



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Un modello per la previsione dei cedimenti in una discarica per rifiuti urbani

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Un modello per la previsione dei cedimenti in una discarica per rifiuti urbani / De Rulli G.; Facciorusso J.. - (2005), pp. 1-6. (Incontro Annuale dei Ricercatori di Geotecnica Ancona (Italy) 29 giu- 1 lug 2005).

Availability:

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/839334> of the repository was last updated on

Publisher:

Università degli Studi di Ancona

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

UN MODELLO PER LA PREVISIONE DEI CEDIMENTI IN UNA DISCARICA PER RIFIUTI URBANI

Gabriele De Rulli, Johann Facciorusso
Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Firenze
e-mail: johannf@dicea.unifi.it, gabrielederulli@yahoo.it

Abstract

Nella presente sintesi sono esposti i risultati dell'applicazione di un modello per la previsione dei cedimenti dei rifiuti urbani, tarato su misure reali di cedimenti di una discarica del Centro Italia e successivamente applicato ad una discarica di progetto per la stima del volume di abbancamento perduto.

Introduzione

La previsione della distribuzione nel tempo e nello spazio dei cedimenti assoluti e differenziali in una discarica controllata costituisce un elemento imprescindibile per garantire la funzionalità degli elementi strutturali della discarica, per assicurare la stabilità generale dell'opera e per consentire una corretta gestione dell'impianto anche da un punto di vista economico; infatti una corretta stima dei cedimenti del corpo rifiuti della discarica in fase progettuale consente di massimizzare la quantità di rifiuti abbancabili (a parità di volume di progetto) e quindi di ridurre i costi di smaltimento con benefici sia dal punto di vista economico che ambientale. I rifiuti, per loro composizione e struttura, hanno caratteristiche di compressibilità differenti rispetto agli altri materiali che però possono in qualche modo essere assimilate a quelle dei terreni. A differenza dei terreni inorganici un parametro che influenza in maniera sensibile la compressibilità dei rifiuti è la biodegradazione. Esistono in letteratura alcuni modelli che consentono la previsione nel tempo dei cedimenti dei rifiuti e si differenziano in base al tipo di legge costitutiva utilizzata ed ai parametri che li rappresentano. Un problema importante, nell'utilizzo di tali modelli, è la taratura dei parametri che tengono conto della locale natura e composizione dei rifiuti, e delle diverse condizioni climatiche che influenzano la biodegradazione. Nel presente lavoro viene tarato un modello mondimensionale (Moruzzi Marques et al., 2003) sulla base della merceologia e delle caratteristiche fisiche dei rifiuti di una discarica dell'Italia Centrale ove sono disponibili delle misure di cedimenti nel tempo. Infine, considerando una discarica di progetto, vengono stimati i cedimenti del corpo rifiuti.

Il modello di Moruzzi Marques et al. (2003)

In generale non è possibile adottare per lo studio del comportamento dei rifiuti i modelli della meccanica dei terreni a causa di una serie di fattori che differenziano profondamente i due materiali (M. Grisolia et al. 1991): i rifiuti, infatti, presentano un'elevata e spesso imprevedibile eterogeneità nei materiali costituenti e una grande deformabilità degli ele-

menti solidi (variabile in funzione della loro natura), inoltre, possono subire con il tempo profonde trasformazioni fisiche e strutturali a causa dei processi di biodegradazione. Uno dei modelli ritenuti più completi ed affidabili per stimare l'andamento dei cedimenti a lungo termine dei rifiuti, è un modello composito (fig. 1), messo a punto sulla base di

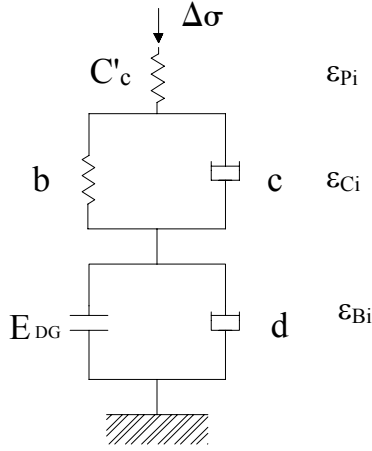


Figura 1. Modello di compressibilità composita per i rifiuti urbani

studi, misure in sito e prove di compressione in laboratorio eseguite nella discarica Bandeirantes presso San Paolo in Brasile in un arco temporale di tre anni. Posto N il numero degli strati presenti nella discarica di altezza ΔH_i , il valore totale del cedimento $S(t)$ al tempo t della discarica è:

$$S(t) = \sum_{i=1}^N \Delta H_i \cdot \varepsilon_i = \sum_{i=1}^N \Delta H_i [\varepsilon_{Pi} + \varepsilon_{Ci}(t) + \varepsilon_{Bi}(t)] \quad (1)$$

ove la deformazione verticale (ε_i) di un generico strato di rifiuto è il risultato di tre differenti meccanismi di deformazione cioè di compressione istantanea (ε_{Pi}) e di creep (ε_{Ci}), dovute al peso proprio e al peso degli strati sovrastanti, e di biodegradazione (ε_{Bi}), i quali valgono rispettivamente:

$$\varepsilon_{Pi} = C'_c \cdot \log \left(\frac{\frac{1}{2} \gamma_i \cdot \Delta H_i + \sum_{j=i+1}^N \Delta \sigma_{i,j}}{\frac{1}{2} \gamma_i \cdot \Delta H_i} \right), \quad \varepsilon_{Ci}(t) = b \cdot \left[\frac{1}{2} \gamma_i \cdot \Delta H_i \cdot (1 - e^{-c(t-t_i)}) + \sum_{j=i+1}^N \Delta \sigma_{i,j} (1 - e^{-c(t-t_j)}) \right]$$

$$\varepsilon_{Bi}(t) = E_{DG} \cdot (1 - e^{-d(t-t_i)}) \quad (2)$$

dove γ_i [kN/m^3] è il peso di volume dei rifiuti, $\Delta \sigma_{i,j}$ [kN/m^2] è l'incremento di sforzo verticale imposto dallo strato j allo strato i per $j > i$, e t_i, t_j [s] sono i tempi rispettivamente dall'abbancamento dello strato i e dall'abbancamento dello strato j , C'_c è il rapporto di compressione dei rifiuti (eventualmente variabile con la profondità), b [m^2/kN] è il coefficiente per il creep, c [gg^{-1}] è la costante per il creep, E_{DG} indica la quantità totale di deformazione dovuta alla biodegradazione, d [gg^{-1}] è la costante per la biodegradazione.

Modifiche al modello ed applicazione ad una discarica di progetto

Il modello di Moruzzi Marques et al. (2003) è stato modificato sulla base dei dati disponibili relativi ad una discarica del Centro Italia utilizzata e monitorata per circa due anni: i) è stata considerata, a chiusura di ogni singolo strato di rifiuto di spessore 1 m, la presenza di uno strato copertura giornaliera di natura argillosa di spessore 0.1 m, il cui cedimento è stato quantificato col modello monodimensionale di Terzaghi ed aggiunto all'equazione (1); ii) si è tenuto conto della differente composizione merceologica dei

rifiuti e delle differenti condizioni climatiche (che influiscono specialmente sul processo di biodegradazione) ritardando con una regressione lineare ai minimi quadrati alcuni parametri del modello (γ , C_c , b , c , d e E_{DG} dell'Eq. (1)) sulla base delle misure dei cedimenti reali effettuate su tre differenti sezioni in un periodo di 18 mesi. In fig. 2 sono riportati i valori dei cedimenti misurati lungo le tre sezioni nell'arco di tempo analizzato, confrontati con quelli stimati secondo il modello di partenza e quello modificato.

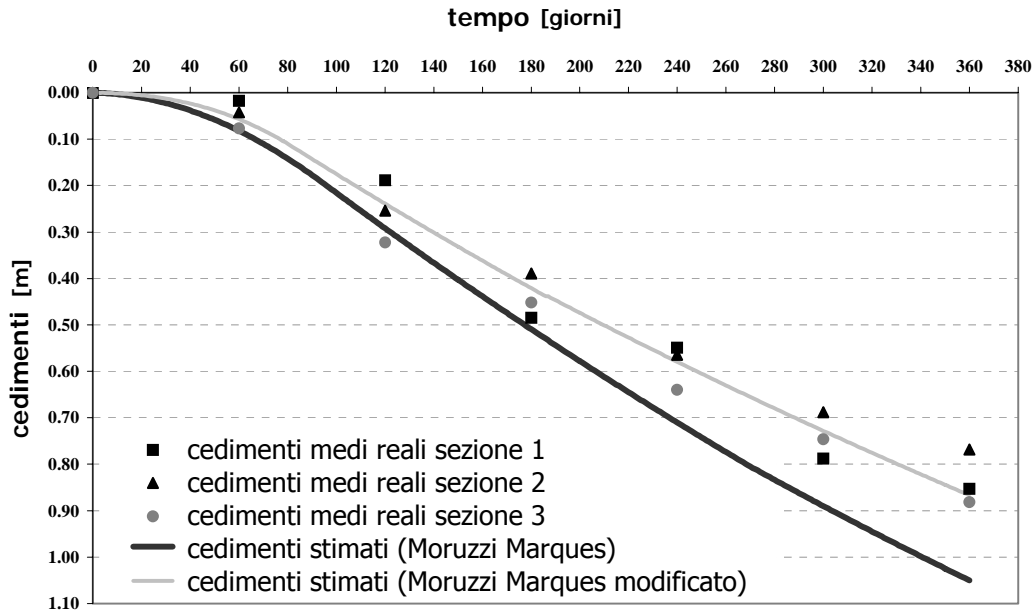


Figura 2 – Confronto tra i valori dei cedimenti misurati e quelli stimati secondo il modello di Moruzzi Marques e il modello di Moruzzi Marques modificato.

La discarica di progetto è stata dimensionata per smaltire al suo interno rifiuti urbani, per un utilizzo corrispondente a 150000 abitanti equivalenti (500 kg/anno di rifiuti ad abitante), e un tempo di vita di circa 8.5 anni. La merceologia per cui è stata progettata è la medesima di quella su cui è stato definito il modello di Moruzzi Marques modificato. La volumetria totale della discarica è di circa un milione di m^3 . La forma e la geometria sono riportate in fig. 3 e il terreno di fondazione si ipotizza roccioso. Le modalità di abbancamento sono state scelte in modo da ridurre al minimo eventuali cedimenti differenziali. La discarica è stata suddivisa in otto lotti (figura 3a) ed ogni lotto è stato suddiviso in 325 celle, ogni cella rappresenta il quantitativo di rifiuti abbancato giornalmente (ad una densità media di $0,92 t/m^3$). Ciascuna cella comprende 1 m di rifiuti e 10 cm di copertura giornaliera. La successione con cui vengono realizzate le celle è indicata in Figura 3b. L'impianto raggiunge, in corrispondenza della colonna più alta, un'altezza complessiva di 30 m (corrispondente a 25 strati). Applicando il modello di Moruzzi Marques modificato si è verificato che i valori dei cedimenti assoluti finali sono abbastanza uniformi all'interno di ciascun lotto ed i valori medi del cedimento stimato finale relativo a tutti i lotti sono confrontabili (da un minimo di 5.26 m per l'8° lotto ad un massimo di 5.76 m per il 1° lotto), mentre, come previsto, l'entità dei cedimenti differenziali è contenuta (con un massimo di 0.136 m). Il volume di abbancamento complessivamente perduto è di $173.893 m^3$, corrispondente al 17.6% del volume totale di progetto.

Applicando una procedura iterativa si è cercato il numero di strati che è possibile porre in opera rispettando, una volta esauriti i cedimenti, la quota massima di progetto (30 m), con un guadagno in termini di numero di strati, di volume di materiale abbancato e di anni di vita della discarica,

Tabella 1 – Confronto tra le due soluzioni di abbancamento considerate

<i>Numero strati</i>	25	35
<i>Volume [m³]</i>	812500	1145000
<i>Peso [t]</i>	747500	1053400
<i>Vita [anni]</i>	8.7	12.2
<i>Numero celle</i>	2600	3664

riassunti in Tabella 1. In fig. 4 è riportato una sezione della discarica ed il confronto tra il profilo della discarica di progetto e quello effettivo conseguente ai cedimenti stimati per la soluzione iniziale (25 strati) e quella che sfrutta l'intero volume disponibile (35 strati).

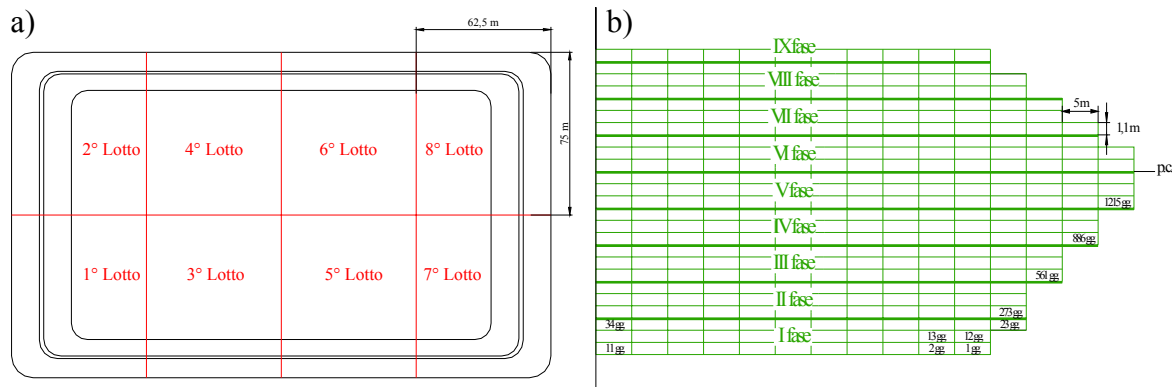


Figura 3 – Vista in pianta (a) e in prospettiva (b) della discarica di progetto e successione di abbancamento delle singole celle



Figura 4 – Confronto tra il profilo di progetto e il profilo stimato, una volta esauriti i cedimenti, nell'ipotesi di abbancamento a 25 strati e a 35 strati.

Bibliografia

Grisolia M., Napoleoni Q., Sirini P., and Tancredi G., (1991), “Geotechnical behaviour of sanitary landfill based on laboratory and in situ test”, *Journal of Resource Management and technology*, Philadelphia

Moruzzi Marques A. C., Filz G. M., Vilar O. M., (2003)., “Composite Compressibility Model for Municipal Solid Waste”, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 129(4): 372-378.