









COMUNE DI SAN BARTOLOMEO IN GALDO

ASSE 1 del POR CAMPANIA - FERS 2007 - 2013 OBIETTIVO OPERATIVO 1.2

PROGETTO DEFINITIVO DI BONIFICA DELLA DISCARICA CONSORTILE "SERRA PASTORE" COMUNE DI SAN BARTOLOMEO IN GALDO



RELAZIONE DI CALCOLO BARRIERA IMPERMEABILE VERTICALE

REV.02 NOVEMBRE 2011



COLLABORAZIONE SCIENTIFICA STUDIO D'INGEGNERIA, ARCHITETTURA E ACUSTICA AMBIENTALE ING. F. LUMINOSO & ASSOCIATI

Premesse

Così come illustrato nella relazione generale di progetto, la soluzione progettuale adottata ha tenuto conto dei rilievi emessi in sede di conferenza dei servizi del 06.09.2011, rinunciando alla sostituzione del manto impermeabile, con conseguente trasferimento temporaneo dei rifiuti, e ipotizzando la realizzazione di diaframmi impermeabili verticali.

Tale soluzione ovviamente, ha tenuto conto della presenza di uno spesso banco di argilla compatta al di sotto della discarica esistente, il quale costituisce di per sé un ottimo sistema di impermeabilizzazione.

Al fine di limitare la propagazione dei composti inquinanti si realizzano quindi barriere verticali costituiti da miscela bentonite-cemento con bassa permeabilità, e fino a raggiungere lo strato impermeabile di base.

Tale opera, insieme alla barriera di fondo e il capping sommitale, ha lo scopo di incapsulare il banco contaminato e di impedire, o quantomeno ridurre al massimo, la propagazione degli inquinanti nell'ambiente, isolando idraulicamente e in modo completo la zona contaminata.

Nell'elaborato è rappresentato il dimensionamento dell'opera, le modalità di realizzazione e le modalità di validazione.

Pagina 2 di 10

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

A. SCELTA DELLA TIPOLOGIA DELLA BARRIERA

L'isolamento laterale della zona contaminata viene realizzata tramite la perimetrazione completa dell'area fino ad intersecare la barriera naturale di base.

La progettazione della barriera verticale è stata preceduta da un esame attento delle risultanze della indagine geologica ed idrogeologica riguardanti il terreno ed il regime idraulico sotterraneo.

In questa fase sono state perciò definite per i terreni interessati dall'intervento:

- la natura, dal punto di vista litologico, con indicazioni sulla microstruttura (ad es. granulometria e mineralogia) e sulla macrostruttura (ad es. grado di fratturazione)
- la potenza e la continuità laterale degli strati geologici in cui il diaframma deve essere realizzato
- la conducibilità idraulica, misurata mediante prove in situ e in laboratorio
- la facilità di scavo e di esecuzione (terreni da attraversare, profondità massima ecc..)
- l'eventuale grado di contaminazione della matrice solida.

Non da meno si è tenuto conto degli aspetti legati alla interazioni con gli inquinanti, quantità e qualità dei materiali di risulta, costi.

In base alla tecnologia esecutiva, si offrivano al progettista diversi tipi di barriere impermeabili suddivise in tre categorie:

 Diaframmi plastici: prevede lo scavo e l'asportazione del terreno e il suo rimpiazzo con miscele impermeabili;

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 3 di 10

 Diaframmi sottili: prevede lo spiazzamento del terreno e l'immissione di miscela impermeabile o l'infissione di palancole o manufatti prefabbricati;

 Iniezioni: prevede la riduzione della permeabilità in sito come il jet grouting, le colonne di terreno miscelato, lie iniezioni di miscela impermeabile.

Le caratteristiche prestazionali in termini di permeabilità delle tipologie di barriere verticali sono rappresentate dal coefficiente di permeabilità che varia tra $1 \times 10^{-6} < K < 1 \times 10^{-8}$ cm/s con i valori massimi ottenuti dai diaframmi plastici.

Per la scelta del tipo di intervento si è tenuto conto essenzialmente deu seguenti parametri:

- livello della falda superficiale e degli acquiferi principali

escursione della falda

le portate idrauliche

il gradiente idraulico

la direzione del flusso

 l'eventuale tipo e grado di contaminazione delle acque della falda superficiale, delle eventuali falde sospese e degli acquiferi principali.

Tenuto conto che lo strato impermeabile di base, costituito da argille grige compatte si trova ad una profondità di circa12m e che i terreni superiori sono limi argillosi, si è scelto di eseguire diaframmi plastici con miscela cemento-bentonite da realizzarsi all'interno della recinzione lungo tutto il perimetro dell'area contaminata.

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 4 di 10

B. DIAFRAMMA PLASTICO CEMENTO-BENTONITE

La barriera prescelta è quella più comunemente utilizzata per interventi di cinturazione verticale. La sua realizzazione prevede lo scavo di una trincea continua, mediante sostegno delle pareti, con una miscela di acqua, cemento e bentonite. Gli spessori della barriera impermeabilizzante risultano dell'ordine di 0,5-1,2 m, con coefficienti di permeabilità non inferiori a 10⁻⁸ m/s. Le massime profondità raggiungibili risultano pari a circa 30 m, utilizzando normali attrezzature di scavo.

Essendo la miscela impermeabile a consistenza semi-rigida, il diaframma cemento-bentonite può essere realizzato anche in aree a forte pendenza, laddove la costruzione della barriera terreno-bentonite risulta improponibile a causa della maggiore fluidità della miscela di sostegno.

La miscela cemento-bentonite è suscettibile di attacco chimico da parte dello ione solfato, degli acidi e delle basi forti, nonché di altri composti ionici. Si prevede quindi,in fase di progetto esecutivo di realizzare delle prove utilizzando direttamente il liquido estratto dai possi presenti all'interno dell'area.

Dal momento che il terreno di scavo non viene riutilizzato per il successivo riempimento della trincea, questo sistema di isolamento produce quantità di materiale da smaltire e bonificare opportunamente.

B.1 Caratteristiche della miscela

Il campo di composizione ottimale della miscela impermeabilizzante prevede un contenuto d'acqua dell'ordine del 68-80% in peso, bentonite 4-10% e di cemento 8-25%. Quantitativi maggiori di bentonite comportano la maggiore deformabilità (plasticità) della miscela, laddove la percentuale di cemento influenza,

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 5 di 10

proporzionalmente, la resistenza meccanica (maggiore rispetto alla miscela terrenobentonite) che è generalmente compresa nell'intervallo 140 e 300 kN/m2.

Non esistono procedure standard complete suggerite da normative o regolamenti per verificare le prestazioni del manufatto in progetto. Pertanto si è previsto un piano di prove di:

- permeabilità a lungo termine sulla miscela usando il percolato da contenere come liquido permeante (anche con concentrazioni di inquinanti aumentate)
- 2. prove di compressione triassiale per valutare la deformabilità dei campioni sottoposti alle precedenti prove di permeabilità
- 3. confezionamento dei provini con miscela preparata con almeno il 5% di acqua di falda ed il 5% di terreno in sito

Per l'individuazione della composizione ottimale della miscela, in fase esecutiva si dovrà eseguire, con diverse percentuali di composizione, le prove di permeabilità in laboratorio al fine di definire la composizione ottimale.

B.2 Dimensionamento della barriera

Le specifiche tecniche, da definirsi in fase di progettazione, possono essere redatte secondo due diversi approcci:

- Specifiche riguardanti i materiali ed i metodi di costruzione;
- Specifiche di prestazione;

Le specifiche riguardanti i materiali ed i metodi di costruzione definiscono in modo particolareggiato quali devono essere qualità e quantità dei materiali e dei mezzi impiegati, la sequenza operativa ed i metodi di realizzazione dell'opera.

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 6 di 10

Le specifiche di prestazione, invece, definiscono esclusivamente le aspettative del committente in termini di risultato e quindi le prescrizioni a cui

devono corrispondere le caratteristiche del diaframma finito.

In ogni caso devono essere definite:

la conducibilità idraulica (kd),

lo spessore minimo del diaframma,

le tolleranze su verticalità, profondità, continuità,

la profondità dell'immorsamento in relazione alle caratteristiche

idrauliche della formazione di base.

– un piano di manutenzione e di monitoraggio dell'intervento.

B.3 Calcolo del diaframma

Al fine di definire lo spessore della barriera e la profondità di penetrazione

nel banco impermeabile si è proceduto al calcolo sulla base dei seguenti valori:

- Permeabilità della miscela acqua/cemento/bentonite: Kd =1x10⁻⁸ cm/s;

- Permeabilità del terreno di base (argille grigie): Ks= 1x10⁻⁷ cm/s;

- Battente idraulico tra l'interno della parte contaminata e l'ambiente: Δh= 200

cm;

- Tempo di migrazione del contaminante attraverso il diaframma (da normativa):

td=50 anni;

- Tempo di migrazione del contaminante sotto il diaframma (da normativa): tv=

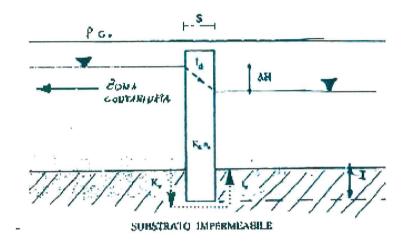
150 anni

- Secondi in un anno:31536000s/anno

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 7 di 10

In riferimento allo schema sottostante sono state utilizzate le seguenti formule per giungere ai sotto riportati valori:



- Spessore del diaframma:S [cm]
- Profondità di ammorsamento del diaframma nel terreno di base: I [cm]

S=
$$\sqrt{t_d \cdot K_d \cdot \Delta h}$$
 = $((50x31536000)x(10^{-8})x\ 200)^{0.5} \approx 56 \text{ cm}$

$$I = \frac{-S \pm \sqrt{K_v \cdot \Delta h \cdot t_v}}{2} = -40 \pm ((150 \times 31536000) \times (10^{-7}) \times 200)^{0.5} / 2 \approx 126 \text{cm}$$

I suddetti valori sono stati ricavati considerando cautelativa un battente idraulico di 2,00 metri.

La soluzione progettuale adottata sarà quindi quella di realizzare diaframmi dello spessore di 60cm e per una profondità variabile a seconda della profondità a cui rinviene il piano impermeabile e compresa tra i 10,00 e 15,00m dal piano di riferimento.

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 8 di 10

B.4 Modalità costruttiva

La buona esecuzione dei diaframmi impone un rigido controllo delle modalità

costruttive, nonché controlli da realizzarsi in corso d'opera per validare quest'ultimo.

Nel presente paragrafo ed in quello successivo si vogliono solo ricordare i

dati salienti in ordine a questi due aspetti.

Preliminarmente alla realizzazione del diaframma, si devono eseguire le

seguenti lavorazioni:

- Pulizia dell'area;

- Individuazione di sottoservizi;

- Preparazione piste per automezzi;

Si procede quindi al tracciamento della linea guida dello scavo e si esegue

l'escavazione con benna idraulica corredata da dispositivi di controllo della

verticalità. Lo scavo sarà eseguito con la presenza della miscela definitiva e auto

indurente cemento bentonite ed acqua.

B.5 Verifica di validazione dell'opera

Controlli in opera della miscela

Le caratteristiche principali da tenere sotto controllo sono:

il peso di unità di volume (γ), che rappresenta una verifica dei dosaggi, per

quanto concerne il rapporto tra solidi ed acqua

la viscosità (μ), i cui valori iniziali devono di norma essere compresi tra 40

e 50 secondi Marsh (> se si deve mettere in opera un telo in HDPE)

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 9 di 10

 il rendimento volumetrico (bleeding), che essendo un parametro indicativo della resa e della omogeneità della miscela, deve avere un valore più possibile prossimo al 100%, comunque non inferiore al 95%.

Per quanto riguarda la frequenza dei controlli, di cantiere, è sufficiente un prelievo circa ogni 200 m3 di materiale e comunque almeno un prelievo al giorno, con misura della viscosità su tutti i campioni e misura del rendimento volumetrico e del peso di volume su almeno uno

I prelievi di miscela possono essere eseguiti all'uscita della centrale di preparazione, all'immissione nello scavo e/o, con appositi campionatori, all'interno della trincea a diverse profondità.

Il controllo delle caratteristiche a lungo termine avverrà in laboratorio con prove di resistenza ad Espansione Laterale Libera (E.L.L) e prove di permeabilità in cella triassiale su provini prelevati in cantiere.

Nella fase di controllo dell'evoluzione delle caratteristiche si devono fare prove a 28 giorni e prove almeno anche a 90 giorni (carattere evolutivo della miscela).

Il diametro dei provini deve essere non inferiore a 60 mm (preferibilmente 100 mm) e il rapporto con l'altezza può essere 1:1 o 1:2 (dipende dal tipo di prova!).

Si devono prelevare dalla miscela fresca dei provini di dimensioni già compatibili con quelle dell'apparecchiatura di prova che si intende utilizzare e di deve consentire la maturazione in cantiere, in ambiente controllato per almeno 14 giorni e solo successivamente trasportare i campioni in laboratorio.

Rif.: 014 10 rsp 02 i02.doc

Pagina 10 di 10