

# *Conferenza Nazionale dei Porti: sedimenti, dragaggi, opere e sostenibilità*

## *DRAGAGGI PORTUALI*

### *Problematiche geotecniche di interferenze tra nuove opere e strutture portuali esistenti*

Ferrara, 24 settembre 2015

*Alberto Mazzucato*  
*Dipartimento di Architettura Costruzione*  
*Conservazione*  
*Università I.U.A.V. di Venezia*

- 1. Inquadramento generale***
- 2. Analisi e progettazione***
- 3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti***
- 4. Conclusioni***

# ***1. Inquadramento generale***

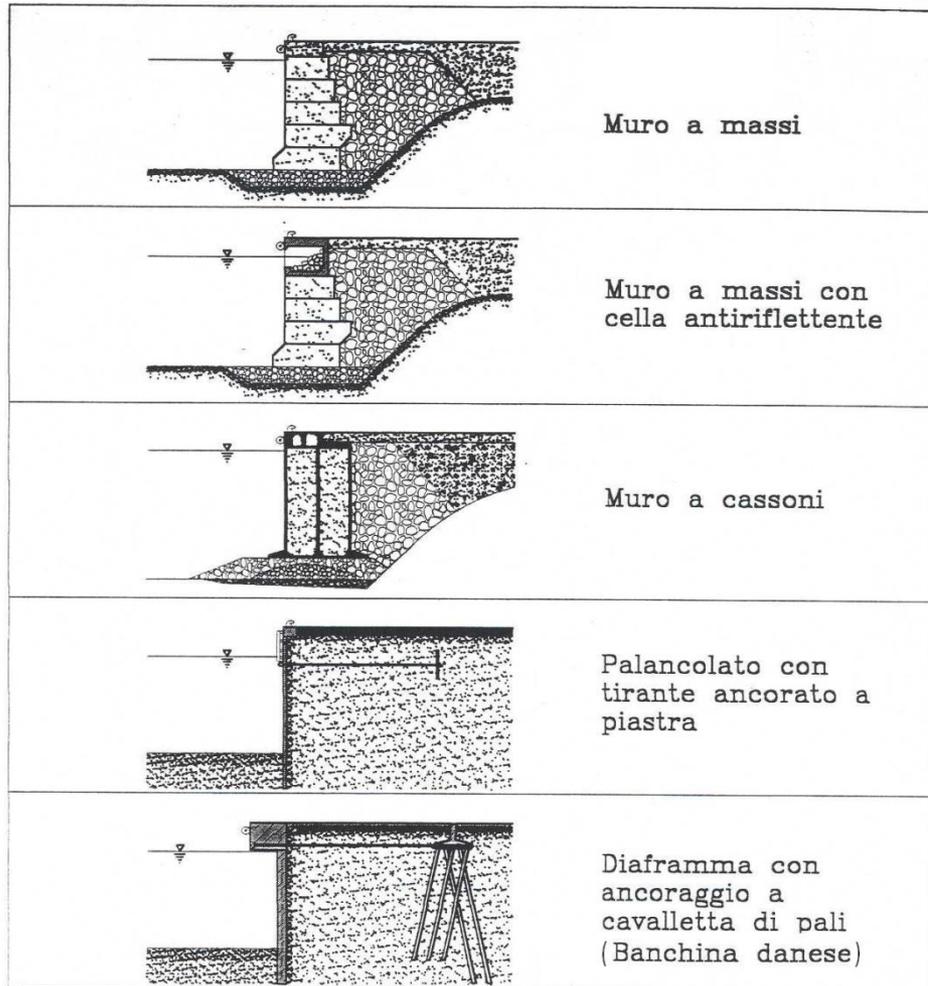
## ***2. Analisi e progettazione***

## ***3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti***

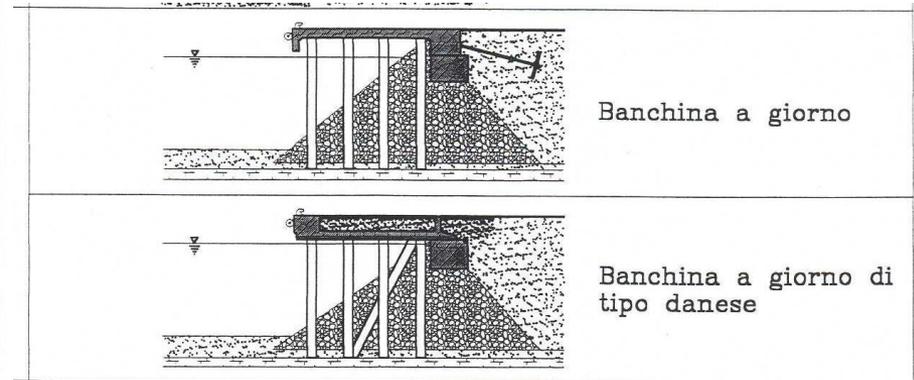
## ***4. Conclusioni***

# Classificazione delle OPERE DI ACCOSTO (PIANC 2001)

## Opere interne a parete verticale

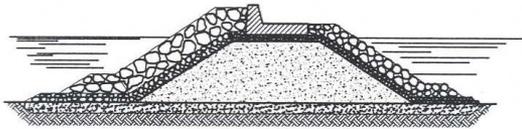


## Opere interne a giorno

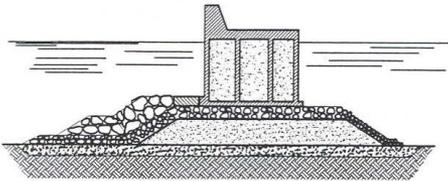


# Classificazione delle OPERE DI DIFESA ( PIANC 2001)

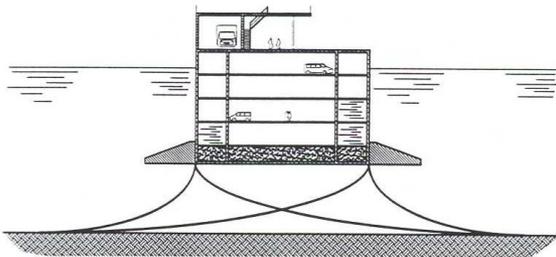
## *Opere esterne*



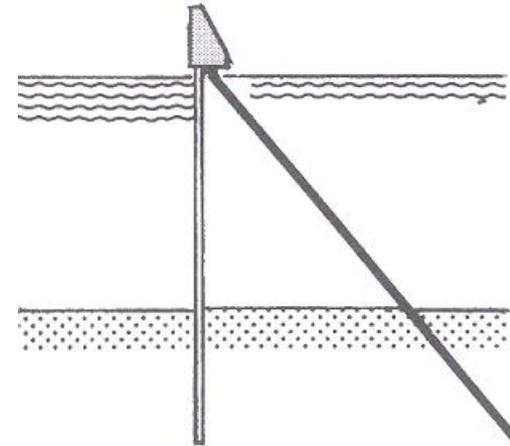
**DIGA A GETTATA**



**DIGA A CASSONI**

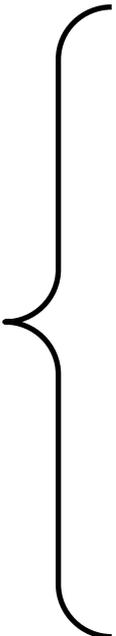


**CASSONI GALLEGGIANTI**

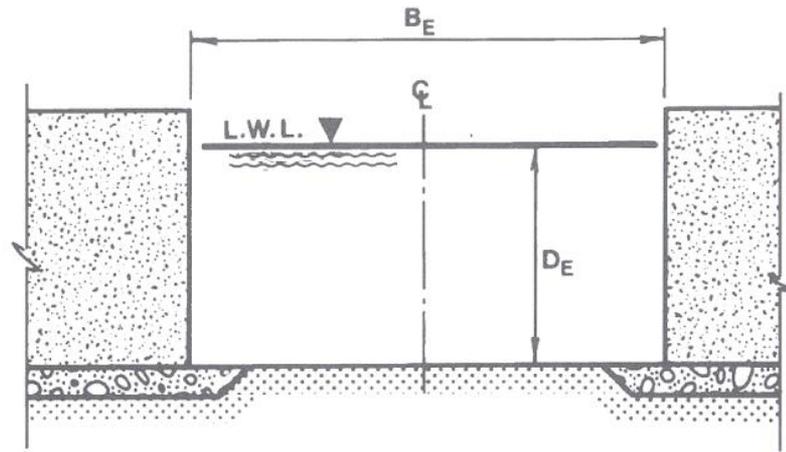


**STRUTTURE CON PALI E PALANCOLE**

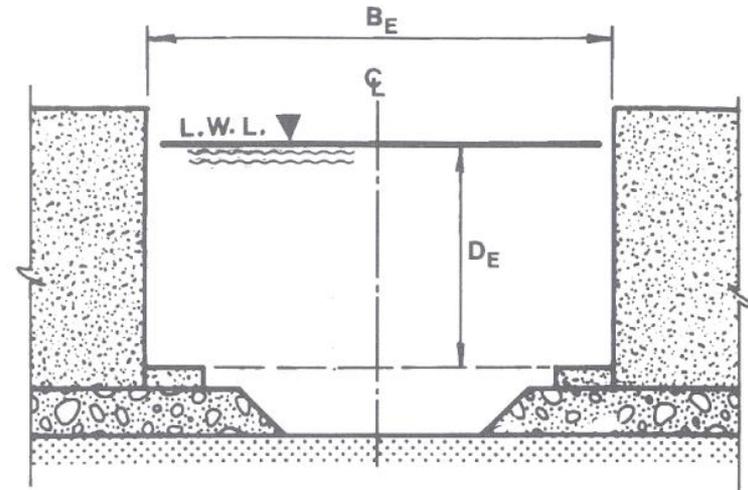
## **INTERFERENZE LEGATE A:**

- 
- Approfondimento dei fondali e modifica dei tracciati dei canali di accesso
  - Escavazioni e dragaggi per la realizzazione di nuove opere

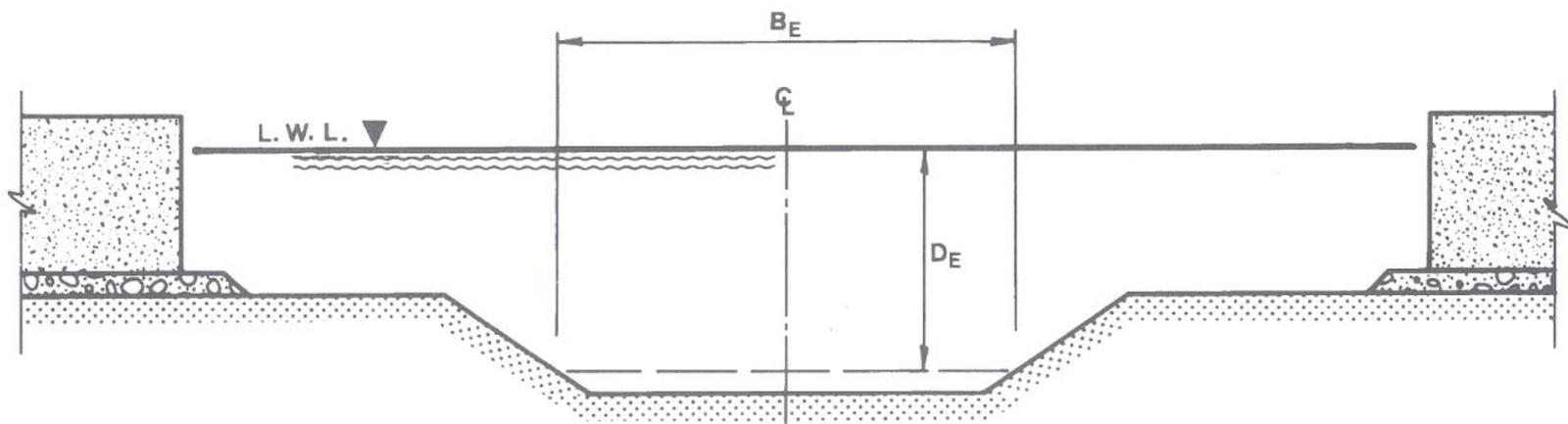
# Approfondimento dei fondali e modifica dei tracciati dei canali di accesso



(a)

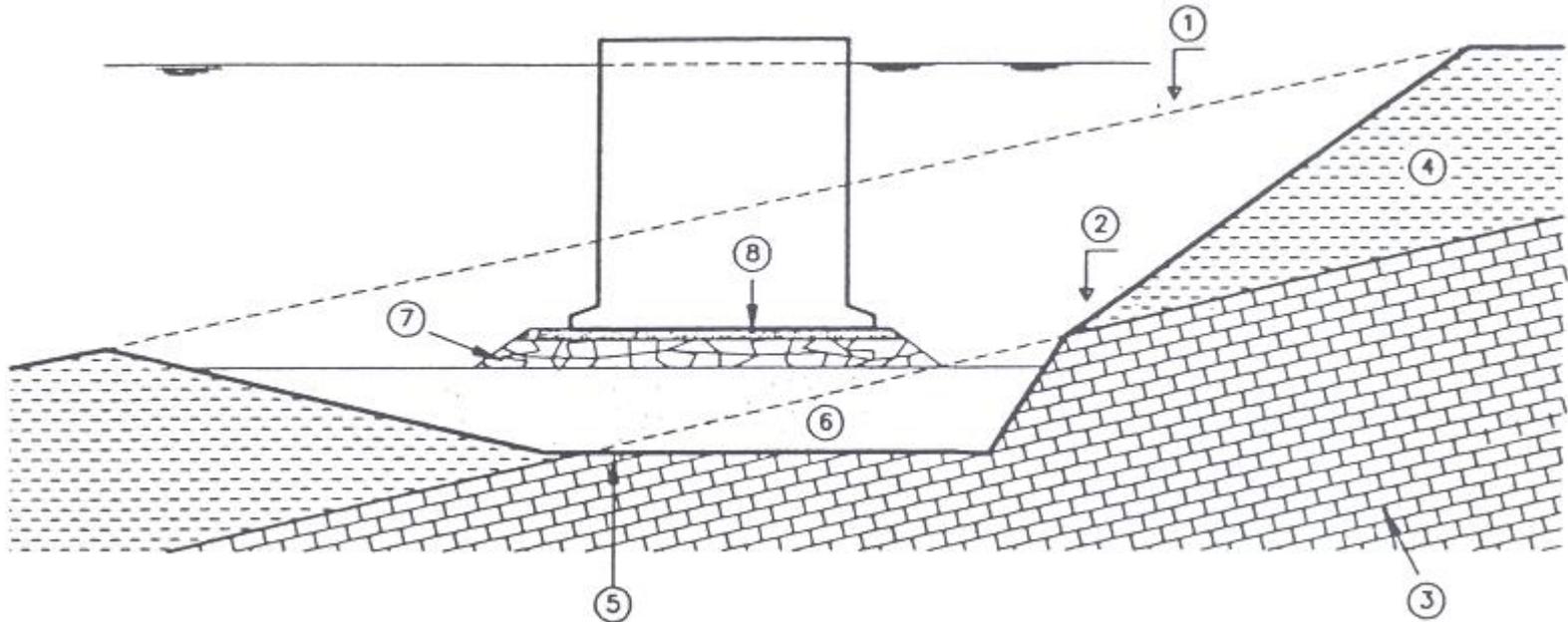


(b)



(c)

# Escavazione e dragaggio per la costruzione di nuove opere



1. *Profilo terreno naturale*
2. *Profilo di dragaggio*
3. *Substrato roccioso / terreno resistente*
4. *Terreni argillosi molli*

5. *Fondo dragaggio*
6. *Riempimento con sabbie*
7. *Scanno*
8. *Strato di livellamento*

*1. Inquadramento generale*

***2. Analisi e progettazione***

*3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti*

*4. Conclusioni*

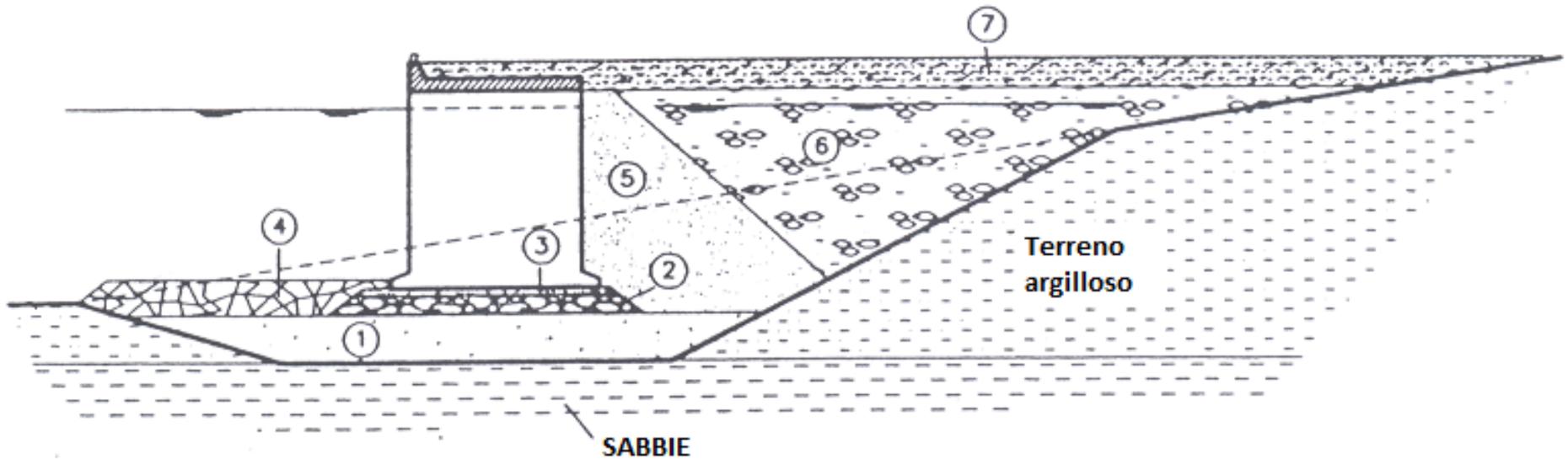
# Caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito

## - NTC 14/01/2008 -

- Indagini in situ
- Proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione
- Proprietà fisico-meccaniche dei terreni impiegati nei riempimenti strutturali delle opere esistenti
- Studio del regime idraulico delle varie formazioni in campo statico e dinamico per effetto del moto ondoso

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Caratteristiche dei materiali impiegati

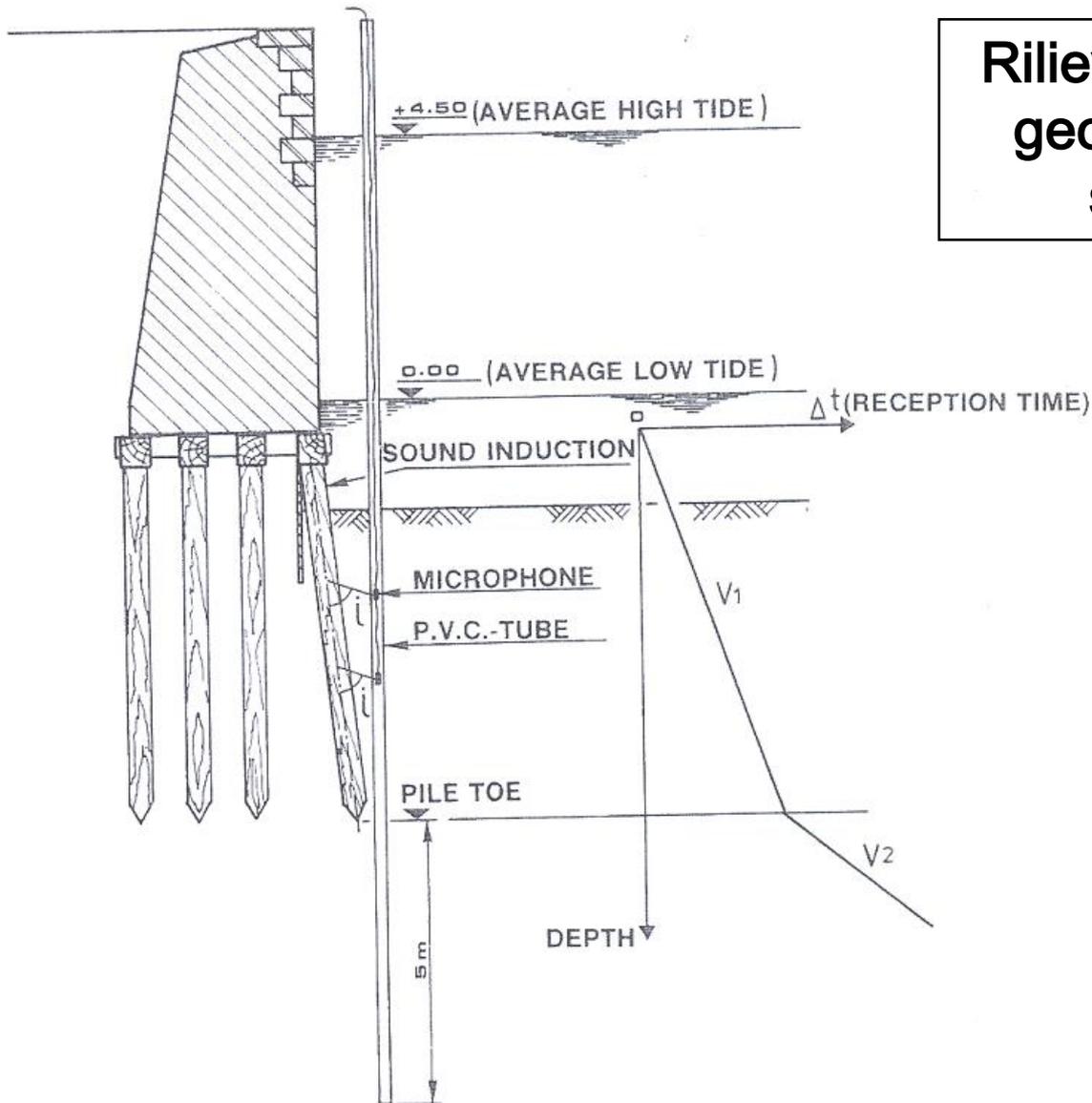


- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| 1. <i>Riempimento con sabbia*</i> | 5. <i>Riempimento con materiale granulare*</i>                       |
| 2. <i>Scanno in pietrame*</i>     | 6. <i>Riempimento *</i>  |
| 3. <i>Strato di livellamento*</i> | 7. <i>Sottofondo e strati di fondazione con terreno compattato *</i> |
| 4. <i>Scogliera di protezione</i> |  |

*(\*)*: riempimenti strutturali coinvolti nelle verifiche geotecniche dell'opera

# Rilievo delle opere esistenti

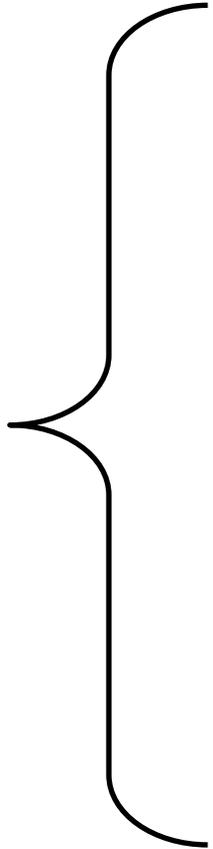
Rilievo delle caratteristiche geometriche delle opere strutturali esistenti



# Progettazione geotecnica

## - NTC 14/01/2008 -

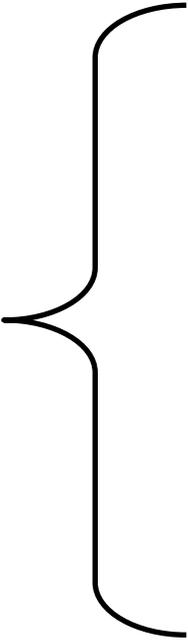
### Verifiche:

- 
- Stabilità globale del sistema opera-terreno
  - Capacità portante delle fondazioni superficiali e profonde
  - Scorrimento
  - Ribaltamento
  - Ancoraggi

# Progettazione geotecnica

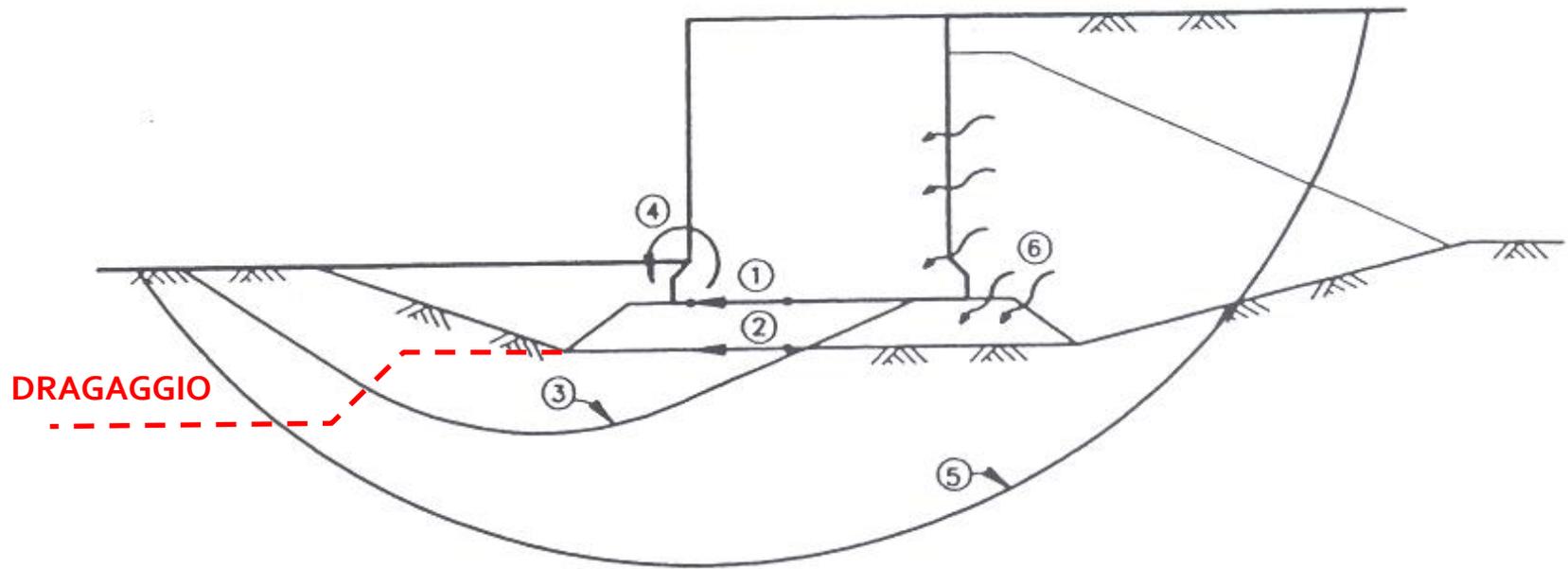
## - NTC 14/01/2008 -

Verifiche:

- 
- Funzioni drenanti e filtranti
  - Sollevamento del fondo
  - Potenziale di liquefazione
  - Spostamenti e loro evoluzione

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

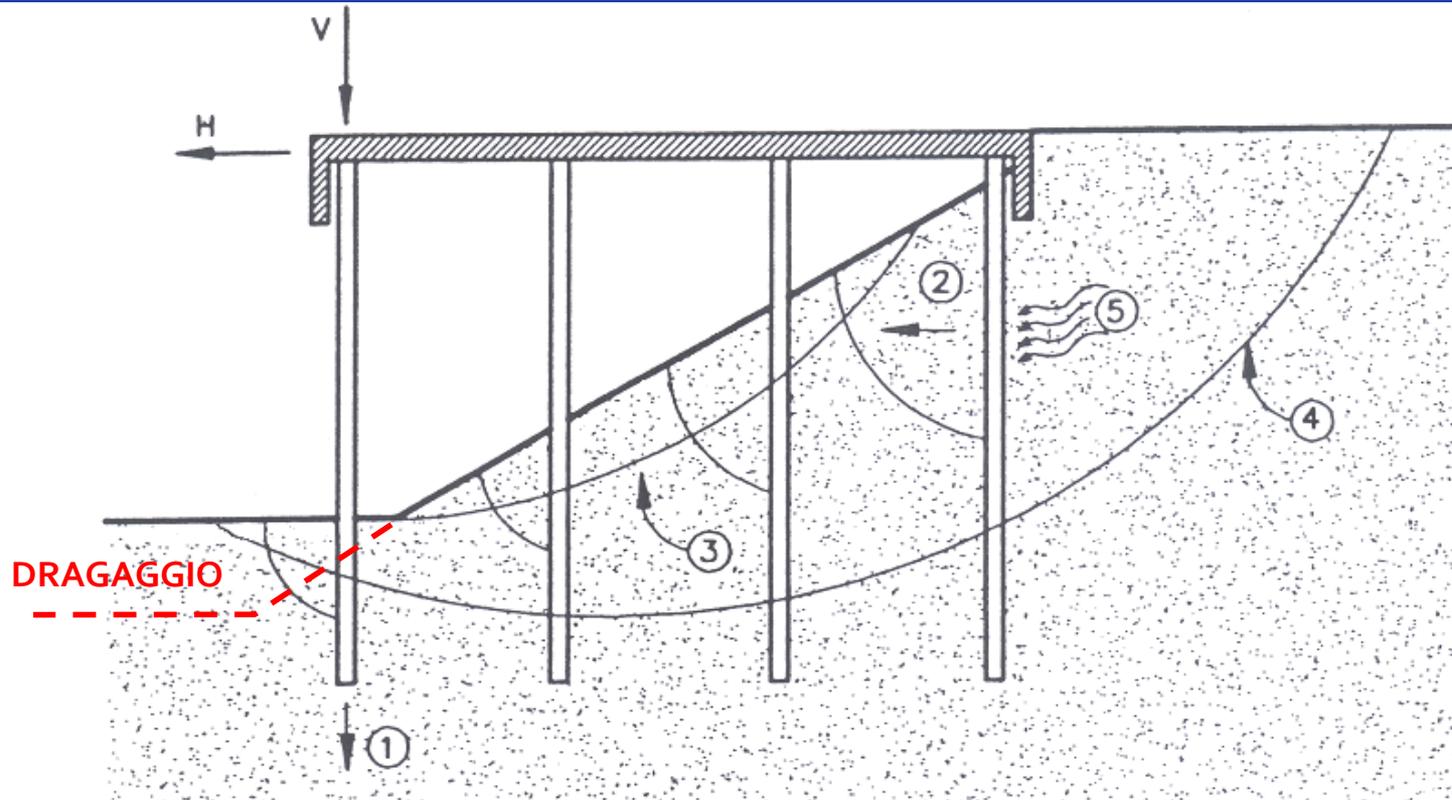
## Verifiche agli Stati Limite Ultimi - Banchine a gravità



1. *Scorrimento tra la berma di livellamento ed opera calcestruzzo*
2. *Scorrimento tra il terreno naturale e lo scanno*
3. *Capacità portante della fondazione*
4. *Ribaltamento*
5. *Stabilità globale del complesso opera-terreno*
6. *Funzione drenante e filtrante*

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

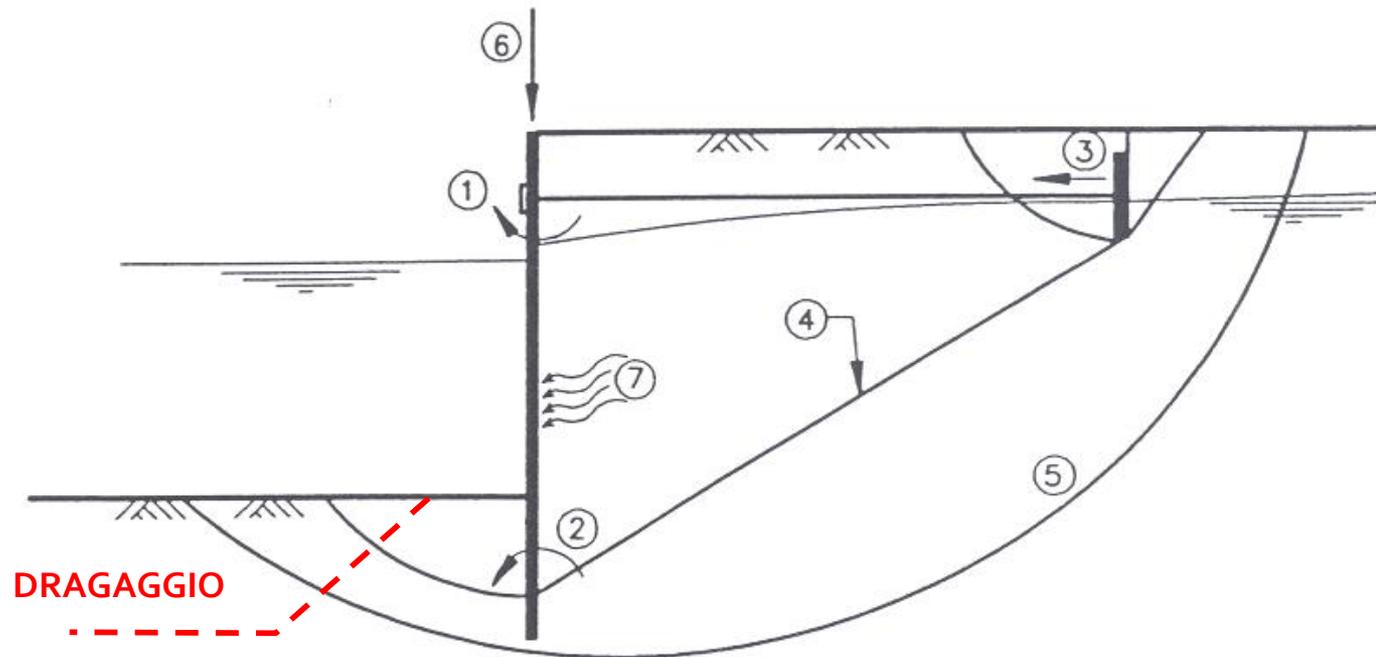
## Verifiche agli Stati Limite Ultimi-Banchine a giorno su pali



1. *Capacità portante delle fondazioni profonde*
2. *Resistenza alle azioni orizzontali*
3. *Stabilità del rivestimento di sponda*
4. *Stabilità globale del complesso opera-terreno*
5. *Funzione filtrante e drenante nel rivestimento di sponda*

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

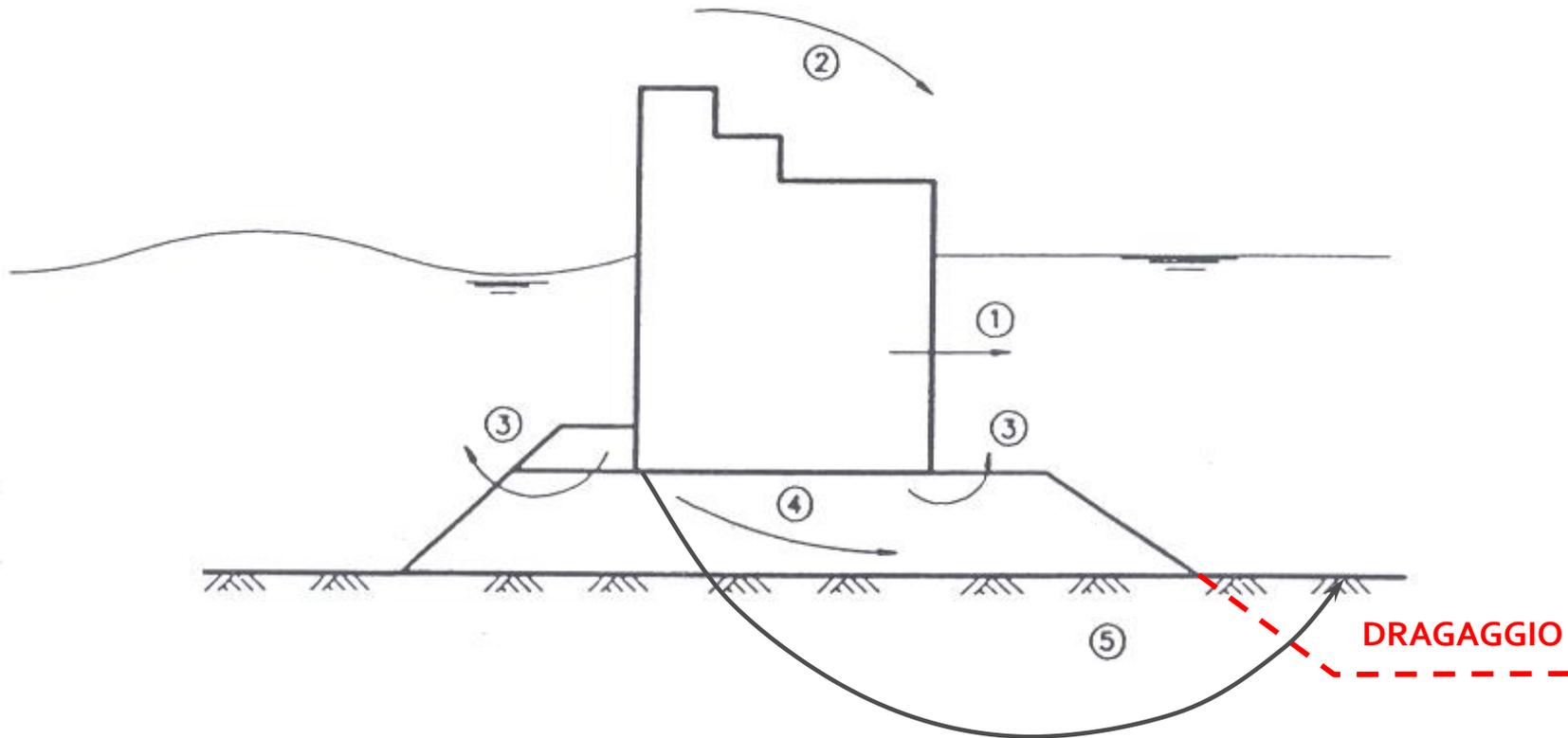
## Verifiche SLU - Banchine a diaframma ancorate



- 1. Rotazione attorno all'ancoraggio**
- 2. Rotazione al piede del diaframma**
- 3. Sfilamento degli ancoraggi (piastre o tiranti)**
- 4. Stabilità del sistema terreno-ancoraggi**
- 5. Stabilità globale del complesso opera-terreno**
- 6. Equilibrio verticale**
- 7. Erosione interna**

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Verifiche agli Stati Limite Ultimi - Opere esterne

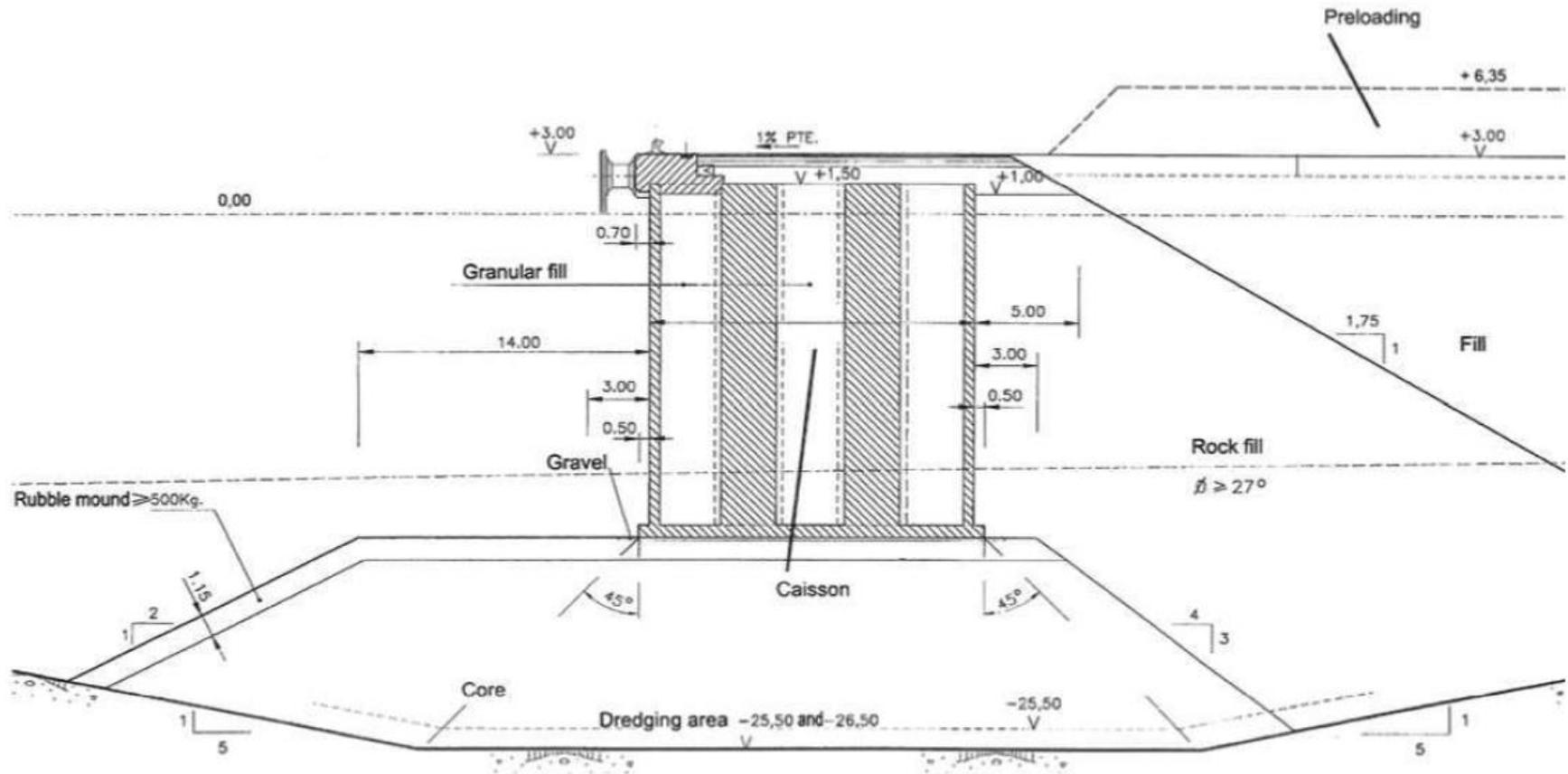


1. *Scorrimento sul piano di posa*
2. *Ribaltamento*
3. *Funzione drenante e filtrante al piede*
4. *Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno*
5. *Stabilità globale del complesso opera-terreno*

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Banchina n.8 a Malaga (Spagna) - J.M. del Campo, V. Negro (2011)

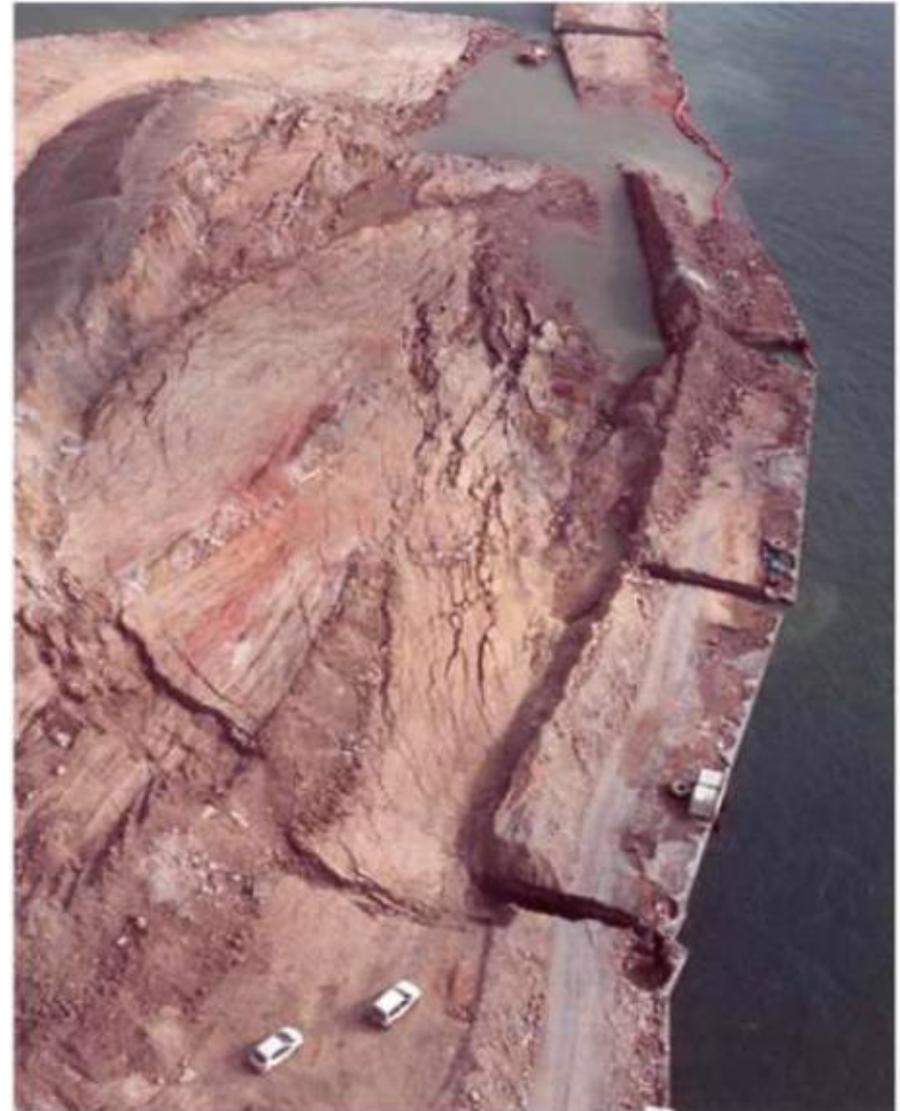
Stabilità globale del complesso opera-terreno



Depth	Soil description
-8 to -10 m	Very loose silty sand and sandy silt
-10 to -21 m	Very soft clayey silt
-21 to -24 m	Very soft clay
-24 to -26 m	Grey stones and gravel in a sand and clay matrix

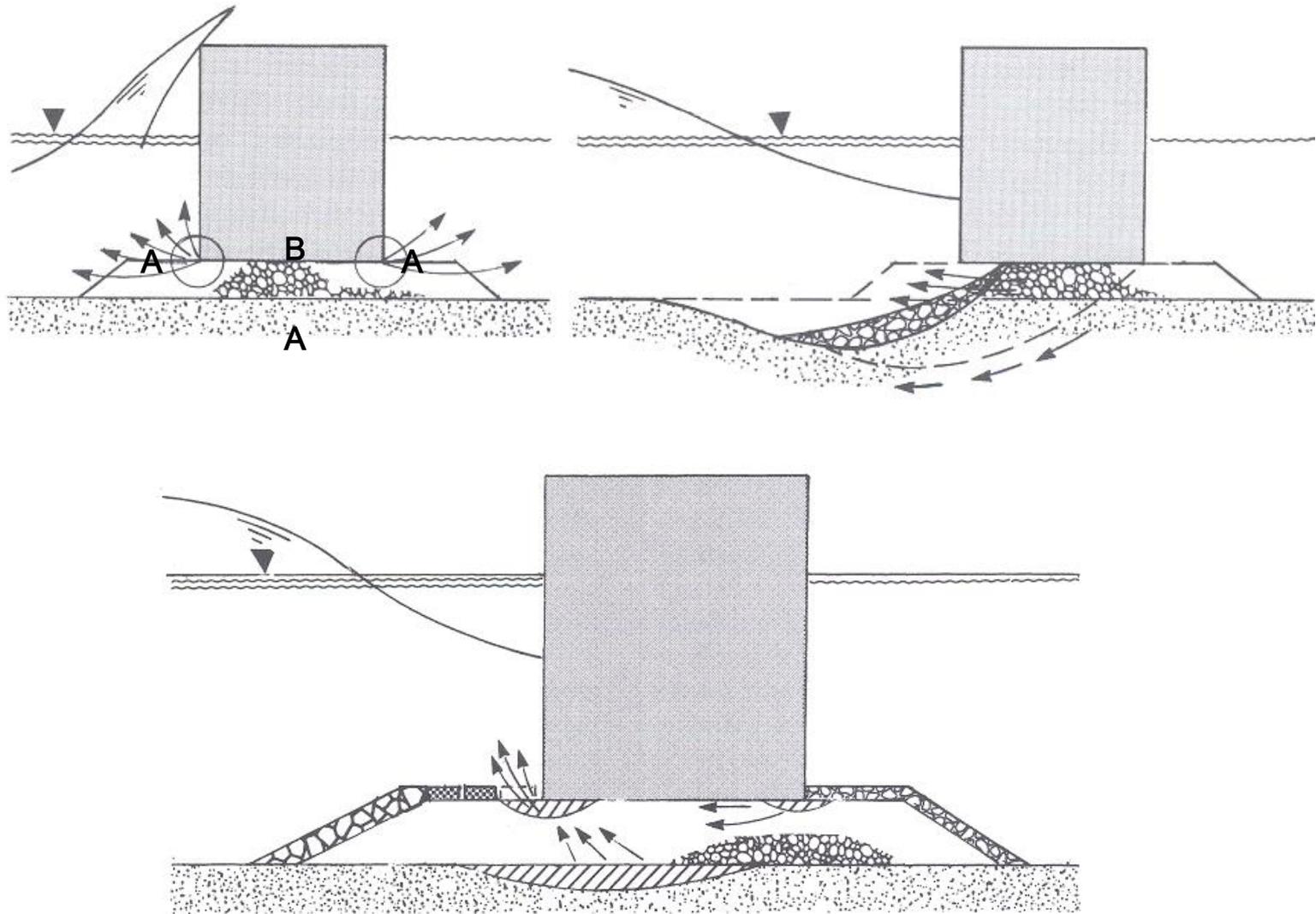
# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Banchina n.8 a Malaga (Spagna) - J.M. del Campo, V. Negro (2011)  
Stabilità globale del complesso opera-terreno



# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

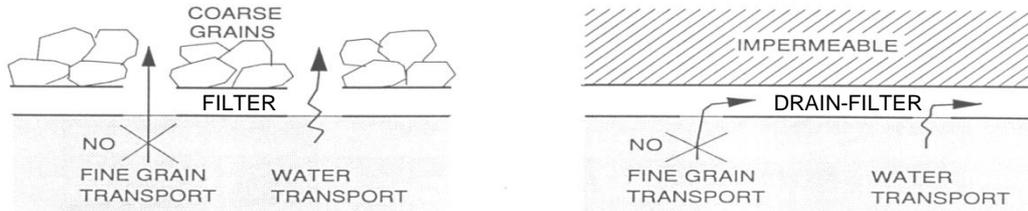
## Filtri in presenza di flusso ciclico



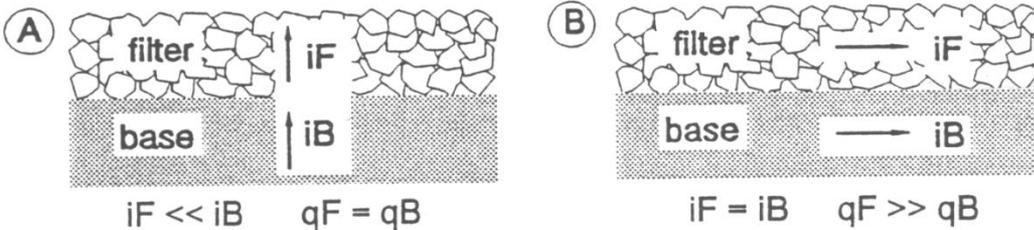
**Possibili meccanismi di rottura per stato limite dei filtri**

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

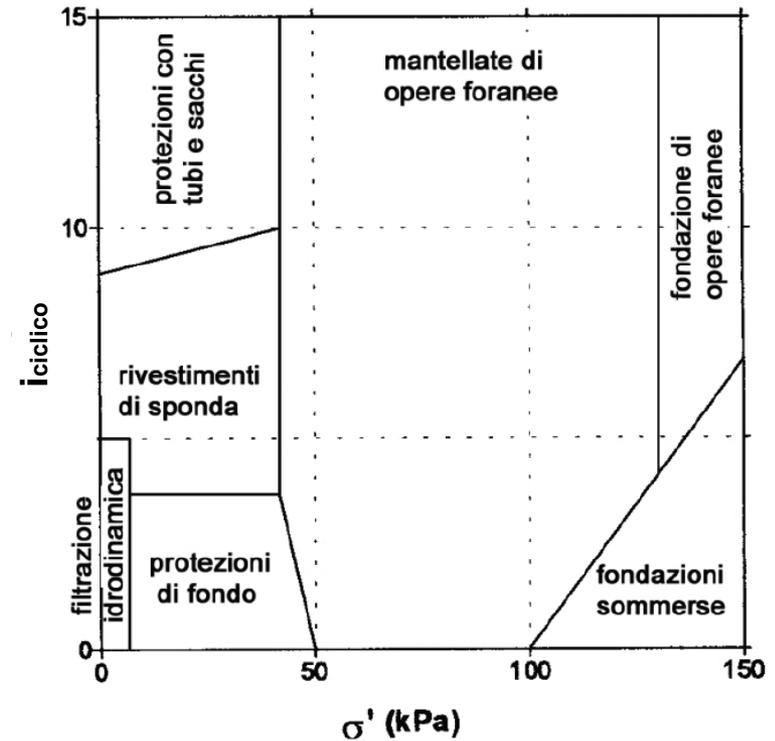
## Funzione drenante e filtrante



**Condizioni di stabilità all'interfaccia geotessile - terreno**



**Condizioni di flusso perpendicolare e parallelo nei filtri granulari o in geotessile**

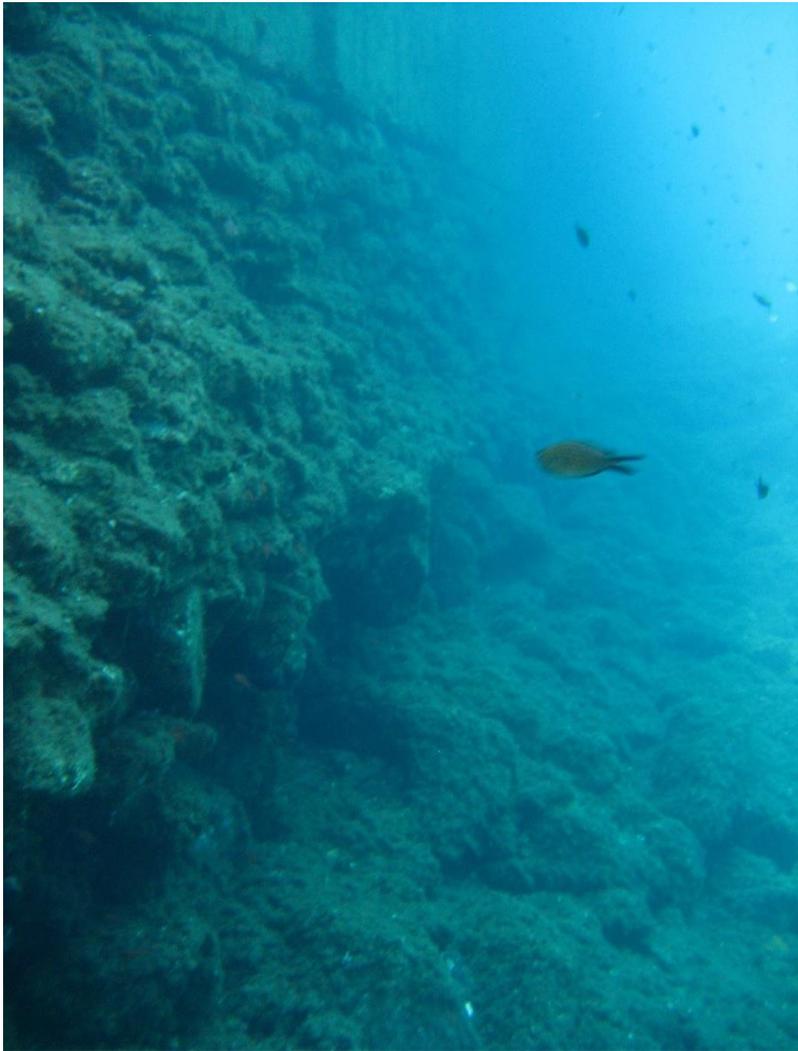


**Condizioni al contorno in regime di FLUSSO CICLICO**

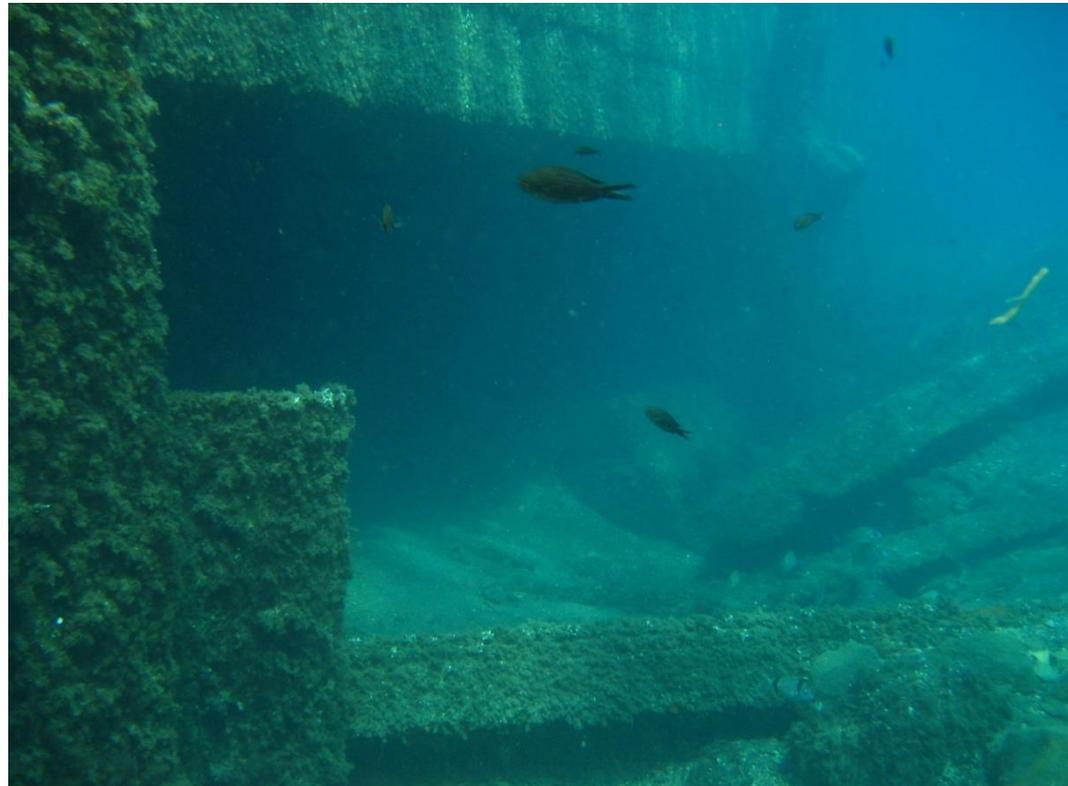
[MORACI e TONDELLO, 1996]

# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Filtri in presenza di flusso ciclico

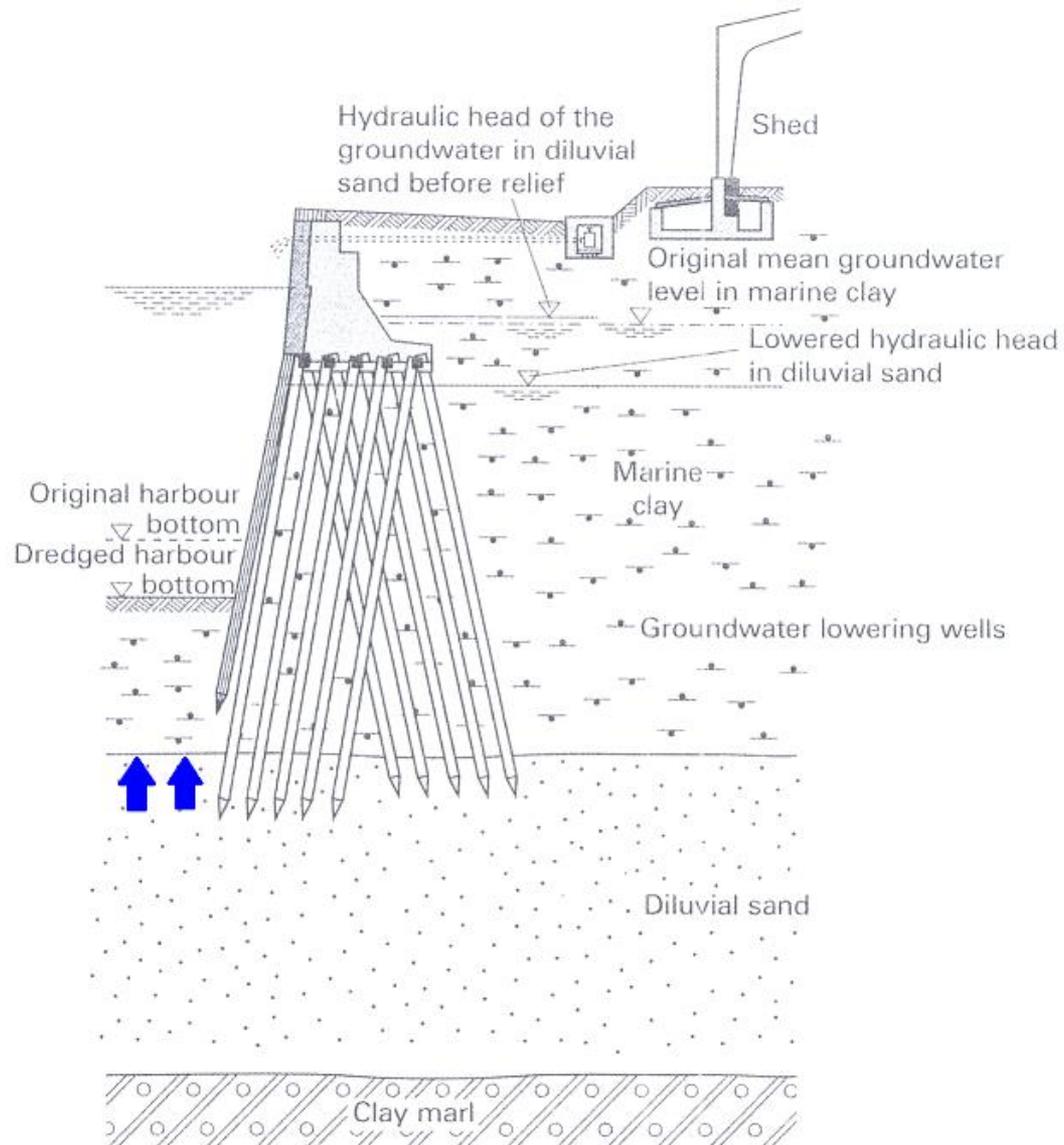


**Effetti dell'erosione attraverso le opere di fondazione**



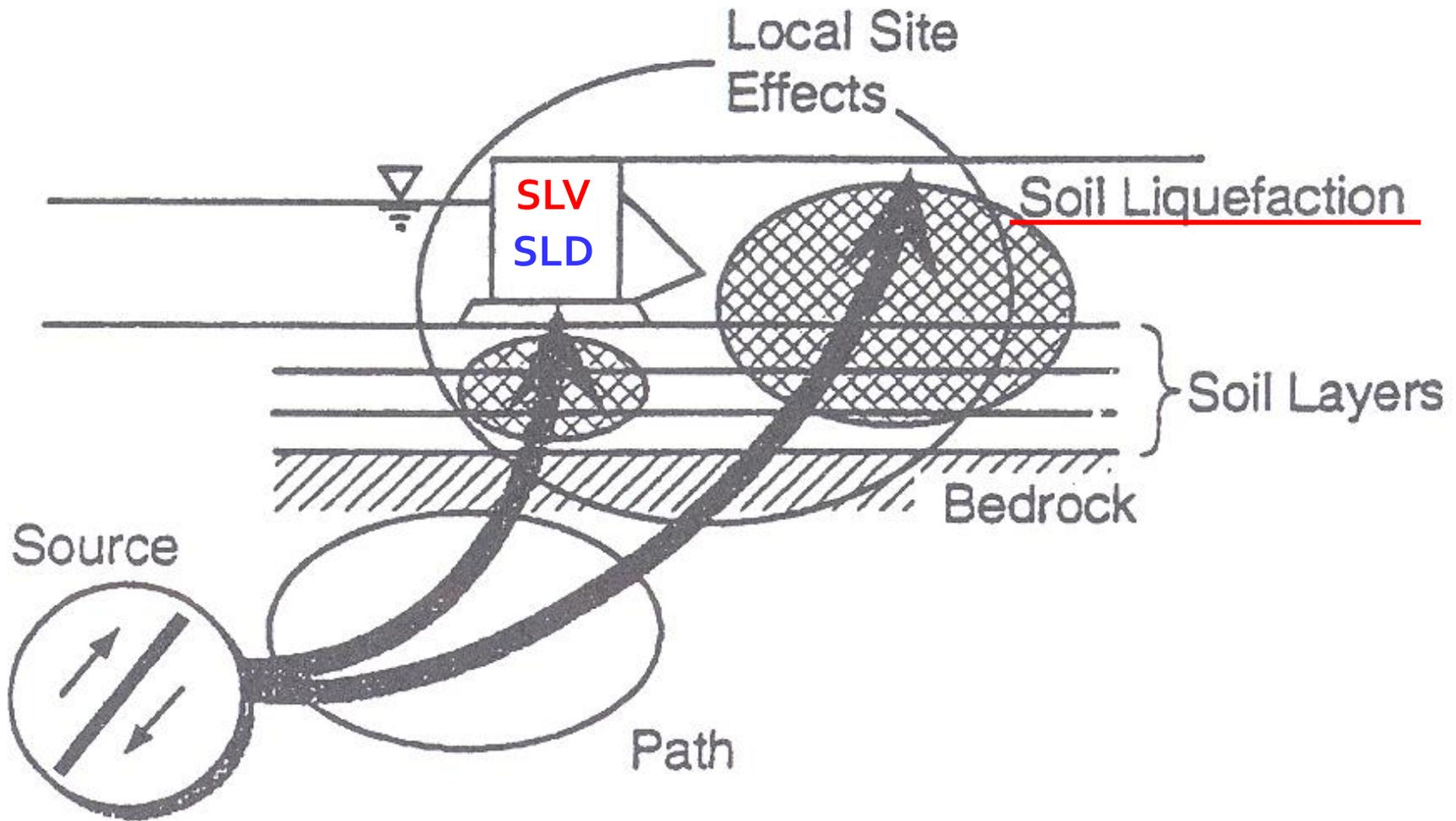
# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Verifiche di stabilità del fondo



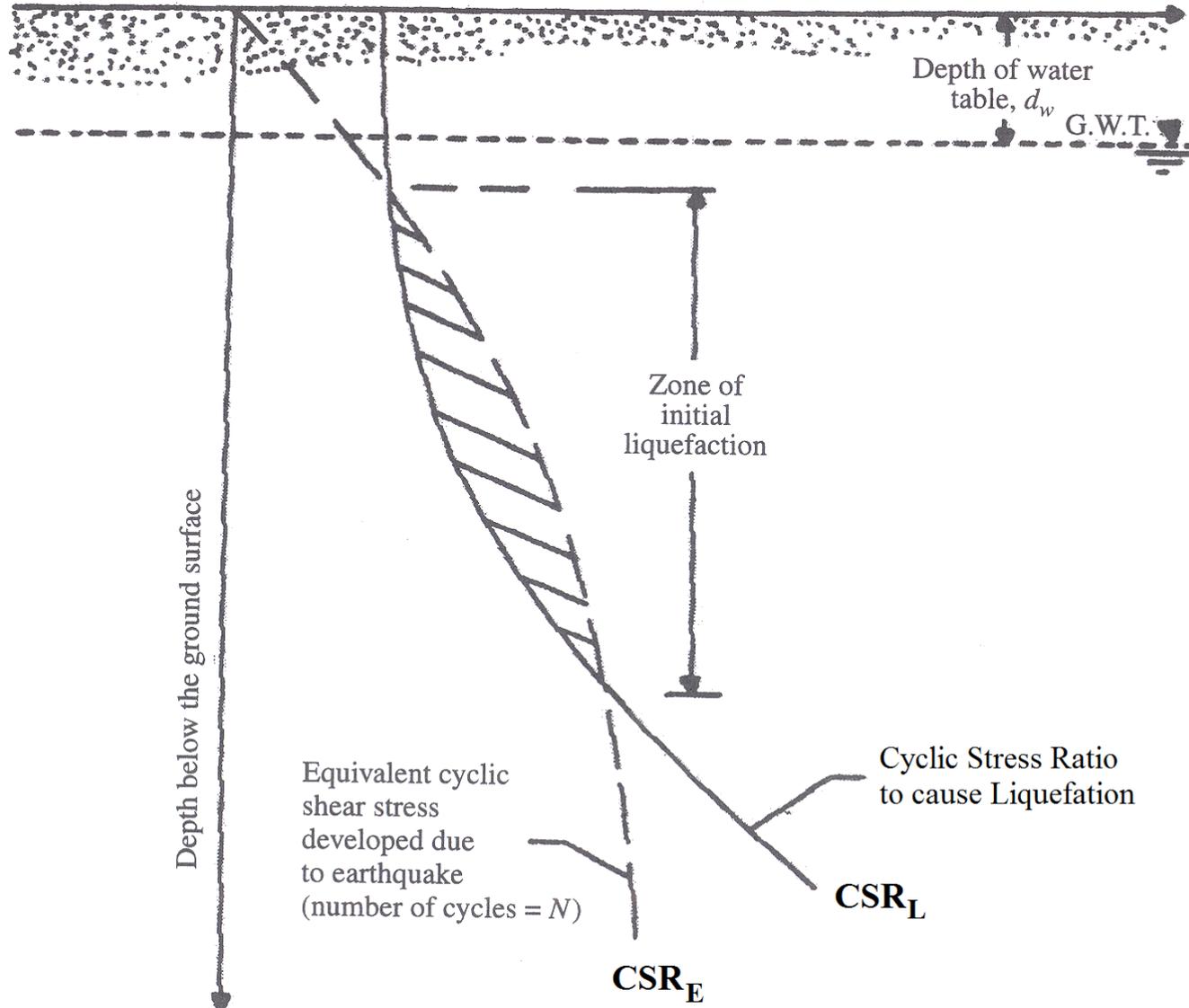
# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Verifiche in condizioni sismiche (PIANC, 2001)



# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Liquefazione dei terreni



# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

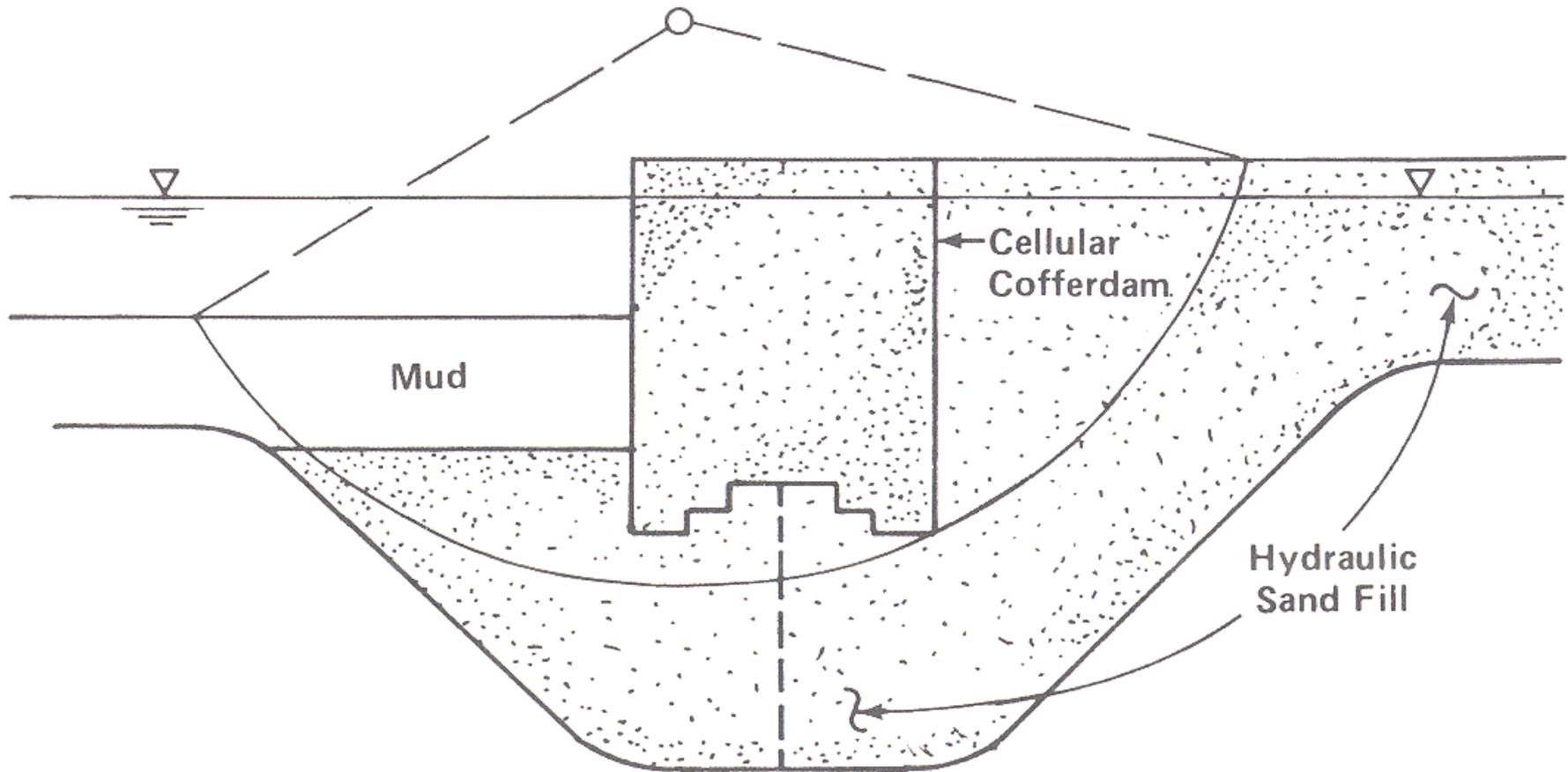
## Porto di Kobe (Giappone)

Possibili effetti della liquefazione dei terreni



# PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

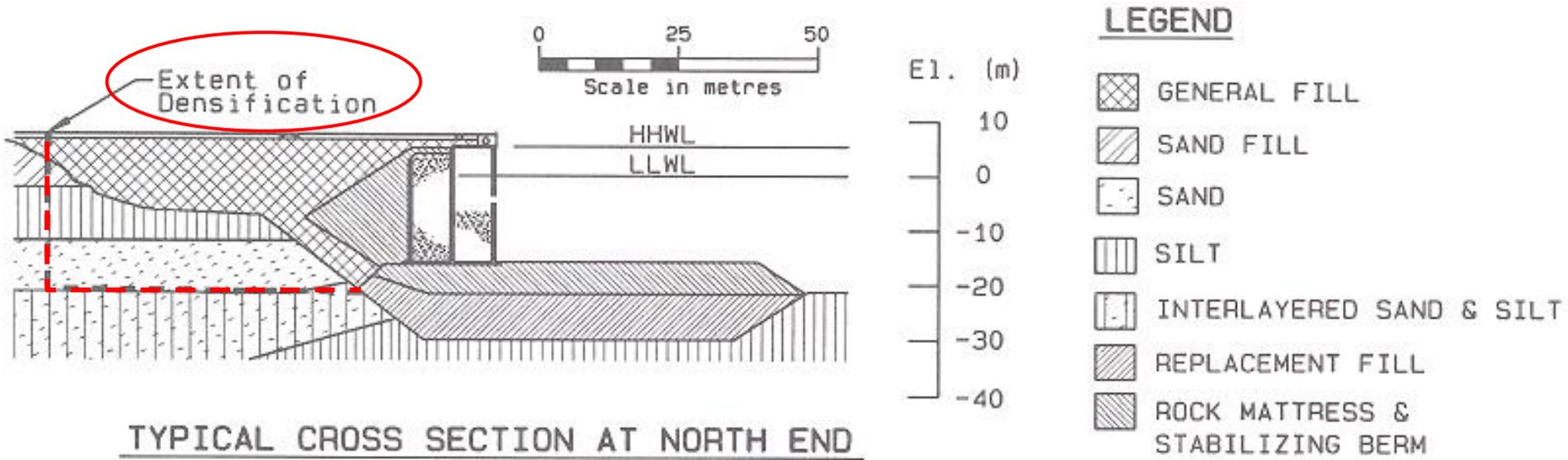
## Possibili effetti della liquefazione dei terreni



*La valutazione della resistenza alla liquefazione conduce all'individuazione dei terreni (zona punteggiata) che devono essere consolidati*

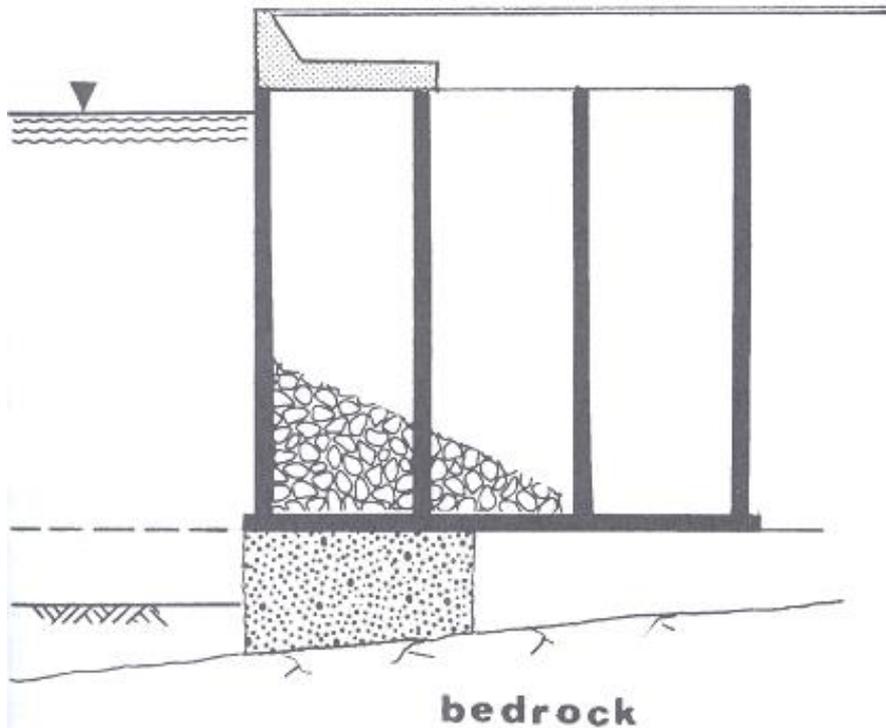
# PROGETTAZIONI COSTRUZIONI GEOTECNICHE

## Consolidamento dei terreni

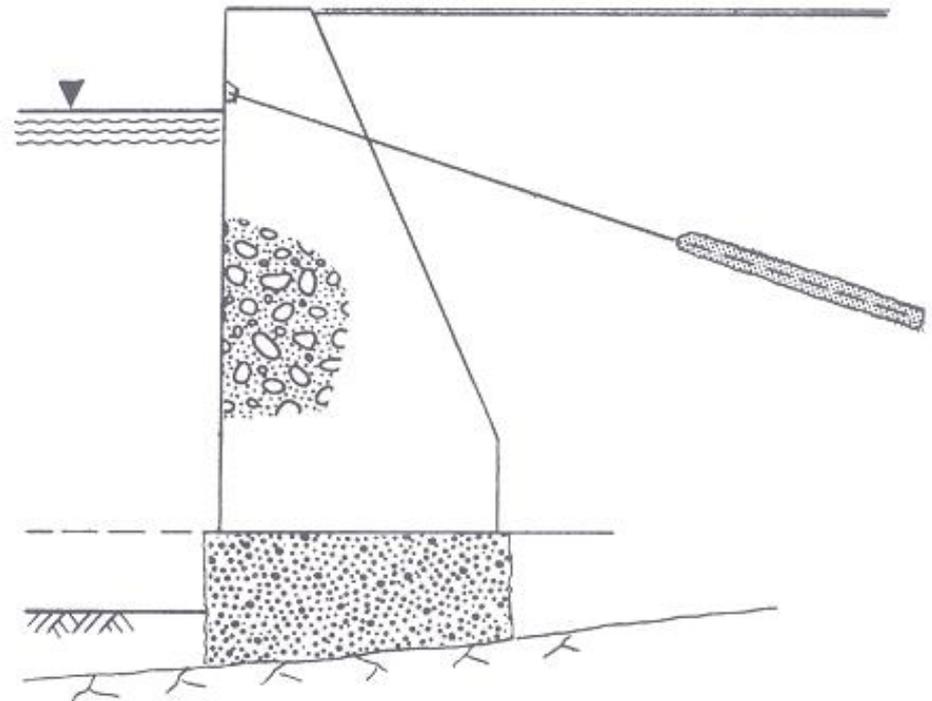


- 1. Inquadramento generale*
- 2. Analisi e progettazione*
- 3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti***
- 4. Conclusioni*

# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ ed in presenza di substrato roccioso



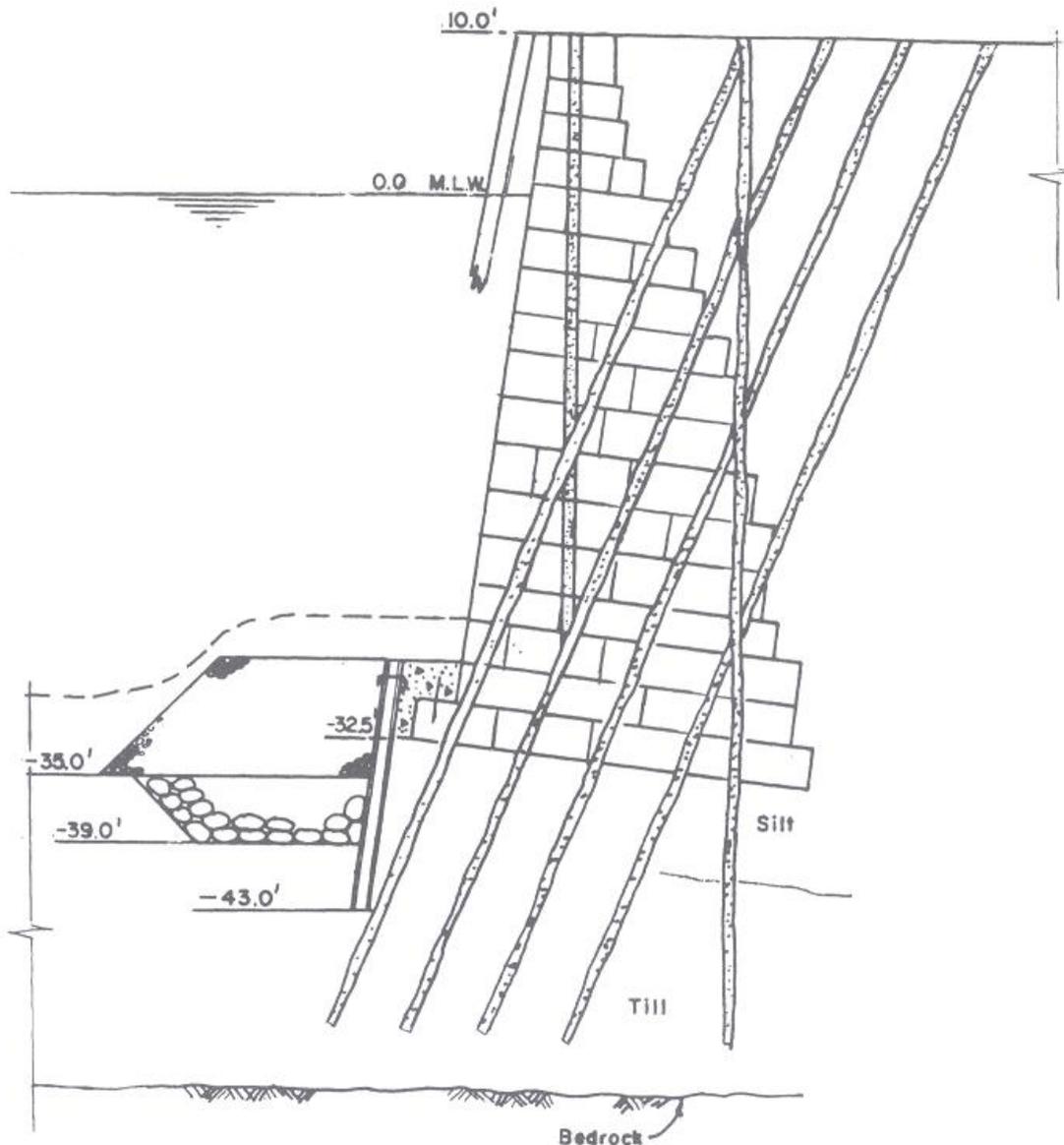
*Sottofondazione del cassone fino al substrato roccioso sottostante*



*Sottofondazione del muro a gravità fino al substrato roccioso sottostante ed inserimento di tiranti in sommità*

**In questi interventi, e nei seguenti, è di primaria importanza la riprogettazione dei sistemi drenanti a tergo in relazione agli effetti delle nuove opere**

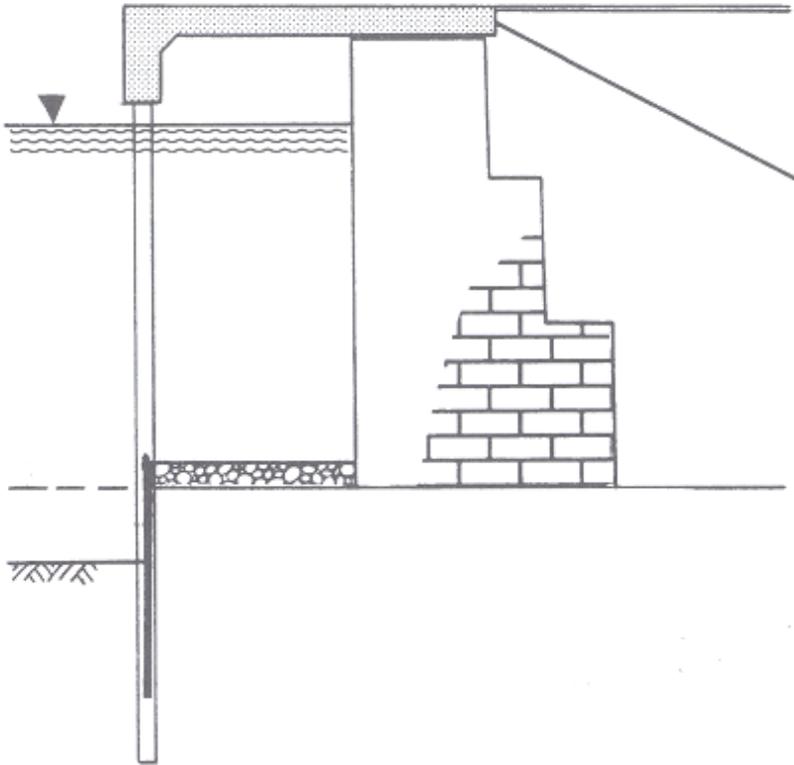
# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ e consolidamento dell'opera



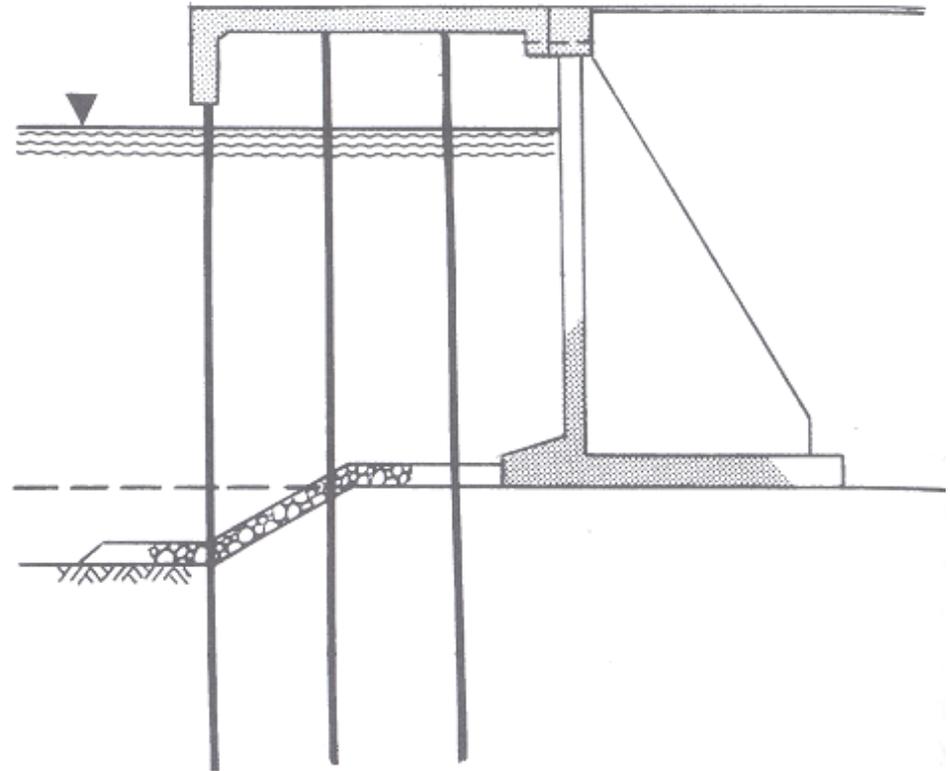
*Consolidamento del muro in blocchi di granito mediante:*

- sottofondazioni con pali di piccolo diametro inclinati*
- iniezioni di cucitura dei blocchi di granito*
- palancolato metallico e protezioni con massi del piede del muro*

# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ in terreni argillosi molli

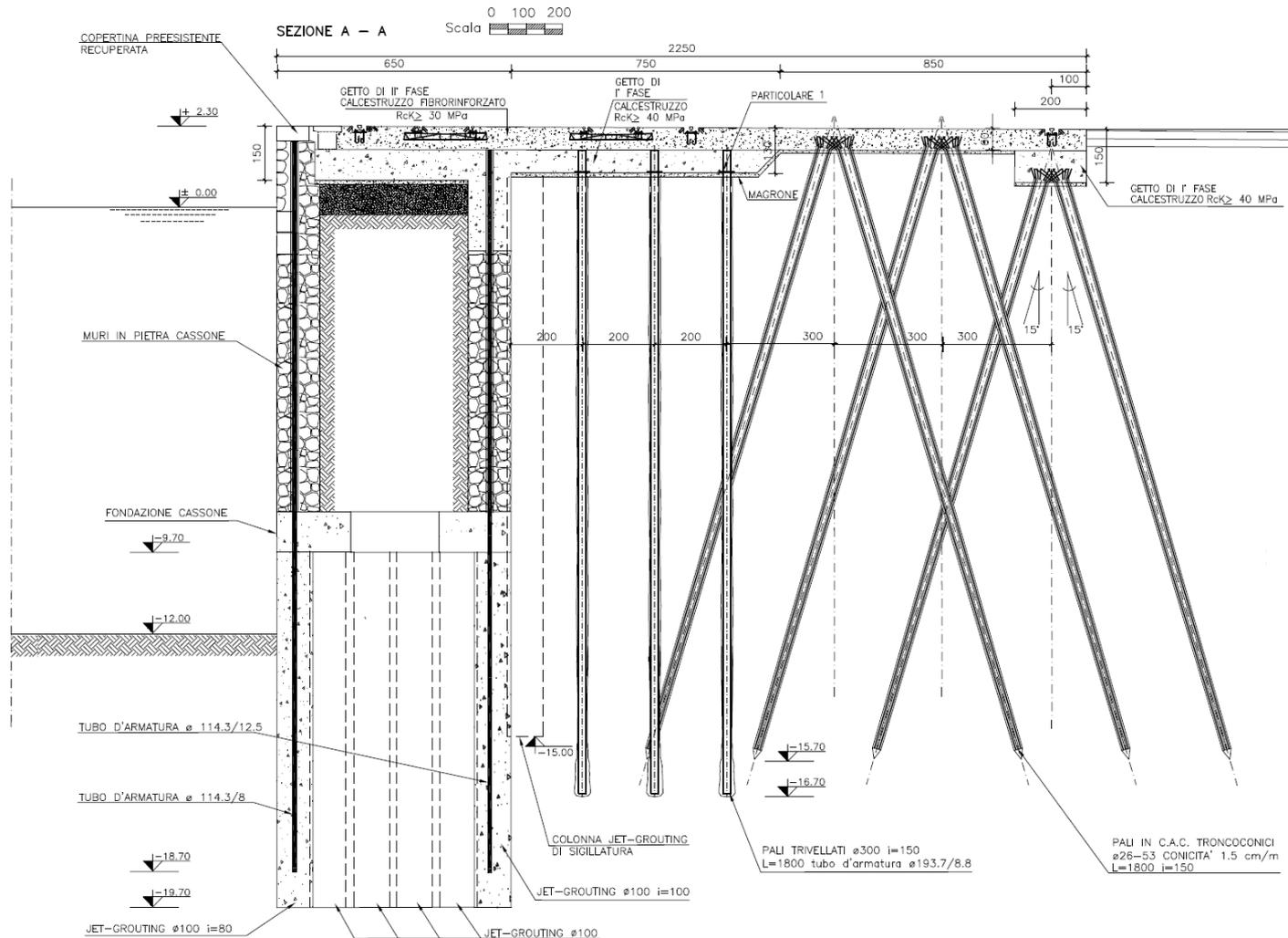


*Costruzione di una nuova banchina in avanzamento appoggiata sull'esistente e su pali di grande diametro ed ancorata in sommità con tiranti.*



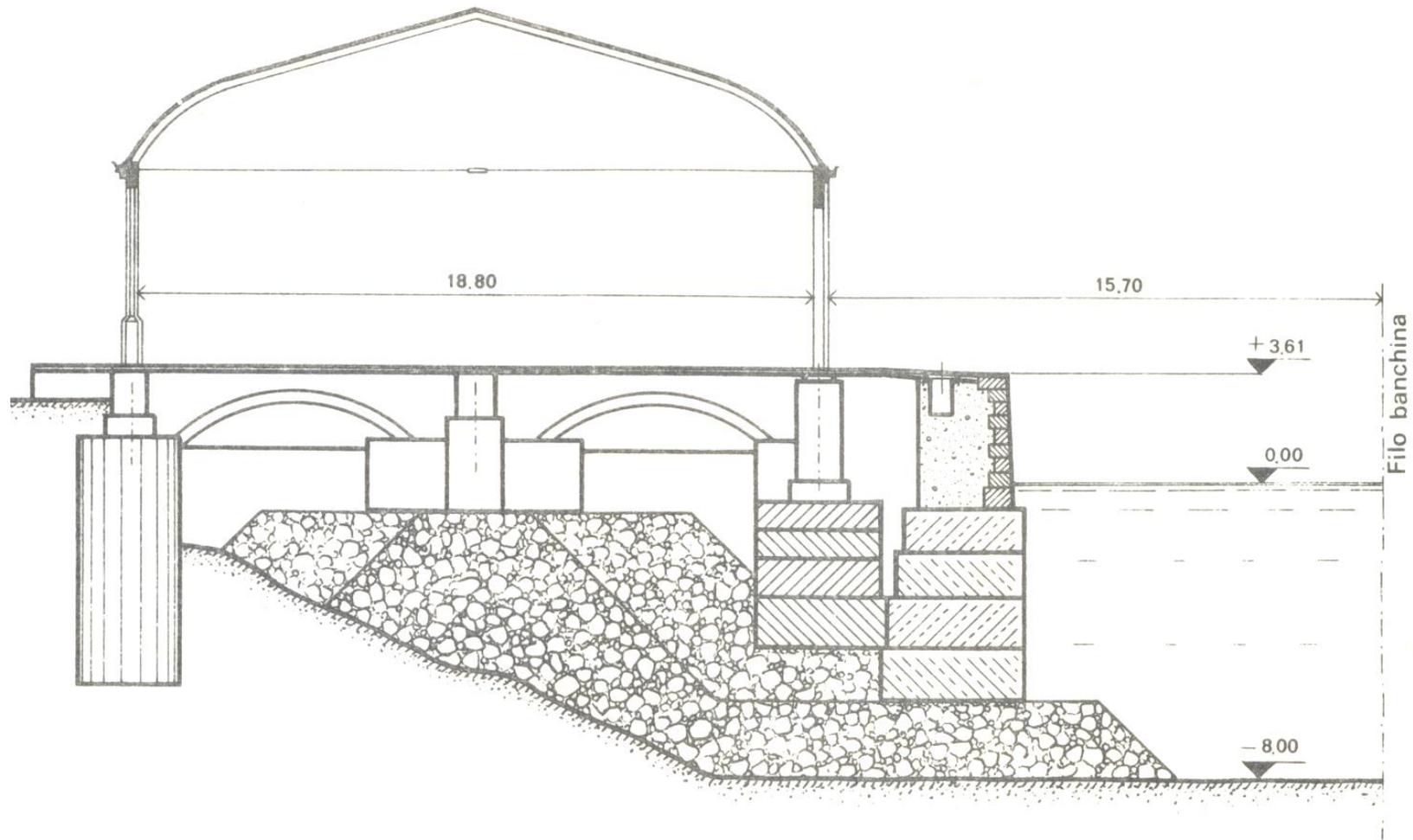
*Costruzione di una nuova banchina in avanzamento appoggiata su pali di grande diametro ed ancorata all'esistente*

# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ in terreni argillosi molli



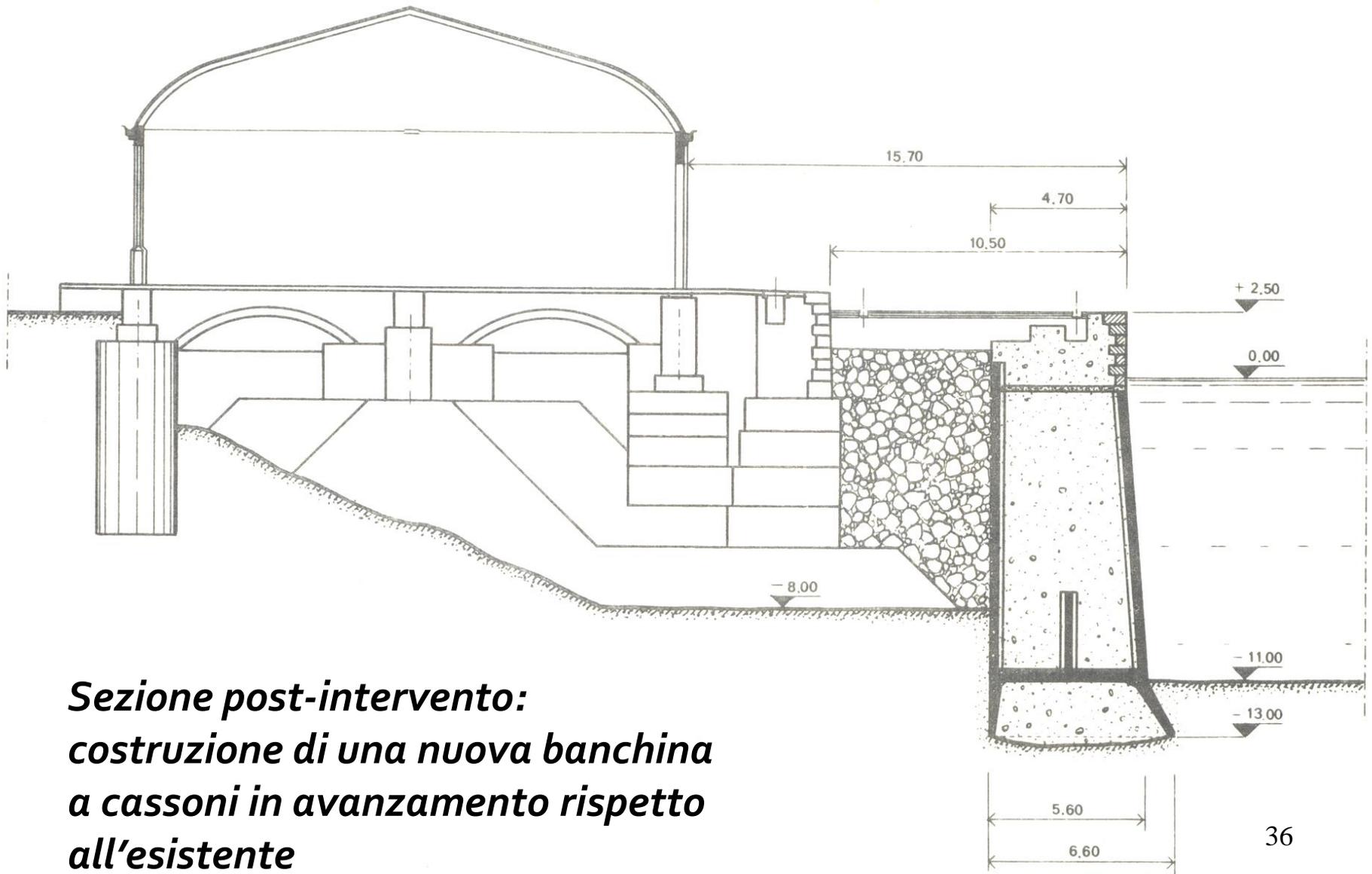
**Consolidamento del terreno con trattamento colonnare tipo jet-grouting e solettone di calcestruzzo fondato su pali trivellati di piccolo diametro e cavalletti di pali esistenti**

# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ in terreni argillosi molli – BANCHINA ISONZO A VENEZIA



*Sezione ante-intervento*

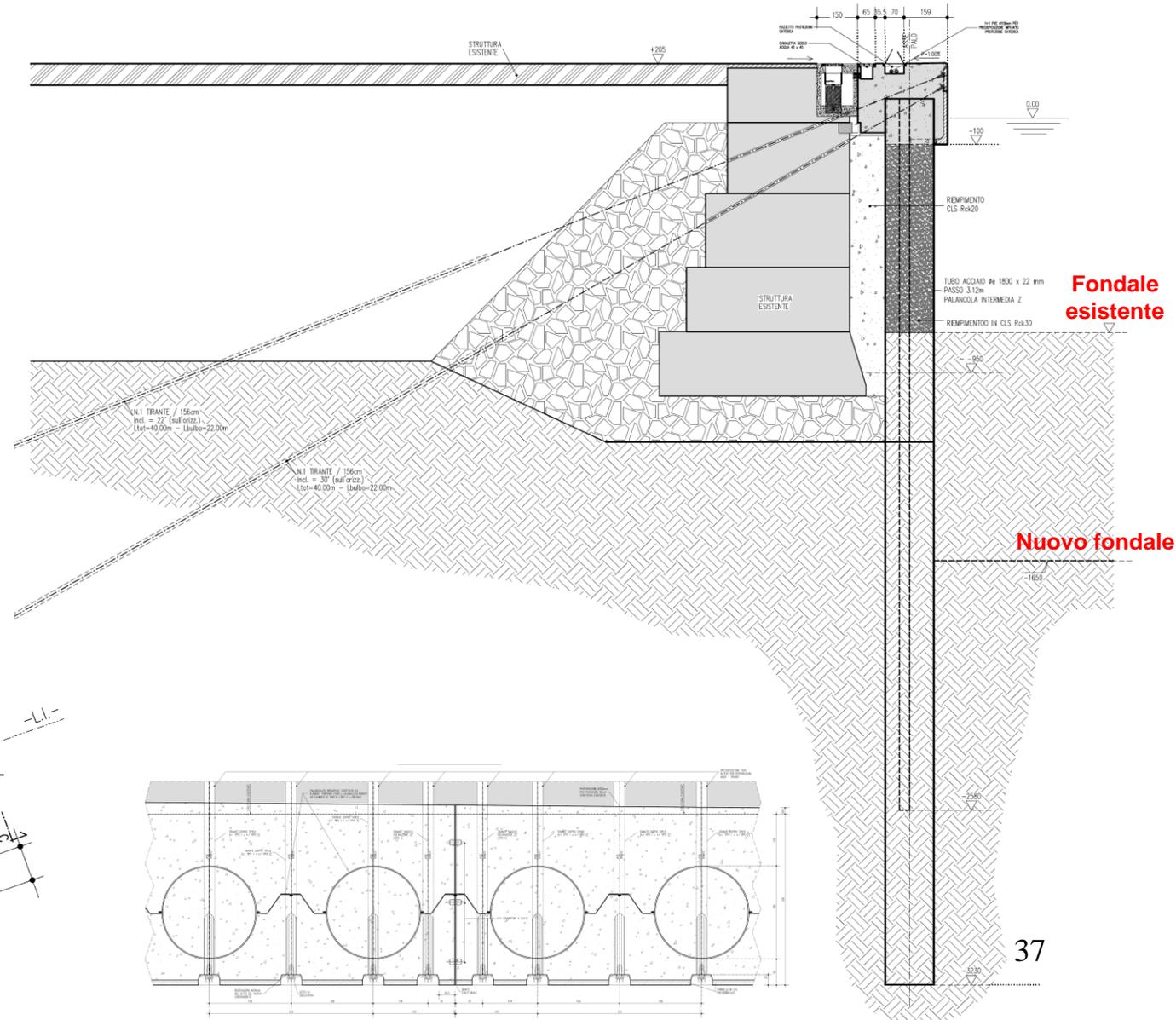
# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ in terreni argillosi molli – BANCHINA ISONZO A VENEZIA



***Sezione post-intervento:  
costruzione di una nuova banchina  
a cassoni in avanzamento rispetto  
all'esistente***

# Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ

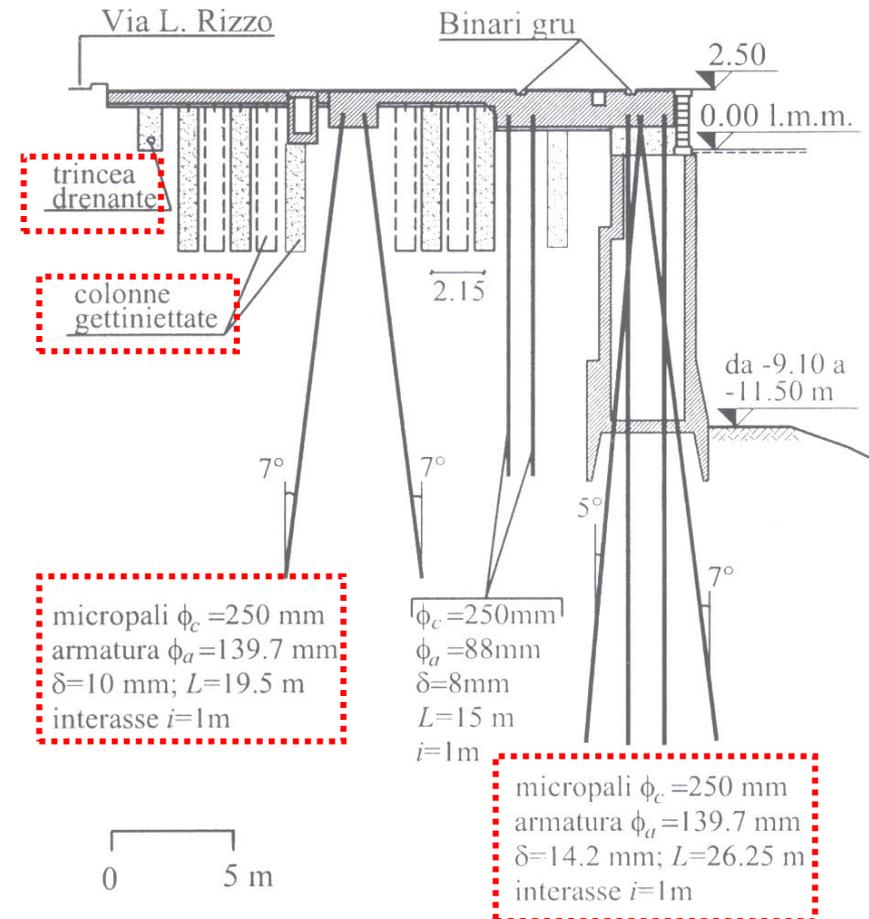
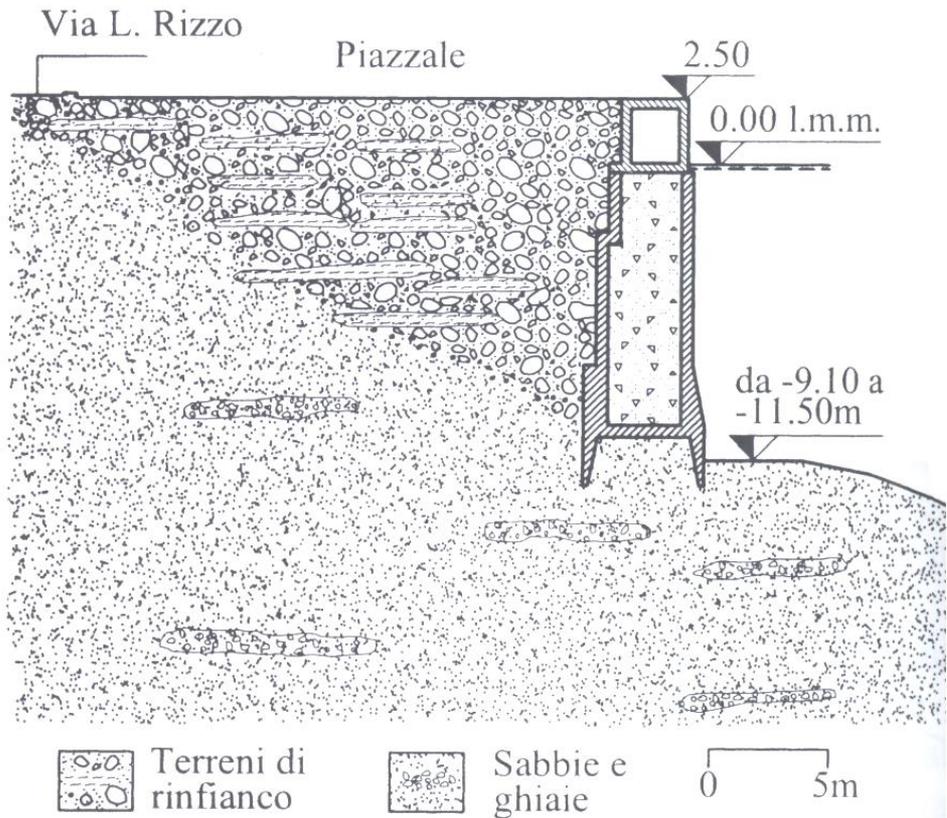
*Costruzione di una paratia mista pali + palancole metalliche ancorata in sommità con tiranti in avanzamento rispetto all'esistente e riempimento a tergo*



# RIPRISTINO E ADEGUAMENTO DELLE OPERE ESISTENTI

## Porto di MESSINA – Banchina Peloro

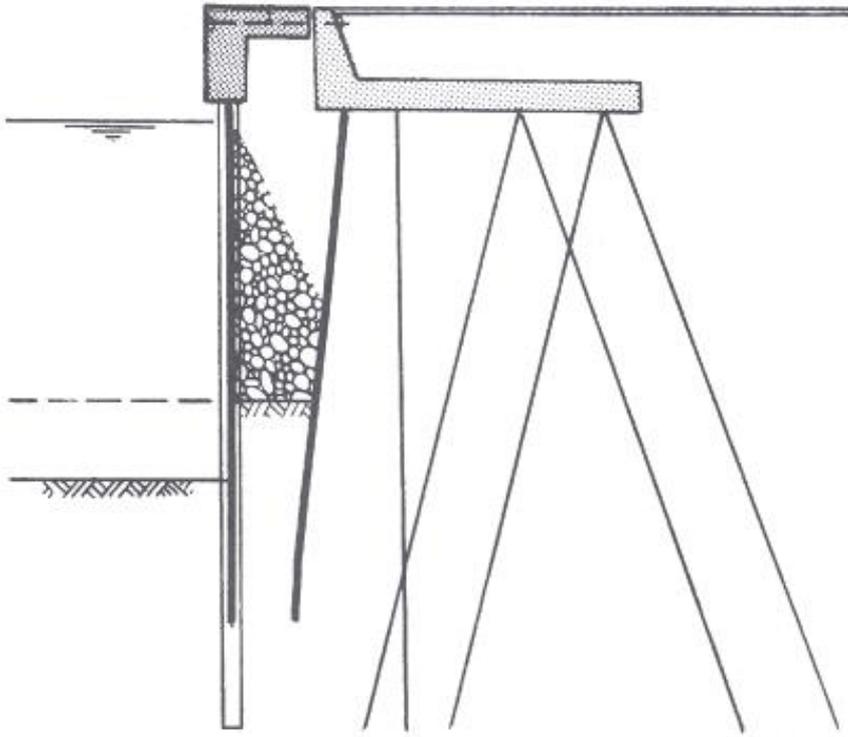
(C.Valore, M.Zicarelli, A.M.Tedesco, F.Cribari, A.Bertero 2004)



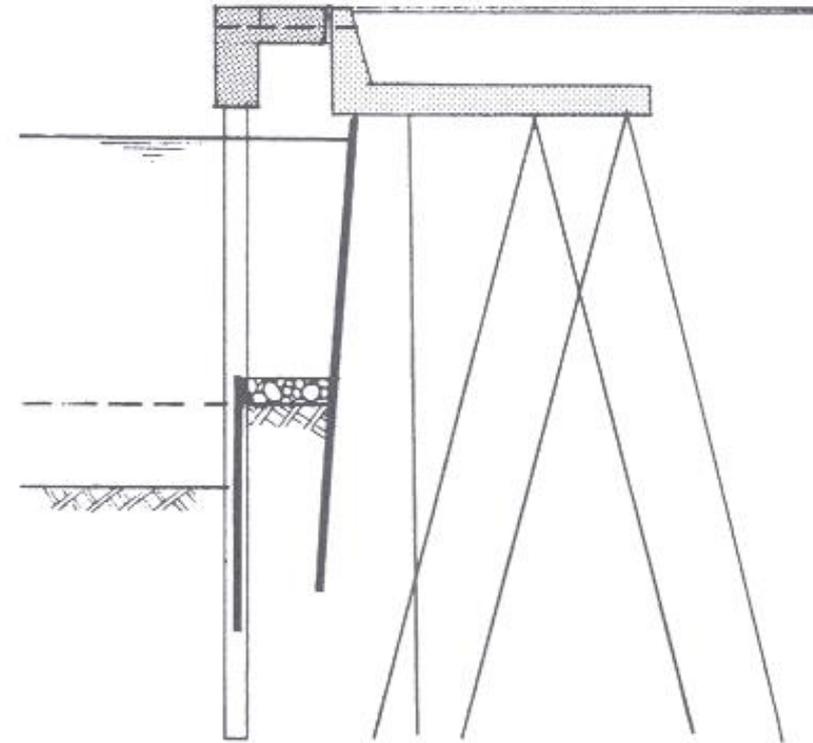
**Muro di sponda esistente costituito da cassoni autoaffondanti in calcestruzzo armato**

**Consolidamento del muro con micropali, cavalletto di ancoraggio collegato mediante solettone in c.a. e colonne gettinate**

# Approfondimento dei fondali di BANCHINE DANESI (Banchina a diaframma ancorata mediante soletta in c.a. e pali inclinati)



*Costruzione di un palancoleto metallico in avanzamento rispetto all'esistente e riempimento a tergo, previa realizzazione di trave di coronamento/collegamento all'esistente*



*Infissione di pali di grande diametro in avanzamento rispetto all'esistente e trave di coronamento in sommità per il collegamento all'esistente*

- 1. Inquadramento generale*
- 2. Analisi e progettazione*
- 3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti*
- 4. Conclusioni**

# LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE

1. Esame della documentazione relativa all'evoluzione temporale dell'opera e rilievo topografico di estensione adeguata alle problematiche in esame
2. Descrizione dei materiali impiegati nella costruzione delle opere
3. Indagini e caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce
4. Studio del regime idraulico dei terreni e sugli scanni di fondazione in relazione al moto ondoso

# LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE

5. Analisi e verifica dei dispositivi di controllo delle filtrazione e di drenaggio.
6. Analisi del comportamento dell'opera in condizioni di stato limite ultimo (SLU) e di stato limite di esercizio (SLE) ed in condizioni sismiche
7. Descrizione delle fasi e delle modalità costruttive degli interventi
8. Progetto del piano di controllo e monitoraggio

***GRAZIE DELL'ATTENZIONE***