

### Studio e perfezionamento di una tecnica per il calcestruzzo gettato in acqua

J. BOUVIER: *Etude et perfectionnement d'une technique du béton immergé* - Annales de l'Institut technique du bâtiment et des travaux publics - N. 146, febbraio 1960, pag. 149 a 180.

In questo articolo Mr. BOUVIER dà un quadro abbastanza esauriente della tecnica del getto in acqua del calcestruzzo. L'articolo è diviso in due parti: nella pri-

ma con l'impiego di aria compressa; consiste nella sostituzione dell'acqua nel tubo con una colonna di calcestruzzo, che alimenterà poi il getto, e deve esser compiuta in maniera che non si abbiano dilavamenti, segregazione del materiale o modifiche al rapporto acqua/cemento (Fig. 1).

La formazione del bulbo avviene per successivi apporti del calcestruzzo, subito dopo l'innescò: da una forma iniziale a pagnotta il calcestruzzo si espande dapprima con un movimento verticale, opposto al moto

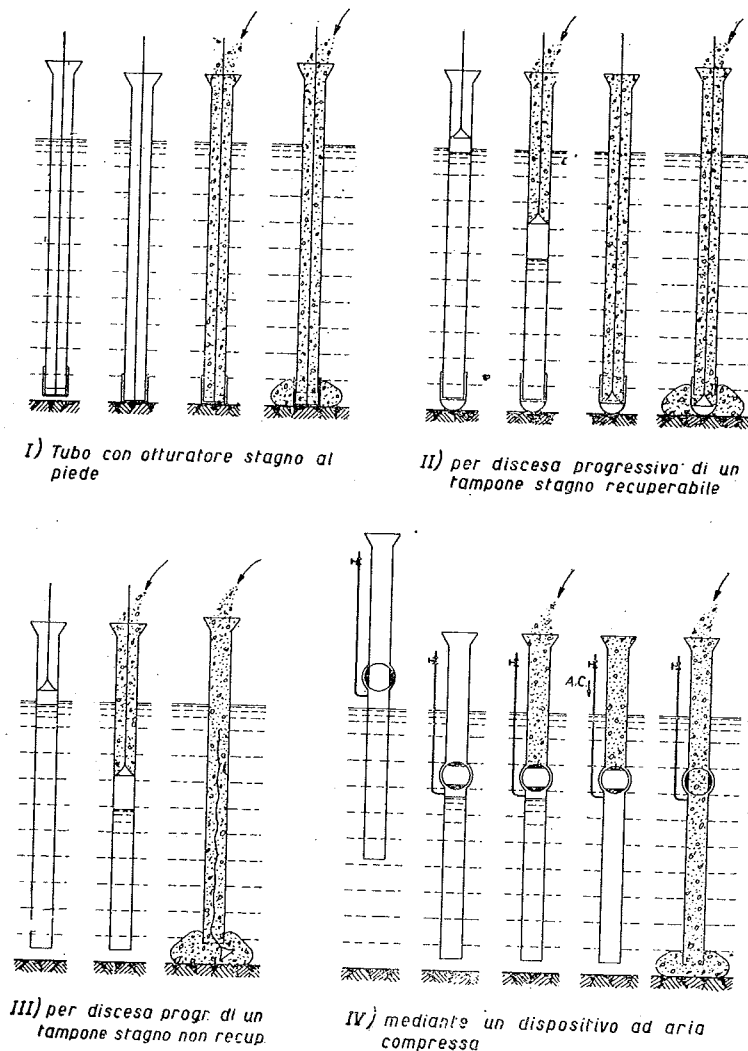


Fig. 1

ma si espongono i principi fisici che agiscono sull'andamento del getto, nella seconda si illustrano esperienze e criteri recenti di esecuzione.

Il getto in acqua con tubi, alimentati da imbuto o tramogge avviene attraverso tre distinte operazioni:

L'innescò (amorçage)

La formazione del bulbo

Il getto propriamente detto.

L'innescò può avvenire con l'aiuto di placche di otturazione, con tamponi perduti o recuperabili, oppure

del calcestruzzo nel tubo, poi per ricaduta laterale, guadagnando superficie con un massimo di altezza in corrispondenza del tubo (Fig. 2).

Quando vi sono più tubi in successione, dopo l'innescò dei tubi, può convenire di iniziare il getto da un estremo, per espandere il bulbo successivamente ai tubi vicini, oppure, se vi sono particolari condizioni, procedere in contemporanea.

In tutti i casi le forze attive sono rappresentate dal peso della colonna di calcestruzzo nel tubo e dalla forza viva di caduta, le forze passive, che si oppo-

gono alla espansione del calcestruzzo, sono: l'attrito laterale lungo le pareti del tubo, il carico d'acqua esterno, l'attrito interno del calcestruzzo, la resistenza allo spostamento ed alla deformazione della massa di calcestruzzo già gettata e, nel caso, generano forze passive gli apparecchi di contrazione necessari per regolare il getto, posti alla base dei tubi.

Il regime del getto viene così ad essere funzione di varie quantità geometriche, tutte legate al carico inteso nel senso idraulico, e che sono:

L'altezza  $h$  della colonna di calcestruzzo nel tubo, a meno della parte di esso immersa nel bulbo  $p$ , detta

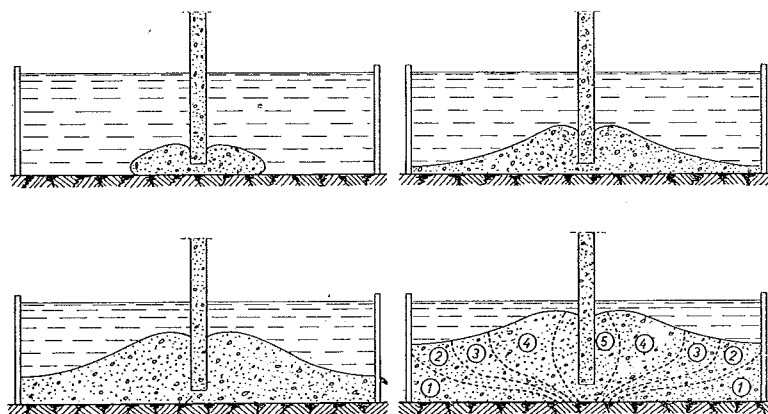
Detto  $q$  il rapporto  $\frac{h}{H}$  si possono così definire tre regimi caratteristici del getto:

Regime alto:  $h \geq H$

Regime basso:  $h \leq H$

Regime intermedio:  $1 > q > \frac{1}{\Delta}$

Ognuno di questi regimi offre i suoi vantaggi ed i suoi inconvenienti. Ciò che conviene in ogni caso assi-



Le curve punteggiate corrispondono a getti successivi

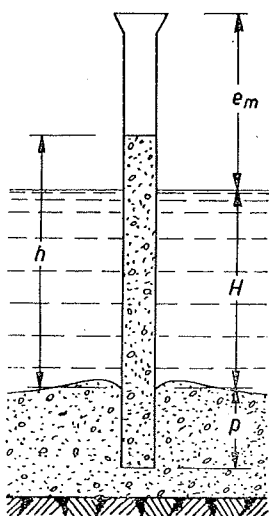
Fig. 2

penetrazione; l'altezza  $H$  del carico d'acqua dal bulbo alla superficie libera; la densità  $\Delta$  (peso specifico apparente) del calcestruzzo. Influisce ancora, se pure in altra maniera, l'emergenza, cioè l'altezza emersa del

curare è la costanza della portata del getto; il getto sarà tanto più continuo ed efficace quanto più la portata media si avvicinerà alla portata istantanea. Le forti variazioni di quest'ultima portano a disuniformità nel getto, e, nel caso le oscillazioni di livello siano eccessive, si può giungere addirittura al disinnescamento del tubo.

E' stato interessante indagare sulla capacità di ritenzione dell'acqua da parte del calcestruzzo, ritenzione che va più temuta in fase di innesco e formazione del bulbo.

Una serie di esperienze è stata condotta in tal senso, variando il rapporto  $q = \frac{h}{H}$  e successivamente



- $e_m$  : emergenza del tubo
- $H$  : altezza dell'acqua al disotto del calcestruzzo
- $h$  : altezza attiva della colonna di calcestruzzo
- $p$  : penetrazione del tubo

Fig. 3

tubo rispetto al piano di scarico della tramoggia o dell'imbuto, coincidente con l'estremità superiore del tubo stesso (Fig. 3).

il contenuto di cemento, la consistenza plastica del calcestruzzo ed anche la natura del cemento (cemento grasso o normale). In tutti i casi il tempo in ore di comparsa dell'acqua nel calcestruzzo diminuiva con l'aumentare di  $q$ , e con l'aumentare del contenuto di cemento o della plasticità si richiedeva a parità di tempo un rapporto  $q$  inferiore. Nello stesso tempo si sorvegliava la composizione granulometrica e si poteva vedere come a cementi più compatti corrispondeva, come era intuitivo, una ritenzione minore di acqua.

Il getto nei tubi avviene per azione della gravità, o per il peso della colonna di calcestruzzo (regimi alti) peso capace di vincere la resistenza delle forze passive,

o per azione della forza viva, generata dall'urto del getto dalle tramogge (regimi bassi). In quest'ultimo caso la successione delle cadute di calcestruzzo assicura un costante apporto di energia, in maniera da

di livello della colonna di calcestruzzo, con diminuzione della forza viva di alimentazione del getto. D'altra parte una buona penetrazione evita la formazione di dilavamenti ed il pericolo di oscillazioni tanto basse da disinnescare il tubo.

L'altro elemento geometrico che entra in gioco nella fase di getto è l'emergenza, ma il suo intervento è differente a seconda che si lavori con tubi di lunghezza costante, tubi smontabili o tubi telescopici.

Nel primo caso, tubi di lunghezza costante, l'emergenza aumenta con l'aumentare dell'altezza del bulbo, con legge costante, se si mantiene costante la penetrazione; nel secondo caso l'emergenza aumenta, se pure con legge discontinua, per i successivi accorciamenti dovuti al ritiro dei pezzi smontabili. In tutti e due i casi però, aumentando l'emergenza, si ha una tendenza a passare verso i regimi bassi, poiché aumenta l'altezza di caduta del calcestruzzo; nel caso si voglia conservare lo stesso regime, occorre aumentare la penetrazione, aumentare cioè le perdite di carico, se il livello dell'acqua si mantiene costante.

Nel caso invece delle tubazioni telescopiche, la riduzione dell'altezza della colonna di calcestruzzo non fa variare l'emergenza, se non varia il livello delle acque, e si ha una tendenza dei regimi a spostarsi sempre più verso il tipo alto. La influenza del tipo di

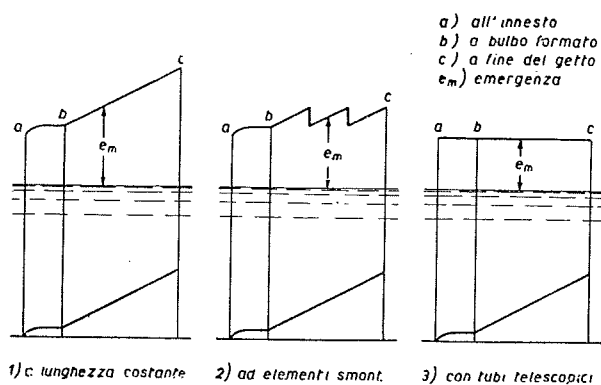


Fig. 4

evitare la risalita del calcestruzzo nel tubo; la forza viva è in questo secondo caso la forza attiva preponderante, che assicura la continuità del getto.

La penetrazione del tubo nel bulbo deve essere tale

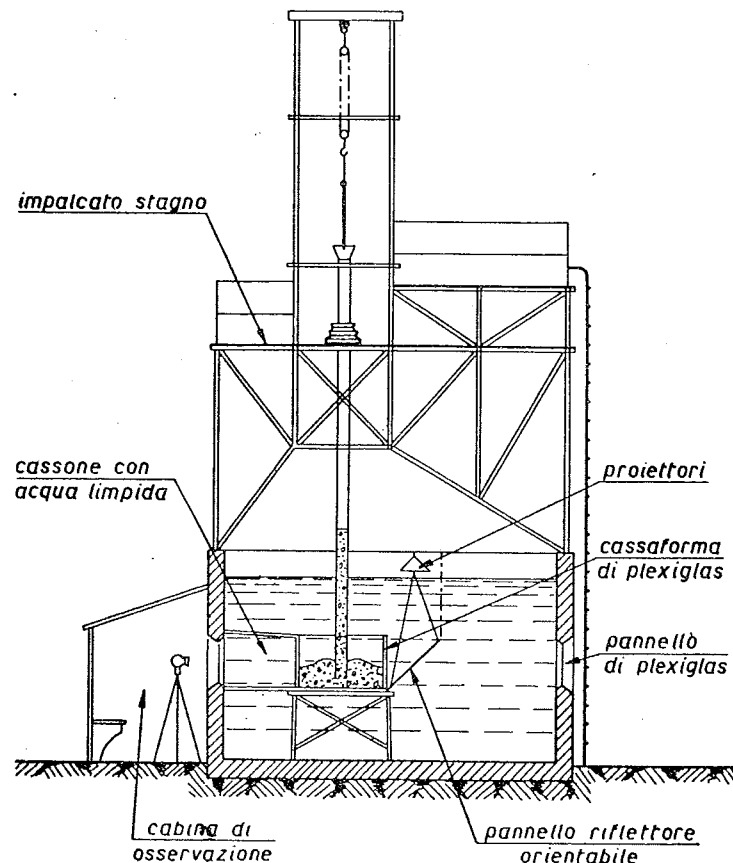


Fig. 5

da garantire una buona formazione del bulbo, ma una penetrazione eccessiva riduce l'altezza della colonna di calcestruzzo in regime alto, aumentando le perdite di carico, mentre in regime basso si ha un aumento

tubazione si riflette anche nella regolazione, che può avvenire o modificando la penetrazione oppure facendo intervenire una perdita di carico addizionale all'estremità del tubo (Fig. 4).

Poiché le perdite di carico sono in dipendenza del tipo di calcestruzzo (non sempre uniforme), della forma del bulbo e dell'influenza delle pareti laterali, l'autore consiglia in tutti i casi di avere dei buoni mezzi di regolazione, da condizionare indirettamente o direttamente alle perdite di carico.

L'autore passa quindi a considerare le qualità che si impongono per un calcestruzzo da gettare in acqua. Egli riconosce la necessità di un controllo del calcestruzzo non soltanto quando esso viene immesso nella tramoggia, ma soprattutto mentre si va formando il bulbo; in tal senso si deve intendere il concetto di lavorabilità e compattezza del calcestruzzo. Non giovano a tal proposito nè la vibrazione del calcestruzzo nè il surdosaggio di cemento, nè la immissione di un calcestruzzo troppo secco, poiché si è visto che la ritenzione di acqua può esser vinta in altro modo. Gli additivi plastificanti saranno impiegati per ottenere una lenta evoluzione della lavorabilità del calcestruzzo, come è richiesto nella formazione del bulbo, e vanno sperimentati di volta in volta in base alla natura del

dei tubi, il che comporta un dosaggio accurato del calcestruzzo. Essi sono perciò più indicati per i tubi di piccolo diametro ed a grandi penetrazioni.

Al contrario i regimi bassi ed intermedi hanno bisogno di calcestruzzi che non risentano della ritenzione di acqua, e sfruttano per la continuità del getto l'effetto della forza viva, salvo per la fase di innesco, che

occorre sia fatta con  $q > \frac{1}{\Delta}$  e purché si evitino du-

rante il getto le oscillazioni basse. I regimi intermedi si prestano ad una buona regolazione, e si può con essi giocare maggiormente sulla penetrazione da una parte e sulla lavorabilità dei calcestruzzi dall'altra.

I regimi bassi devono intendersi come un caso particolare dei regimi intermedi, e possono ammettersi solo dopo un certo grado di formazione del bulbo.

Per la facilità di regolazione e per la bassa influenza delle perdite di carico, i regimi intermedi sono quelli che più si prestano ad essere usati per i getti.

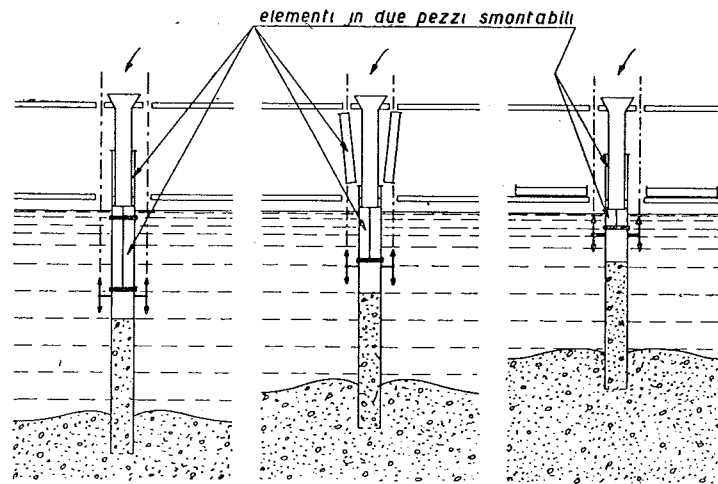


Fig. 6

materiale. A tal proposito l'autore, pur non escludendo gli inerti da frantoio, sembra dare una preferenza ai materiali a spigoli arrotondati.

A termine di questa prima parte del suo studio, Mr. Bouvier ne riassume i punti essenziali giungendo a conclusioni quanto mai interessanti:

E' anzitutto necessario che il calcestruzzo conservi, in tutte e tre le fasi prima descritte le sue qualità iniziali.

I fattori geometrici del getto e di composizione delle miscele sono legate a variabili numerose, che pongono il problema della loro determinazione in una forma complessa; il campo di scelta è tuttavia assai vasto, per cui ci si può attenere a condizioni medie di regime.

Per quanto riguarda i regimi alti, benché essi abbiano il pregio di evitare le ritenzioni di acqua e di non necessitare di forza viva per il funzionamento continuo, facilitato dal peso della colonna di calcestruzzo, tuttavia risentono delle perdite di carico e hanno bisogno di una regolazione per contrazione alla base

Beninteso in tal caso occorre che la regolazione sia effettiva, ed il getto sarà meglio regolato se immerso nel bulbo con successivi colpi per pompaggio: il pompaggio assicura degli impulsi regolari che sono favorevoli alla disposizione uniforme del getto nel bulbo.

Nella seconda parte, più breve in vero della prima e poco diffusa nella descrizione dei particolari tecnologici, Mr. Bouvier riferisce sulla costruzione di un bacino di prova dalla capacità di 40 m<sup>3</sup>, munito di una camera stagna di spia, dalla quale con opportuni accorgimenti ottici (pareti stagne di plexiglas, proiettori ecc.) è stato possibile seguire cicli di esperienze di formazione del bulbo e getto da una tubazione; un sistema (Fig. 5) di collegamenti assicurava il perfetto controllo durante tutti i cicli degli esperimenti. I dispositivi nuovi, suggeriti ed attuati da Mr. BOUVIER e dai suoi collaboratori, si concretizzano in:

- 1) Una regolazione corretta della portata, con innesco progressivo e senza segregazione;
- 2) La continuità del getto;
- 3) L'automaticità del controllo.

La regolazione è ottenuta a mezzo di un otturatore ad orificio variabile, costituito da un pezzo anulare con un tampone terminale ed un fodero concentrico a coulisse. La forma degli orifici è in relazione alla natura degli aggregati.

La continuità del getto è assicurata non solo da una buona alimentazione, ma anche da tubazioni telescopiche smontabili semicilindriche (Fig. 6) che assicurano la continuità anche in fase di sollevamento della tubazione, col vantaggio di non plasticizzare il getto durante il perditempo per montaggio e smontaggio.

L'automaticità del controllo delle perdite di carico all'uscita dal tubo si ha mediante cellule di pressione, poste al livello fissato per il regime prescelto; la cellula, collegata con un sistema a relai che agisce sulla penetrazione e la contrazione di base, viene ad assicurare per ogni variazione di regime l'automaticità del controllo. Naturalmente i dispositivi risultano diversi a seconda che si tratti di regime alto o regime intermedio.

L'autore termina il suo articolo con un'ampia documentazione di lavori eseguiti, alcuni con prelievi di campioni in sito, approfittando delle oscillazioni della marea. Per finire, è ancora indicato come un buon metodo pratico di controllo dell'andamento costante e senza variazioni del getto l'apparizione delle lattescenze, dovute al dilavamento della malta nella superficie di contatto acqua-calcestruzzo. Il getto conserverà l'acqua tanto più limpida quanto più esso è regolare, privo di oscillazioni basse o anomalie.

R. Losardo

## Compendio di meccanica dei terreni

A. MAYER: *Précis de Mécanique des sols* - Edit. A. Colin - Paris, 1959.

Lo scopo del manuale è, nell'intendimento dell'Autore, quello di fornire un orientamento sul come impostare lo studio per risolvere i vari problemi di fondazioni dal punto di vista pratico-costruttivo.

Il contenuto di questo compendio, breve e semplice, si articola su sette capitoli dove la materia in oggetto è sviluppata secondo l'ordine classico dei vari trattati consimili, partendo dalle notizie generali sulle caratteristiche dei terreni e sulla loro misura per passare poi alla utilizzazione di tali nozioni nel campo pratico.

La parte introduttiva è quindi dedicata alle nozioni generali e riguarda la descrizione dei vari tipi di terreno e i metodi di indagine del sottosuolo (sondaggi e prove penetrometriche). L'attenzione del lettore viene subito dopo orientata sulla maniera di completare la conoscenza delle terre, tale quale risulta dalle indagini precedenti, attraverso la misura delle caratteristiche meccaniche ed idrauliche che sole interessano al costruttore.

Dopo aver richiamato e brevemente esposte le leggi fondamentali della meccanica dei terreni, quali la legge di COULOMB, la teoria di BOUSSINESQ, sulle deformazioni elastiche dei terreni naturali e la legge di DARCY sulla filtrazione, vengono indicati i

vari tipi di prove che si eseguono in laboratorio per la determinazione di tutti quei valori che interessano per gli scopi accennati. Più che dare le istruzioni sulle modalità di prova, che vengono mandate ai vari manuali di pratica di laboratorio, vengono passate in rassegna le analisi (in particolare quelle per valutare i limiti di consistenza, l'attrito interno e la coesione, la compressibilità e la permeabilità) da un punto di vista critico fermando l'attenzione sulle possibili cause di indeterminazione dovute alla natura dei materiali e ai tipi di apparecchi usati, oltre che sulla precisione o meno dei risultati ottenuti.

La parte centrale e più importante del compendio del prof. MAYER si sofferma, dopo la parte introduttiva, sui problemi di fondazione.

Vengono considerate in primo luogo le condizioni generali che caratterizzano una fondazione e in particolare viene posta l'attenzione sulla determinazione, in funzione delle caratteristiche del terreno e dei carichi, dei limiti di deformazione elastica dello stesso terreno.

Viene così indicata la formula generale del CAQUOT e KERISEL per il carico limite su un dato terreno di fondazione, formula che permette, secondo l'Autore, una migliore applicazione ai casi particolari, tenendo conto naturalmente di un coefficiente di sicurezza a seconda delle condizioni riscontrate.

Le considerazioni generali proseguono nella ricerca delle previsioni dei cedimenti di un terreno nello stato elastico per fissare ulteriormente i carichi massimi ammissibili. In secondo luogo l'A. passa a trattare delle fondazioni profonde, quali i pali, dando oltre a informazioni generali sui vari tipi di tali fondazioni, le formule per la capacità portante, distinguendo i casi dei terreni incoerenti oppure no.

Il capitolo 5 è dedicato ai muri di sostegno. Più che riprendere i calcoli che hanno condotto alle formule classiche di spinta delle terre, vengono indicate le ipotesi che sono alla base delle differenti espressioni, in maniera da precisare il loro dominio di applicazione.

Lo studio dei rilevati, in particolare delle dighe in terra, e delle scarpate naturali viene sviluppato nel 6° capitolo. In primo luogo viene posta l'attenzione sull'influenza che la pressione neutra esercita sulle proprietà meccaniche dei terreni e sulle cause che possono generare tale pressione nelle dighe. Dopo avere precisato l'azione esercitata dall'acqua interstiziale vengono indicati i metodi per verificare la stabilità dell'opera con particolare riferimento al metodo dei cerchi di slittamento.

L'interesse del lettore viene quindi ad essere orientato verso lo studio di stabilità e impermeabilità delle fondazioni dei rilevati in terra.

E' pure fatto cenno ai sistemi costruttivi di tali opere con particolare riferimento al costipamento e ai mezzi costipanti. Una rapida rassegna delle cause di rottura delle dighe ricavate dal testo di JUSTIN, HINDS e CREAGER e alcune conclusioni pratiche sono il coronamento di questo argomento.

Nei precedenti capitoli si era accennato ai fenomeni di filtrazione che si verificano specialmente sotto le opere di ritenuta e sotto le palancolate. La