

(PV-E-1117) LAVORI DI REALIZZAZIONE DELL'ARGINE MAESTRO IN SAN CIPRIANO PO (PV)

ISTRUTTORIA DI VERIFICA DEL PROGETTO ESECUTIVO

Materiale di scavo.

- a) PIANO DI UTILIZZO DEL MATERIALE DI SCAVO. Il piano di utilizzo del materiale di scavo, redatto ai sensi dell'art. 183, comma 1, del D.Lgs. 152/2006 e del Regolamento emanato con DM 161/2012, non prevede che venga effettuata la classificazione dei terreni di scavo secondo CNR-UNI 10006 tramite analisi granulometrica del materiale.

Il progetto prevede la completa riutilizzazione del materiale scavato, il cui volume complessivo è computato in circa 47.000 m³ e costituisce solamente una porzione del volume complessivo necessario. A riguardo dell'idoneità tipologica del materiale alla formazione del rilevato si osserva che:

- il Capitolato AIPO prescrive che *“le terre preferibilmente da utilizzare saranno di tipo argilloso e limoso (classi A-4, A-6, A-7-6), con contenuto minimo di sabbia pari al 15% e con indice di plasticità inferiore a 25”. In casi di accertata impossibilità di ottenere una classe di rilevato superiore a quella con classifica A-3 e' facoltà dell'Ufficio di Direzione Lavori di accettare il materiale posto in opera, prescrivendo uno spessore non inferiore a 40 cm. di terreno vegetale sul paramento a fiume del rilevato”;*
- le indagini compiute permettono di affermare che i terreni oggetto di scavo, al di sotto del terreno agrario pedogenizzato, sono costituiti dai limi sabbiosi o argillosi caratteristici dei depositi alluvionali presenti nell'area; risulta quindi una notevole componente limosa che consente di ritenere che il materiale rientri nelle classi previste per la realizzazione dell'argine; in ogni caso in sede costruttiva e di controllo dei materiali impiegati sarà comunque possibile, nel caso in cui non sia rispettato il Capitolato, provvedere a opportune mescole per rientrare nei limiti previsti.

In conclusione, non si ritiene necessaria la richiesta di classificazione.

- b) PRELIEVO DEI CAMPIONI. Le date sono le seguenti: luglio 2015, prelievo dei campioni; 5/10/2015 consegna dei campioni al laboratorio di analisi. Il laboratorio ha erroneamente classificato come “data di prelievo” la data in cui gli stessi campioni sono stati consegnati per le analisi.
- c) ANALISI DEI TERRENI PROVENIENTI DALLA DEVIAZIONE DELLA ROGgia BEDO EST. La richiesta non appare condivisibile, vista la modesta distanza della localizzazione di tale intervento rispetto ai punti di prelievo dei campioni e tenuto conto della totale omogeneità dell'area complessivamente coinvolta, oltre che rispetto all'aspetto geologico, anche dal punto di vista delle forme d'uso del suolo.

- d) **CALCOLO STRUTTURALE DELL'EDIFICIO GRUPPO ELETTROGENO.** Il calcolo strutturale è stato sviluppato anche per l'edificio in oggetto e ha dato luogo agli elementi dimensionali riportati sulle tavole grafiche relative.

La relazione di calcolo non è invece stata allegata agli elaborati di progetto, come di prassi, in quanto il dimensionamento è del tutto simile a quello relativo agli altri manufatti per i quali la relazione di calcolo è stata invece allegata. Tale relazione potrà comunque essere allegata a supporto del progetto.

- e) **COMPUTO METRICO - TABULATI DI DETTAGLIO DEI VOLUMI CALCOLATI.** Il software Civil3D utilizzato permette di estrarre un data base-completo dei risultati dei calcoli effettuati sulla base del modello 3D dell'opera. Il data base sarà allegato alla documentazione a supporto del progetto.
- f) **ELABORATI GRAFICI RELATIVI AGLI IMPIANTI ELETTRICI.** La semplicità delle apparecchiature elettromeccaniche previste nel progetto richiede in realtà la realizzazione di un quadro elettrico, per il quale in Capitolato specifica i requisiti e i riferimenti normativi specifici. Si tratta quindi di una semplice fornitura, che viene normalmente effettuata congiuntamente alle stesse apparecchiature e non richiede particolari elaborati grafici.
- g) **ELABORATI GRAFICI DEGLI IMPIANTI E DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE.** La redazione di elaborati grafici comporterebbe di fatto l'individuazione dello specifico fornitore e non risulta quindi opportuna né possibile in sede di progetto. Il Capitolato indica le caratteristiche prestazionali di tali apparecchiature in termini idraulici ed elettromeccanici; di esse è prevista la semplice fornitura e installazione da parte dell'appaltatore,
- h) **PROFONDITÀ DEI TAGLIONI DI IMMORSAMENTO DELLE CHIAVICHE.** Nell'ambito della relazione geologica sono chiaramente motivate le ragioni che hanno indotto alla scelta tipologica della fondazione delle chiaviche inserite nel progetto. La verifica al sifonamento non è stata inserita in quanto la tipologia delle opere previste e i valori del carico idraulico escludono a priori che tale aspetto possa assumere valori di criticità.

A integrazione di tali elementi, si riporta comunque nel seguito la verifica al sifonamento della chiavica sul rio Bedo, che risulta, per tale fenomeno, la più sfavorita tra quelle previste, in termini sia di carico idraulico che di lunghezza della fondazione.

VERIFICA AL SIFONAMENTO DELLA CHIAVICA SUL RIO BEDO

1. Criteri di verifica

Dal punto di vista strettamente teorico, il fenomeno di sifonamento può avere luogo in qualsiasi tipo di terreno in quanto il gradiente critico dipende solo dal peso specifico dei granuli e dall'indice dei vuoti. In pratica però esso assume rilevanza per i terreni limoso-sabbiosi, per i seguenti motivi:

- *nei terreni argillosi*, un mutamento delle condizioni al contorno si traduce in un moto transitorio, data la loro compressibilità e bassa conducibilità idraulica, per cui risulta improbabile che tali variazioni permangano per un tempo così lungo da dar luogo a un gradiente critico lungo un intero strato;
- *nei terreni ad elevata permeabilità* come le ghiaie, in base alla relazione di Darcy, a un gradiente unitario corrisponderebbe un flusso di acqua estremamente elevato, difficile da realizzarsi in pratica;
- rimane pertanto la fascia intermedia dei *terreni costituiti da sabbie fini e limi sabbiosi non plastici*, per i quali la conducibilità idraulica assume valori tali che consentono sia l'instaurarsi di una condizione stazionaria sia il mantenimento di un gradiente critico.

Pertanto i terreni ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, a conducibilità idraulica medio-alta, sono poco o nulla soggetti a sifonamento, come analogamente i terreni argillosi a conducibilità idraulica bassa. Risultano viceversa soggetti a tale fenomeno i terreni limoso sabbiosi o sabbiosi, quali quelli di fondazione dell'opera in progetto.

Come è noto, per aversi sifonamento occorre che il gradiente idraulico i caratteristico del flusso di filtrazione che si instaura nel mezzo poroso sia superiore al gradiente idraulico critico i_c , definito come:

$$i_c = \gamma' / \gamma_w$$

in cui

γ' = peso di volume sommerso del terreno;

γ_w = peso di volume dell'acqua.

Nel caso in oggetto il peso di volume sommerso γ' (pari alla differenza tra peso di volume saturo e peso specifico dell'acqua) può essere considerato cautelativamente pari a 880 Kg/m³ e quindi il gradiente critico i_c risulta uguale a 0,88.

Il gradiente i è pari, in regime permanente, al suo valore massimo i_{max} :

$$i_{max} = dH/L_{min}$$

dove L_{min} è la distanza minima monte/valle lungo una linea di flusso e dH la differenza di carico idraulico.

Ai fini della verifica, secondo i dati della letteratura scientifica occorre che il rapporto:

$$i_c / i_{max} = 3 \div 5$$

Ai sensi delle NTC08, si adottano i coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sifonamento di cui alla Tab. 6.2.IV.; il fattore di sicurezza minimo deve essere pari a 1.

Considerando la combinazione più cautelativa, ovvero:

$\gamma_{G1} = 0,9$ (coefficiente per azioni permanenti favorevoli)

$\gamma_{Qi} = 1,5$ (coefficiente per azioni variabili sfavorevoli)

si calcola:

$$F_s (NTC08) = (i_c \cdot \gamma_{G1}) / (i_{max} \cdot \gamma_{Qi}) \geq 1$$

L'approccio più semplice, che conduce a una stima cautelativa, è quello di considerare la distanza L_{min} pari alla più breve linea di deflusso nel mezzo filtrante che percorrono le particelle d'acqua a partire dal lato Po per raggiungere il fondo del canale sul lato campagna, al di sotto della fondazione in condizioni di chiavica chiusa; tale condizione massimizza il gradiente i .

2. Verifica al sifonamento

Nel caso della chiavica sul rio Bedo si hanno i seguenti valori:

$$L_{min} = 31,0 \text{ m}$$

$dH = 7,0 \text{ m}$ (in funzione del livello della piena con tempo di ritorno 200 anni e considerando vuoto l'alveo a monte della chiavica)

Il gradiente idraulico massimo risulta pertanto:

$$i_{max} = dH/L_{min} = 7,0/31,0 = 0,225$$

Il fattore di sicurezza è quindi:

$$F_s = i_c/i_{max} = 0,88/0,225 = 3,91$$

Valore cautelativo, considerato che i criteri scientifici di letteratura richiedono un coefficiente compreso tra 3 e 5.

Per la verifica ai sensi delle NTC08, si calcola:

$$F_s (NTC08) = (i_c \cdot \gamma_{G1}) / (i_{max} \cdot \gamma_{Qi}) = (0,88 \cdot 0,9) / (0,225 \cdot 1,5) = 2,35 > 1,00$$

L'opera risulta pertanto ampiamente verificata verso il sifonamento ai sensi della normativa vigente.

Torino, 07.12.2015

HYDRODATA S.p.A – Ing. Ivo Fresia

