

Iniezioni di emulsioni bituminose.

V. LELU, R. PFLIEGER: *Utilisation des bitumes dans la technique des injections de sol. Deux applications récentes sur les aménagements du Rhin par Electricité de France.* Travaux, dic. 1971.

R. L. GEBHART: *Experimental cationic asphalt emulsion grouting.* Journ. Soil Mech. Found. Div., Proc. ASCE, sept. 1972.

Non si può affermare che nella letteratura tecnica abbondino gli articoli sulle iniezioni di prodotti bituminosi; è quindi da accogliere con letizia la pubblicazione dei due articoli che qui si recensiscono.

Il problema è noto. Il bitume non è sempre presente sulla tastiera delle centrali d'iniezione non solo perché, a guisa di Calimero, è nero e sporco, ma perché presenta due inconvenienti fondamentali. Il primo di essi è che, per entrare in fessure o pori come quelli che più spesso si presentano in pratica, dev'essere emulsionato; l'emulsione deve poi rompersi a comando e non, come nei lavori stradali, appena a contatto con il materiale da iniettare. Il secondo inconveniente è che, anche allorché si sia realizzata un'emulsione stabile per tutto il tempo del pompaggio e che si rompa al tempo giusto, il prodotto che viene a restare nel terreno iniettato non raggiunge un grado di rigidità comparabile con i materiali tradizionali (cemento, silicati, resine). A parte tutto, poi, trattasi di prodotto costoso.

Ne deriva che le iniezioni di bitume, o prodotti bituminosi in genere, sono adottate allorché proprio non se ne può fare a meno; ad esempio, allorché si debbano eliminare perdite d'acqua da manufatti sotto gradienti elevati, ove i materiali tradizionali rischiano di essere dilavati dalla corrente prima della presa.

Pertanto ogni iniezione di emulsioni di bitume (ci riferiamo quindi alle sole iniezioni in pori o fessure con acqua circolante a notevole velocità) porta con sé, oltre all'impiego di un prodotto

« emulsionatore », anche l'impiego di un prodotto « stabilizzatore » per impedire che le particelle di bitume si coagulino (cioè l'emulsione si rompa) appena entrate nel terreno e cioè prima di aver camminato quanto necessario alla riuscita dell'intervento; ed infine di un prodotto « coagulatore » che al tempo giusto elimini l'effetto dello stabilizzatore. Ove si pensi che sia lo stabilizzatore, sia il coagulatore e l'emulsionatore sono costituiti da prodotti chimici e che il terreno quasi sempre interviene nelle reazioni chimiche con i suoi elementi costitutivi, acidi o basici, si comprende come non sempre si riesca a portare avanti le cose con grande successo ovvero, il che è la stessa cosa, con piccola spesa. E questo senza colpa del maggiore interessato, il bitume.

Il primo degli articoli recensiti si divide in due parti.

Nella prima, V. LELU espone dettagliatamente le caratteristiche dei bitumi e le possibilità che essi offrono per le iniezioni dei terreni. I progressi più recenti nel campo sono dovuti all'impiego estensivo in laboratorio di due moderni apparecchi: il micro-elastometro ed il micro-viscosimetro, mediante i quali è stato possibile, più completamente che non in passato, studiare il comportamento del materiale quale corpo visco-elastico, cioè corpo la cui deformazione sotto uno sforzo non è soltanto funzione dell'entità dello sforzo ma anche della durata d'applicazione di questo e della temperatura. Sono citati rapidamente alcuni esempi d'impiego di bitume caldo, non emulsionato, relativi agli anni compresi fra il 1930 ed il 1965.

Circa le emulsioni di bitume, l'Autore ne ricorda le proprietà per iniezioni, e cioè che in esse le particelle di bitume raggiungono diametro pari a qualche micron; inoltre il peso specifico del bitume è pressoché pari a quello dell'acqua, il che rende possibile e facile stabilizzare le emulsioni, delle quali da qualche anno vengono prodotti e posti in commercio due tipi principali:

— le emulsioni anioniche, per le quali si impiega come emulsionante un sapone alcalino di acidi grassi;

— le emulsioni cationiche, il cui emulsionante è un sale d'ammonio quaternario o un sale d'amina.

Una volta iniettata nel terreno, l'emulsione può rompersi o per effetto dell'evaporazione di parte dell'acqua di emulsione (la cosa non è facile nel terreno, a meno di non assorbire l'acqua mediante altre sostanze) ovvero, come sopra ricordato, per effetto del semplice contatto dell'emulsione stessa col terreno, o per effetto di un coagulatore. In generale risulta più agevole l'impiego di emulsioni cationiche, la cui rottura avviene mediante un coagulatore a pH basico, perché nei vari casi in cui esse sono state adoperate si è riscontrata una ottima adesione, dopo la rottura, fra il bitume ed il materiale trattato.

Nella seconda parte della nota R. PFLIEGER dà notizia di alcuni interventi del genere effettuati su alcuni impianti lungo il fiume Reno. L'Electricité de France gestisce su tale fiume numerose centrali, alimentate da acque trattate mediante dighe. Manifestatesi, nel corso degli anni dalla costruzione di tali impianti, alcune perdite in punti singolari, si effettuarono delle ricerche per rinvenire una miscela di iniezioni avente la proprietà di non essere trascinata dall'acqua di percolazione. Furono adottate le emulsioni cationiche.

I primi esperimenti sono stati condotti per la diga di Kembs (riva sinistra del canale d'Alsazia) nel 1970. Apparve subito che l'emulsione adoperata, qualora non in presenza di forti perdite, era molto adatta alle alluvioni del Reno; in presenza di forti perdite era necessario un coagulatore ad effetto rapido (lisciva potassica, 1% di KOH a 50°B, ovvero lisciva di soda, 1,5% di NaOH a 40°B).

Altro esperimento fu eseguito, sempre in sinistra del Reno, allo sbarramento di Rhinau che trattiene l'acqua mediante una diga di terra. Quattro anni dopo la sua costruzione, e cioè nel 1968, alcune risorgive a valle ave-

vano richiesto una prima campagna di iniezioni con miscele sabbia-argilla-cemento. Nel 1970 altre fughe consigliarono la posa in opera di alcuni piezometri nel corpo diga mediante i quali si constatò che le perdite erano dovute alla scarsa efficacia di una parte del diaframma impermeabile. Individuata la zona di scarsa tenuta, furono iniettate emulsioni cationiche a lenta velocità di rottura con pH circa 2, concentrazione pari al 58% di bitume molle, penetrazione 300/500. Si ricercò un'opportuna velocità di rottura mediante l'impiego di KOH (densità 1,5 a 50°B, mescolata con l'acqua nel rapporto 1/15 in volume) facendo attenzione al pericolo che l'uso della potassa costituiva per gli operatori, specie riguardo agli occhi. Risultò conveniente il rapporto 1,5/1 in volume tra l'emulsione e la soluzione di potassa.

Successivi esperimenti portarono ad impiegare, mescolate all'emulsione, le ceneri provenienti dalla depolverizzazione del carbone utilizzato nella centrale termica di Strasburgo. Risultò conveniente un rapporto acqua/ceneri di 1/3 in volume, mentre per il rapporto emulsione/ceneri risultò conveniente $1\frac{1}{2} \div 3$ che consentì di ottenere un agglomerato finale sufficientemente plastico. Per l'iniezione furono in un primo tempo impiegati tubi da 1" e 1/4 sia per l'emulsione che per la potassa, distanziati in pianta di 1 metro; successivamente il tubo per la potassa fu ridotto a 3/8" e inserito all'interno del tubo per l'emulsione; i due tubi erano di eguale lunghezza. Si effettuarono iniezioni per tratte ascendenti, proseguite fino a che scomparivano, nelle risorgenze, i filamenti dell'emulsione rotta.

Analogo intervento fu eseguito immediatamente a monte della diga di Gerstheim ove, su di una larghezza di circa 50 m, si erano verificate fughe di notevole entità dell'ordine dei 10 litri/sec. La tecnica adottata per l'intervento, dato che i materiali da iniettare erano gli stessi della diga di Rhinau, fu identica a quella già descritta ma con un maggiore impiego della miscela emulsione-ceneri. Il buon esito dei tre interventi si deve al fatto che è stato possibile realizzare la rottura dell'emulsione nelle vicinanze del tubo di iniezione. In ciascun caso furono impiegate alcune centinaia di tonnellate di emulsione.

Il secondo articolo che si recensisce

tratta di un intervento con iniezioni di prodotti bituminosi effettuato alla diga di Morrow Point sul fiume Gunnison, presso Montrose nel Colorado. Trattasi della prima diga sottile a doppia curvatura costruita negli USA, alta oltre 143 m, lunga 225,55 m al coronamento che trovasi a quota 2184 m s. m. Essa forma un serbatoio di circa 144 milioni di mc che alimentano due generatori della capacità complessiva di 120.000 KW. La diga è costruita su scisti biotitici, micascisti, quarziti e pegmatiti.

Dopo la costruzione della diga ed essendo in corso la costruzione della centrale sita a valle della diga, in sinistra, a serbatoio quasi pieno si ebbero delle perdite all'estremità sinistra del velo d'iniezioni effettuato per l'impermeabilizzazione della stretta. Le perdite furono localizzate nei giunti subverticali esistenti nella quarzite ivi predominante, nonché in due zone di faglia esistenti nelle vicinanze, una delle quali fu sanata mediante ancoraggi.

Poiché le perdite avevano raggiunto i 40 litri/sec, fu deciso di ridurle mediante iniezioni; e poiché occorreva iniettare in acqua corrente e, oltre tutto, bisognava non tappare alcuni fori di drenaggio eseguiti nelle vicinanze della centrale, fu deciso l'impiego dell'emulsione cationica. Fu adottata un'emulsione di bitume con grado di penetrazione 85-100, quantitativo di bitume pari al 65% dell'emulsione. Essa era venduta a Denver, nel Colorado, nell'agosto 1971, al prezzo di 12,5 cents per gallone franco cantiere.

Per la rottura dell'emulsione si adottò una soluzione di calce idrata che, impiegata nella proporzione di 0,23 kg di calce per gallone di emul-

sione, consentì un tempo di rottura variabile da 12 a 15 minuti primi. La soluzione di calce era ottenuta con 23 kg di calce in 380 litri di acqua. L'emulsione e la calce erano pompate con tubazioni separate facendo in modo che i due elementi si unissero in corrispondenza del packer prima di entrare nella formazione rocciosa (fig. 1). Vennero iniettati eguali quantitativi di soluzione di calce e di emulsione. All'inizio del lavoro si iniettò separatamente una certa quantità di sola emulsione.

Nel corso del lavoro la pompa a pistoncini duplex adoperata per l'emulsione si rivelò poco idonea e pertanto il pompaggio venne effettuato mediante aria compressa. Furono iniettati in totale 10.100 galloni di emulsione, pari a circa 38 mc, con cui venne ottenuta una riduzione delle perdite del 65%. Successivamente, depressa la quota dell'acqua nel serbatoio, le iniezioni vennero proseguite con miscele cementizie.

La memoria, oltre a dare numerosi elementi tecnici di dettaglio, particolarmente sulle attrezzature impiegate, termina con una esposizione delle più importanti esperienze effettuate durante il lavoro. Esse possono essere così compendiate:

— sempre che possibile, ottenere il movimento del bitume con semplice procedimento a gravità;

— per la vera e propria iniezione del bitume usare l'aria compressa anziché le pompe, sia ad elica che a pistoncini;

— le tubazioni d'iniezione devono essere tenute libere dall'umidità di condensa dell'aria;

— il migliore solvente per eliminare i residui di bitume nell'ambiente ove si opera è risultato il kerosene;

— a lavoro ultimato, l'A. ritiene che un bitume a più basso grado di penetrazione avrebbe consentito di ottenere un prodotto finale meno molle e quindi un miglior risultato complessivo.

Dobbiamo essere grati agli Autori delle memorie recensite per averci fornito tanti utili dettagli e consigli.

(Franco Mercogliano)

BIBLIOGRAFIA

- CAMBEFORT H. (1967) - *Injections desols*. Eyrolles, Paris.
 WEBER A. H. (1951) - *Correction of reservoir leakage at Great Falls Dam*. Transactions ASCE, vol. 116.

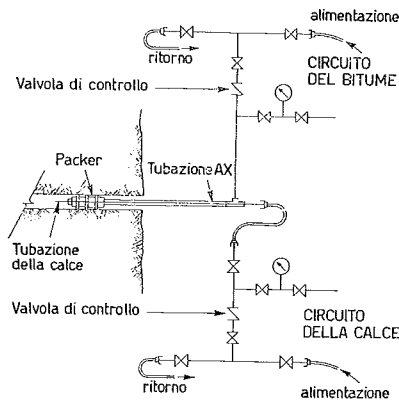


Fig. 1.