

CRITERI DI PROGETTO E CONTROLLI DI COSTRUZIONE DEL RIVESTIMENTO BITUMINOSO DELLA DIGA DI ZOCCOLO

A. CHIARI (*)

SOMMARIO: Dopo essersi soffermati brevemente ad illustrare i motivi per i quali si è decisa l'adozione del rivestimento in conglomerati bituminosi a monte della diga in terra di Zoccolo, se ne descrivono le prove preliminari ed i principali controlli di costruzione.

1 - Premesse

Il progetto di una diga in materiali sciolti è, in via generale, subordinato allo studio delle soluzioni possibili per garantire la tenuta del rilevato e delle fondazioni.

Nel caso della diga di Zoccolo (Val d'Ultimo, prov. Bolzano) [3] [4], pur essendo imposto dalle condizioni geologiche della zona il tipo in terra, le soluzioni adottabili per lo sbarramento vennero a dipendere in larga misura da diversi fattori legati l'uno all'altro, quali: la posizione della diga in relazione alla morfologia della valle, il dispositivo atto ad intercettare le vie d'acqua nell'ammasso clastico di fondazione ed infine il tipo di struttura destinato a limitare le perdite attraverso il rilevato.

Stabilito, in base a considerazioni che sarebbe qui troppo lungo il richiamare, di ubicare l'asse della diga in corrispondenza di due contrapposti conoidi che stringono la valle e di costruire una paratia di calcestruzzo che si approfondisse per 50 m nei terreni di fondazione, restava ancora da definire come garantire la tenuta del rilevato.

La soluzione di una diga zonata, stante l'indisponibilità di terre naturali da nucleo, era condizionata all'impiego dei materiali ghiaio-sabbiosi presenti nella zona previa la loro vagliatura e l'aggiunta di una frazione argillosa o bentonitica.

Invero, dato che i suddetti materiali ghiaio-sabbiosi presentano — oltre che buone caratteristiche meccaniche — una bassa permeabilità (con K dell'ordine di 10^{-5} cm/s.) si esaminò con interesse anche la soluzione di diga a corpo omogeneo formata unicamente con tali terre e senza particolari dispositivi di tenuta in elevazione. Tuttavia, dopo approfondito esame, non si ritenne di potere fare pieno assegnamento su tale schema costruttivo, sia in relazione al

fatto che la bassa permeabilità di cui sopra non è dipendente dalla presenza di una frazione argillosa, ma è semplicemente frutto dell'ottimo assortimento granulometrico naturale, sia in considerazione della prevedibile naturale disuniformità dei materiali di cava e infine tenendo conto della scarsa plasticità delle terre in questione e della conseguente, seppur remota, possibilità di eventuali lesioni nella massa del rilevato in seguito ad assestamenti differenziali. Si considerò pertanto l'opportunità di disporre sul paramento di monte del rilevato a corpo omogeneo un manto in conglomerati bituminosi, atto a garantire in ogni caso la tenuta dell'opera.

Il confronto fra le due soluzioni — con nucleo di tenuta e con manto bituminoso — fece ritenere la seconda soluzione preferibile sia sotto il profilo tecnico che economico. Occorre infatti tener presente che le miscele di terreni naturali con materiali argillosi o bentonitici richiedono, per la buona riuscita, un assortimento granulometrico ben definito e condizioni di umidità comprese entro ristretti limiti, requisiti che possono essere soddisfatti con mezzi alquanto elaborati, da mettere a punto caso per caso. I conglomerati bituminosi sono invece il risultato di studi ed esperienze perseguite con continuità e con successo, come dimostra del resto il crescente favore che il loro impiego incontra nelle applicazioni idrauliche.

La soluzione con il nucleo non presentava inoltre quei pregi di semplicità costruttiva propri di quella con il manto di tenuta a monte, la cui adozione ha consentito il grande vantaggio dell'esecuzione contemporanea ed indipendente del corpo diga e del diaframma di fondazione che, nel secondo caso, si snoda al piede di monte del rilevato. Anche la costruzione del manto è avvenuta a rilevato già ultimato, cioè senza interferire nella sua erezione, come sarebbe invece accaduto per il nucleo, che avrebbe dovuto necessariamente crescere di pari passo con i rinfianchi.

(*) Dr. Ing. Antonio CHIARI dell'E.N.E.L., Compartimento di Venezia, Direzione Lavori Valsura.

In definitiva la soluzione adottata e realizzata (figura 1) è stata quella di rilevato a corpo omogeneo in terre ghiaio-sabbiose compattate meccanicamente, con scogliera a valle; il sistema di tenuta è stato realizzato col manto bituminoso sul paramento di monte, collegato al piede con una paratia che si approfondisce nei terreni di fondazione. Una larga fascia di materia filtrante di elevata permeabilità, destinata ad evitare sottopressioni al manto in caso di rapido svasso, è posta a tergo del manto stesso; i medesimi materiali filtranti separano inoltre la scogliera di valle dalla fondazione e dal corpo diga.

ciascuna delle quali larga 2-3 m, con i giunti fra le strisciate sfalsati da strato a strato.

Il manto di tenuta poggia generalmente sul rilevato per il tramite di un sottofondo drenante, che può essere formato da un conglomerato bituminoso « aperto », cioè povero di fini e di legante (binder), ovvero da un calcestruzzo cementizio magro e poroso. Tale sottofondo, oltre ad evitare sottopressioni dannose al rivestimento, serve a formare un uniforme piano d'appoggio e di distribuzione dei carichi.

Inoltre, poichè la superficie esterna del rivesti-

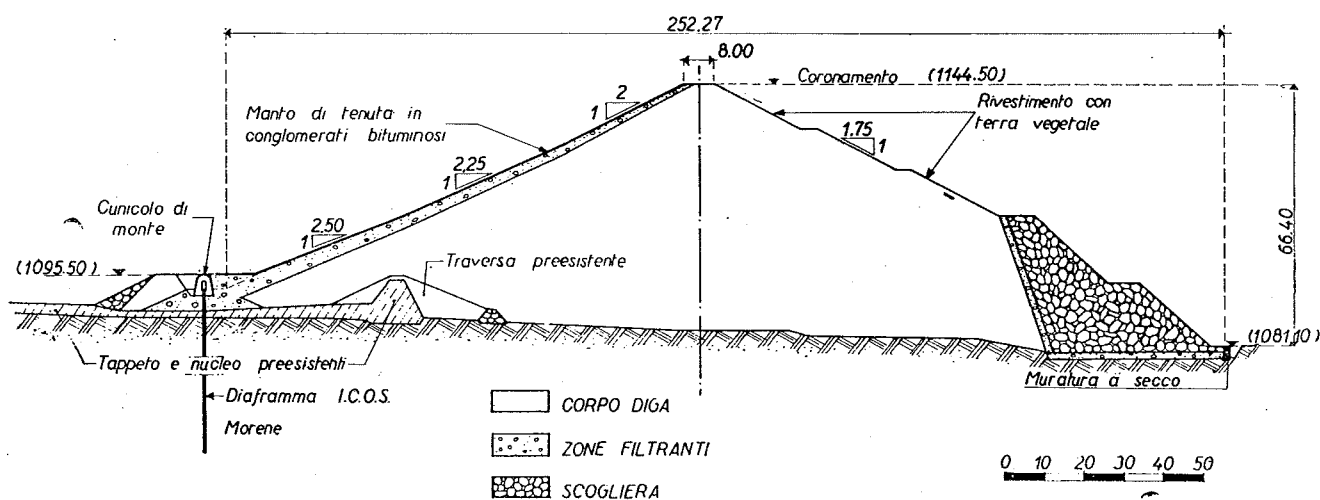


Fig. 1 - Diga di Zoccolo: sezione tipo.

L'unione fra il manto e la paratia è stata realizzata con un manufatto in calcestruzzo, attraversato dal cunicolo di ispezione e raccolta dei drenaggi; il collegamento a tenuta fra i diversi strati del manto e l'estradosso del cunicolo è stato ottenuto con un doppio strato di resina isobutilenica in fogli (Repanol), protetti con vetroasfalto.

2 - Generalità sui rivestimenti bituminosi per dighe

I manti di tenuta per le dighe di materiali sciolti consistono generalmente in due o tre strati sovrapposti di conglomerato bituminoso pressochè impermeabile, stesi e compattati a caldo sul paramento di monte del rilevato.

La composizione del conglomerato varia, come è ovvio, a seconda delle condizioni locali e degli inerti a disposizione. In via orientativa, il bitume — di penetrazione variabile in dipendenza delle condizioni climatiche dominanti — è presente in ragione dell'8-10% degli aggregati; come curva granulometrica di questi ultimi si assume di solito per riferimento la parabola cubica, con dimensioni massime dei grani intorno ad un terzo dello spessore dei singoli strati finiti.

Gli strati hanno per lo più spessore variabile fra i 3 ed i 6 cm, e vengono stesi per strisciate contigue,

mentre è direttamente esposta alle vicende degli insiemi ed alle vicissitudini atmosferiche, la si suole proteggere opportunamente. Agli effetti delle alte temperature nei climi più caldi, si è posto talvolta riparo con lastroni di calcestruzzo armato o con vernici riflettenti; in altri casi, per sanare le eventuali piccole imperfezioni del manto, per chiudere le porosità della superficie, per impedire l'aderenza dei ghiacci e per ritardare l'evaporazione dei prodotti volatili del bitume, si adotta la stesa di un sottile strato di sigillo composto da un mastice a base di bitume e filler: tuttavia, poichè questo mastice ha in più casi dimostrato la tendenza a scorrere sul rivestimento sottostante ed a formare bolle d'aria, vi è attualmente la tendenza a sostituirlo con un film di speciali emulsioni bituminose opportunamente trattate.

I conglomerati bituminosi per gli impieghi idraulici devono soddisfare a taluni requisiti soprattutto in ordine alla permeabilità, stabilità allo scorrimento, flessibilità e durezza.

Per quanto riguarda la permeabilità degli strati di tenuta è di solito prescritto un coefficiente K non superiore a 10^{-7} cm/s. È bene chiarire a questo proposito che la permeabilità dei materiali bituminosi non è indipendente dalle modalità di prova: infatti le caratteristiche visco-elastiche delle miscele in oggetto dipendono — oltre che dalla temperatura —

dalle pressioni esercitate, notandosi generalmente una diminuzione del coefficiente K al crescere delle pressioni proprio per l'effetto di « chiusura » del conglomerato esercitato dai carichi idraulici applicati sulla faccia del campione.

È comunque dimostrato che, per presentare ridotta permeabilità ed essere nel contempo stabile su piano inclinato, il conglomerato deve possedere percentuale dei vuoti inferiore al 3-4 %, senza tuttavia scendere al disotto di un certo valore (orientativamente lo 0,5 %): chè valori eccessivamente ridotti della percentuale di vuoti sono generalmente indice di eccesso di bitume libero, non combinato cioè agli inerti della miscela, con conseguente diminuzione dell'attrito interno del materiale.

Al fine dell'elevata stabilità concorrono anche una buona percentuale di inerti angolati e l'aggiunta di una modesta quantità di fibra d'amianto nella miscela.

L'esperienza dimostra che si possono ottenere conglomerati pressochè impermeabili e perfettamente stabili, senza particolari protezioni a monte, anche su pendenze dell'ordine di 1 : 1,5, ed oltre; a tale fine è necessaria un'opportuna granulometria degli inerti, un opportuno contenuto di bitume ed un efficace e tempestivo compattamento del materiale in opera.

Anche la flessibilità degli strati è dote di primaria importanza, per evitare fessurazioni dipendenti dalle deformazioni del rilevato. È generalmente richiesto che il conglomerato segua senza fessurarsi un cedimento pari ad 1/10 del diametro della base di appoggio. Va notato che per nessuno dei manti costruiti si hanno notizie di importanti fessurazioni, mentre è generale la constatazione che le perdite dovute a piccole fessure tendono a diminuire col tempo sia per la proprietà « autocicatizzante » delle miscele bituminose sia per l'effetto del trasporto solido delle acque di filtrazione. Nel caso della diga di Zoccolo v'è da considerare che, in relazione alla grana grossa dei materiali costituenti la fondazione e il rilevato, la posa in opera del manto è avvenuta quando erano praticamente esauriti i cedimenti dovuti al peso proprio dell'opera; la plasticità del manto costituisce però anche qui una valida garanzia per un efficace comportamento della struttura in seguito alle ulteriori deformazioni che verranno provocate dalle pressioni idrostatiche in fase di invaso.

Quanto alla durezza dei conglomerati, cioè alle variazioni delle loro proprietà fisico-chimiche nel tempo, va segnalato che manti in esercizio da diversi anni si trovano in ottimo stato di conservazione. Particolarmente indicativi a questo riguardo i dati circa il rivestimento bituminoso della diga di Ghrib, costruita nel 1937: si è colà constatato che, se l'invecchiamento dei conglomerati del manto è inevitabile, ciò non dà luogo ad inconvenienti qualora sia intervenuto nel frattempo il completo assestamento del rilevato. Infatti, se le qualità di plasticità si deteriorano gradualmente con il tempo — e ciò tanto più rapidamente quanto maggiore è la percentuale dei vuoti — la capacità di tenuta rimane invariata ed altre caratteristiche, quali la stabilità allo scorrimento e la resistenza alla compressione, tendono addirittura a migliorare. Queste doti dei conglomerati bituminosi, unite a quella della grande rapidità di posa in opera,

hanno suggerito più volte ai tecnici la loro adozione per la soluzione di vari problemi e giustificano il crescente favore che il loro impiego va incontrando nelle applicazioni idrauliche. La tabella 1) riporta alcune fra le più importanti dighe in materiali sciolti rivestite a monte con manti bituminosi impermeabili, assieme alle principali caratteristiche dei manti stessi [6].

3 - Prove preliminari

Il rivestimento bituminoso della diga di Zoccolo (figura 2) consiste di tre strati impermeabili, di cui l'inferiore spesso 5 cm ed i sovrastanti 4 cm cadauno, e di un sottofondo in conglomerato bituminoso aperto (Binder) di 8-9 cm. Un velo di speciale emulsione bituminosa serve poi da sigillo superficiale.

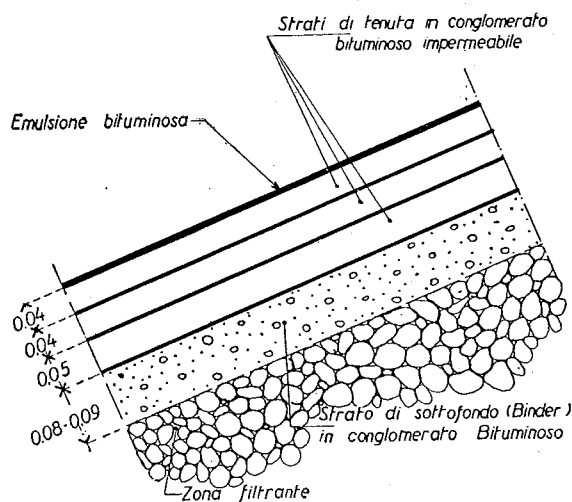


Fig. 2 - Diga di Zoccolo: sezione del rivestimento bituminoso.

In vista dell'importanza del lavoro da eseguire è stata appositamente condotta una serie di prove preliminari di laboratorio inerenti agli aggregati minerali ed alle miscele.

Degli inerti, prodotti da materiali prelevati in alveo poco a monte dello sbarramento e trattati in appositi impianti di lavaggio, selezione e granulazione, è stata preventivamente determinata l'affinità al bitume. A tal fine sui principali componenti mineralogici (Gneiss, filladi, micascisti) è stata eseguita la prova di adesione al bitume secondo le norme CNR: sui provini asciutti si è ottenuta un'adesione media di 6,50 kg/cm², mentre su quelli bagnati la adesione media è stata di 6,27 kg/cm², con un rapporto quindi di oltre 0,96.

La prova di idrofilia, condotta sempre secondo le norme CNR, « non ha denunciato alcuna traccia di spogliazione del bitume sulla graniglia bitumata sommersa in acqua 24 ore ».

Sulla scorta di numerose e svariate sperimentazioni sono state scelte per le miscele di inerti le seguenti composizioni granulometriche (figura 3):

TABELLA 1 - CARATTERISTICHE DELLE PRINCIPALI DIGHE RIVESTITE CON MANTI BITUMINOSI

Nome	Nazione	Anno del completamento	Quota del coronamento m.s.nm.	Altezza max. m.	Pendenza paramento monte	MANTO					NOTE
						Area m ² x 1.000	Spessore strati di tenuta cm.	Max. diametro inerti mm	Bitume pen.	% sugli inerti	
Ghrib	Algeria	1937	435	65	1 : 0,7 1 : 1	13	6+6=12	25	20/30	8,0	—
Bou-Hanifa	Algeria	1939	300	56	1 : 0,8 1 : 1	23	6+6=12	25	20/30	8,0	Perdite 3 l/s
Sarno	Algeria	1952	427	36	1 : 2 1 : 2,5	11	4+4=8	13	80/100	8,0	—
Iril-Emda	Algeria	1954	536	80	1 : 1,6	65	6+6=12	25	40/50	9,0	Perdite 5 l/s
Montgomery	U.S.A.	1957	3300	35	1 : 1,7	22	7,5+9+10=26,5 4,5+4,5=9	37	50/60	8,5	—
Radoina	Jugoslavia	1959	815	42	1 : 0,74 1 : 0,89	6	5+5=10	20	50/75 (92%) + 40/50 (8%)	8,6	Perdite 2-3 l/s
Maria al Lago	Italia	1955	2056	18	1 : 2 1 : 2,25	7	3+3=6	16	40/50 (20%) + 80/100 (80%)	8,0	—
Wanna	Svizzera	1956	1720	14	1 : 2	44	3+3+3=9	8	80/100	7,8	Perdite 5 l/s
Genkel	Germania	1952	330	43	1 : 2,25	11	3+3=6	8	80 (85%) + Trinidad (15%)	8,1	Binder di 12 cm in- terposto fra gli strati di tenuta; perdite 0,3 l/s
Henne	Germania	1955	327	58	1 : 2,07 1 : 2,15	28	Tre strati=9,5 Due strati=6,5	—	80/100	8,2	Binder di 10 cm in- terposto fra gli strati di tenuta
Wahnback	Germania	1956	—	46,5	1 : 1,6	25	Due strati=9 Uno strato=4	—	—	—	Binder di 11 cm in- terposto fra gli strati di tenuta
Riveris	Germania	1956	—	45	1 : 2	12	Due strati=8 Uno strato=4	—	—	—	Binder di 15 cm in- terposto fra gli strati di tenuta
Zoccolo	Italia	1964	1144	66,4	1 : 2 1 : 2,25 1 : 2,5	41	5+4+4=13	15	80/100	8,0 8,50 8,75	—

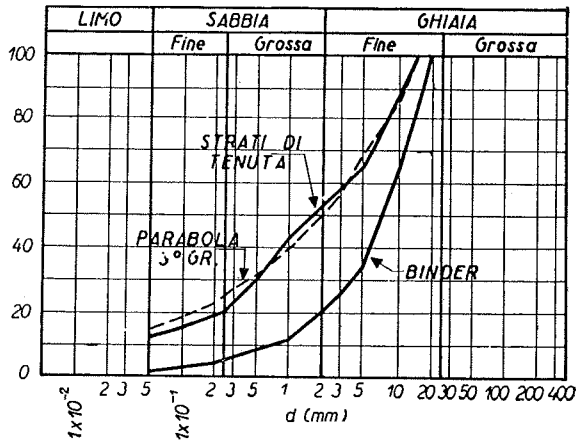


Fig. 3 - Diga di Zoccolo: curve granulometriche degli inerti per le miscele bituminose.

Serie ASTM	Percentuale in peso di passante	
	Strato binder	Strato tenuta
3/4"	100 %	—
1/2"	80 %	100 %
3/8"	65 %	90 %
N. 4	40 %	73 %
N. 10	22 %	57 %
N. 40	5 %	33 %
N. 80	3 %	22 %
N. 200	2 %	12 %

La frazione passante dal vaglio n. 200 era costituita, per gli strati di tenuta, quasi esclusivamente da fillers calcareo ed asphaltico, con l'aggiunta di fibra d'amianto in ragione dello 0,5 % in peso della miscela.

Il tenore di bitume, di penetrazione 80/100, è stato fatto variare nel corso delle prove dal 2,8 % al 3,5 % (riferito al peso degli inerti) per il binder, e dal 7,50 % all'8,50 % per gli strati di tenuta.

Le prove, ad eccezione di quella di flessibilità di cui si dirà in seguito, sono state eseguite su provini cilindrici confezionati secondo le modalità della prova MARSHALL [5] (altezza = 63,5; diametro = 102 mm), sottoponendo a 35 colpi del pestello ciascuna delle faccie del provino, in luogo dei 50 colpi fissati dalle norme per i conglomerati stradali; sono infatti da tenere presenti, nei conglomerati idraulici, le particolari condizioni imposte dalla rullatura su piano inclinato e la mancanza dell'ulteriore azione di compattamento esercitata dal traffico.

Il peso di volume medio ottenuto per lo stato di tenuta, con l'8 % di bitume, è stato di 2,397 g/cm³, valore cui corrisponde una percentuale di vuoti dell'1,91 %. Le prove di permeabilità, effettuate su una serie di provini mantenuti sotto pressione d'acqua di 7 atm per 14 gg., hanno fornito un coefficiente medio di permeabilità inferiore a $K = 10^{-8}$ cm/s.

La stabilità allo scorrimento è stata valutata su provini fissati su di un piano inclinato con pendenza 2 : 3 (superiore, pertanto, a quella massima reale) riscaldati per 7 gg. alla temperatura di 60 °C: al termine di tale prova si è verificato uno scorrimento di soli 12 micron.

Quanto alla resistenza alla compressione, una serie di 6 provini ha fornito una resistenza media di 94 kg/cm², dopo un giorno dalla confezione.

Una serie di provini è stata poi sottoposta a 20 alternanze termiche tra - 15 °C in aria e + 20 °C in acqua: dopo tale trattamento non si sono notati sui provini fessurazioni o alterazioni superficiali nè distacco di frammenti.

La prova MARSHALL, con l'accennata ridotta energia di costipamento, ha dato una stabilità media di 800 kg. ed uno scorrimento di 16/10".

Nella prova di flessibilità, eseguita a 20 °C su di un travetto di sezione 6 × 5 cm lungo 60 cm, costipato fino al raggiungimento della densità di 2,397 g/cm³ ed appoggiato agli estremi, si è avuta in mezz'ora una freccia di 0,5 cm senza alcuna fessurazione.

Per lo strato di binder le prove preliminari sono state ridotte al controllo della stabilità su piano inclinato ed alla verifica della resistenza alla compressione, risultata in ogni caso superiore ai 30 kg/cm².

4 - Controlli delle lavorazioni

I principali controlli delle lavorazioni sono stati eseguiti in cantiere presso un laboratorio specializzato appositamente allestito dall'E.N.E.L.

Per gli strati di tenuta, in ordine alla precipua funzione, le prove sono state alquanto numerose, secondo l'elenco che ne segue [11]:

- 1) Analisi granulometrica delle varie pezzature prodotte all'impianto.
- 2) Penetrazione del bitume.
- 3) Percentuale di bitume nel conglomerato (estrazione a caldo da campioni prelevati in opera).
- 4) Analisi granulometrica degli inerti presenti nel conglomerato (dal residuo dell'estrazione di cui al punto 3).
- 5) Peso specifico degli inerti.
- 6) Peso specifico assoluto del conglomerato (calcolato da 3-4-5).
- 7) Peso di volume del conglomerato in opera (da campioni indisturbati prelevati dal manto).
- 8) Percentuale dei vuoti (calcolata da 6 e 7).
- 9) Permeabilità (su campioni indisturbati prelevati dal manto).
- 10) Stabilità allo scorrimento (su provini confezionati con materiale prelevato alla stesa).
- 11) Flessibilità (id. c.s.).
- 12) Prova MARSHALL (id. c.s.).

Le determinazioni giornaliere sono state particolarmente frequenti per quel che riguardava la composizione granulometrica e l'addensamento del materiale in opera (fig. 4). Ricontrato infatti che a piccole variazioni nel dosaggio dei fini potevano corrispondere scarti non trascurabili nella percentuale dei vuoti, si è prestata la massima attenzione al controllo delle granulometrie all'impianto, in modo da ridurre al minimo le variazioni rispetto alle composizioni prescelte.

Va notato che, pur essendosi in linea di massima adottate granulometrie prossime a quelle determinate nel corso delle prove preliminari, nel secondo e nel

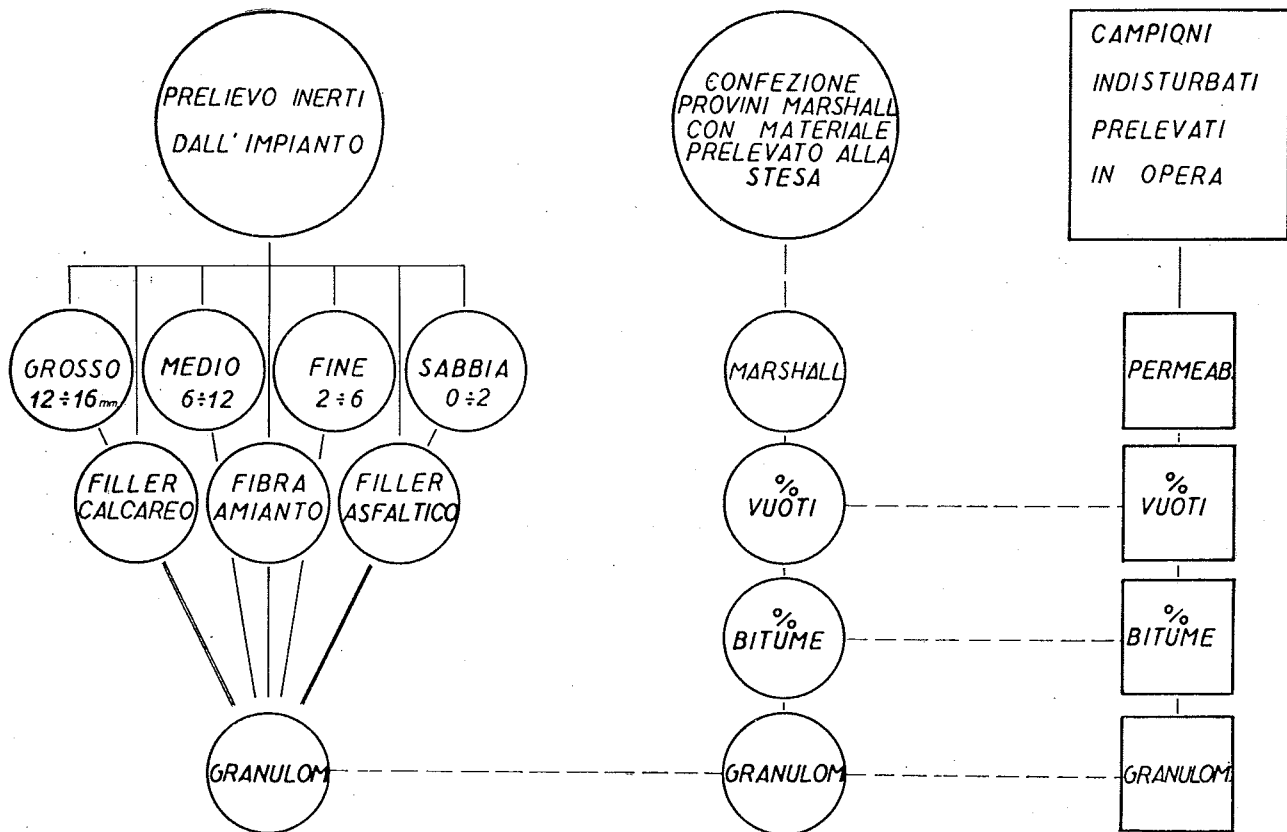


Fig. 4 - Diga di Zoccolo: schema delle principali prove giornaliere sul manto di tenuta.

terzo degli strati di tenuta è stato necessario apportare leggere modifiche alla curva di figura 3, in vista del ridotto spessore degli strati; inoltre il contenuto di bitume, pari all'8% nel primo strato impermeabile, è stato portato all'8,50% nel secondo ed all'8,75% nel terzo, in modo da arricchire progressivamente in legante le zone più esposte alle azioni esterne.

Limitandoci qui a riferire circa i principali risultati ottenuti, la percentuale dei vuoti, determinata quotidianamente su diversi campioni prelevati indisturbati dal manto per mezzo di un'apposita apparecchiatura, ha oscillato di norma fra il 2 e il 3%. La dimostrata correlazione — ferme restando le altre caratteristiche della miscela — fra la permeabilità e la percentuale dei vuoti, oltre che la celerità e semplicità della determinazione di quest'ultima, hanno convinto ad assumere la percentuale dei vuoti come parametro di immediato riferimento per la prima valutazione della riuscita del lavoro.

Le prove di permeabilità sono state eseguite sia in laboratorio, su tasselli indisturbati, che in opera sugli strati. Le prime garantiscono una migliore attendibilità per la possibilità di sigillare lateralmente il campione e di raggiungere pressioni apprezzabili: sono state condotte incrementando le pressioni di 0,5 atm ogni mezz'ora fino a raggiungere le tre atmosfere, che venivano mantenute per due ore. Nella quasi totalità dei casi i campioni si sono dimostrati del tutto impermeabili e solo in qualche caso

sporadico si sono misurate permeabilità, peraltro assai ridotte e comunque inferiori a $K = 10^{-7}$ cm/s.

La prova MARSHALL, largamente adottata per la progettazione ed il controllo dei conglomerati bituminosi per impieghi stradali, non assume, a nostro avviso, eguale rilievo negli impieghi idraulici; ciò in quanto i parametri caratteristici di tale prova (stabilità, deformazione) non sono altrettanto significativi, in relazione al diverso impiego del materiale. Pur tuttavia tali parametri, legati ad una definitiva energia di costipamento ed a un prefissato tenore di bitume, consentono di valutare quanto meno la costanza della miscela. In tal senso la prova MARSHALL è stata eseguita a Zoccolo, sulle composizioni impiegate per gli strati di tenuta, con i risultati che di seguito si sintetizzano.

- con l'8% di bitume si sono ottenute densità paragonabili a quelle in opera, costipando i provini con 35 colpi: la stabilità è stata dell'ordine di 800-900 kg, lo scorrimento di 15-25/10".
- con l'8,50-8,75% di bitume si sono ottenute invece le densità « in situ » operando con soli 20 colpi di pestello per faccia. La stabilità media è risultata di 500-700 kg, lo scorrimento di 30-40/10".

Anche le altre prove di controllo hanno in sostanza confermato i risultati delle prove preliminari.

Per lo strato di « binder » sono stati giornalmente eseguiti i controlli della granulometria degli inerti all'impianto e prelievi in opera di campioni di con-

glomerato, dei quali venivano determinate la permeabilità, la densità e la percentuale di bitume, oltre alla composizione granulometrica effettiva.

La permeabilità dello strato di « binder » è risultata definita da un coefficiente K medio di 10^{-2} cm/s; la percentuale dei vuoti del 16-18 %, corrispondente ad una densità di circa $2,1 \text{ g/cm}^3$. A tali valori, legati alle caratteristiche della miscela, ha pur sempre corrisposto un'elevata resistenza alla compressione, dell'ordine di 40 kg/cm^2 .

5 - Conclusioni

La costruzione del rilevato in terra ha avuto termine a Zoccolo nell'ottobre del 1963 ed i lavori del manto hanno avuto luogo dal luglio all'ottobre del 1964. Sono attualmente in via di espletamento le finiture alle opere del bacino, che si prevede di potere invasare dalla primavera del 1965.

È pertanto ovvio che ogni conclusione definitiva circa il rivestimento bituminoso deve essere rimandata a quando — effettuati i primi invasi — se ne potrà valutare la riuscita in base a dati di fatto.

Pur tuttavia le osservazioni permettono durante la costruzione del manto di formulare fin d'ora qualche considerazione al riguardo.

L'esperienza ricavata durante le prove preliminari e di controllo ha confermato in sostanza quanto già noto a proposito di opere consimili già da tempo in esercizio con buoni risultati. In particolare, le doti di permeabilità e di stabilità allo scorrimento sono legate ad un valore della percentuale dei vuoti che deve oscillare entro ristretti limiti: particolari cure devono essere prestate, a tale fine, al rispetto della granulometria e della percentuale di bitume prescelti ed al controllo della temperatura all'atto della rullatura.

Per l'ottenimento dei suddetti risultati è indispensabile la più spinta meccanizzazione del cantiere, dal-

l'impianto di produzione a quello di posa in opera, rifuggendo appena possibile dai metodi manuali. La massima cura deve essere infine prestata allo studio di taluni particolari esecutivi, quali i giunti fra le strisciate contigue, il collaggio fra i diversi strati, il collegamento con le parti murarie: poichè le capacità di tenuta di un manto non dipendono — a nostro avviso — soltanto dalle buone caratteristiche del conglomerato ma, e in misura altrettanto determinante, dall'accurata e corretta realizzazione di tali dettagli.

Bibliografia

- [1] COMITÉ FRANÇAIS DES GRANDS BARRAGES - *Colloque révétements*, « Travaux », nov. 1960.
- [2] DE VITO, RAVAGLIOLI - *Applicazioni del bitume in opere idrauliche*, « L'acqua », 1958.
- [3] DOLCETTA, CHIARI - *Le terre a grana grossa usate nella costruzione delle dighe di Zoccolo e di Fontana Bianca*, « Geotecnica », 1963.
- [4] DOLCETTA, CHIARI - *Formazioni moreniche e fluvioglaciali quali terreni di imposta di due dighe in Val D'Ultimo*, « Geotecnica », 1964.
- [5] JACKSON, BRIEN - *Asphaltic Concrete*, Shell Int.
- [6] KIAERNSLI TORBLAA - *Asfalt på fillingsdammer*, Norwegian Geotechnical Inst., Oslo 1962.
- [7] MEAD HAROLD T. - *Special Equipment etc.*, « World Construction », March 1964.
- [8] PANCINI, CARUSO - *La diga di Maria al Lago*, « Geotecnica », 1957.
- [9] THEVENIN - *Barrage du Ghrib*, 7° Int. Congr. large dams,
- [10] VAN ASBECK - *Bitumen in Hydraulic engineering*, Voll. 1 e 2, Elsevier.
- [11] VAN ASBECK - *The use of asphaltic bitumen for sealing earth and rock-fill dam*, 7° Int. Congr. large dams, Roma, 1961.

DESIGN CRITERIA AND PLACEMENT CONTROL OF THE ASPHALTIC CONCRETE FACING AT ZOCCOLO

Summary: After a short description of reasons that lead to use an asphaltic concrete facing at Zoccolo's (Italy) earth dam, data are given concerning preliminary laboratory investigations and main construction controls.

PROJET ET CONTROL DE LA CONSTRUCTION DU MASQUE EN BETON BITUMINEUX A ZOCCOLO

Sommaire: Après un bref rappel des raisons qui ont amené à l'adoption d'un masque en béton bitumineux à l'amont du barrage en terre de Zoccolo (Italie), on en décrit les essais préalables et les principaux controls de la construction.