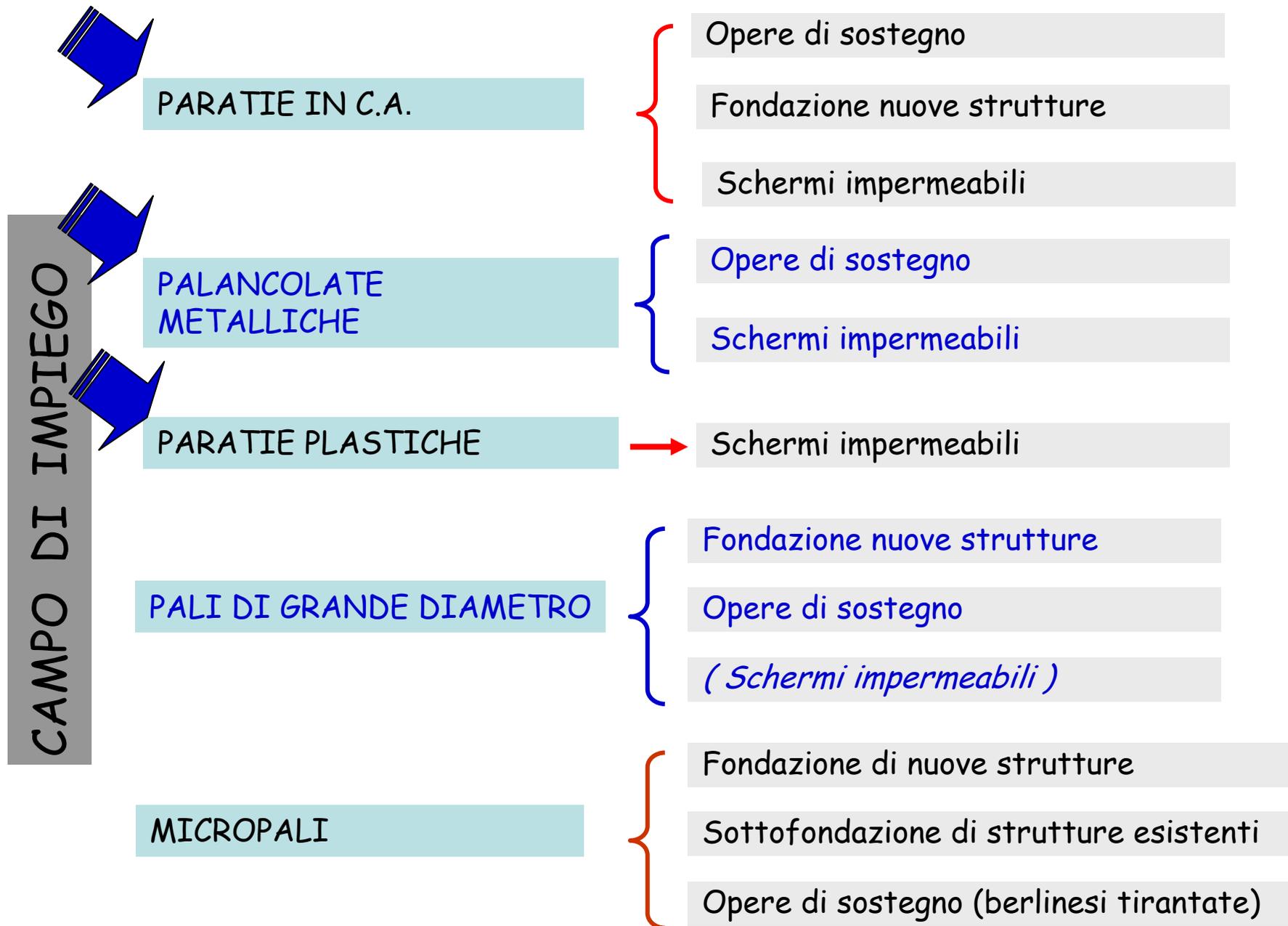
..... *dalla storia passiamo al futuro.....*
QUALE FUTURO PER LE FONDAZIONI SPECIALI IN ITALIA ?



anche il cammello
(da osservatore esterno)
sembra molto perplesso

?

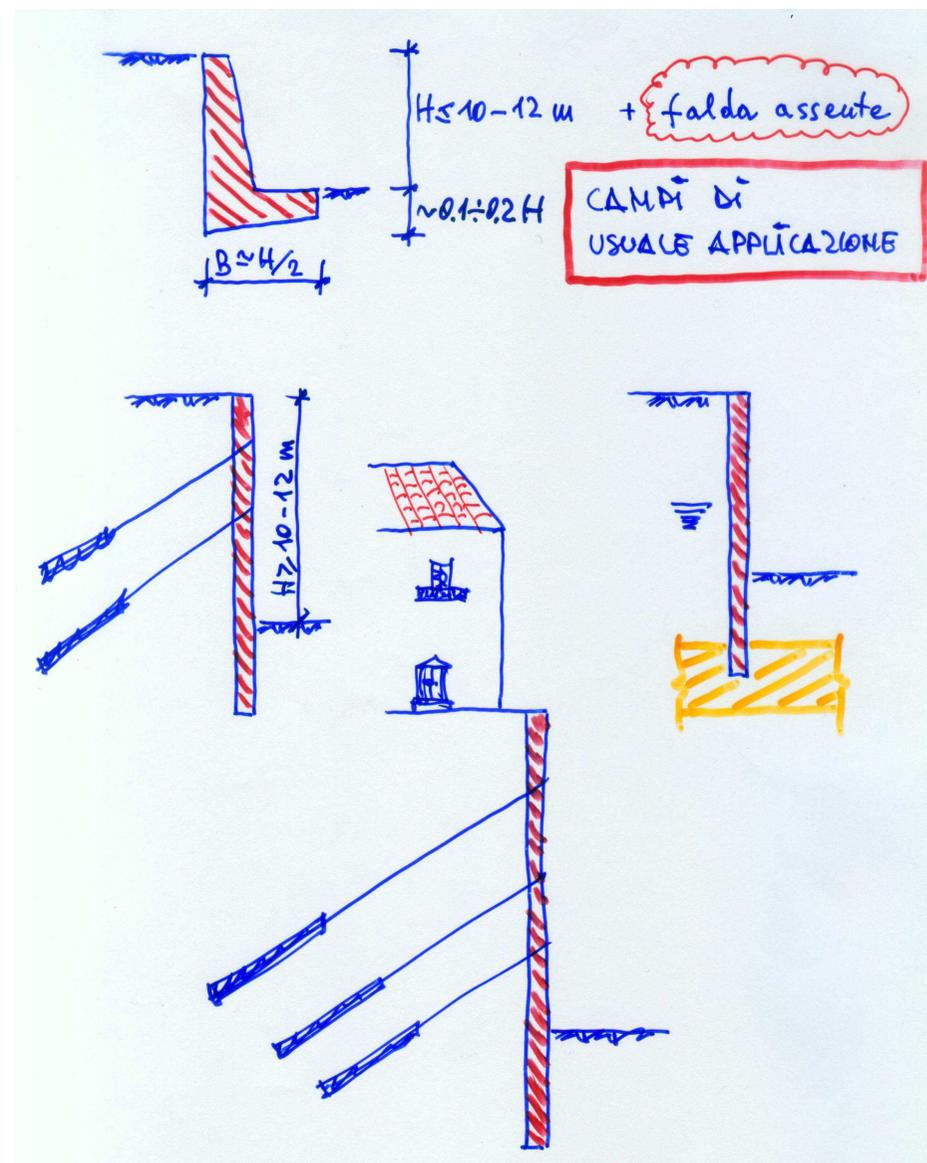
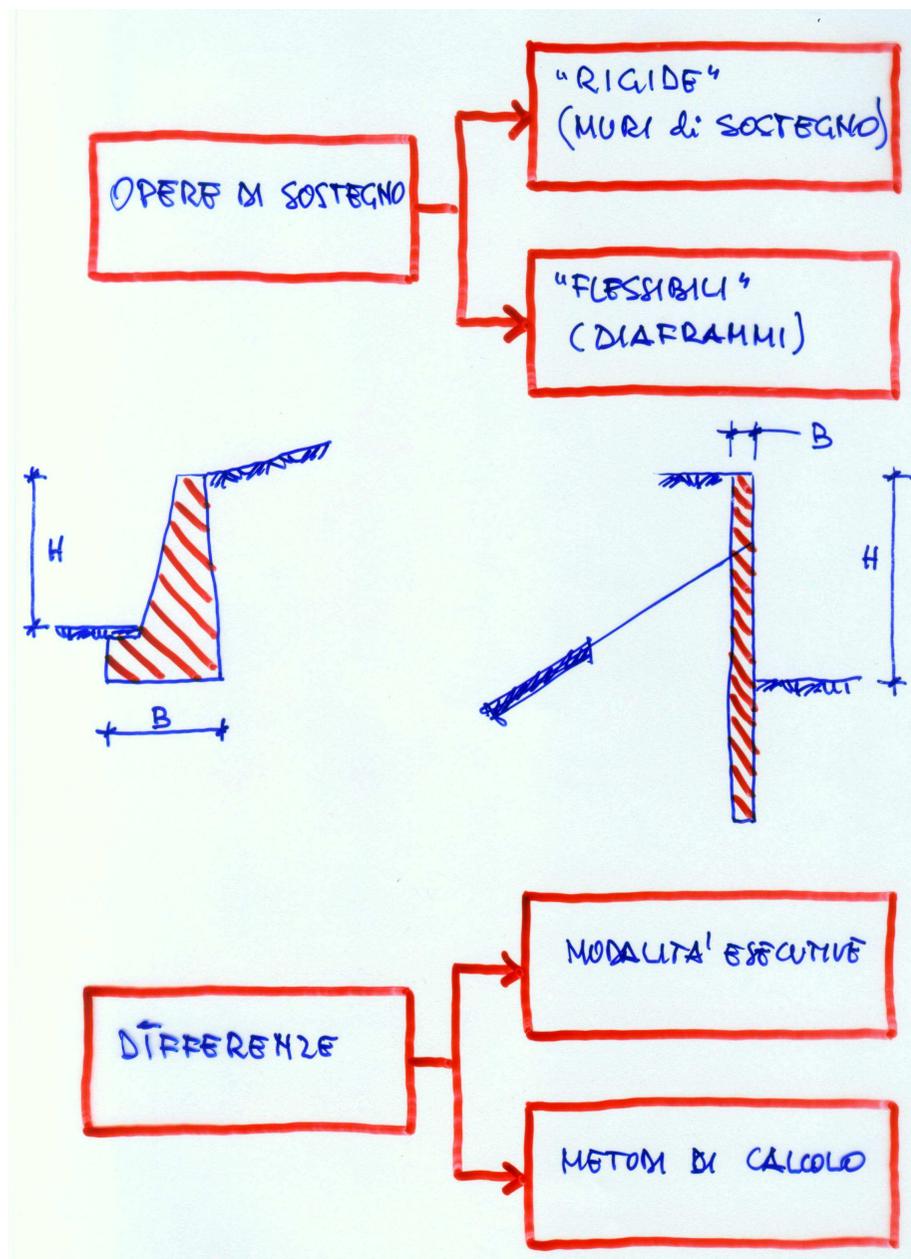






PARATIE





MURI / PARATIE : CAMPI DI APPLICAZIONE

OPERE DI SOSTEGNO "RIGIDE"

- a) lo scavo di sbancamento precede sempre l'esecuzione del muro;
- b) il regime di spinta è di tipo perfettamente plastico (rigido-plastico) e, in un dato istante, si mantiene invariato lungo tutta l'altezza del muro per ognuno dei due paramenti di monte e di valle;
- c) si utilizzano esclusivamente le equazioni di equilibrio;
- d) le dimensioni trasversali dell'opera sono fondamentali ai fini della stabilità, e sono confrontabili con l'altezza di scavo;
- e) le fasi transitorie, se presenti, non hanno in genere una rilevanza significativa nel dimensionamento dell'opera.

OPERE DI SOSTEGNO "FLESSIBILI"

L'opera può essere considerata come una lastra verticale resistente a presso-flessione e taglio, immersa in un mezzo di differenti caratteristiche, eventualmente contrastata su più livelli (punti o tiranti).

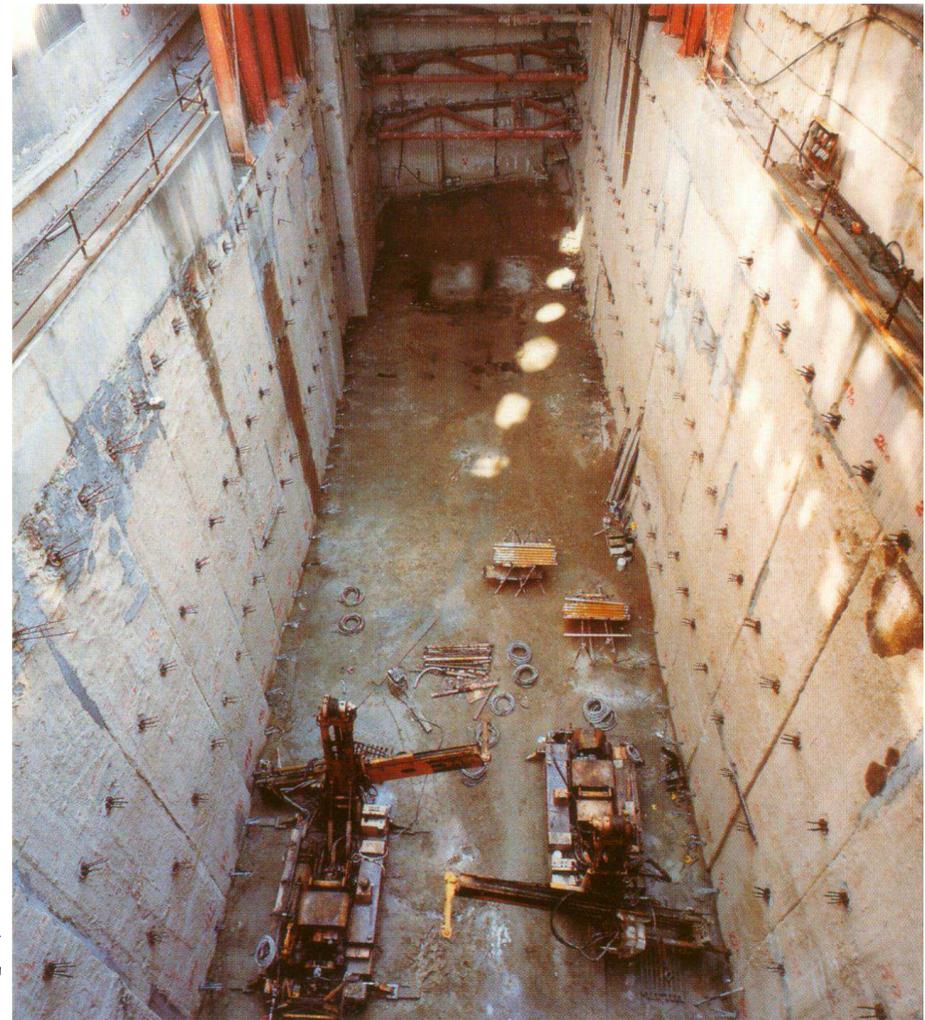
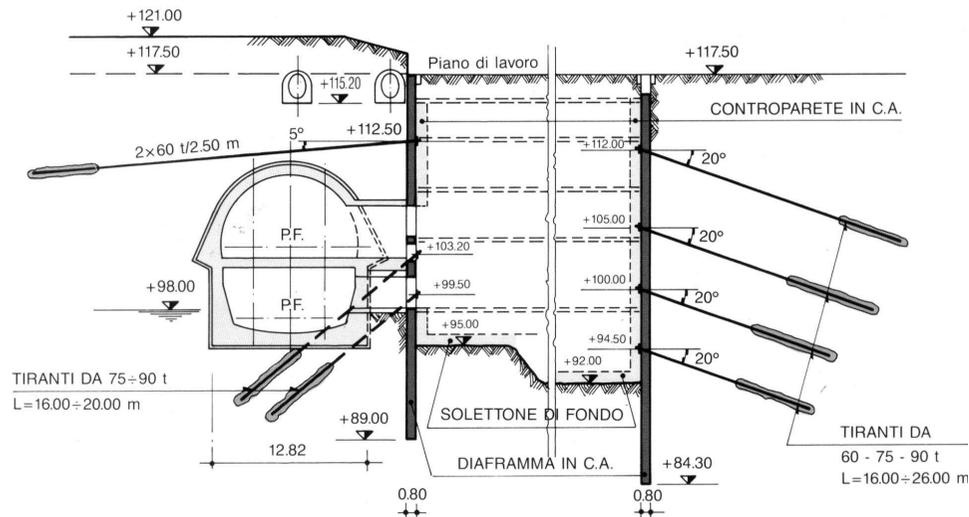
- a) l'elemento resistente verticale (gettato in opera o prefabbricato) viene realizzato mediante scavo, perforazione o infissione sempre prima di dar corso agli scavi di sbancamento;
- b) il regime di spinta può essere non perfettamente plastico e, in un dato istante, può variare da punto a punto lungo l'altezza del diaframma sia lato monte che lato valle;
- c) le equazioni di equilibrio possono non essere sufficienti per il dimensionamento dell'opera, e si deve ricercare anche la congruenza;
- d) le dimensioni trasversali dell'opera non hanno influenza significativa sulla stabilità, e sono di almeno un ordine di grandezza inferiori all'altezza di scavo;
- e) le fasi transitorie hanno rilevanza fondamentale nel dimensionamento finale dell'opera di sostegno.

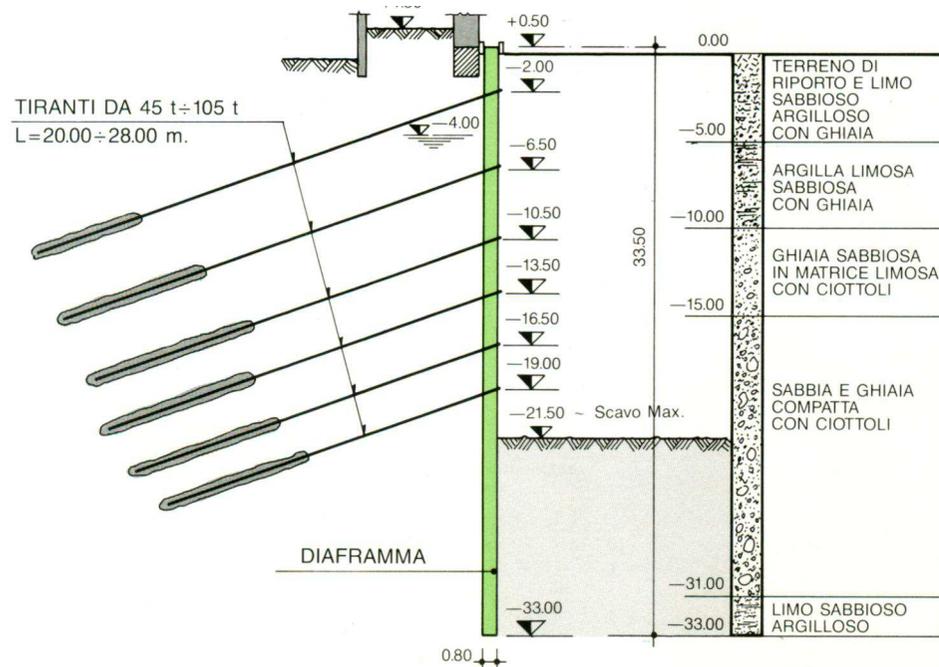


PARATIE COME OPERE DI SOSTEGNO

*Metropolitana di Milano – Stazione Duomo
Impresa ELSE - 1982*

SEZIONE TIPO





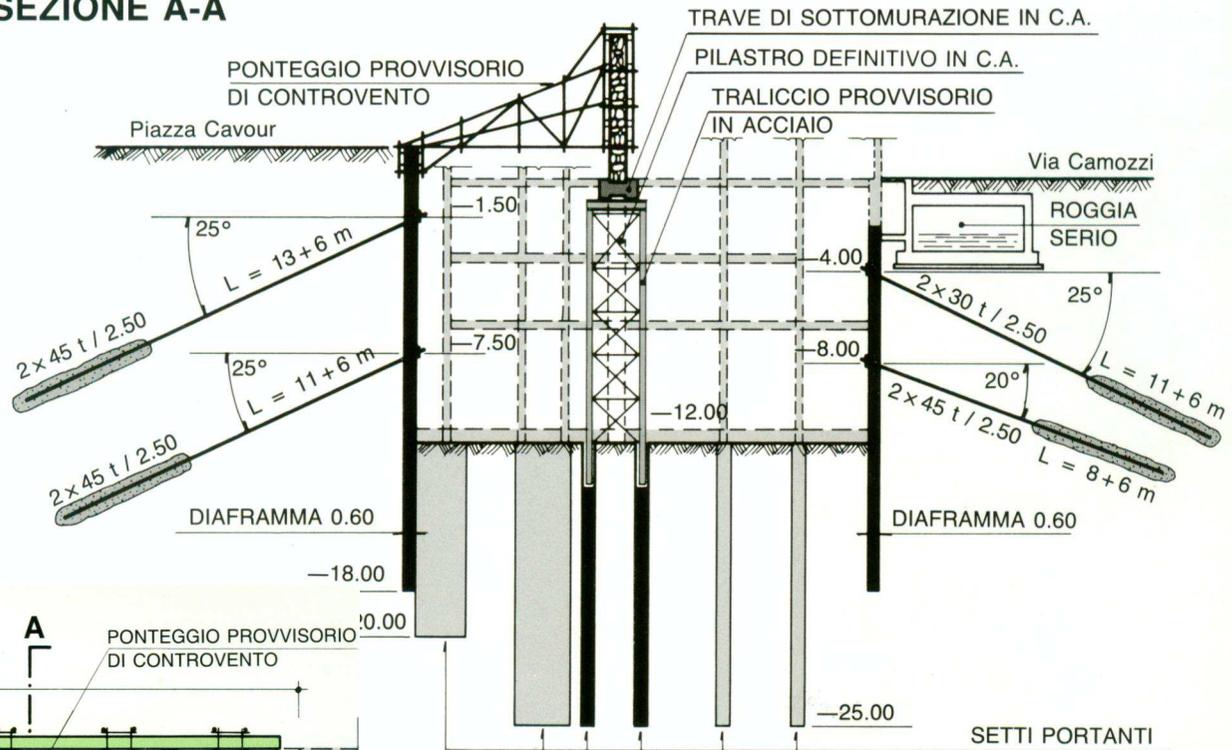
PARATIE COME OPERE DI SOSTEGNO

Bergamo
Parcheggio sotterraneo in Piazza della Libertà
Impresa ELSE – 1989-1990

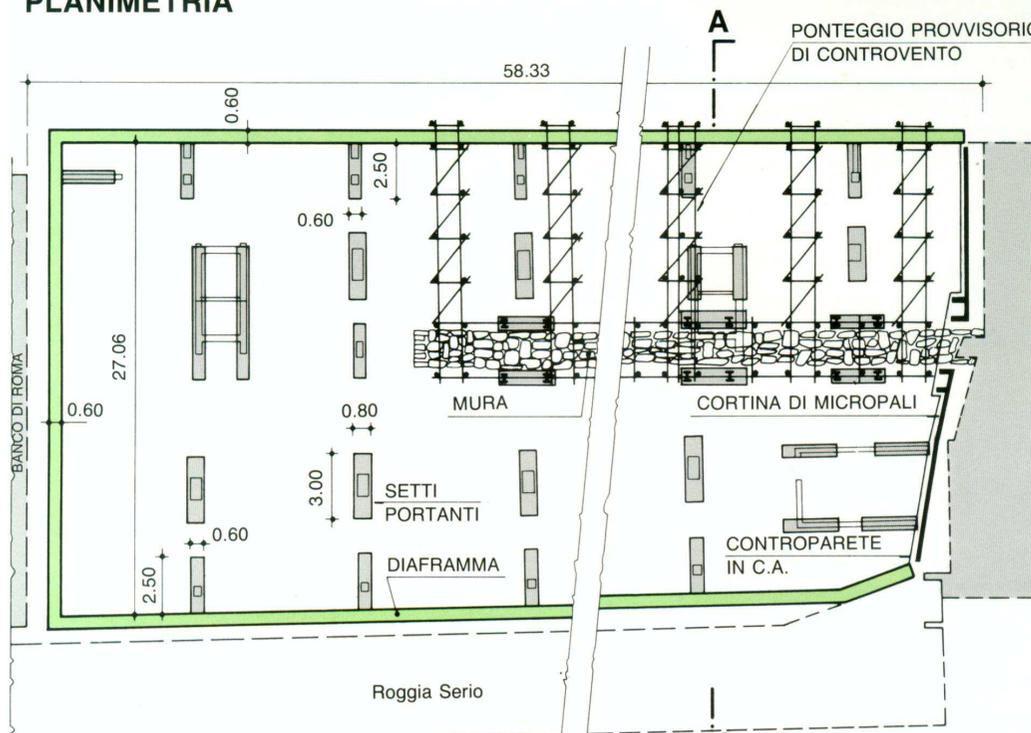




SEZIONE A-A



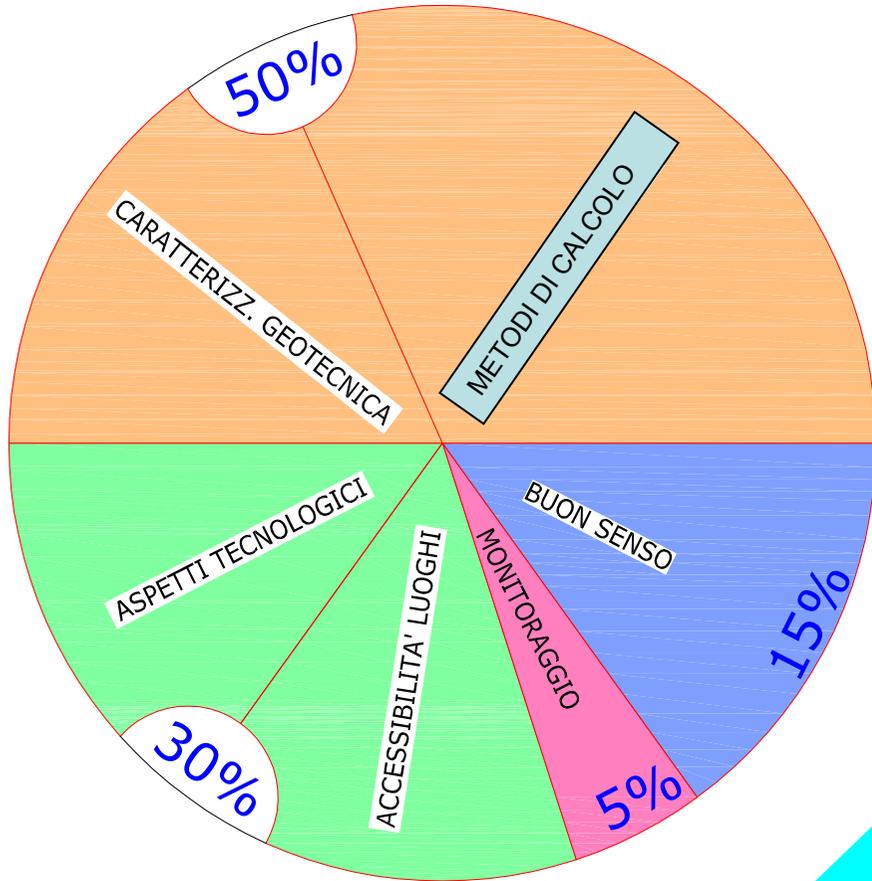
PLANIMETRIA



PARATIE COME OPERE DI SOSTEGNO + ELEMENTI DI FONDAZIONE

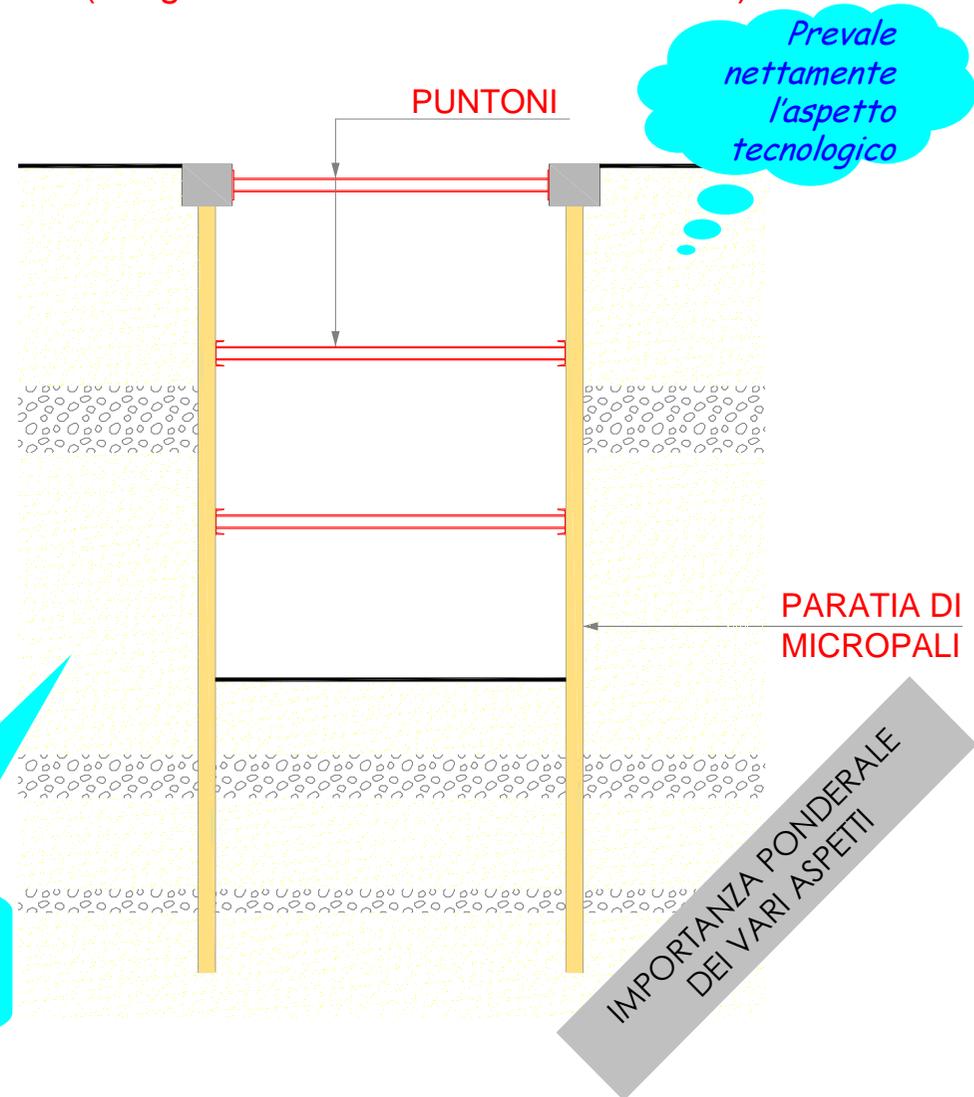
Bergamo - Banca Provinciale Lombarda
 Impresa ELSE - 1985-1986

OPERE DI SOSTEGNO FLESSIBILI
IMPORTANZA PONDERALE DEI VARI ASPETTI



Alluvioni grossolane con strati di conglomerato tenacemente cementati

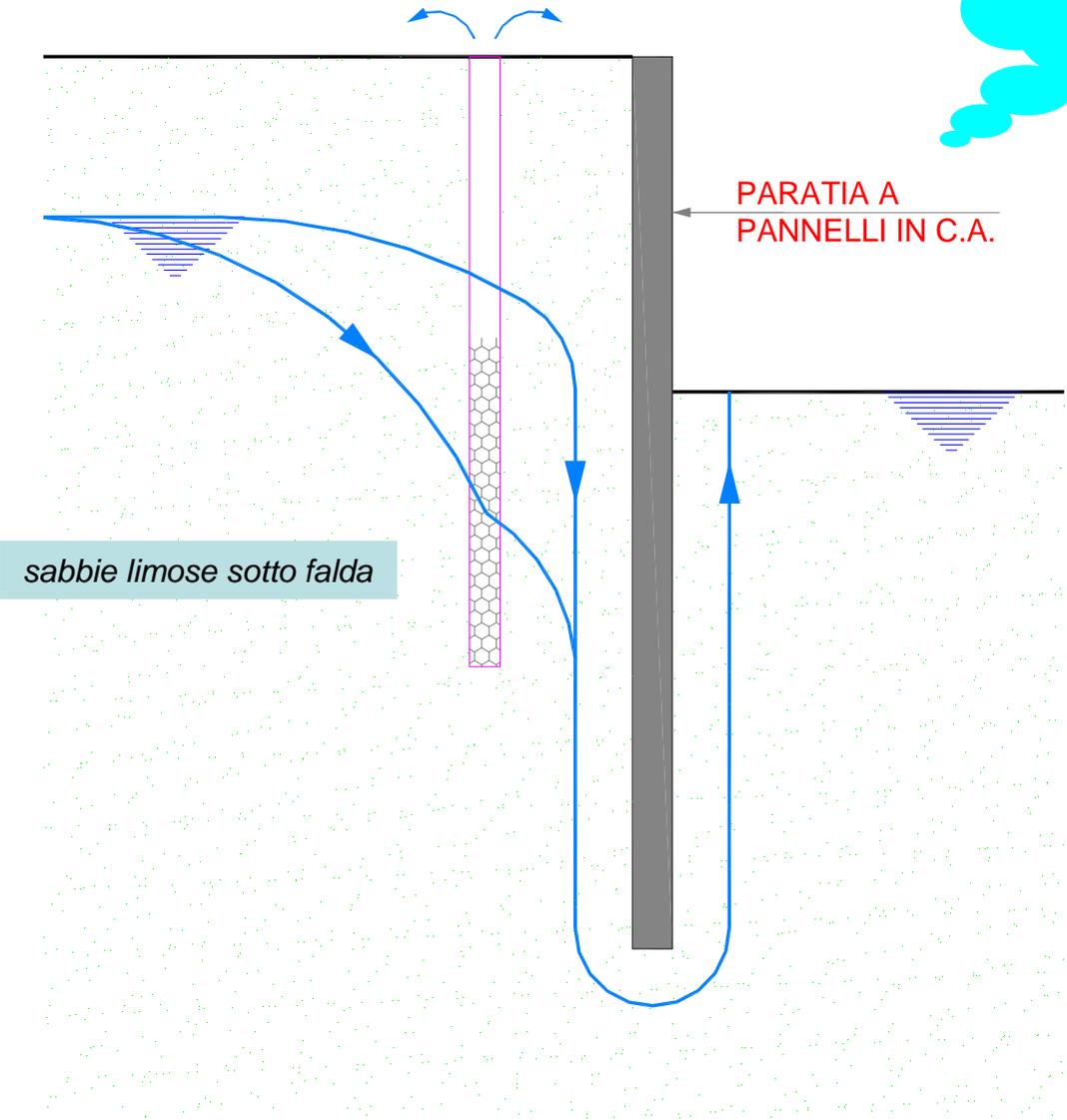
CASO "A"
Paratie ravvicinate di micropali in alluvioni grossolane con lenti e strati di puddinghe (conglomerati tenacemente cementati)



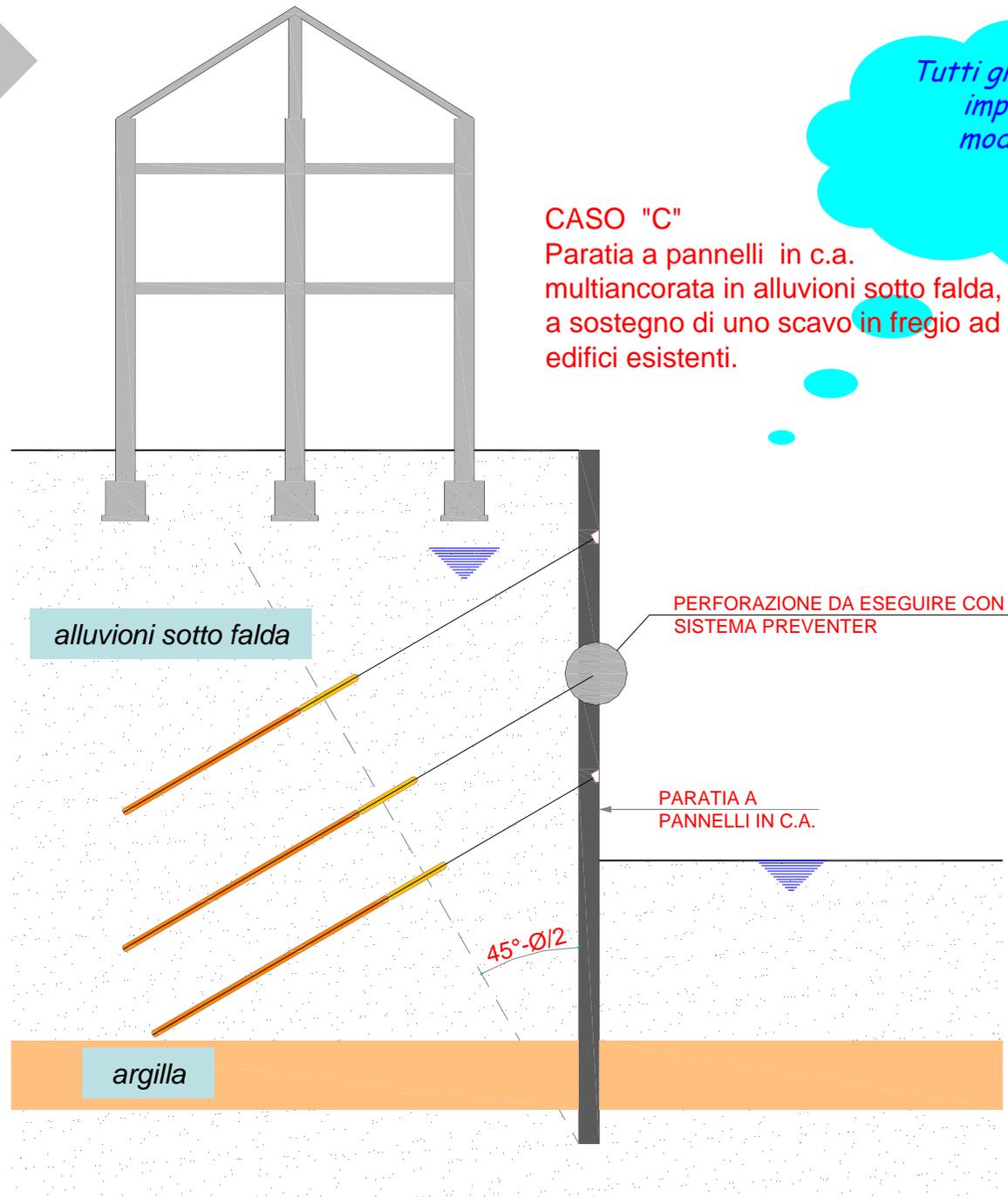
IMPORTANZA PONDERALE
DEI VARI ASPETTI

CASO "B"
Paratia a pannelli in c.a. in sabbie
limose sotto falda.

Assumono importanza
fondamentale gli
aspetti teorici
(calcolo) e la
caratterizzazione
geotecnica



IMPORTANZA PONDERALE
DEI VARI ASPETTI



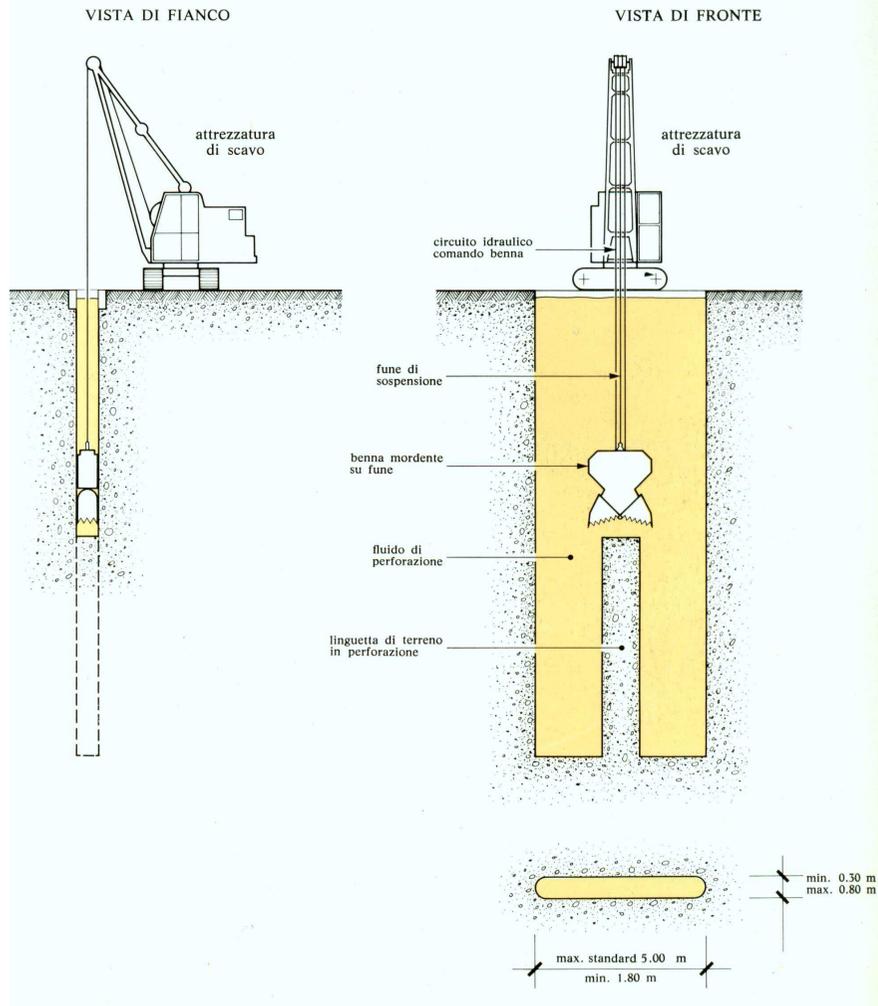
CASO "C"
Paratia a pannelli in c.a.
multiancorata in alluvioni sotto falda,
a sostegno di uno scavo in fregio ad
edifici esistenti.

Tutti gli aspetti sono importanti : dalla modellazione, alla tecnologia, ai monitoraggi.



PARATIE : LE TECNOLOGIE

**ATTREZZATURA DI SCAVO DIAFRAMMI
CON BENNA MORDENTE SU FUNE (tipo Tranchesol)**



**ATTREZZATURA DI SCAVO DIAFRAMMI
CON BENNA SU ASTA GUIDATA (tipo Kelly)**

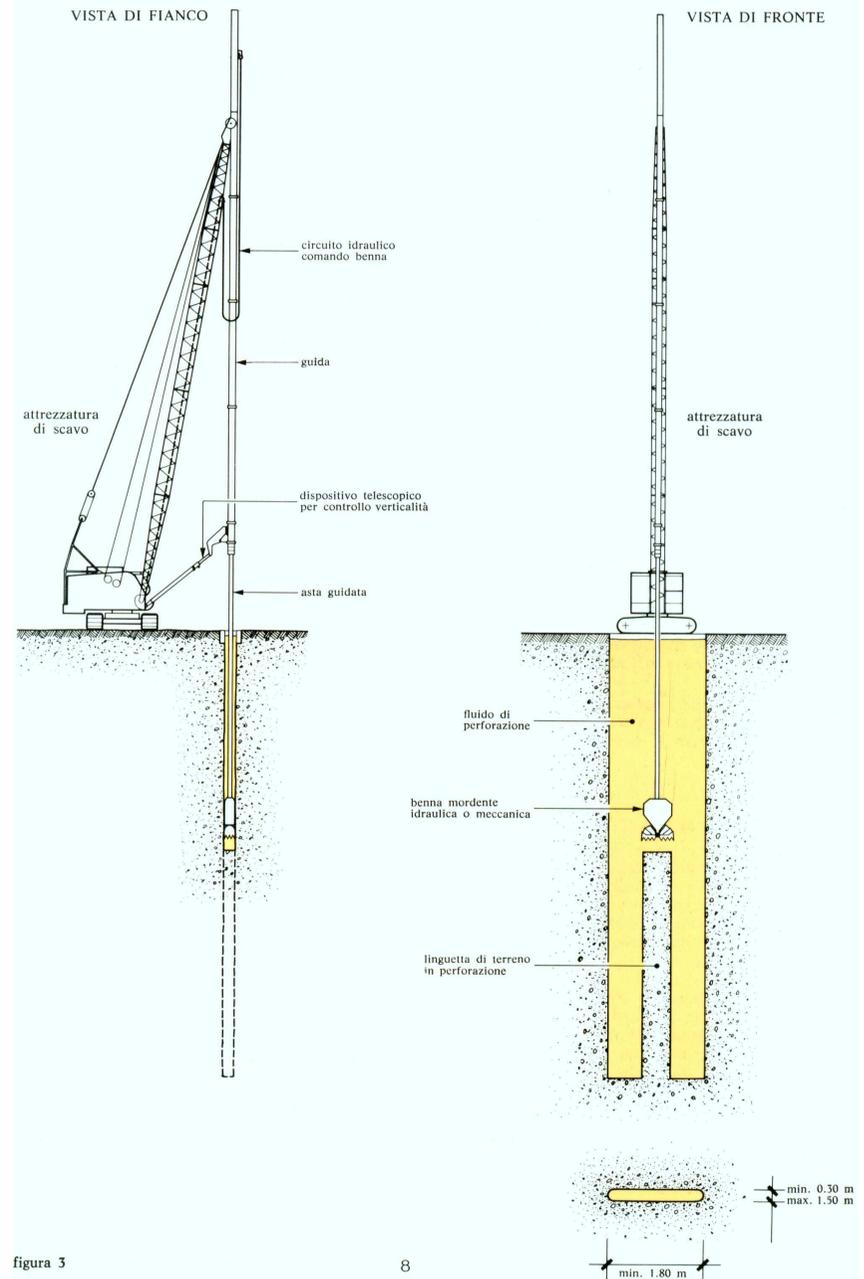


figura 3

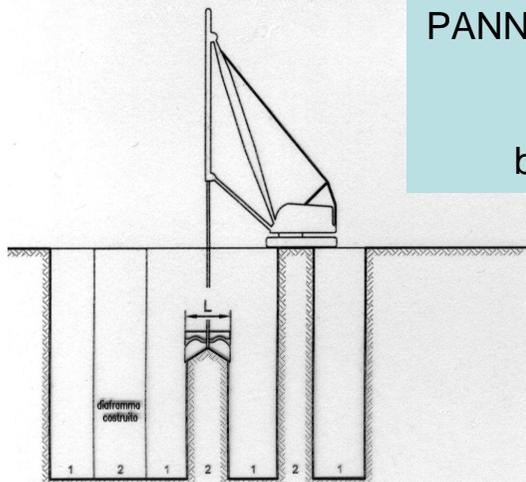
8

PANNELLI SENZA GIUNTO

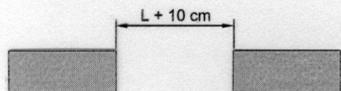
"accostati"



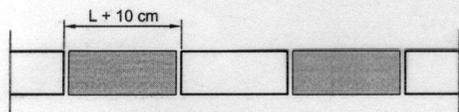
benna rettangolare



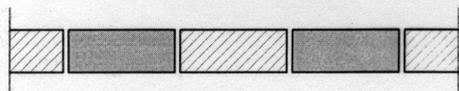
1^ FASE Scavo pannelli dispari



2^ FASE Getto di calcestruzzo pannelli dispari

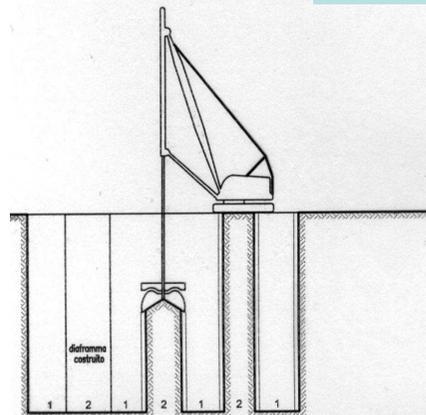


3^ FASE Scavo pannelli pari



4^ FASE Getto di calcestruzzo pannelli pari

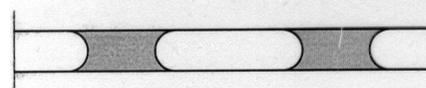
PANNELLI CON TUBO - GIUNTO



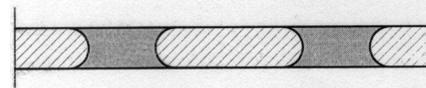
1^ FASE Scavo pannelli dispari



2^ FASE Posa in opera tubi giunto e getto del calcestruzzo

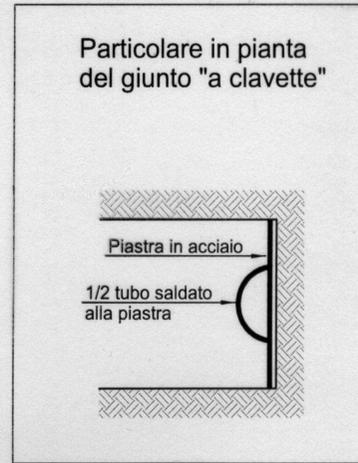
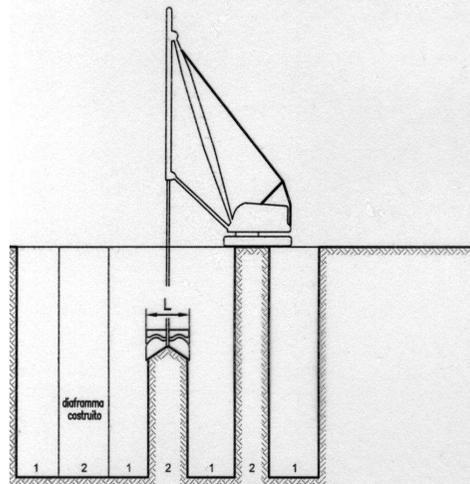


3^ FASE Estrazione tubi giunto e scavo pannelli pari



4^ FASE Getto del calcestruzzo pannelli pari

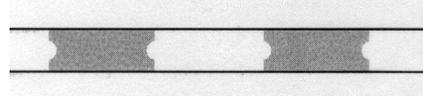
PANNELLI CON GIUNTO "A CLAVETTE"



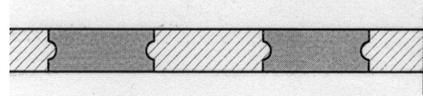
1^ FASE Scavo pannelli dispari



2^ FASE Posa in opera giunto "a clavette" e getto del calcestruzzo



3^ FASE Estrazione giunto "a clavette" e scavo pannelli pari



4^ FASE Getto di calcestruzzo pannelli pari

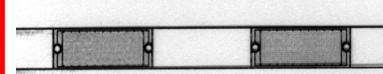
PANNELLI CON GIUNTO "TUBO-SCALPELLO"



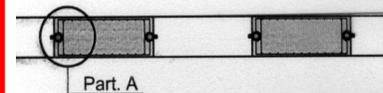
1^ FASE Scavo pannelli dispari



2^ FASE Posa in opera tubo giunto a perdere in PVC e getto del calcestruzzo



3^ FASE Scavo pannelli pari

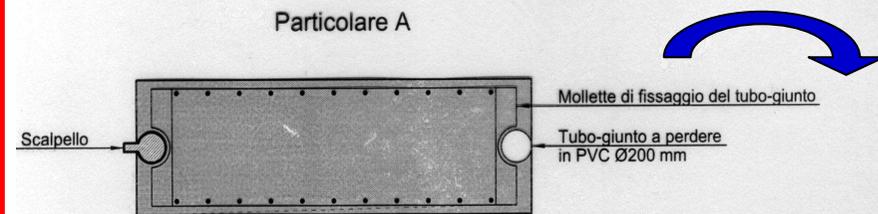


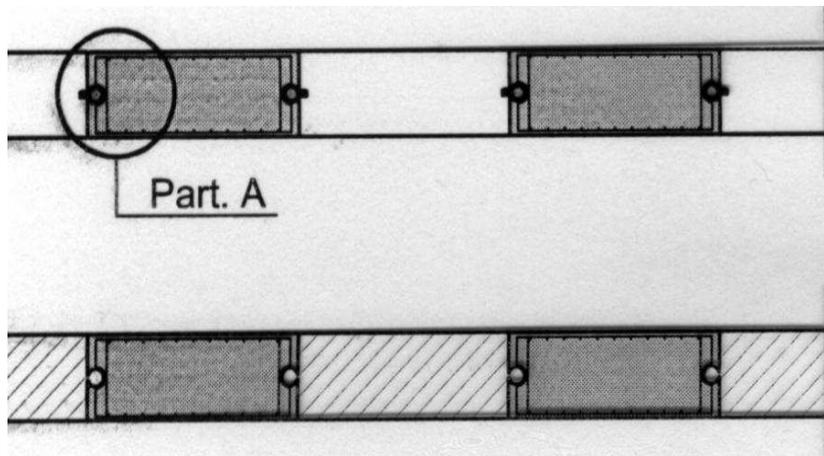
4^ FASE Apertura del giunto con uso di scalpello



5^ FASE Getto pannelli pari

Particolare A



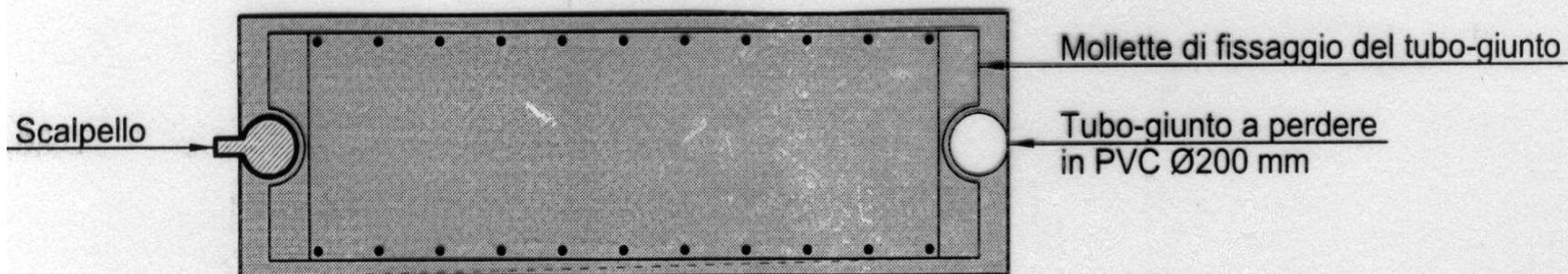


4^a FASE Apertura del giunto con uso di scalpello

5^a FASE Getto pannelli pari

PARATIE : LE TECNOLOGIE
PANNELLI CON GIUNTO "TUBO-SCALPELLO" :
PARTICOLARI

Particolare A



PARATIE IN C.A. : PIANO DEI CONTROLLI

1. STABILITA' PIANI DI LAVORO  CORREE + fasce limitrofe
2. TRACCIAMENTO PLANO-ALTIMETRICO  CORREE
3. VERTICALITA' SCAVO  KELLY + STRUMENTAZIONE

4. QUOTA VERTICALE PANNELLO FINITO
 - Specificare quota fine getto e tolleranze
 - Specificare quota testa gabbia e tollerane verticali
 - Specificare quota fine scapitozzatura

5. CONTROLLO QUALITA' FANGHI DI PERFORAZIONE
 - All'uscita dall'impianto (fango fresco)
 - In fase di scavo
 - Prima della posa gabbia
 - Prima del getto

6. CALCESTRUZZO
 - "Slump" al cono Abrams (classe di consistenza)
 - Classe di esposizione e di resistenza
 - Tempo di lavorabilità (se occorre, ritardanti di presa)
 - Portata di fornitura

Se necessario :

CONTROLLI DI INTEGRITA'
CON CAROTAGGIO SONICO
CROSS HOLE, IN FORI
PREDISPOSTI