

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

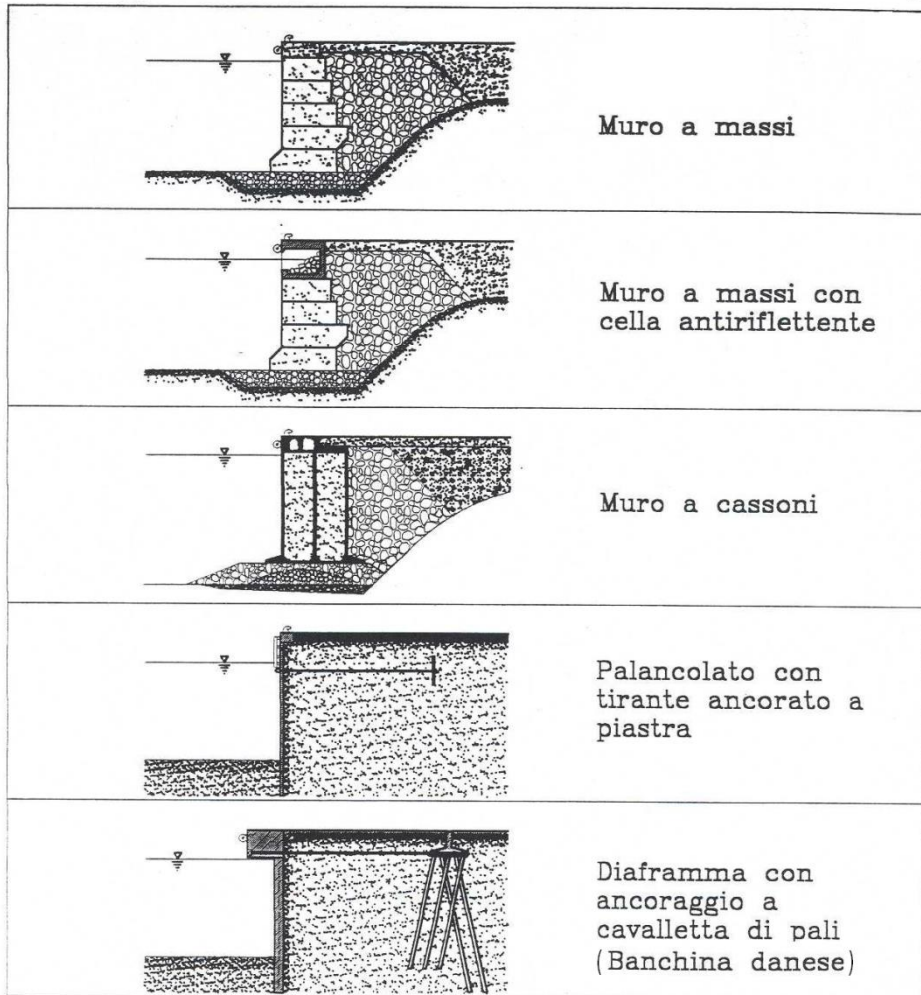
2. Analisi e progettazione

3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti

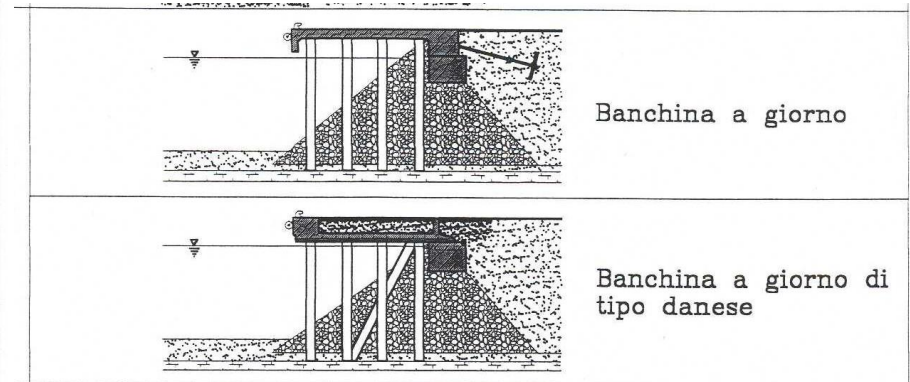
4. Conclusioni

Classificazione delle OPERE DI ACCOSTO (PIANC 2001)

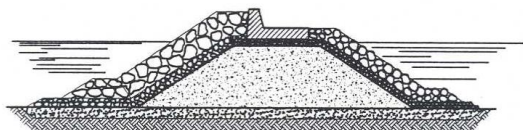
Opere interne a parete verticale



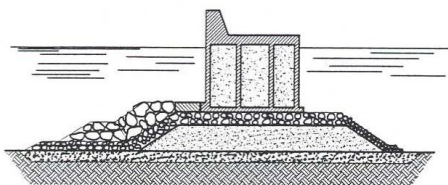
Opere interne a giorno



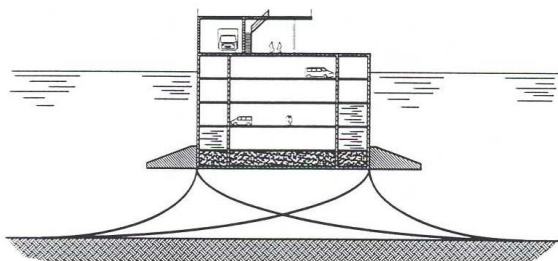
Opere esterne



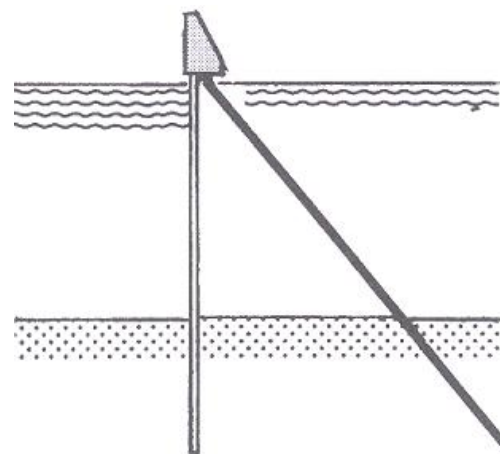
DIGA A GETTATA



DIGA A CASSONI

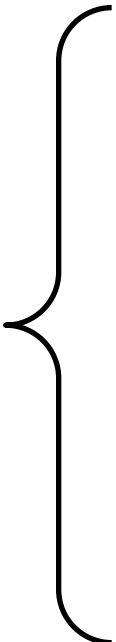


CASSONI GALLEGGIANTI

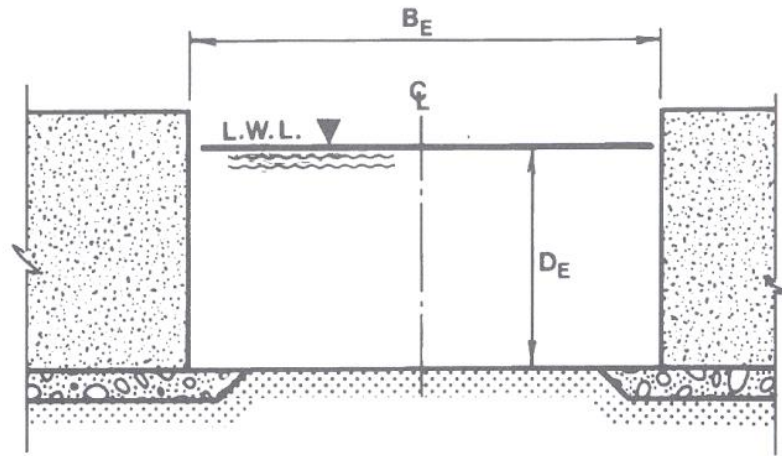


STRUTTURE CON PALI E PALANCOLE

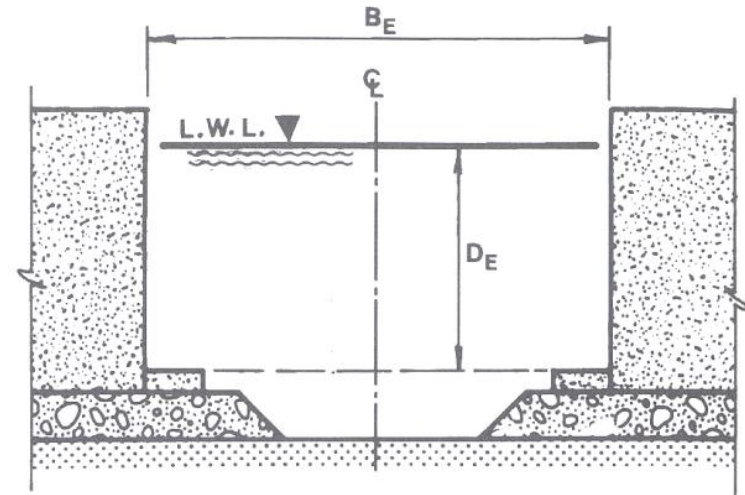
INTERFERENZE LEGATE A:

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

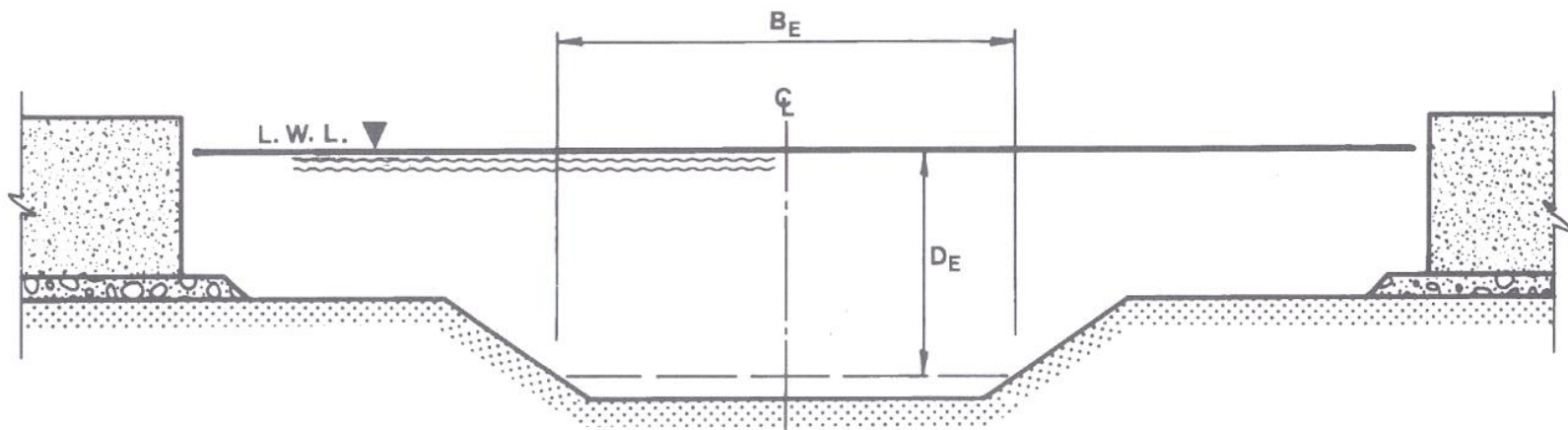
Approfondimento dei fondali e modifica dei tracciati dei canali di accesso



(a)

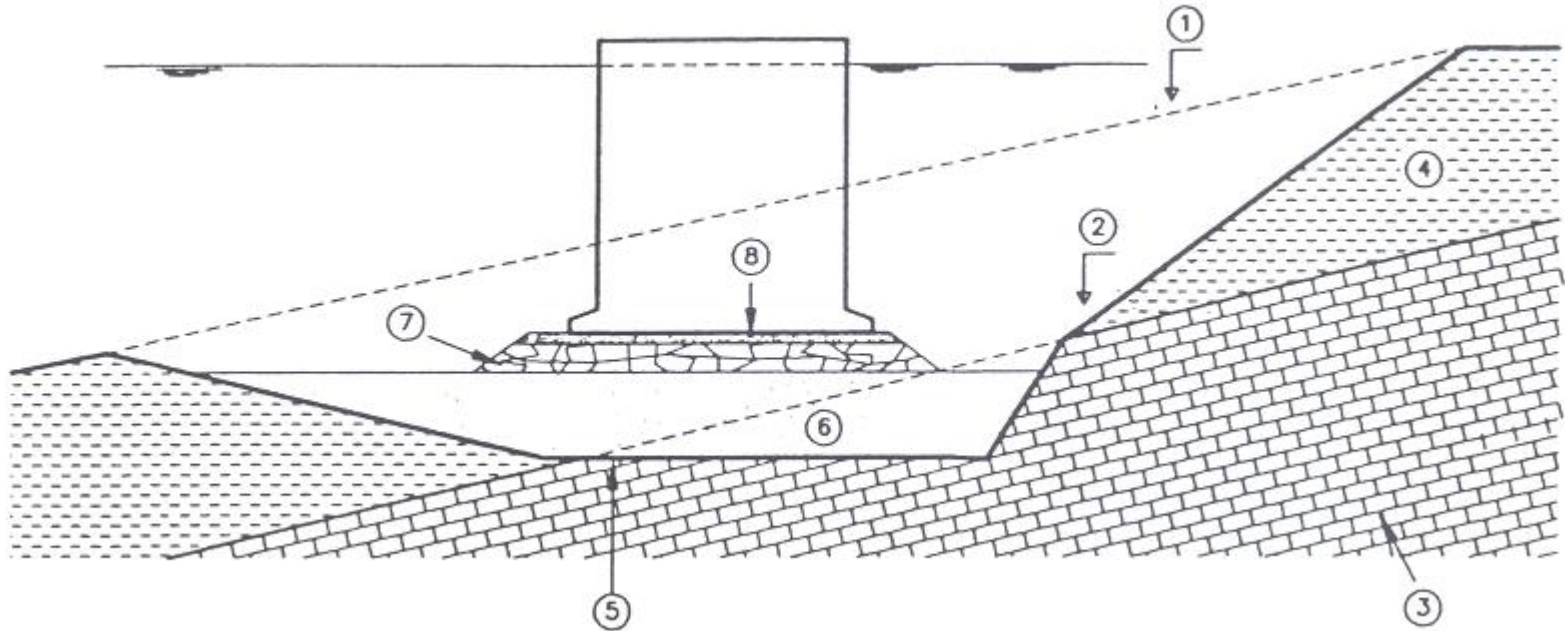


(b)



(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

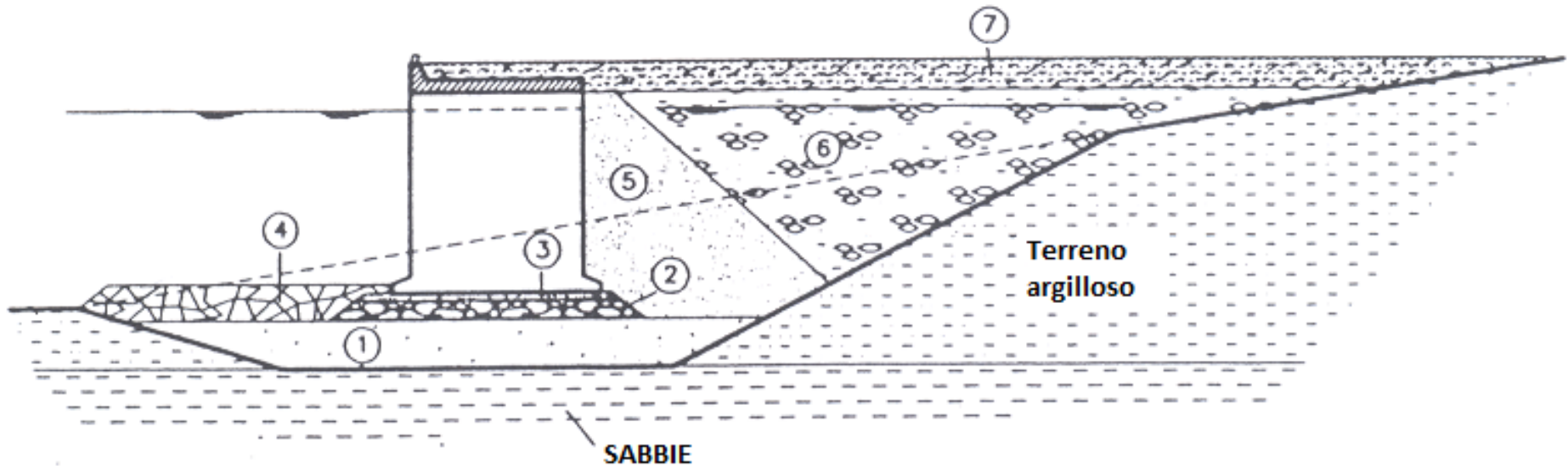
Caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito

- 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

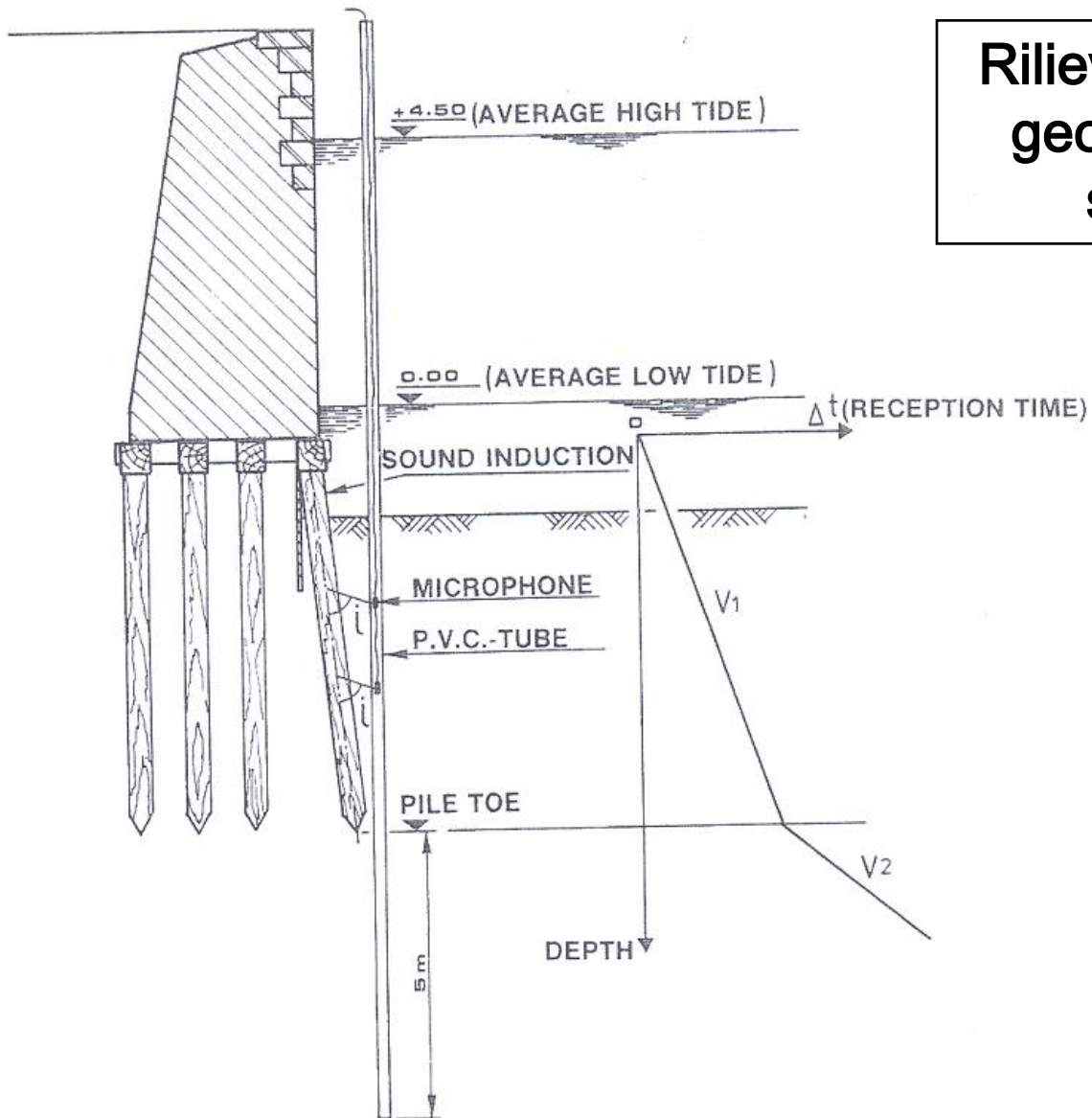


- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. <i>Riempimento con sabbia*</i> | 5. <i>Riempimento con materiale granulare*</i> |
| 2. <i>Scanno in pietrame*</i> | 6. <i>Riempimento *</i> |
| 3. <i>Strato di livellamento*</i> | 7. <i>Sottofondo e strati di fondazione con terreno compattato *</i>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

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

Rilievo delle opere esistenti

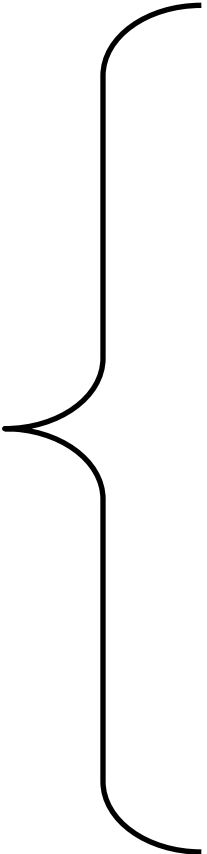
Rilievo delle caratteristiche geometriche delle opere strutturali esistenti



Progettazione geotecnica

- NTC 14/01/2008 -

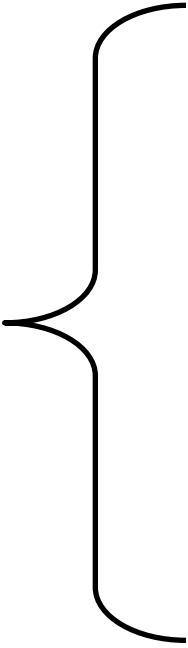
Verifiche:

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

Progettazione geotecnica

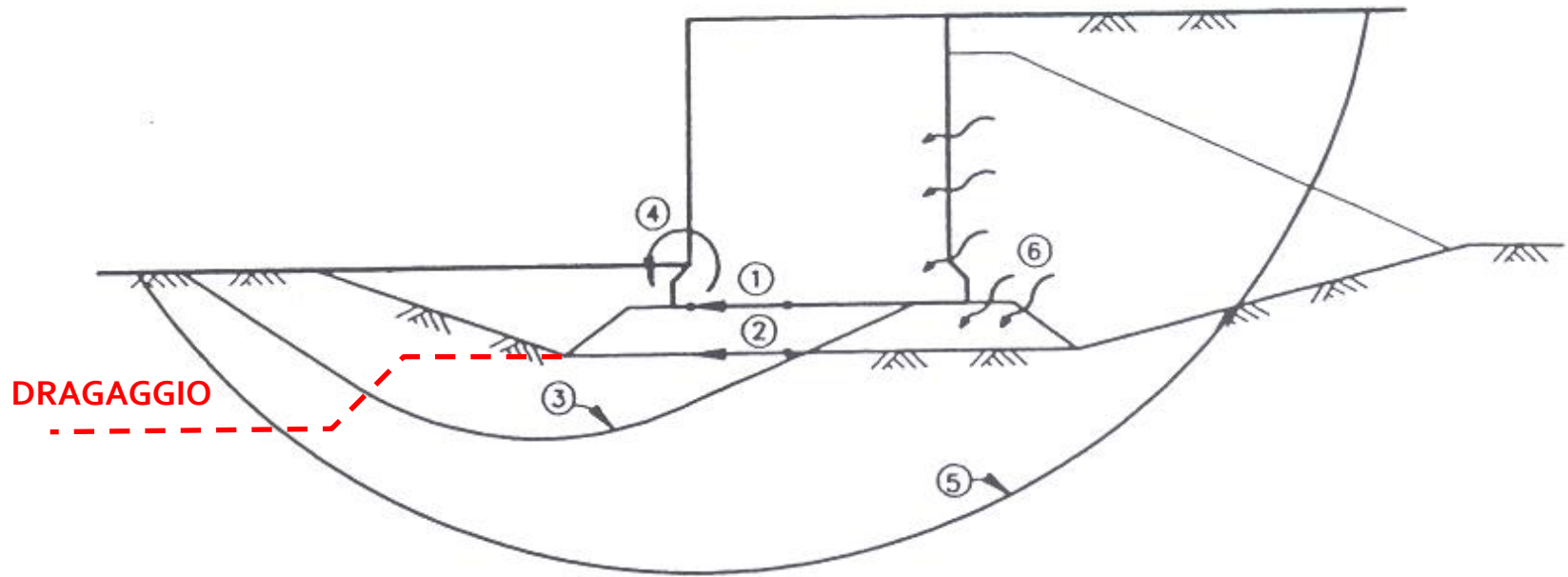
- NTC 14/01/2008 -

Verifiche:

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

PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

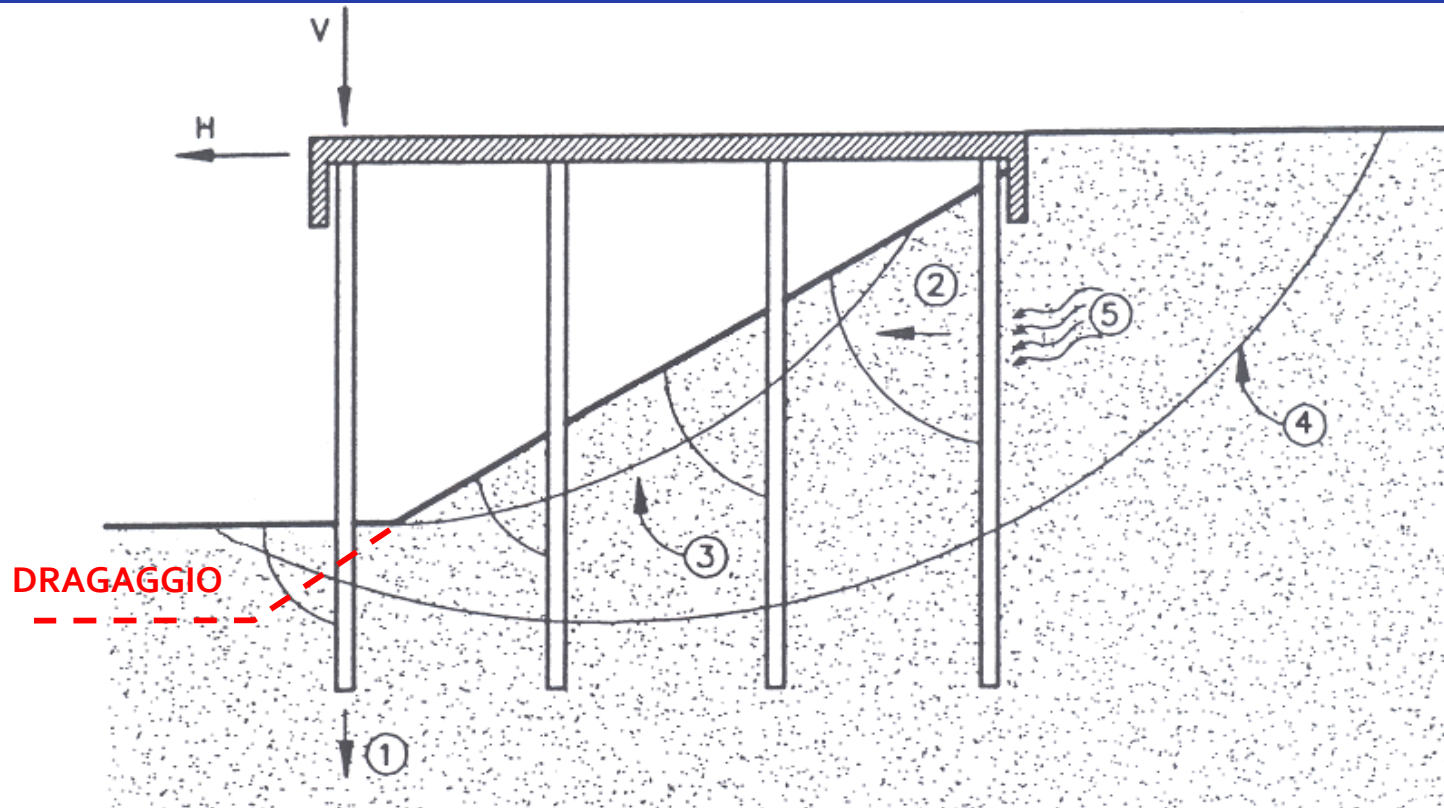
Verifiche agli Stati Limite Ultimi - Banchine a gravità



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

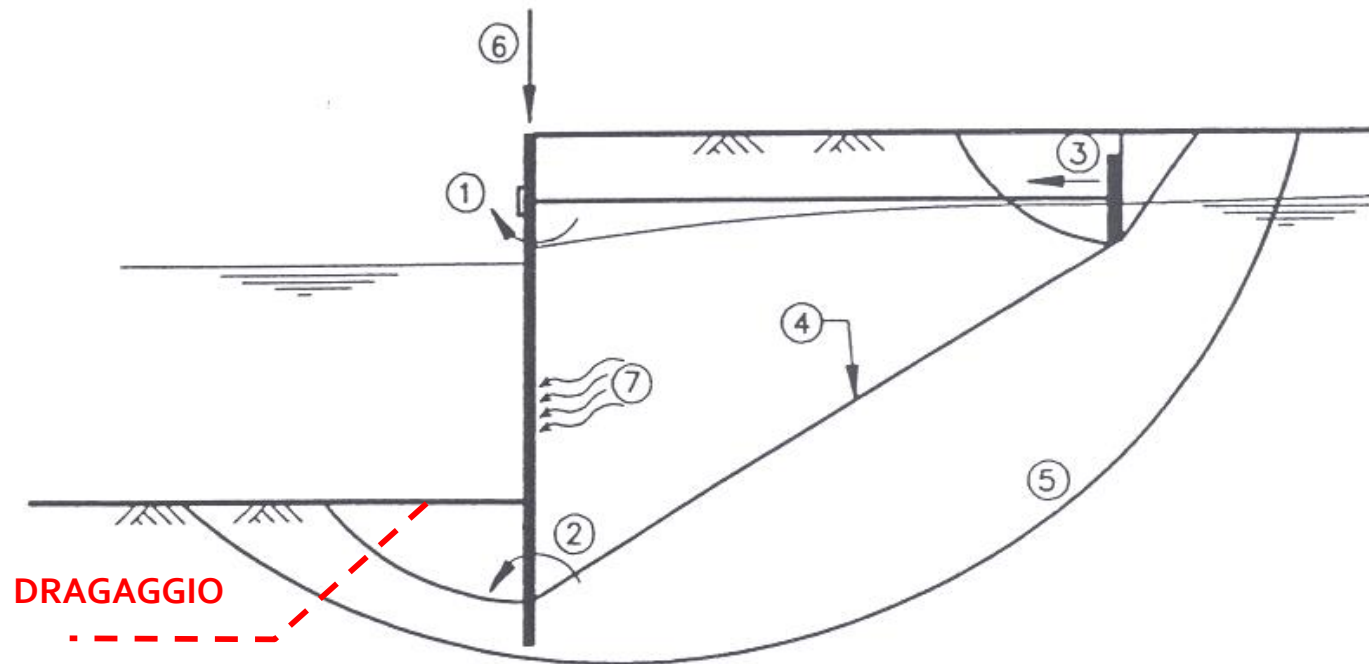
Verifiche agli Stati Limite Ultimi-Banchine a giorno su pali



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

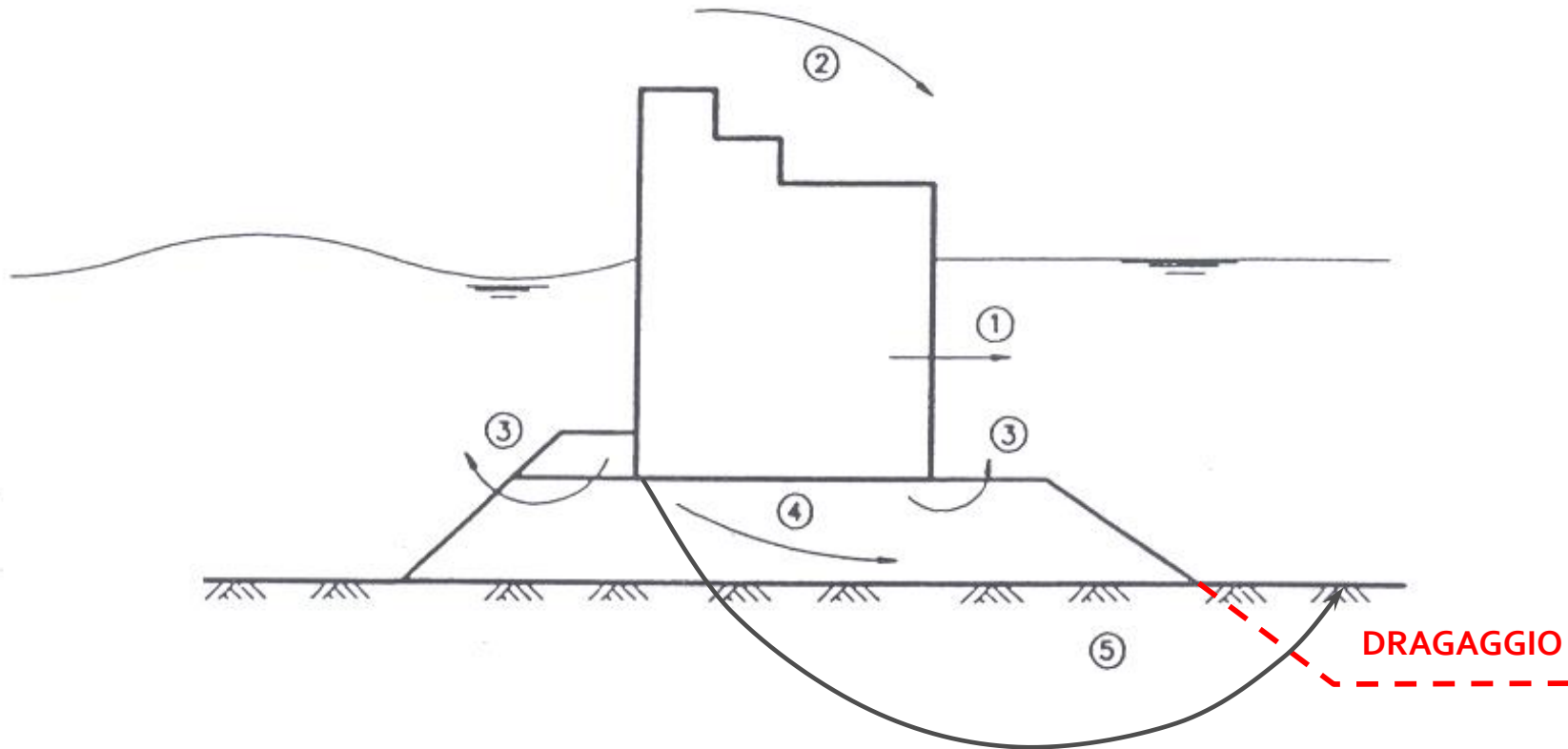
Verifiche SLU - Banchine a diaframma ancorate



- 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

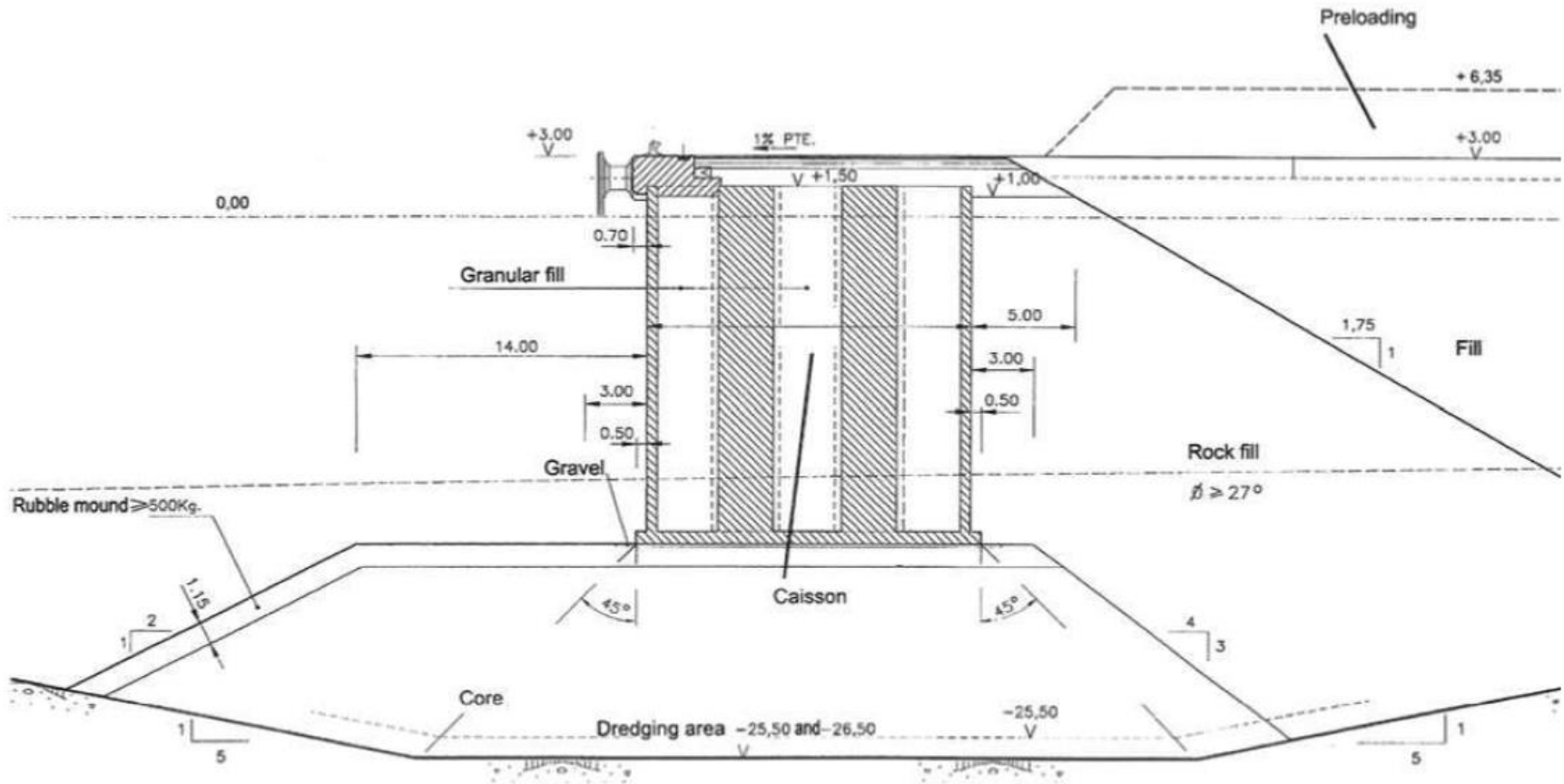


1. *Scorrimento sul piano di posa*
2. *Ribaltamento*
3. *Funzione drenante e filtrante al piede*
4. *Collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno*
5. *Stabilità globale del complesso opera-terreno*

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

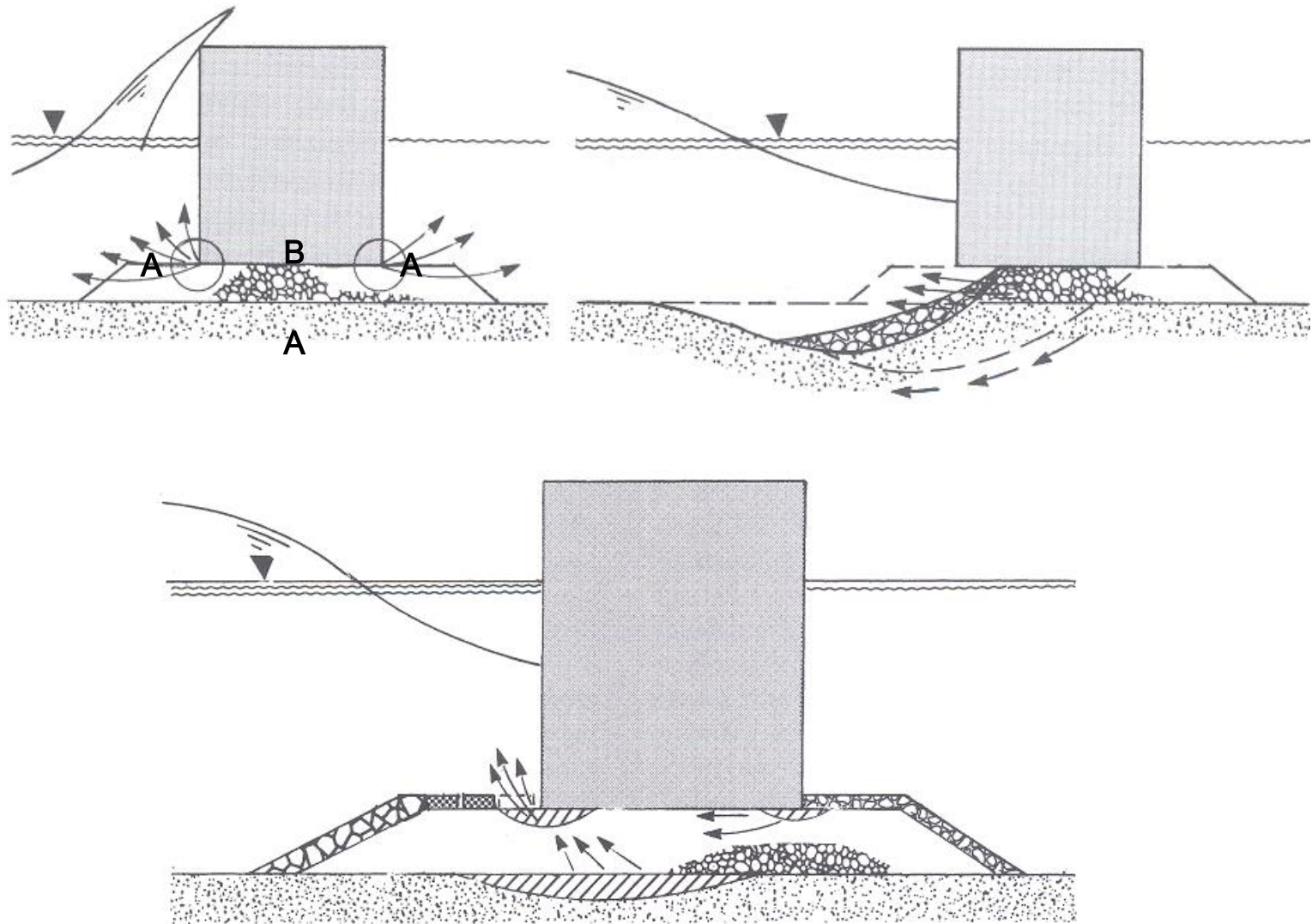
PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

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



PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

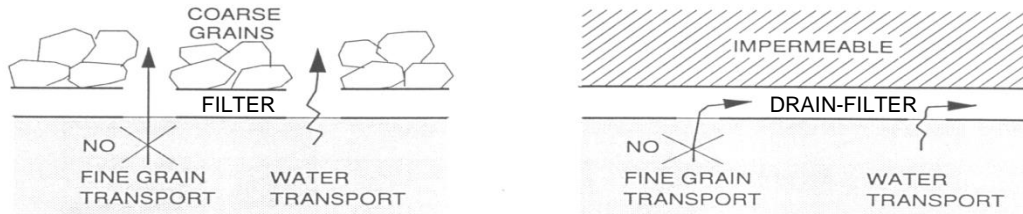
Filtri in presenza di flusso ciclico



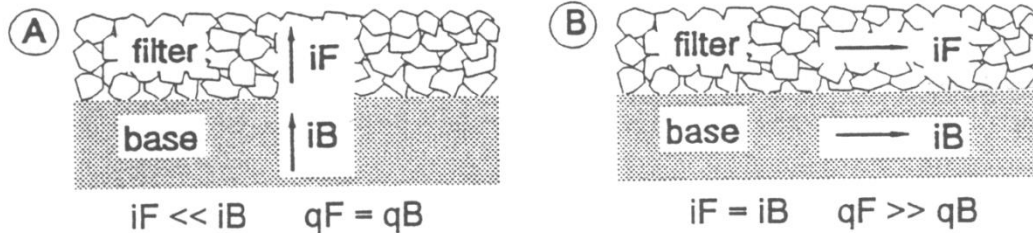
Possibili meccanismi di rottura per stato limite dei filtri

PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

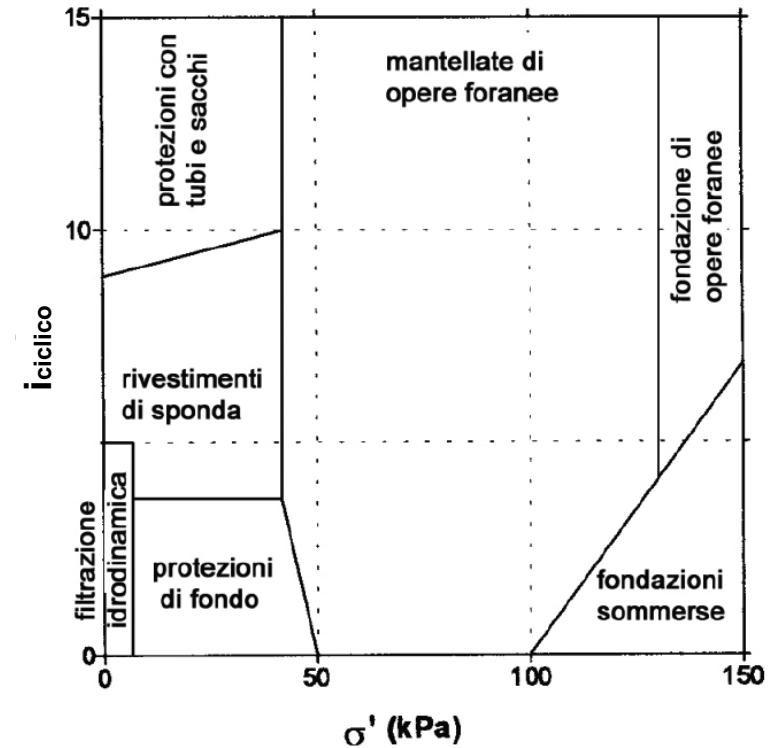
Funzione drenante e filtrante



Condizioni di stabilità all'interfaccia geotessile - terreno



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

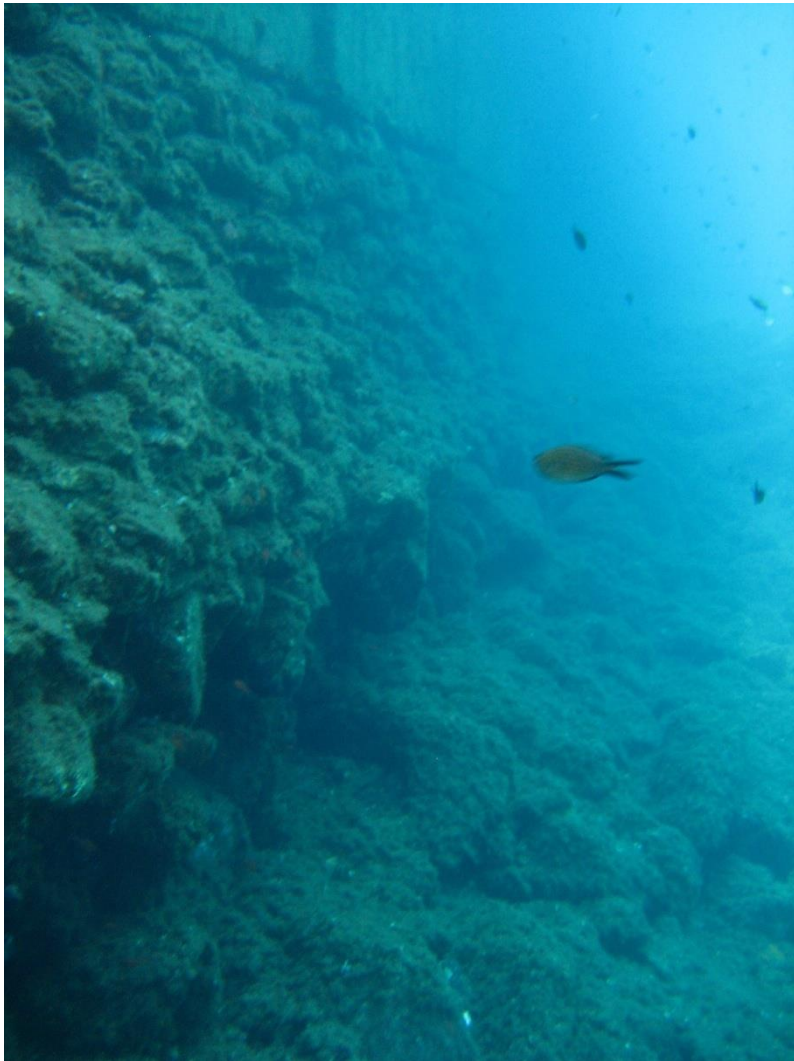


Condizioni al contorno in regime di FLUSSO CICLICO

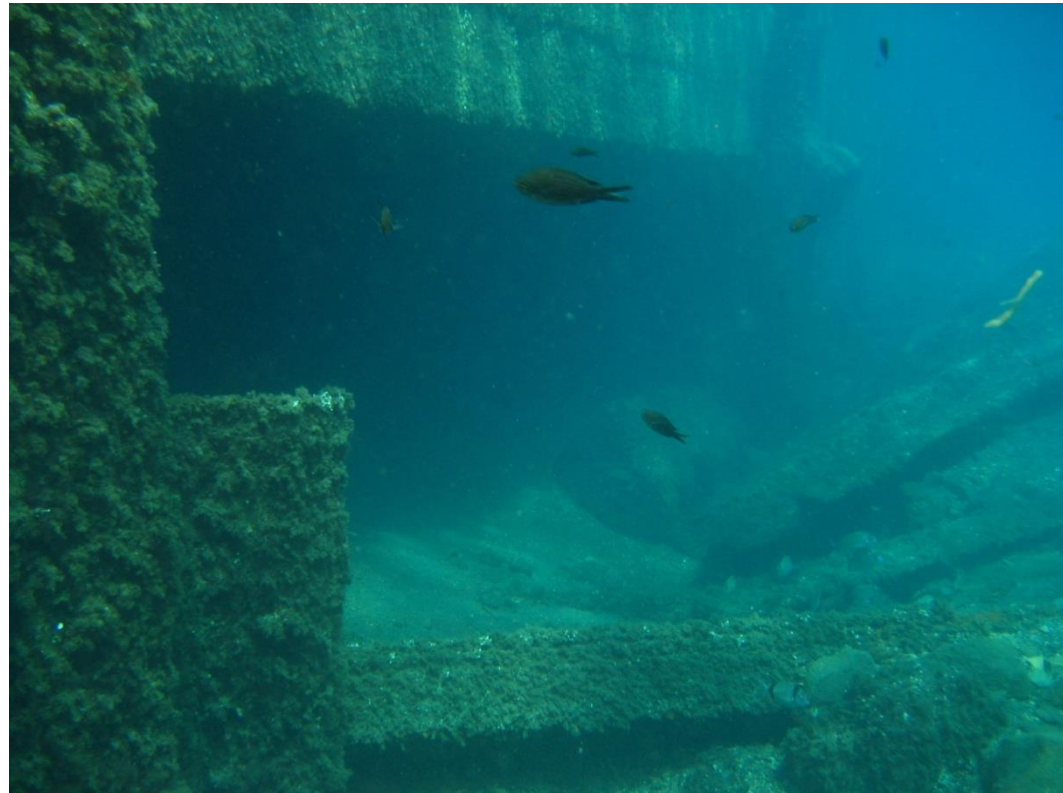
[MORACI e TONDELLO, 1996]

PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Filtri in presenza di flusso ciclico

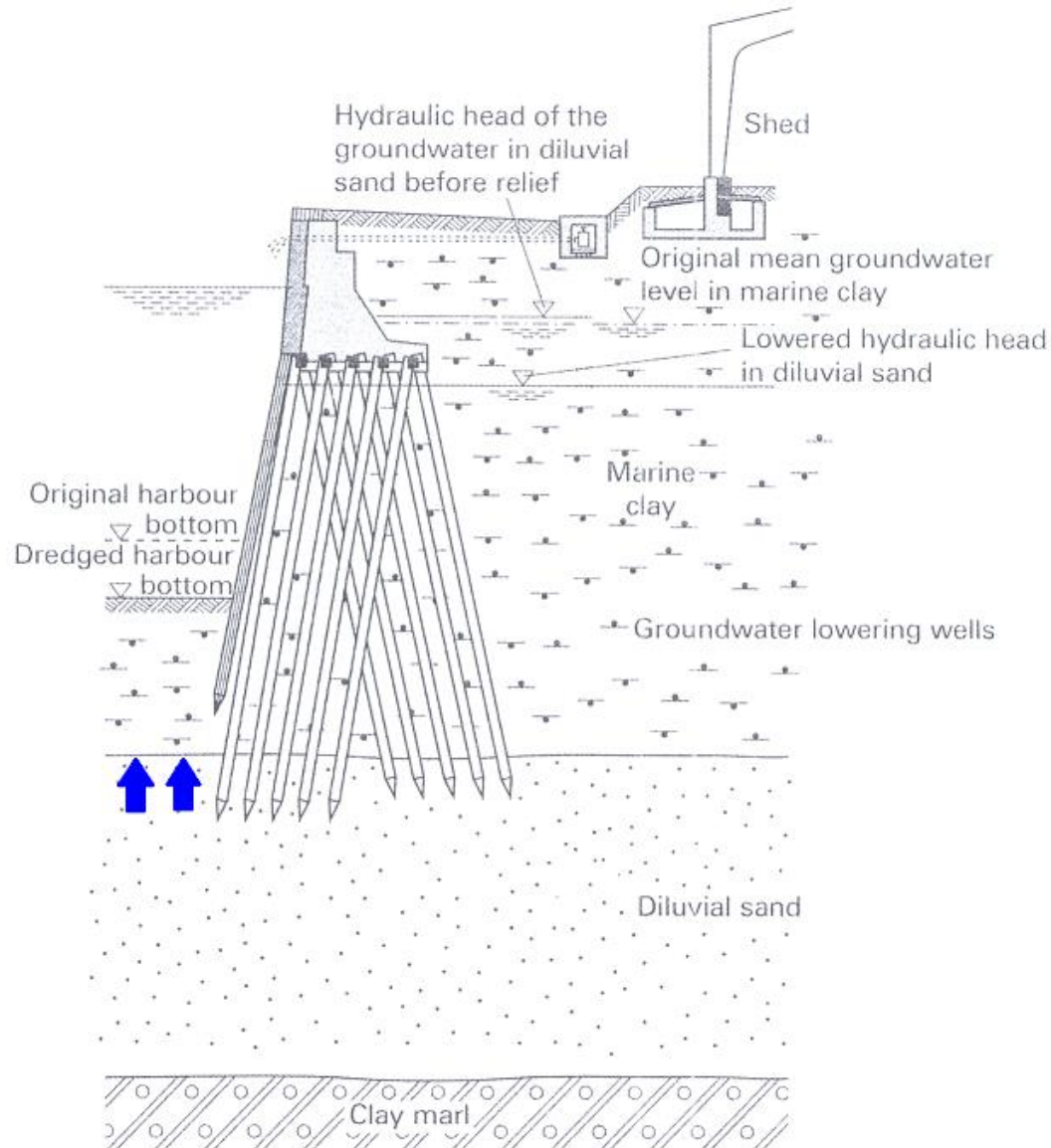


Effetti dell'erosione attraverso le opere di fondazione



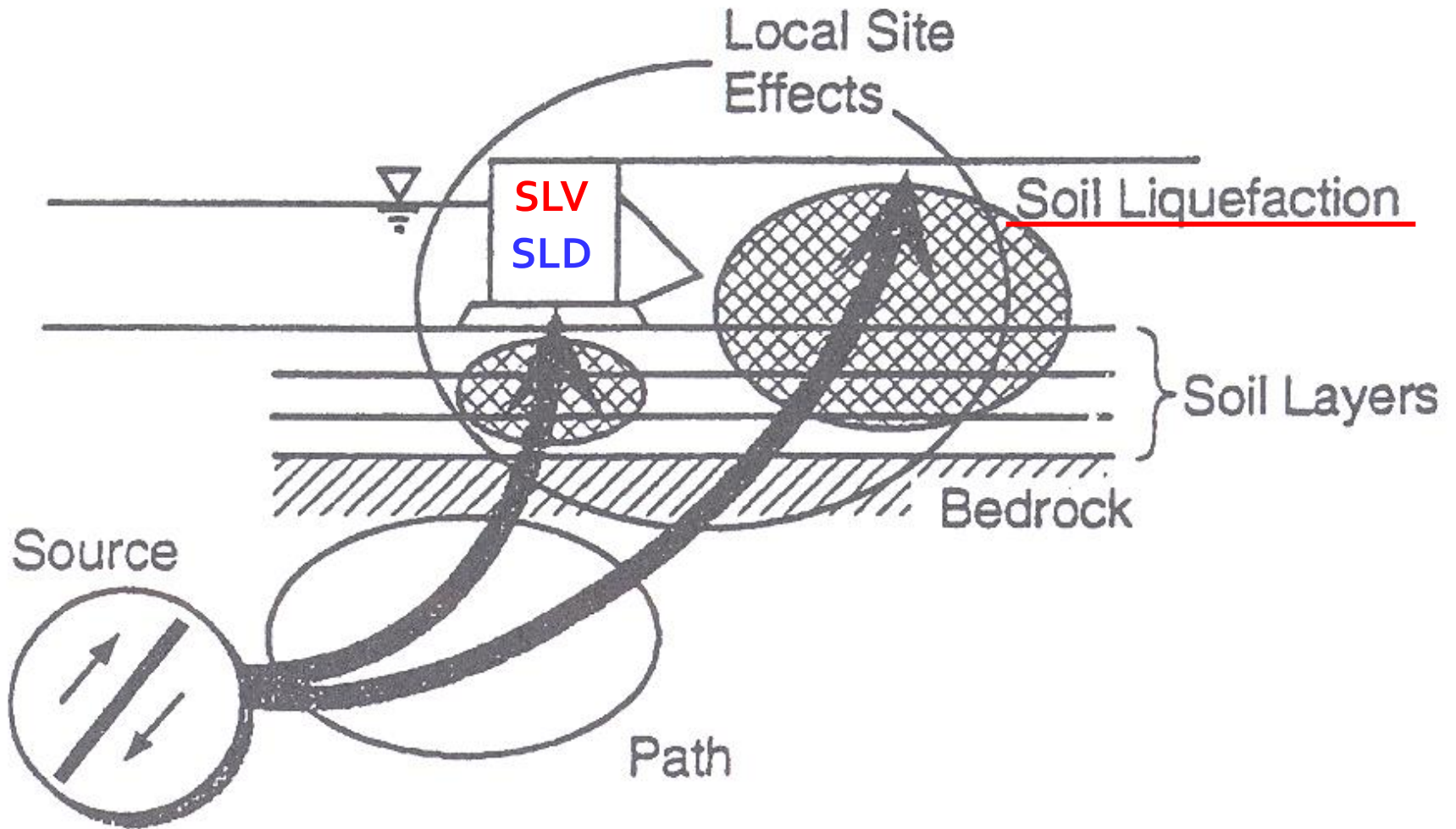
PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Verifiche di stabilità del fondo



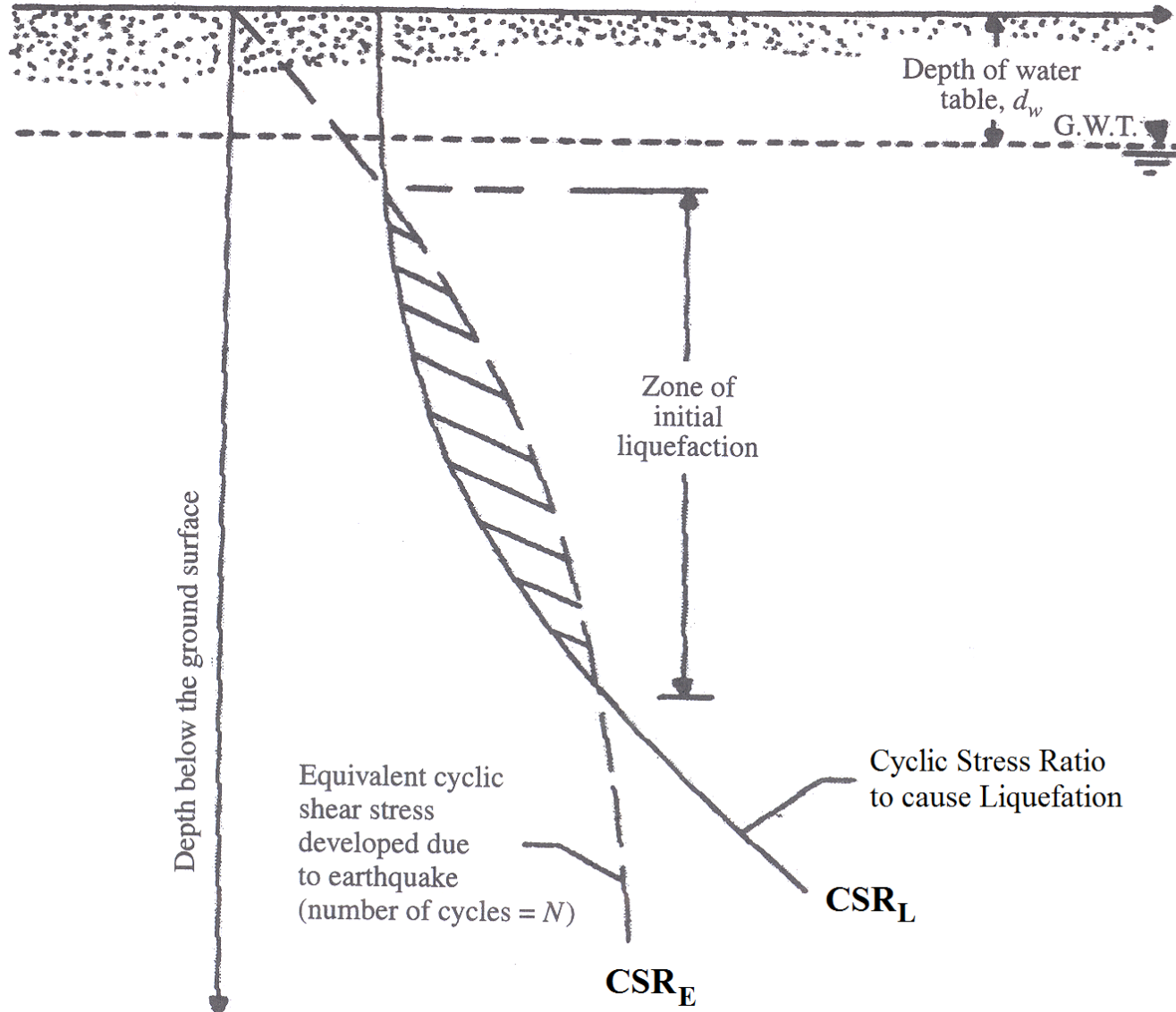
PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Verifiche in condizioni sismiche (PIANC, 2001)



PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Liquefazione dei terreni



PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

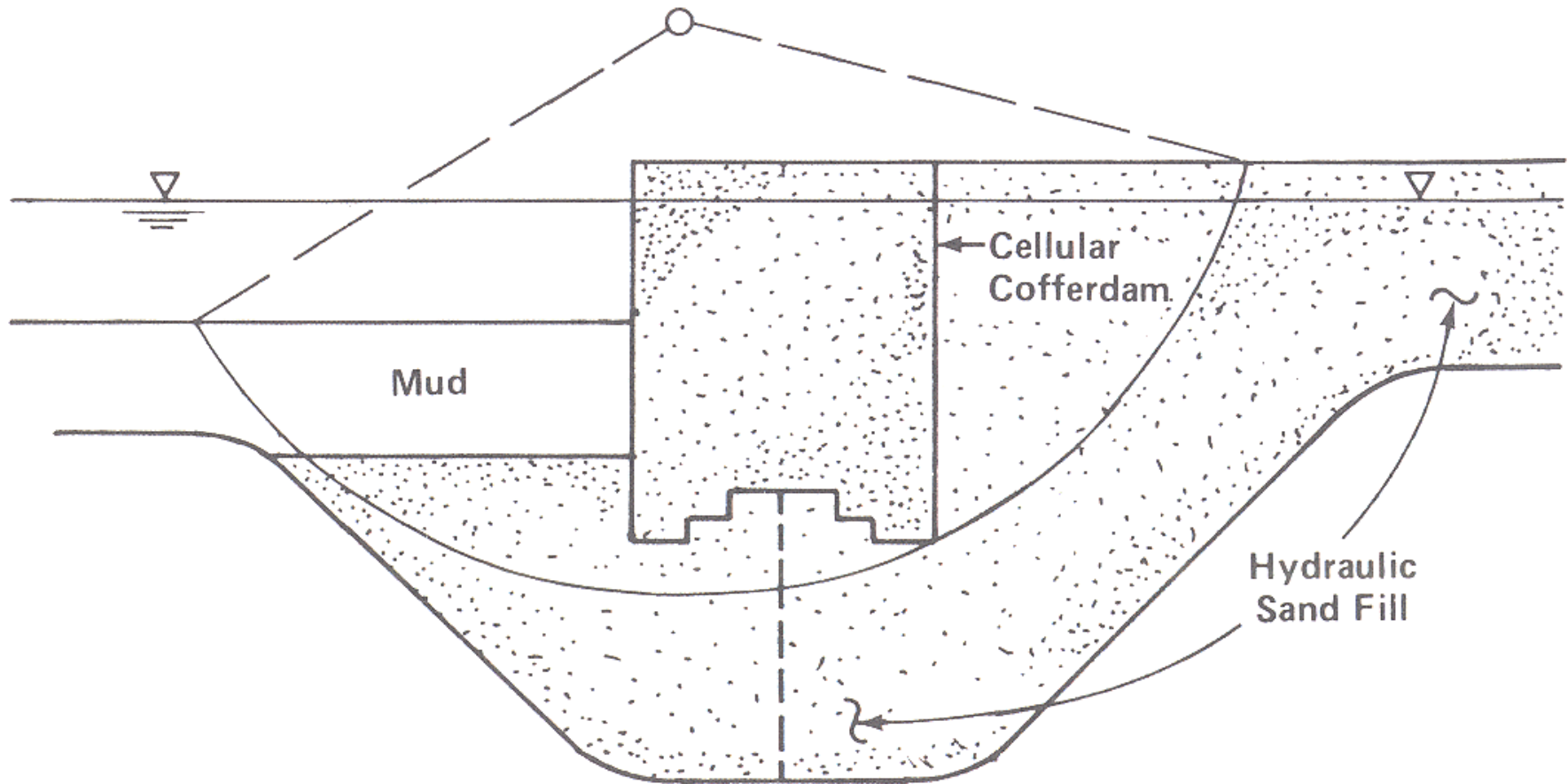
Porto di Kobe (Giappone)

Possibili effetti della liquefazione dei terreni



PROGETTAZIONE COSTRUZIONI GEOTECNICHE

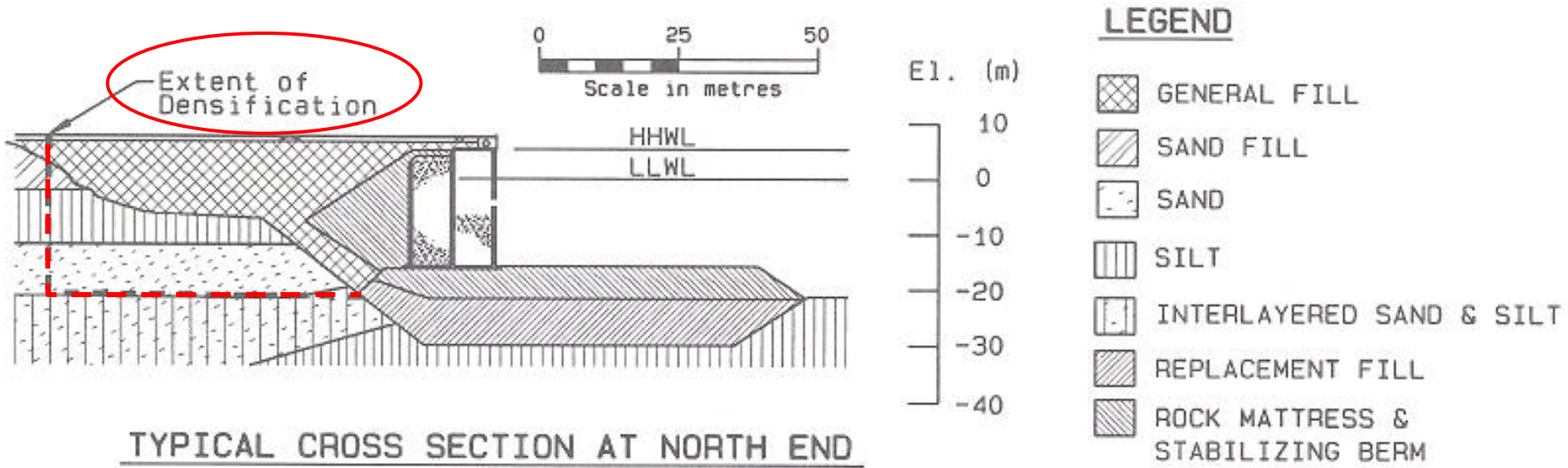
Possibili effetti della liquefazione dei terreni



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

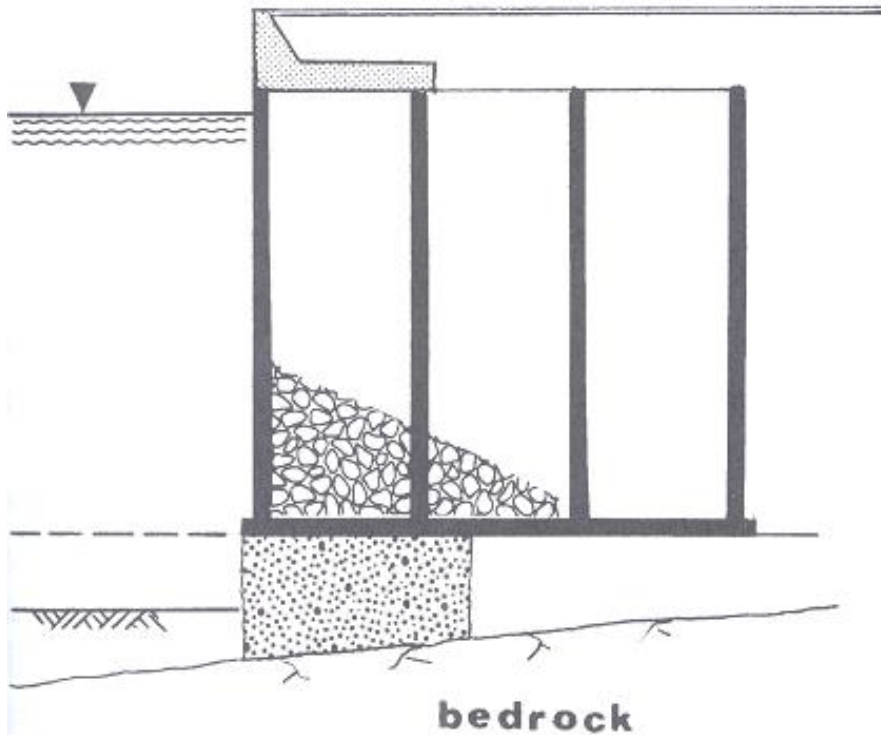
PROGETTAZIONI COSTRUZIONI GEOTECNICHE

Consolidamento dei terreni

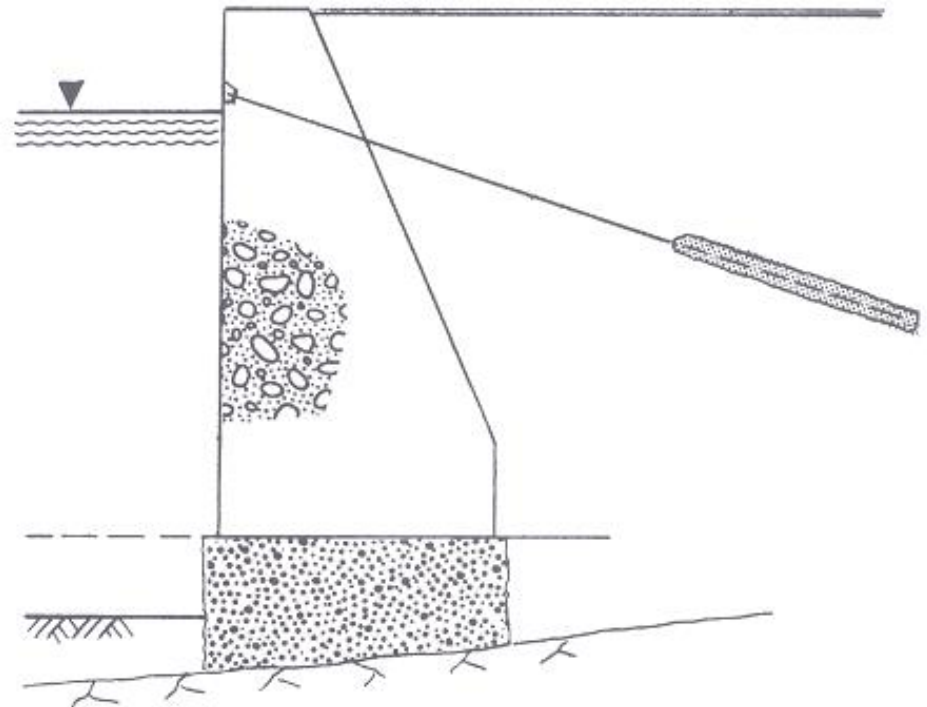


- 1. Inquadramento generale*
- 2. Analisi e progettazione*
- 3. Esempi di adeguamento delle opere esistenti***
- 4. Conclusioni*

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



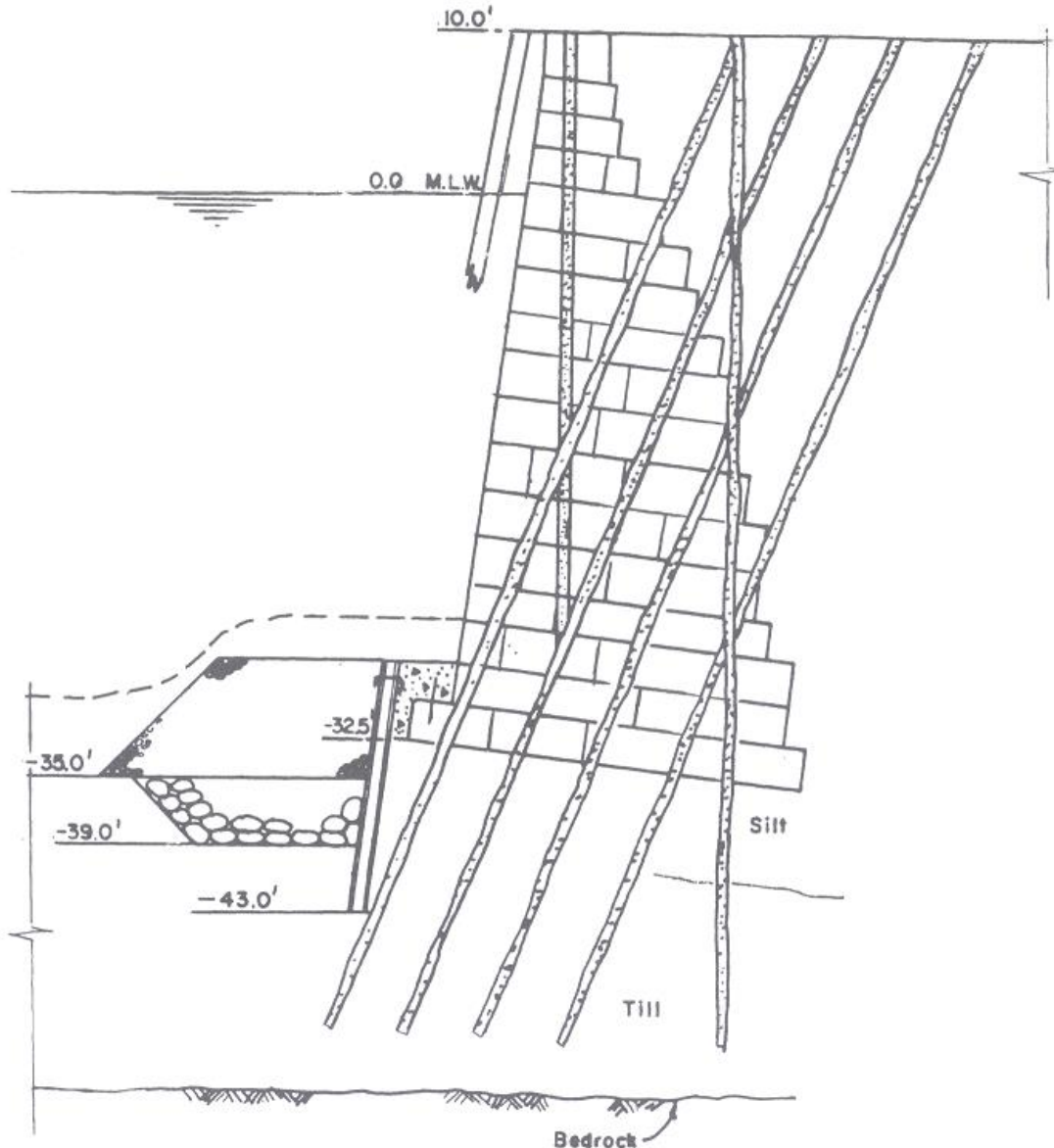
Sottofondazione del cassone fino al substrato roccioso sottostante



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

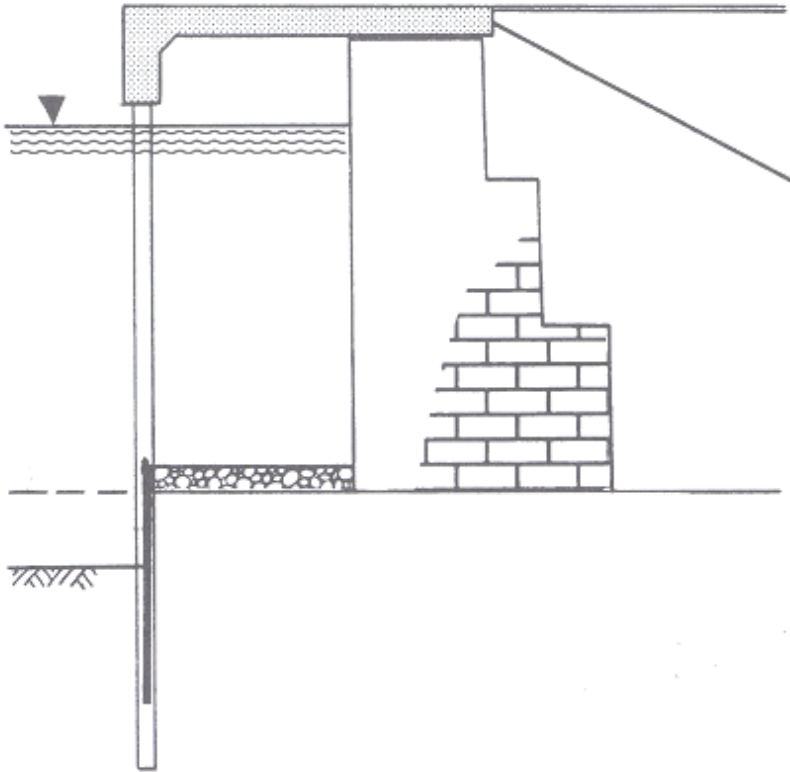
Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ e consolidamento dell'opera



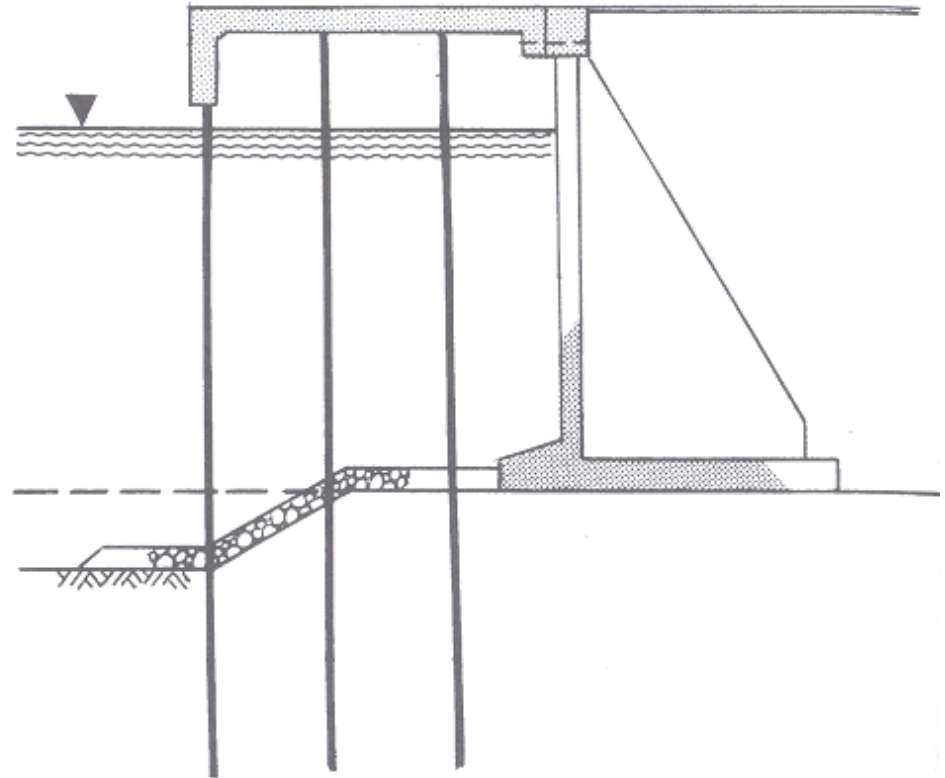
Consolidamento del muro in blocchi di granito mediante:

- 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

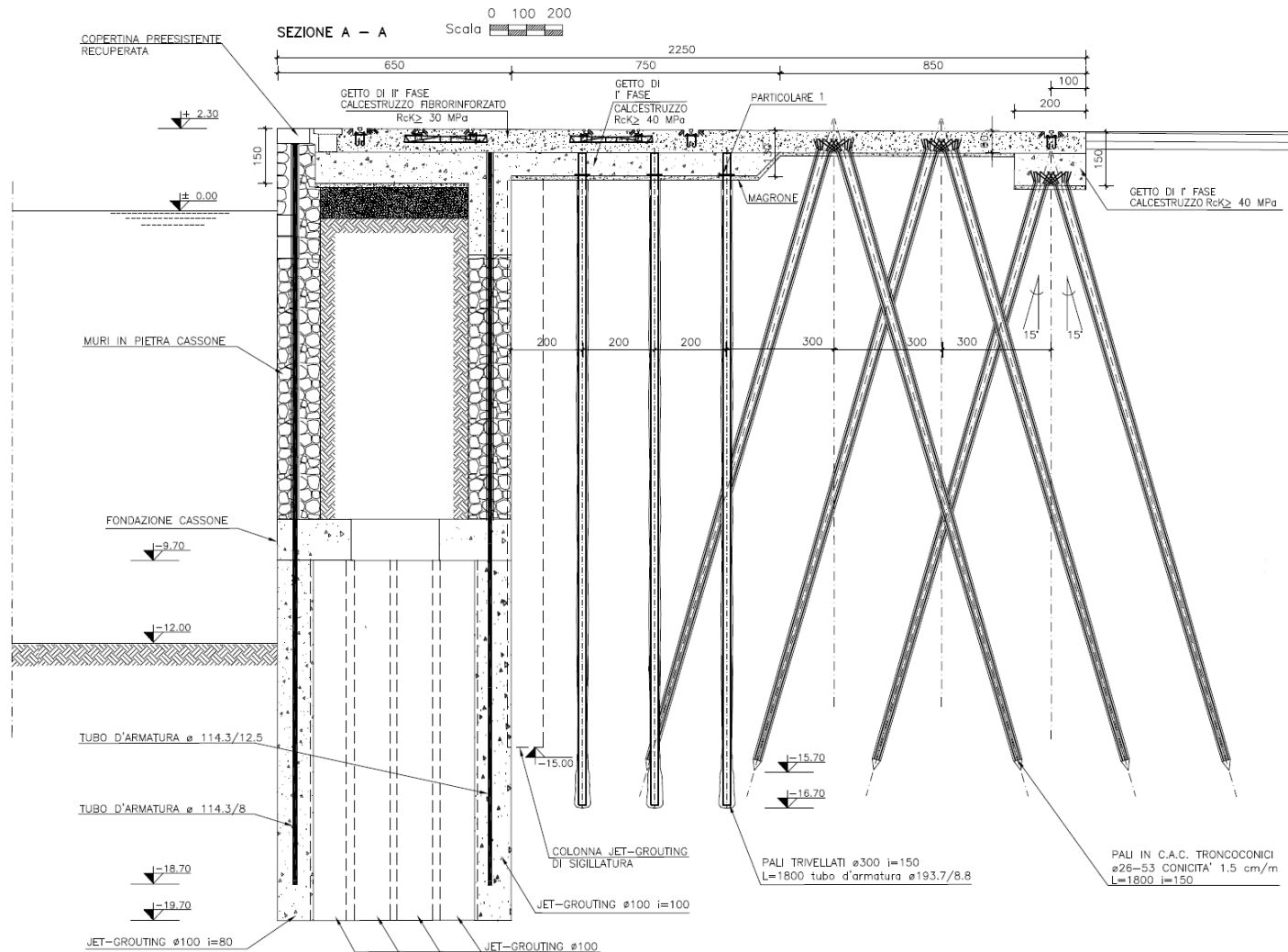


Costruzione di una nuova banchina in avanzamento appoggiata sull'esistente e su pali di grande diametro ed ancorata in sommità con tiranti.



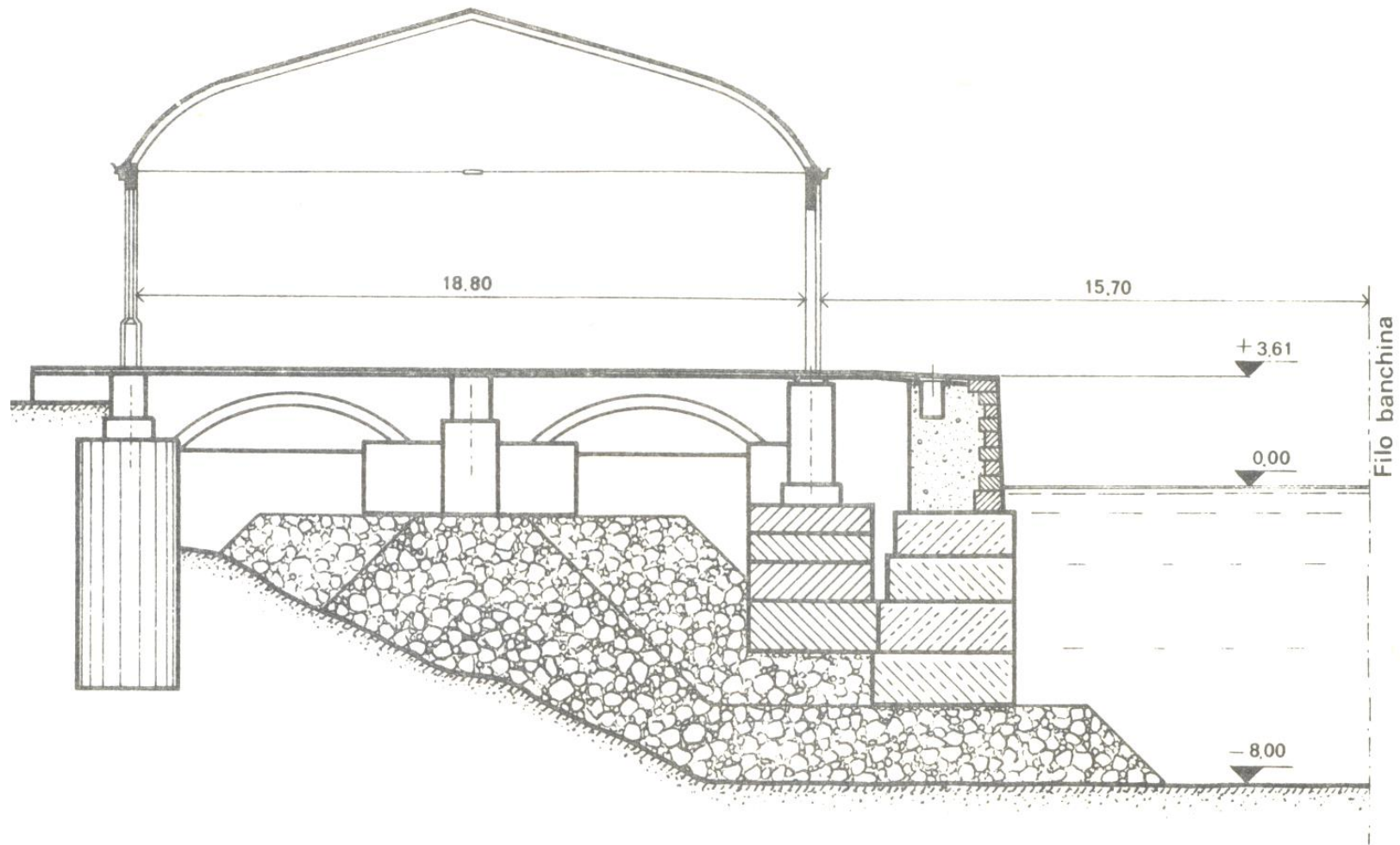
Costruzione di una nuova banchina in avanzamento appoggiata su pali di grande diametro ed ancorata all'esistente

Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ in terreni argillosi molli



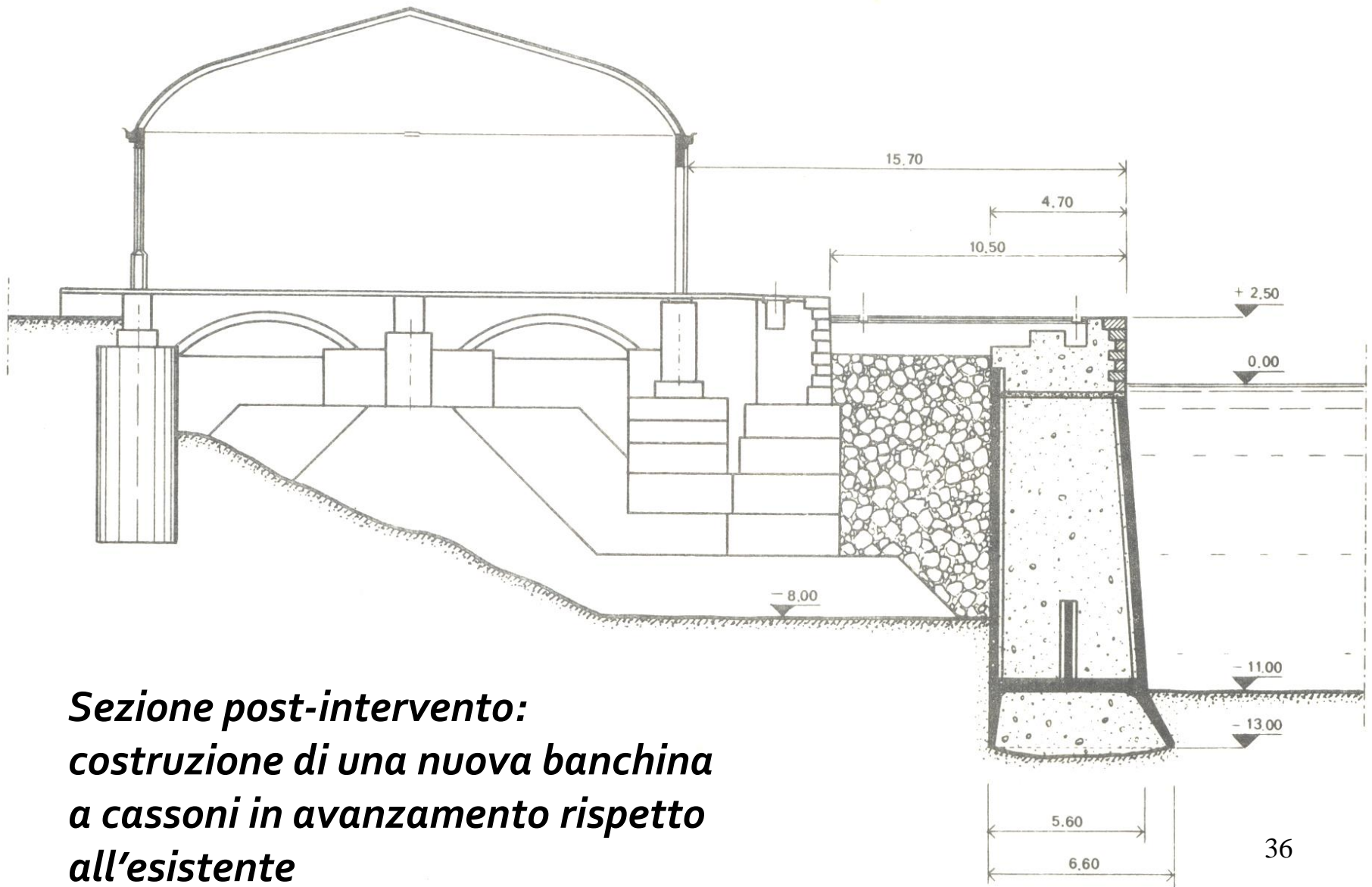
Consolidamento del terreno con trattamento colonnare tipo jet-grouting e solettone di calcestruzzo fondato su pali trivellati di piccolo diametro e cavalletti di pali esistenti

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



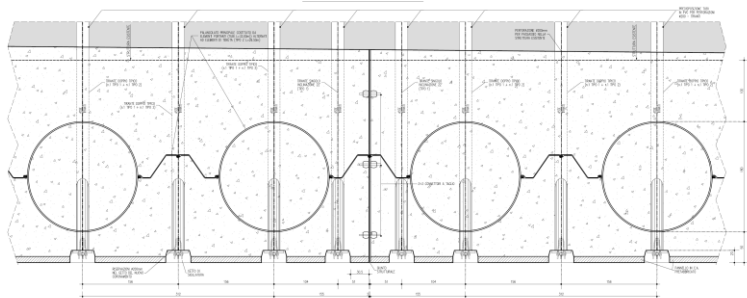
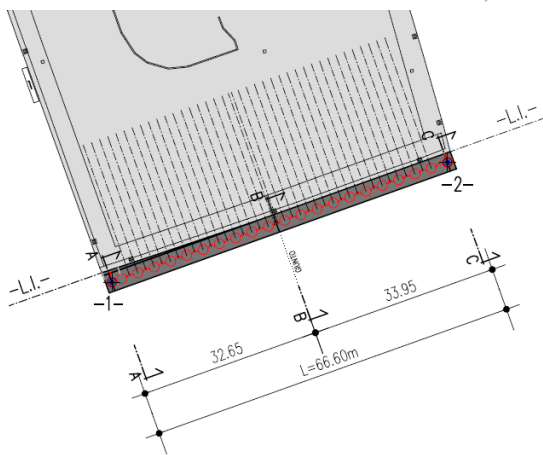
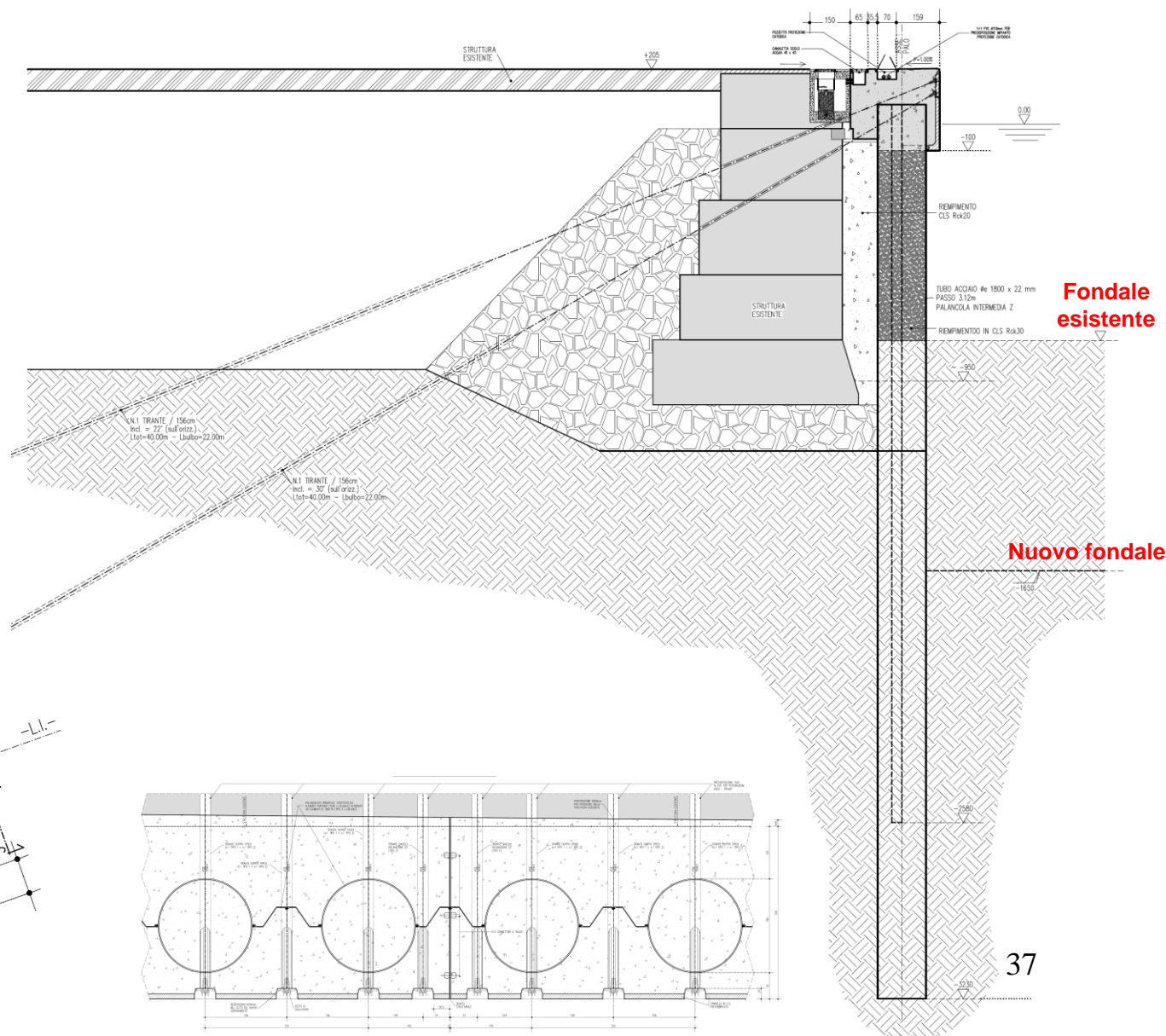
Sezione ante-intervento

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



Approfondimento dei fondali di BANCHINE A GRAVITÀ

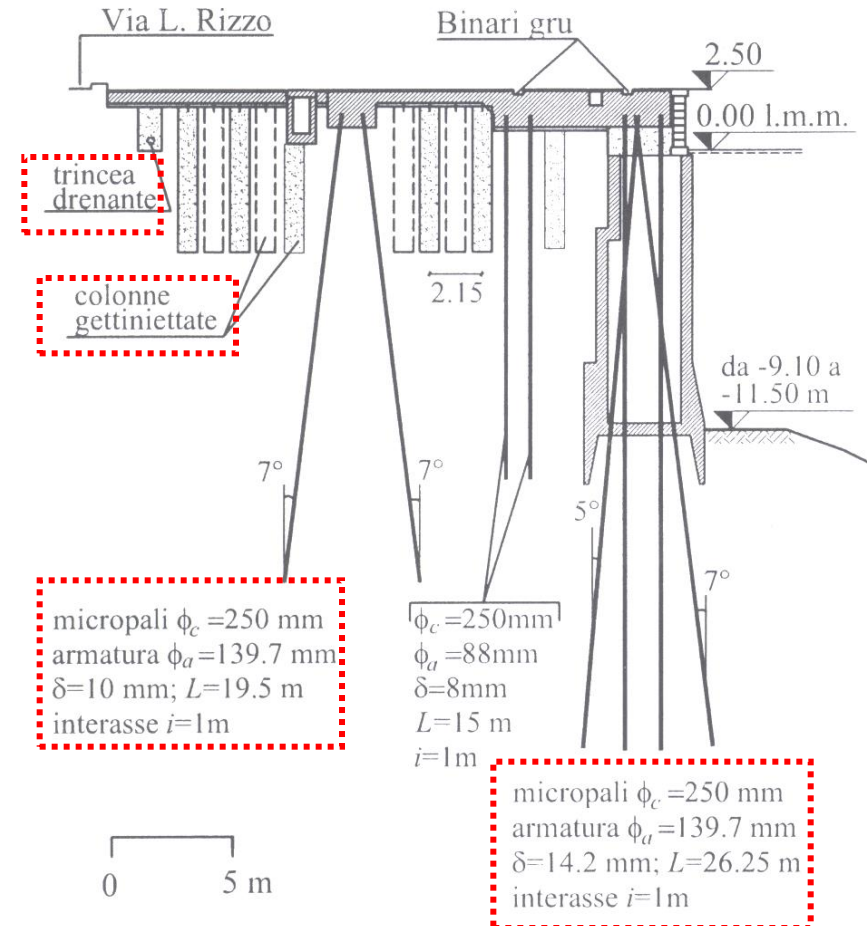
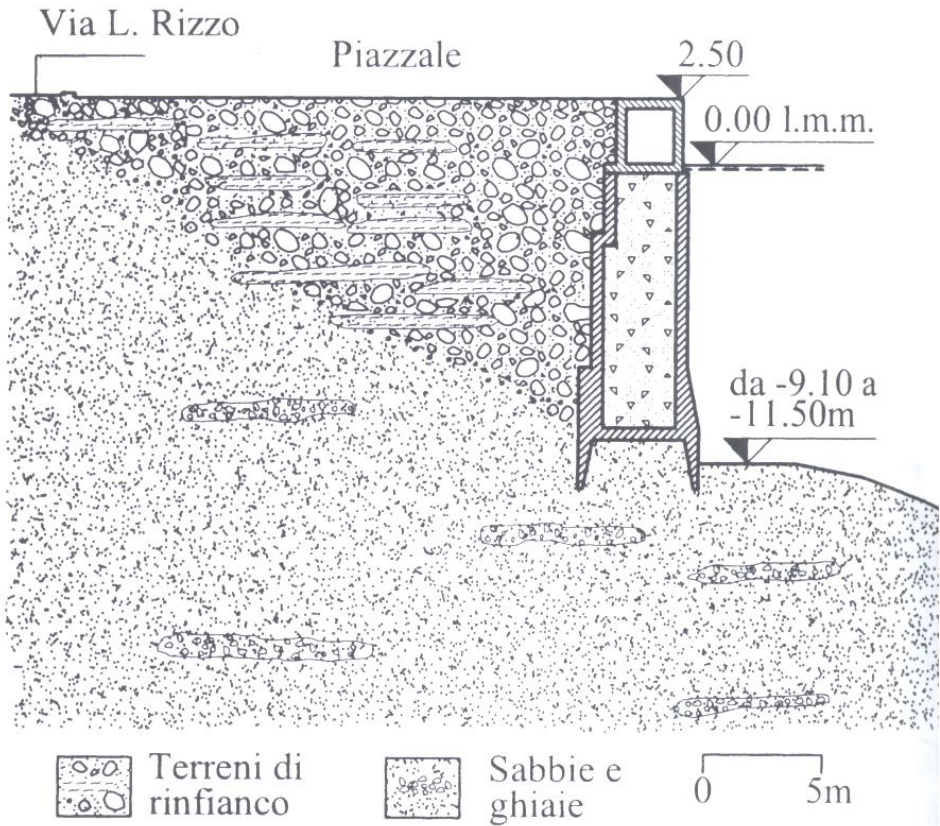
Costruzione di una paratia mista pali + palancole metalliche ancorata in sommità con tiranti in avanzamento rispetto all'esistente e riempimento a tergo



RIPRISTINO E ADEGUAMENTO DELLE OPERE ESISTENTI

Porto di MESSINA – Banchina Peloro

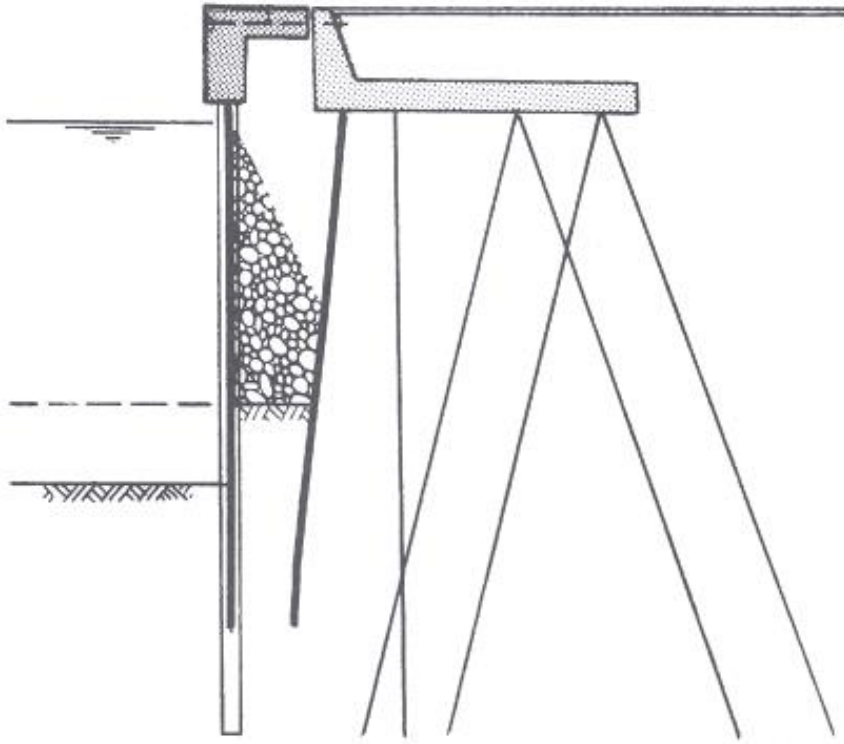
(C.Valore, M.Zicarelli, A.M.Tedesco, F.Cribari, A.Bertero 2004)



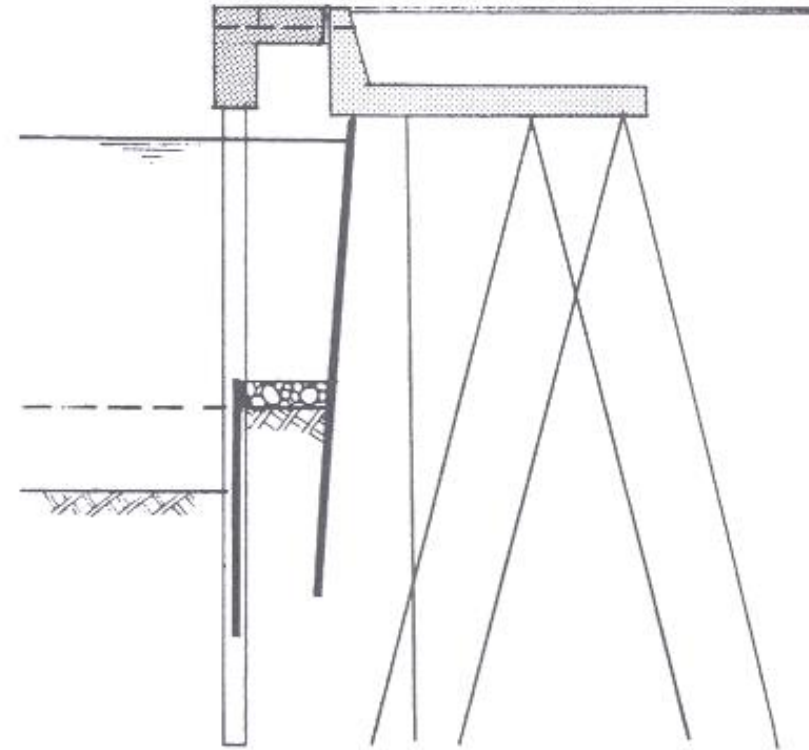
Muro di sponda esistente costituito da cassoni autoaffondanti in calcestruzzo armato

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 palancoato 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