

Număr sponsorizat de **S.C. ȘTEFI PRIMEX S.R.L.**

## SARDINIA 2005

În perioada 3–7 octombrie 2005 s-a desfășurat în Sardinia a X-a ediție a simpozionului internațional de management al deșeurilor și depozitelor ecologice de deșeuri.

Noile reglementări naționale și internaționale în domeniul managementului deșeurilor urmăresc, în principal, să controleze impactul depozitării deșeurilor asupra mediului și să se încadreze în liniile generale stabilite prin sistemul integrat de management al deșeurilor. Sistemul are ca scop evitarea producerii de deșeuri, recuperarea de materiale și energie precum și depozitarea corespunzătoare a reziduurilor.

Tehnologiile conexe sunt în continuă dezvoltare în multe țări. Simpozionul Internațional de Management al deșeurilor și depozitelor ecologice de deșeuri din Sardinia a pus la dispoziția profesioniștilor din lumea întreagă un mediu propice schimburilor de idei și experiență în domeniu. Acest simpozion a devenit rapid Forum Internațional de referință unde experții prezintă activitățile lor de cercetare și experiențe, introduc noi concepte și tehnologii și se întâlnesc pentru discuții.

Simpozionul a demonstrat dezvoltarea acestui sector încurajând, în același timp, un important transfer de cunoștințe care a influențat proiectarea depozitelor și managementul deșeurilor în lume.

Simpozionul a inclus prezentări orale, expoziție, sesiuni specializate și workshop-uri concentrându-se în principal pe aspecte controversate ale managementului deșeurilor și depozitării.

Lucrările au fost selectate dintr-un total de 720 prezente din 66 țări conform evaluării unui Grup Internațional de arbitri. Fiecare lucrare a fost evaluată de 5 arbitri din alte țări decât autorii.

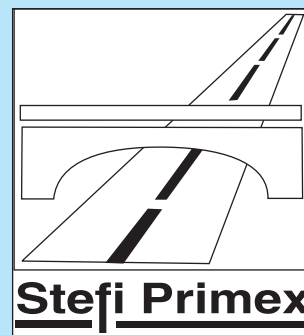
Comitetul științific a dezvoltat un program incluzând 500 de prezentări orale și 50 de postere.

Selectarea lucrărilor și destinația sesiunii s-a bazat pe câțiva factori: calitatea științifică a lucrării, relevanța subiectului, natura lucrării (studiu de caz, studiu preliminar, noțiuni generale, proiect), specificația subiectului și noutăți.

La fel ca și la edițiile anterioare, lucrările au fost organizate și publicate pe CD, conform programului. În plus, a fost publicată cartea cu abstractele lucrărilor conferinței pentru a permite o mai bună audiență a diferitelor sesiuni.

Un element de mare noutate la acest simpozion a fost susținerea unei conferințe Mercer de către profesorul J.P. Giroud cu titlul "Contribution of geosynthetics to the geotechnical aspects of waste and liquid containment".

O secțiune specială a simpozionului a fost dedicată performanțelor impermeabilizărilor realizate din materiale geosintetice și a fost condusă de dr. Daniele Cazzuffi, președintele I.G.S.



### COLEGIUL DE REDACȚIE:

#### Redactor șef:

Prof. Dr. Ing. Sanda MANEA

#### Colegiul Științific:

Conf. Dr. Ing. Loretta BATALI

Prof. Dr. Ing. Anton CHIRICĂ

Ing. Ciceron DUȘMAN

#### Secretar de redacție:

Ing. Elena RĂDULESCU

#### Tehnoredactare / Tipar:

Media Graphic Creation

Tel.: 322.71.10

Președinte ARG, Prof. Dr. Ing. Valentin FEODOROV

# ARMAREA CU GEOSINTETICE: UTILIZAREA FACTORILOR PARȚIALI DE SIGURANȚĂ

**Ing. Sven Schröer** - Huesker Synthetic GmbH Germania  
**Ing. Ciceron Dușman** - SC Stefi Primex SRL

## REZUMAT

**Articolul prezentat în continuare își propune să scoată în evidență factorul determinant în calculul de dimensionare a structurilor de pământ armat, coeficienții de reducere a forței de rupere funcție de rezistența la fluaj, curgerea lentă. Acest articol dorește să explice de ce fluajul este de o importanță deosebită pentru structurile de pământ armat și cum se poate aborda sistematic problema fluajului.**

**Este prezentată o introducere în subiect, urmată de diferite moduri de abordare a procedurilor simplificate (lipsa factorilor de reducere). Sunt date exemple de diferiți polimeri și este explicată utilizarea curbilor izocrone.**

### ***Cuvinte cheie:***

geosintetic, ranforsare, factori de reducere

## **1. Introducere**

Utilizarea elementelor geosintetice la ranforsare este o metodă existentă de mulți ani, deși siguranța acestor structuri a fost întotdeauna o preocupare a inginerilor, consultanților și beneficiarilor. Acest lucru a condus la idei generale diferite asupra siguranței proiectării structurilor ranforsate cu geosintetice. O variabilă importantă în proiectare este

ranforsarea și proprietățile ei tehnice. Înainte de a arunca o privire asupra noilor calculații, trebuie să se decidă conceptual care este funcția primară și care este parametrul director.

De exemplu, unele structuri sunt construite să funcționeze ca lucrări temporare în timpul fazei de construcție, adică un zid sau un taluz temporar într-un santier. Alte structuri au o durată de viață de proiectare fie de 60 de ani, fie de 120 de ani cu limite de deformare foarte stricte, din motive funcționale sau estetice.

În articolul de față se prezintă diferite moduri de abordare pivoțoare la

implementarea acestor coeficienți de reducere în determinarea rezistenței maxime admisibile în geosintetic și comportarea efort - alungire pe termen lung.

## **2. Conceptul factorilor de reducere**

Un mod convențional de determinare a rezistenței de calcul pentru ranforsarea cu geosintetic, este utilizarea următoarei ecuații de bază:

$$F_{Bi,d} = \frac{F_{Bi,k}}{\gamma_B} \quad (\text{Ecuația 1})$$

cu

$$F_{Bi,k} = \frac{F_{Bi,k0}}{(A_1 \cdot A_2 \cdot A_3 \cdot A_4)} \quad (\text{Ecuația 2})$$

unde :

$F_{Bi,d}$  = rezistența de proiectare admisibilă

$F_{Bi,k}$  = rezistența de proiectare, excluzând factorul general de siguranță

$F_{Bi,k0}$  = rezistența caracteristică pe termen scurt

$A_1$  = factorul de reducere pentru fluaj

$A_2$  = factorul de reducere pentru distrugerea la montaj

$A_3$  = factorul de reducere pentru îmbinări

$A_4$  = factorul de reducere pentru efectele mediului înconjurător

$\gamma_B$  = factorul general de siguranță

*Ecuația 1: concepția de bază a coeficienților de reducere (1)*

Dacă furnizorul unui material de ranforsare nu poate prezenta suficiente rezultate ale testărilor, respectiv nu are certificate de laborator externe, se recomandă aplicarea următorilor factori:

Materie primă geosintetic	$A_1$
Polipropilenă sau Polietilenă	$\geq 5,0$
Poliester sau Poliamid	$\geq 2,5$

*Tabel 1: Recomandări pentru factori de reducere pentru materiale necertificate (1)*

Tabelul 1 reflectă în mod clar bine cunoscută sensibilitate a poliolefinelor în condiții de sarcină permanentă (vezi și comparație - punctul 6).

Valoarea minimă pentru factorul  $A_2$  utilizată pentru materialele netestate, depinde de tipul pământului care va fi utilizat. Utilizând un pământ necoeziv cu dimensiuni mici ale particulelor și formă sferică, se va lua în calcul un factor minim de reducere  $A_2 = 1,5$ .

Pentru dimensiuni mai mari ale particulelor dintr-un pământ necoeziv, se recomandă  $A_2 = 2,0$ .

Pentru  $A_3$ , normativele recomandă utilizarea unei valori de 1,0 dacă nu există îmbinare pe direcția transferului de forță aplicată. Dacă o forță trebuie preluată și transmisă, poate fi utilizată o suprapunere sau se poate executa o îmbinare, de exemplu utilizând o conexiune cusută. Rezistența trebuie apoi verificată și demonstrată. Efectele mediului înconjurător sunt

reflectede prin aplicarea factorului  $A_4$ . Dacă se lucrează în medii naturale de pH, geosinteticul se consideră în mod uzual stabil pentru durata de viață a lucrării prevăzute în proiect.

Totuși, în situația că mediul chimic nu este natural, adică  $2 < \text{pH} < 9,5$ , trebuie să luăm în considerare utilizarea unui factor de reducere mai mare de 1,0 sau chiar a unui polimer mult mai stabil, așa cum este polivinilalcoolul (PVA).

## 2.1. Standardul englez BS 8006: 1995

Factorul de bază utilizat de Standardul Britanic, care este cea mai recentă publicație oficială referitoare la structuri de pământ armat, este foarte asemănător, dar modul de abordare este puțin diferit. Metoda utilizată de BS 8006: 1995, se adresează rezultatului fluajului într-un mod mult mai direct. Se pornește de la analizarea duratei de viață și a tipului de structură.

De exemplu, stabilește o structură temporară ca având în mod uzual o durată de viață de până la 1-2 ani și o structură cu o durată de viață de 120 ani pentru structuri cum sunt zidurile de sprijin și culeele de pod.

Ecuația de bază în BS 8006 pentru calculul rezistenței de proiectare este:

$$T_D = \frac{T_B}{f_m} \quad (\text{Ecuația 3})$$

cu

$T_D$  = rezistența de proiectare

$T_B$  = rezistența neredusă

(rezistența maximă la tracțiune)

$f_m$  = factorii materialului de

ranforsare (comparație Tabel 2)

Rezistența de proiectare poate fi determinată prin metoda echilibrului limită (ULS) sau prin metoda cedării prin rupere (SLS), care ține cont de deformație.

Dacă se va utiliza metoda de calcul SLS,

$f_m$ factori parțiali ai materialului	$f_{m1}$ proprietăți intrinseci material	$f_{m11}$ consecvență fabricație	$f_{m111}$	Aplicat atunci când rezistența de bază la tracțiune nu este rezistența caracteristică
			$f_{m112}$	Tolerante dimensionale
		$f_{m12}$ extrapolare	$f_{m121}$	Împrăștierea statistică a datelor pe termen lung
			$f_{m122}$	Incertitudinea extrapolării
	$f_{m2}$ efecte construcție / mediu înconjurător	$f_{m21}$ distrugere	$f_{m211}$	Distrugere mecanică
			$f_{m212}$	Efect pe termen lung al distrugerii mecanice
$f_{m22}$		Efect chimic al solului (mediu înconjurător)		

Tabel 2: Factori parțiali de siguranță  
în BS 8006 (Greenwood, 1997)

standardul englez BS 8006 limitează alungirile interne ale geogrii post construcție pentru culee la 0,5% și pentru ziduri de sprijin la 1%. Pentru aceasta este necesar utilizarea curbelor izocrone (vezi comparație - punctul 5).

Dacă se va utiliza metoda de calcul bazată pe ULS, atunci vor fi relevante valorile ruperii prin fluaj.

### 3. Fluajul și ruperea la fluaj

Deoarece comportarea pe termen lung efort / alungire a ranforsărilor reprezintă factorii dominanți în calculele rezistenței de proiectare pe termen lung, acest articol se axează mai mult pe acest detaliu.

#### 3.1 Proprietățile vâscoelastice ale polimerilor

Inginerii civiliști lucrează în mod uzual cu materiale care respectă proprietățile mecanice ale solidelor elastice, desi, de exemplu structurile de oțel care se utilizează conform noilor standarde europene, rezervele vâscoase sau plastice ale materialelor oferă posibilitatea de a lucra mult mai efectiv.

În mod uzual, materialele se folosesc în bazele Legii Hook, unde efortul este întotdeauna direct proporțional cu alungirea, dar independent de timp.

Evident, această presupunere este utilizată pentru a reduce calculele numerice la o

prezentare rezonabilă; în orice caz nu toate materialele se comportă în acest mod. Polimerii se comportă vâscoelastic. Acest lucru nu este un fapt neașteptat, deoarece polimerii sunt alcătuiți dintr-un număr mare de lanțuri moleculare și aranjamente moleculare complicate, care tebuie să susțină orice deformație mecanică; acestea sunt foarte complexe.

În deformarea unui solid dur, așa cum este diamantul, atomii sunt deplasați din pozițiile lor de echilibru în câmpurile lor de forță, care sunt locale, de aceea acest lucru se întâmplă într-un timp foarte scurt, dar cu un aport mare de energie.

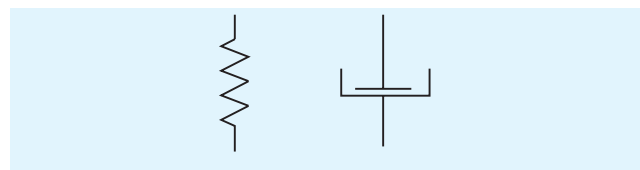
În contrast, într-un lichid obișnuit, compus din molecule mici, curgerea laminară reflectă nivelul relativ scăzut al energiei necesare să aranjeze moleculele, deoarece moleculele sunt mici, dar în mod normal necesită o perioadă de timp mai lungă.

Acest lucru este total diferit la polimeri. Mărimea fiecărei molecule subțiri de polimer cuprinde un volum mediu mult mai mare decât dimensiunile atomice și își modifică în mod continuu forma.

Pentru a explica acest fenomen și pentru a caracteriza numeroasele configurații sau forme de contur, este necesar să presupunem că există multe legături locale. În cadrul acestor legături locale, modificările și rearanjamentele se produc relativ repede, comparativ cu rearanjamentele la scară mare, care apar într-o perioadă de timp mult mai mare.

Acest lucru conduce la concluzia că schimbările rapide sunt posibile, dar de asemenea, trebuie luate în considerație și modificările pe termen lung (Ferry 1980).

Pentru a se înțelege comportarea și pentru a menține efortul calculației în limite rezonabile, s-au dezvoltat diferite tipuri de modele mecanice. S-a început cu un resort simplu care reprezintă

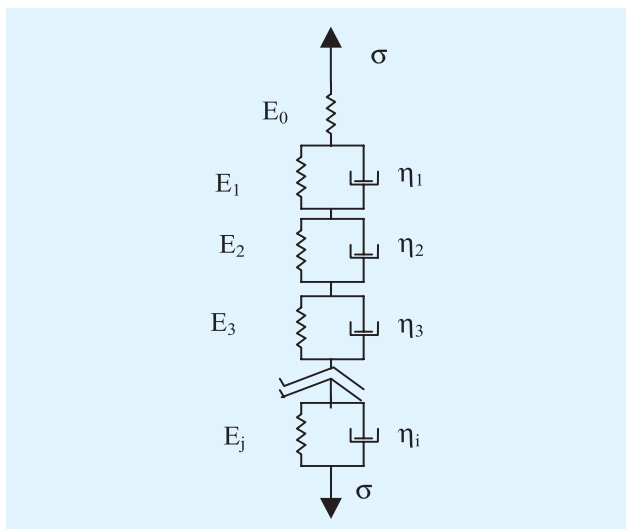


comportarea liniară descrisă de Legea Hook.

(a) Model resort (elastic); (b) Model amortizor (Viscos)

Deoarece resortul reprezintă partea elastică a curbei și amortizorul partea plastică a curbei, a fost introdusă o combinație între resort și amortizor. Amortizorul reprezintă comportarea vâscoasă a materialului vâscoelastic. Autori cum sunt Maxwell, Voigt și Kelvin prezintă cu modele similare, dar diferite.

Modelul Kelvin:



Unde

$E_0$  = modulul de elasticitate al resortului pentru o singură unitate de resort

$E_j$  = modulul de elasticitate al resortului pentru unitatea "j" a unității Kelvin

$\eta_j$  = vâscozitatea amortizorului pentru unitatea "j" a unității Kelvin

Acest model utilizează comportarea la fluaj și poate fi exprimat prin următoarea ecuație:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{E_i} (1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}})$$

Ecuatia 1: Ecuația alungirii pentru modelul Kelvin Chain

În care:

$\varepsilon_0$  - deformația elastică

$E$  - modulul de elasticitate al resortului

$\eta_i$  - vâscozitatea amortizorului

$\varepsilon_0 = 1/E_0$  este egal cu alungirea clasică, cauzată de efortul unitar depinzând de modulele resortului

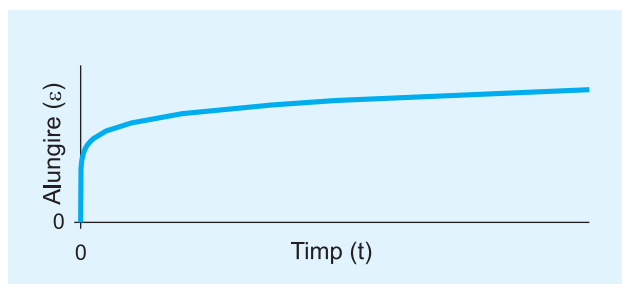
$1/E_j$  este modulul fiecăruia dintre resorturi

$\tau_i = \eta_i/E_j$  este un timp de încetinire

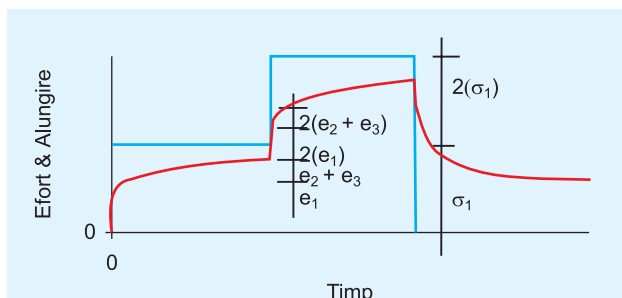
Când un model ca cel prezentat anterior este supus unui efort extern  $\sigma$ , atunci are loc o deformare instantanee. Gradul acestei deformări instantanee depinde de rigiditatea resortului utilizat. Un fapt important este acela că deformarea nu va varia în timp, ceea ce înseamnă că rămâne aceeași pe toată durata aplicării efortului. Deformația cauzată de amortizor va dura mai mult și nu va avea loc în timp ce resortul se deformează, deoarece acesta se deplasează cu efort mai mic. Deformația în amortizor va fi întârziată, depinzând de vâscozitatea elementului.

Presupunând că elementele prezintă proprietăți diferite (module resort și amortizor), elementele cu module resort mici și vâscozitate mare se vor deforma primele. Este important de reținut că deși este defavorabil pentru datele reprezentative, în mod general este necesar să se prevadă o unitate Kelvin o dată la zece ani (Te-Yang Soong și alții, 1998).

O curbă dezvoltată pe bazele acestui model, va arăta astfel:



Grafic 1: Comportarea la fluaj (Williams, 1980)



Grafic 2: Deformarea unui solid elastic linear (Ward)

Numai prima parte a curbei va fi rapid reversibilă. Ward (1983) a stabilit că efectul aplicării unui program de încărcare similar cu solidul linear vâscoelastic are numeroase puncte

comune.

Cazul cel mai general arată alungirea totală ca fiind suma a trei părți separate,  $e_1$ ,  $e_2$  și  $e_3$ .  $e_1$  și  $e_2$  sunt adesea denumite ca fiind “deformația elastică imediată”, pentru că sunt reversibile și au loc imediat ce procesul de încărcare (de sarcină) are loc. Pe de altă parte,  $e_3$  este debitul Newtonian, ceea ce înseamnă că este partea de deformare care este identică cu deformarea unui lichid vâscos, fiind subiectul legii Newton a vâscozității. Următoarea figură arată un exemplu cu ceea ce se petrece la diferite nivele de solicitare.

Graficul 2 arată că prin supunerea modelului la sarcina  $\sigma_1$ , acesta va răspunde cu o elongație elastică și aproape imediată  $e_1$ . Următoarea parte a curbei este reacția vâscoelastică a materialului. Aceste elongații sunt dependente de timp și nu sunt imediat reversibile. După descărcarea de sarcină a modelului, elongația elastică ( $e_1$ ) va reveni din nou aproape imediat și partea dependentă de timp revine, corespunzător timpului trecut.

Ward (1983) numește aceasta o “redeformare întârziată”. Răspunsul la a doua etapă de încărcare (sarcină) arată o comportare similară a celei de-a 2-a elongații. Acest lucru se întâmplă deoarece materialul arată o comportare lineară și magnitudinea alungirilor  $e_1$ ,  $e_2$  și  $e_3$  sunt direct proporționale cu magnitudinea efortului aplicat.

#### 4. Extrapolarea fluajului și a valorilor de rupere la fluaj

Deoarece fluajul este un proces care se petrece în timp, pentru a testa timpul real al comportării la fluaj al unui material pentru  $10^6$  ore (114 ani) - ar fi necesari 114 ani. Astfel s-a recurs la metode de extrapolare și tehnici de accelerare. Astfel de tehnici sunt valabile și disponibile, dar cea mai utilizată este Suprapunerea Timp Temperatură, (TTS) - aceasta fiind o accelerare.

##### 4. 1 Suprapunerea Timp Temperatură

Principiile Suprapunerii Timp - Temperatură

(TTS) se bazează pe conceptul că o creștere a temperaturii crește viteza de producere a fluajului; prin urmare, reducând timpul real pentru a atinge o anumită valoare a fluajului. Este un fenomen descoperit empiric și dovedit.

O curbă completă a fluajului se poate obține prin combinarea mai multor seturi de rezultate obținute la temperaturi în creștere, prin deplasarea lor, fie grafic, fie matematic, de-a lungul axei timpului, până când se obține o curbă de referință.

Aceasta permite utilizatorului să prevadă comportarea “alungire – timp” la o anumită temperatură de referință pentru perioade de timp foarte îndepărtate, în afara curbelor obținute la această temperatură (Sandri și alții, 1999).

Cu alte cuvinte, în forma ei simplă, TTS sugerează că, comportarea vâscoelastică la o anumită temperatură poate fi legată de cea manifestată la o altă temperatură doar printr-o schimbare pe scala timpului.

De exemplu, se iau două curbe de fluaj ale unui polimer ideal la două temperaturi  $T_1$  și  $T_2$ , scala timpului fiind logaritmică.

În această schemă simplă pentru echivalența timp - temperatură, aceste două curbe ale fluajului pot fi suprapuse exact printr-o deplasare orizontală  $\log a_T$ . Aceasta este definită ca fiind factorul de schimb  $a_T$ .

În normativul ASTM D-2990 se regăsesc rapoarte aferente metodei TTS.

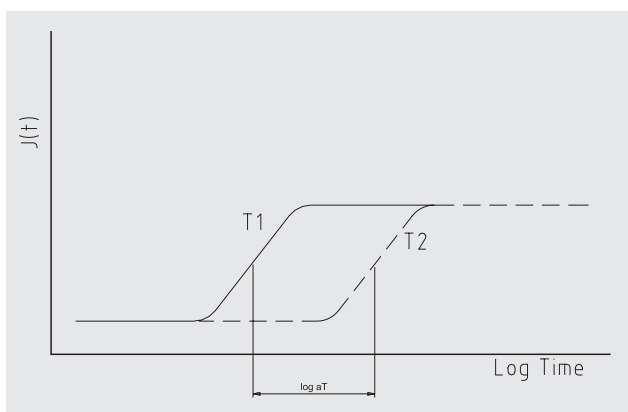
Principalul avantaj al TTS este acela că permite dezvoltarea reacțiilor (răspunsurilor) fluajului în timpi reali de laborator și prin urmare permite o prezentare rapidă a rezultatelor.

Se pot prevedea valori care conduc foarte departe în timp, dincolo de timpii necesari în mod uzual pentru proiectele de construcții.

Mai sunt încă și dezavantaje inerente ale TTS. Standardele americane (ASTM) încă solicită date pentru perioadele de peste un an la temperatura de referință.

Variațiile obținute de la test la test au o influență asupra rezultatelor, și pentru a asigura o bază statistică profundă de date, trebuie să se execute mai mult decât un test la fiecare temperatură și pentru fiecare sarcină. Numărul valorilor obținute trebuie să fie mai mare de 12. (Müller - Rochholz, J. 1997).

Variațiile pot rezulta firesc din gradul de răspândire al datelor și dintr- o anumită incertitudine în calcularea factorilor de transfer.



Graficul 3: Diagrama schematică a formei simple de transfer a temperaturii

#### 4.1.1. Estimarea performanței pe termen lung

TTS furnizează utilizatorului date estimate, dar sunt încă necesare teste de lungă durată pentru a obține datele pe termen lung solicitate. De exemplu, standardul american ASTM D 5263, solicită pentru o estimare de 75 ani, valori ale datelor obținute pe o perioadă de 7,5 ani (Sandri, 1999). Călea pe care se pot extrapola datele, trebuie aleasă cu grijă.

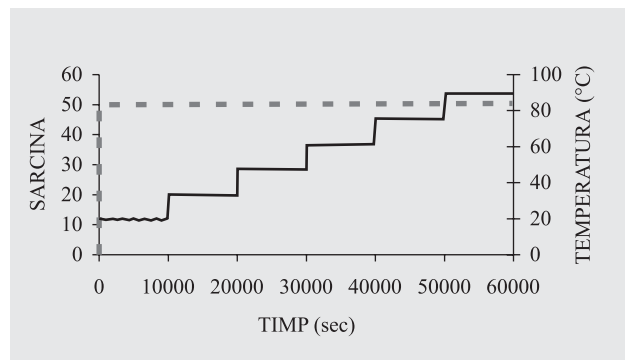
Müller - Rochholz (1996) și Koslowski (1996) au investigat tehnicile adecvate de previziune și au descoperit că pentru curbele fluajului materialelor viscoelastice se poate utiliza adesea o ecuație de tipul  $\epsilon = A+B \cdot \ln(t)$ .

Adițional, poate fi verificată și ecuația  $\epsilon = a \cdot e^{bt}$ . Ei au descoperit că pentru materialele cu fluaj linear și încet, regresia logaritmică corespunde, iar pentru fluajul progresiv regresia potențială este chiar mai bună. (Müller - Rochholz și Koslowski, 1996).

#### 4.1.2. Metoda izoterma în trepte

Metoda izoterma în trepte (SIM) utilizează o combinație a testării convenționale a fluajului și principiile Suprapunerii Timp Temperatura (TTS) - prin urmare este o accelerare. SIM utilizează în timpul testului condiții de sarcină constantă, ca și în celelalte alternative menționate, dar folosește o singură mostră pentru testare. Aceasta mostră este supusă sarcinii și catorva etape de creștere a temperaturii. Următorul grafic indică sarcina și temperatura în timpul unui test SIM: Sarcina este constantă pe durata testului, în timp ce temperatura crește de la 20°C la 90°C în intervale de 10.000 secunde și trepte de 14°C. Motivul pentru care s-au ales treptele de 14°C este explicat de Thornton (1998B).

El stipulează că timpul și temperatura pot fi alese arbitrar.



Graficul 4: Temperatura și sarcina în timpul testului SIM

Mai mult, el a stabilit că pentru PET o procedură în trepte de 14°C pentru fiecare 10.000 secunde se pare a fi cea mai bună. Studiul său prezintă testarea pentru 3 trepte diferite de temperatură în corelare cu 3 timpi diferiți de expunere.

A comparat :

- teste efectuate 1.000 secunde cu trepte de temperatură de 7°C și 14°C
- teste efectuate 10.000 secunde cu trepte de temperatură de 7, 14 și 28°C
- teste efectuate 100.000 secunde cu trepte de temperatură de 14 și 28°C

A rezultat faptul că procedura cu 14°C și 10.000 secunde reprezintă condiția cea mai economică și cu bune rezultate, comparată cu datele obținute din testele convenționale de fluaj.

Procedura pentru analizele datelor este data de Thornton și alții. (1998B).

## 5 Curbele izocrone

Conceptul curbelor izocrone este utilizat în diferite domenii ingineresti. Ele reprezintă dependența efortului de alungire în timp, ceea ce permite utilizatorului de a prevedea în timp elongația la un anumit efort și pentru un timp dat. Curbele izocrone sunt un instrument foarte precis pentru considerațiile de durabilitate ale structurilor MSE.

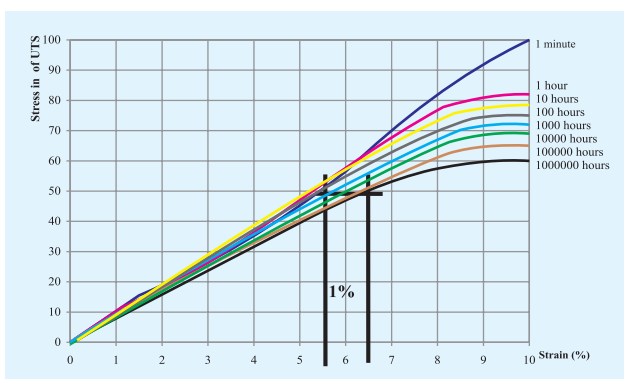
### 5.1 Evaluarea bazată pe curbele izocrone

Adoptând setul de curbe izocrone date și utilizarea normativului BS 8006:1995 în metoda de proiectarea SLS pentru un taluz, alungirea maximă post construcție acceptată (după terminarea construcției) este de 1% pentru o durată de viață de proiectare de 114 ani.

Dacă presupunem o construcție arbitrară pentru 1.000 ore, efortul utilizat rezultă după cum urmează:

- se alege curba pentru 100 ore,
- se găsește curba pentru 114 ani,
- se selectează efortul unde diferența între cele două curbe este  $\leq 1\%$

Din analiză rezultă un nivel de efort de 40% din forța la rupere pentru acest caz.



Graficul 5 : Curbe izocrone (exemplu)

## 6. Diferiți polimeri și comportarea lor la fluaj

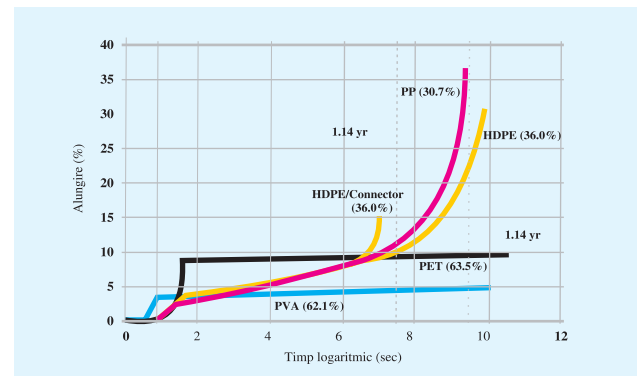
Așa cum s-a arătat la punctul 2, astăzi se utilizează diferite "clase" de materiale polimerice. Thornton și Lothspeich (2000) arată acest

lucru într-un singur grafic (graficul 6). Graficul arată curbele de fluaj generate până la 114 ani ( $10^{9.55}$  sec).

Pe axa X se observă timpul logaritmic (log sec) iar pe axa Y alungirea. Datele din paranteze (de exemplu 63,5 %) indică gradul de efort în % la care a fost supus materialul raportat la rezistența maximă la tracțiune a materialului.

De reținut în acest caz tendința mare la fluaj la efort foarte mic a polipropilenei (PP) și a polietilenei de înaltă densitate (HDPE). Acest lucru reflectă constatările din capitolul 2 și confirmă faptul că poliolefinele nu sunt potrivite (indicate) pentru structurile pe termen lung care sunt supuse unei sarcini permanente.

Poliesterul (PET) și polivinilalcoolul (PVA) prezintă o excelentă comportare la fluaj și la un nivel de efort de 63,5% și 62,1 % din rezistența maximă la rupere.



Graficul 6 : Comportarea în timp a diferitelor materiale polimerice (Thornton și Lothspeich, 2000)

## 7. Geogriile FORTRAC

Parametrii menționați anterior sunt foarte bine stabiliți pentru geogriile FORTRAC. Pentru a permite clienților și proiectanților de a proiecta lucrări de mare siguranță și totodată economice și convenabile cu geogriile FORTRAC, firma HUESKER SYNTHETIC a înțeles să certifice proprietățile produselor sale la BRITISH BOARD OF AGREEMENT (BBA) în UK (Marea Britanie).

BBA este o autoritate independentă de renume care eliberează aprobări tehnice pentru domeniul construcțiilor. Certificatul BBA al firmei HUESKER este bazat pe rezultatele unui număr foarte mare de teste diferite care îndeplinesc



procesul strict de audit BBA și se bazează pe HA Standard 22/92 - Manualul de Proiectare pentru Drumuri și Poduri.

Este valabil sub numărul de înregistrare 01/R125.

## 8. Concluzii

Utilizarea coeficienților de reducere a fost explicată și bazată pe exemple din Recomandările Germane pentru Utilizarea Geosinteticelor (EBGEO) și Codul de Practică British Standard BS 8006:1995.

O atenție particulară a fost acordată celui mai important factor: fluajul / ruperea la fluaj. Au fost arătate diferențele între diverși polimeri și comportarea diferită a acestora la rupere și deformare sub o sarcină constantă.

## 9 Bibliografie

- 1) Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V., (1997) „Empfehlung für Bewehrungen aus Geokunststoffen - EBGEO”, Germany
- 2) British Standard 8006; (1995); “Code of practice for

*Strengthened / reinforced soils and other oslls*”, BSI

3) Ward, I. M. (1983); “*Mechanical Properties of Solid Polymers*” John Wiley & Sons, Brisbane

4) Te-Yang Soong and Koerner, R. M. (1998); “*Modelling and Extrapolation of Creep Behaviour of Geosynthetics*” Proceedings of Geosynthetics '98 Conference în Atlanta

5) Williams, J. G. (1980); “*Stress analysis of Polymers, 2<sup>nd</sup> Edition*” Ellis Horwood Ltd., Chichester

6) Greenwood, J. H. (1997); “*Derivation of Design Parameters and Partial Safety Factors from Laboratory Data*”; Creep and Assessment of Geosynthetics for Soil Reinforcement Seminar, ERA London

7) Müller-Rochholz, J. (1997); “*Practicalities of Measurement of creep and stress to rupture*” ERA Seminar on Creep în Leatherhead UK

8) Müller-Rochholz, J. and Koslowski, C. (1996); “*Creep prediction*” Proceedings of Geosynthetics: Applications Design and Construction în Den Haag, Balkema Rotterdam, Netherlands

9) Thornton, J. S. and Lothspeich S.E.; (2000) “*Comparison of different Long Term Reduction Factors for Geosynthetic Reinforcing Materials*”; 2<sup>nd</sup> European Geosynthetic Conference, Bologna, Italy

10) Thornton, J. S., Allen, S. R. and Thomas, R. W. and Sandri, D (1998B); “*The Stepped Isothermal Method for Time Temperature Superposition and Its Application to Creep Data on Polyester Yarn*” Proceedings of Geosynthetics '98 Conference în Atlanta.

Societatea Internațională de Geosintetice continuă să încurajeze tinerii implicați în domeniul geosinteticelor prin acordarea “IGS Student Award” pentru câte un reprezentant al asociațiilor naționale afiliate IGS. Pentru desemnarea reprezentantului României, Asociația Română a Geosinteticelor organizează

### A II-a ediție a PREMIULUI NAȚIONAL PENTRU LUCRĂRI ȘTIINȚIFICE ELABORATE DE STUDENȚI ȘI DOCTORANZI ÎN DOMENIUL GEOSINTETICELOR ȘI APLICAȘII ALE ACESTORA

Sunt invitați să participe tinerii cercetători cu vârsta până în 35 de ani împliniți în cursul anului 2006, care sunt înscrși la o formă de învățământ universitar sau postuniversitar (studenți, masteranzi, doctoranzi). Premiul pentru cea mai bună lucrare este de 1500 EURO, sumă care va fi folosită exclusiv pentru participarea la A 8-a Conferință Internațională de Geosintetice, 18-22 Septembrie 2006, Yokohama.

Participanții la acest concurs vor transmite o lucrare cu un conținut care să cuprindă elemente originale, cercetări personale în domeniul materialelor geosintetice și utilizării acestora. Lucrarea va fi scrisă în limba engleză în formatul impus de editorii volumelor ce vor fi publicate cu ocazia celei de A 8-a Conferințe Internaționale de Geosintetice și va fi însoțită de un rezumat extins în limba română. Formatul de redactare a lucrărilor va fi pus la dispoziția participanților odată cu înscrierea la concurs. Lucrarea câștigătoare va fi prezentată în cadrul unei sesiuni speciale a acestei conferințe.

Înscrierile la concurs se fac pe adresa: Asociația Română a Geosinteticelor C.P. 38 - 162, București, e-mail: [ernest@utcb.ro](mailto:ernest@utcb.ro)

Plan calendaristic:

**Înscriere și trimitere a lucrărilor: 30 aprilie 2006.** Lucrările vor fi trimise pe suport electronic sau prin e-mail pe adresa ARG. Corespondența cu participanții la concurs se va desfășura exclusiv prin e-mail.

**Atribuirea premiului: 30 mai 2006.** Rezultatele concursului vor fi publicate în Buletinul ARG.

## GeoSint 2006

**Asociația Română a Geosinteticelor și Catedra de Geotehnică și Fundații** din cadrul **Universității Tehnice de Construcții București** organizează în luna Noiembrie 2006 **Al 3-lea Simpozion Național de Geosintetice, GeoSint 2006**

Sunt așteptate rezumatele articolelor dumneavoastră până la data de 30 aprilie 2006 pentru una din secțiunile simpozionului: Tipuri de materiale geosintetice, proprietăți  
Utilizarea materialelor geosintetice la depozitele de deșeuri  
Utilizarea materialelor geosintetice la lucrările de căi ferate  
Utilizarea materialelor geosintetice la lucrările de drumuri  
Lucrări de pământ armat cu materiale geosintetice  
Utilizarea materialelor geosintetice la lucrările hidrotehnice  
pe adresa: Asociația Română a Geosinteticelor, C.P. 38 - 162, București, e-mail: [ernest@utcb.ro](mailto:ernest@utcb.ro)

# EXIGENȚE PENTRU RANFORSAREA ASFALTULUI

Experiențe și rezultate după mai bine de 35 de ani de ranforsare a asfaltului folosind geogriile din poliester

**Dipl. Ing. Andreas ELSING** - Huesker Synthetic GmbH Germania  
**Asist. Drd. Ing. Diana Doina TENEA** - Univesitatea Ovidius Constanța

Geocompozitele au fost concepute în special în vederea utilizării lor la ranforsarea îmbrăcăminților asfaltice. Aceste materiale au apărut în urma studiilor efectuate asupra mixturilor asfaltice armate cu geogriile. Astfel s-a putut constata că în cazul geogriilor, datorită toleranțelor extrem de strânse ce trebuie respectate la pregătirea suprafeței pe care urmează să se așeze geogrila, corelat cu faptul că acestea trebuie tensionate, se ajunge la o tehnologie destul de complicată, iar orice greșeală făcută pe parcursul montării sau prelucrării suprafeței suport conduce la eșecul operațiunii. Dacă geogrila nu este corect poziționată și nu este perfect lipită de suprafața stratului suport, datorită încărcărilor dinamice ciclice date de trafic, se produce fenomenul de coardă vibrantă care are ca efect desprinderea stratului de asfalt și apariția gropilor. Acest fenomen apare cu atât mai repede cu cât diferența dintre planul geogrii și cel al suprafeței suport este mai mare.

Combinarea celor două tipuri de materiale pentru

realizarea geocompozitului este realizată, de regulă, prin lipirea unei geogrii pe un suport textil. Tehnologia de lipire diferă de la producător la producător. Suportul textil ideal este foarte subțire având rolul de a fixa geogrila pe suprafața stratului suport. Există tipuri de geocompozite, cu un geotextil mai gros, care necesită, la punerea în operă, o cantitate mai mare de bitum, creind posibilitatea apariției unui strat de alunecare.

Utilizarea geocompozitelor s-a extins în ultimii ani, acestea fiind utilizate în principal pentru prevenirea propagării fisurilor, din stratul de bază către suprafața îmbrăcăminții.

Buna conlucrare între straturile de asfalt este esențială pentru a prelua încărcările din traficul greu fără a suferi deteriorări, iar ranforsarea asfaltului nu trebuie să reducă conlucrarea între straturi.

Interacțiunea pe termen lung între ranforsare și straturile de asfalt este determinantă pentru buna funcționare a asfaltului ranforsat. Cu atât mai mult, ranforsarea trebuie să reziste și să fie deteriorată cât mai puțin

posibil de eforturile și deformațiile aplicate în timpul montării și ulterior în timpul așezării straturilor de asfalt și compactării acestora.

## OPTIMIZAREA RANFORSĂRII

Una din soluțiile care s-a dovedit cea mai viabilă, atât în urma testelor de laborator, cât și urmărind comportarea in situ mai bine de 35 de ani, o constituie geocompozitele alcătuite dintr-o geogrila din poliester și un geotextil subțire. Dezvoltarea continuă a produselor și optimizarea parametrilor a dus la producerea geocompozitului de ranforsare HaTelit® C 40/17.

Alegerea poliesterului ca material pentru geogrila de ranforsare HaTelit® se bazează pe buna compatibilitate a proprietăților mecanice cu modulul de elasticitate și cu comportarea efort-deformație a asfaltului.

Pentru relevanță, mai jos sunt arătate modulele de elasticitate pentru diferite materiale care sunt puse în operă la construirea și reabilitarea drumurilor.

Valorile modulelor de elasticitate din tabel sunt valori determinate pe asfalt, pe o rețetă medie de asfalt, la o temperatură medie de 20°C. Valoarea modulului de elasticitate de 1000 daN/cm<sup>2</sup> este pe asfaltul răcit, iar valoarea de 7000 daN/cm<sup>2</sup> este pentru asfaltul cald respectiv - vara, la temperaturi de peste 30°C.

Modulele de elasticitate	Modulul E(daN/cm <sup>2</sup> )
Asfalt	1.000 - 7.000 *
Beton	20.000 - 40.000
Oțel	200.000 - 210.000
Fibră sticlă	69.000
Fibre poliester	12.000 - 18.000
HaTelit C	7.300

Notă:\* sub sarcina dinamică

Raportul optim între modulele de elasticitate ale celor două materiale trebuie să varieze în intervalul 8-10%, concluzie rezultată din experimente de laborator sau carote scoase de pe teren. Un modul de elasticitate de 10 ori mai mare, cum este în cazul fibrei de sticlă, creează probleme de conlucrare atât datorită rigidităților diferite, cât și datorită faptului că, fiind casantă, fibra de sticlă se deteriorează foarte ușor în timpul montării, dacă nu sunt respectate indicațiile tehnologice. Asfaltul se deformează (dilație-contrație), iar elementul de ranforsare trebuie să preia această deformare împreună cu asfaltul.

O ranforsare foarte rigidă nu se recomandă, deoarece fiecare strat funcționează separat, ceea ce înseamnă că geocompozitul nu conlucrează

cu îmbrăcămintea, iar geogrila se va desprinde de asfalt.

Din încercările făcute s-a tras concluzia că geocompozite care înglobează materiale tip PVA și PES conlucrează bine cu îmbrăcămintea, iar fibra de sticlă, aramidul și metalul nu pot conlucra în forma actuală, ci eventual cu materiale de adaos, dar pentru care nu există rezultate.

În scopul de a evita orice defecțiune la interfață, între straturile de asfalt, geogrila de ranforsare HaTelit® este acoperită cu un amestec bituminos care asigură aderența între straturile de asfalt. De mai bine de 10 ani, HaTelit® C 40/17 a fost fabricat cu un suport foarte ușor, neșesut, care este de asemenea impregnat cu bitum, din fabricație. Această combinație între o geogrila și un strat subțire de geotextil neșesut, asigură o bună aderență la straturile inferioare și face ca instalarea geocompozitului să fie foarte simplă.



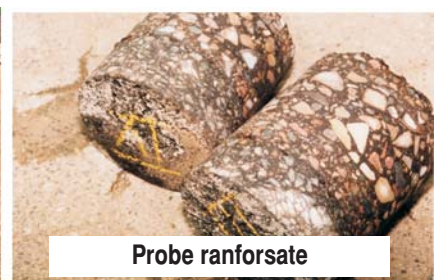
Stratul de bază

Deoarece materialul geotextil este impregnat cu bitum, cantitatea necesară amorsării este aceeași ca în cazul așternerii unui strat de asfalt.

## TESTAREA CONLUCRĂRII ÎNTRE STRATURI

Încă din 1994, au fost luate mai mult de 100 carote conținând ranforsări cu HaTelit® C 40/17 din diferite proiecte și comparate cu probe cores-punzătoare dar neranforsate. Testele pentru determinarea conlucrării au fost extrase prin diferite metode, cele mai folosite fiind procedura testului Leutner. Rezultatele au confirmat că folosirea HaTelit® C 40/17 nu afectează sub nici o formă aderența.

Tabelul 1 arată rezultatele testelor pe probe din lucrarea de la aeroportul Jagel, care a fost construit în 1998, (și până în prezent) se prezintă satisfăcător din toate punctele de vedere. Suprafața frezată din imagine [foto 1] a fost acoperită cu 0,5 kg/m<sup>2</sup> de emulsie bituminoasă U 70 K peste care a fost așezat HaTelit® C 40/17. Adâncimea finală de punere în operă a fost 4,0-6,0 cm. Primele 4 carote au fost luate la 4 săptămâni după construcție. Una dintre carote a fost o mostră de referință neranforsată.



Probe ranforsate

Probă	Descriere	Forță de forfecare [kN/m]
Nr.1	HaTelit® C 40/17	36.42
Nr.2	Neranforsat	30.17
Nr.3	HaTelit® C 40/17	37.48
Nr.4	HaTelit® C 40/17	36.72

Tabel 1) Rezultate pentru testul de conlucrare folosind procedura test Leutner [1]

Rezistența la forfecare măsurată în timpul testelor este mare pentru toate probele și în acest caz, mult mai mare pentru probele ranforsate decât pentru proba neranforsată. Oricum, nu se poate deduce din aceasta că HaTelit® C 40/17 mărește conlucrarea, dar este clar că această conlucrare nu este redusă.

Epruvetele în care s-a folosit un produs fără acoperire cu bitum și produsele compozite constând în geogrilă și un geotextil nețesut neimpregnate au arătat o reducere considerabilă a aderenței dintre straturi. În multe cazuri probele au cedat în timpul prelevării. Rezultate similare care arată reducerea conlucrării pentru diferite tipuri de ranforsări sunt descrise în [ 5 ].

Dacă geotextilul nețesut reduce conlucrarea între straturi, atunci ranforsarea nu poate mobiliza forța de întindere. Efectul de ranforsare poate apare numai atunci când aderența între straturi este suficientă pentru a transfera forțele. Cele două efecte nu pot fi adăugate simplu împreună.

## RECOMANDĂRI PENTRU PUNEREA ÎN OPERĂ

Pe toată durata instalării, ranforsarea poate fi supusă la încărcări mari atunci când

peste ea trec utilajele specifice construcției drumurilor. De asemenea, solicitări importante pot apărea, pe zone restrânse, în timpul compactării asfaltului.



HaTelit® C 40/17 peste care trece un utilaj de compactare

În momentul de față nu există teste specifice pentru a determina totalitatea deteriorărilor cauzate în materialul compozit de încărcările menționate în timpul construcției. Oricum, testele standardizate în ENV ISO 10722-1 "Proceduri pentru simularea deteriorărilor în timpul instalării" pot fi folosite pentru a compara rezistența ranforsării la deteriorări mecanice.

În acest test, partea inferioară a unei cutii metalice rigide (300mmx300mmx75 mm)

este umplută cu agregate minerale sintetice compactate. Agregatele minerale folosite în testul de distrugere sunt constituite din granule cu dimensiunea de 5 - 10 mm din oxid de aluminiu. Ranforsarea este așezată deasupra acestor agregate minerale, iar partea de sus a cutiei se umple liber (300 mm x 300 mm x 30 mm). Un platan de greutate (100 mm x 200 mm) este aplicat ciclic de



HaTelit® C 40/17 peste care trece un camion

200 de ori (de la 5 kPa la 900 kPa și la 1 Hz). Apoi rezistența la întindere este testată din nou după scoaterea ranforsării.

## REZULTATELE TESTELOR

Tabelul 2 arată media valorilor din testele de întindere din testele de întindere.

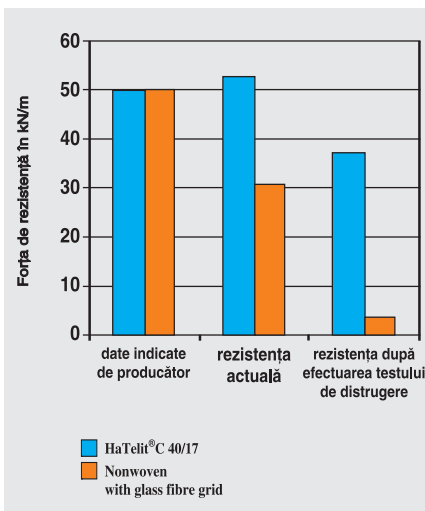
A doua coloană arată valorile actuale ale forțelor de întindere ale geocompozitelor noi (neutilizate). Datele tehnice ale producătorilor de produse din fibră de sticlă se referă la teste efectuate pe un fir din

Produs	Rezistența la rupere conform testului pe fâșii DIN EN ISO 10319	Rezistența la rupere în urma aplicării procedurii de simulare a deteriorării în timpul instalării Standard: ENV ISO 10722-1
HaTelit® C 40/17 date din fișa tehnică a produsului 50kN/m	52.4 kN/m	37.1 kN/m
Geotextil netesut PP ranforsat cu filamente adiționale din fibre de sticlă (geogrilă) date din fișa tehnică a produsului 50kN/m	30.5 kN/m	3.9 kN/m

Tabel 2) Rezistențele la rupere obținute prin teste înainte și după efectuarea testului de distrugere la montaj [ 3,4 ]



materialul neprelucrat. O singură fibră a fost testată iar rezistența indicată este teoretică și a fost calculată pe baza numărului de fibre pe metru liniar. Oricum, această valoare nu corespunde valorii rezistenței la întindere a produsului finit. Pierderile care sunt implicate în procesul de fabricație nu sunt luate în calcul. Coloana 3 arată rezistența la întindere după testul de deteriorare.



**Diagrama 1** Tabel comparativ cu rezultatele încercărilor de rezistență la rupere

Rezistența foarte bună la deteriorări mecanice permite așternerea produsului HaTelit® C 40/17 direct pe o suprafață frezată.

Producătorii geogridurilor din fibră de sticlă nu recomandă așternerea acestora direct pe suprafețe frezate deoarece

datorită fragilității și casării, acestea au o rezistență scăzută și un risc mărit de deteriorare.

Comportarea ranforsărilor din fibre de sticlă atunci când sunt așezate peste muchii, ascuțite respectiv suprafețe frezate, în special în timpul compactării nu a fost clarificată până acum și este nevoie de investigații viitoare.

## CONCLUZII ȘI PERSPECTIVE

Cerințele fundamentale în scopul de a avea o funcționare efectivă a asfaltului ranforsat nu sunt parametrii individuali ai ranforsării așa cum ar fi rezistența de scurtă durată, ci mai degrabă, interacțiunea pe termen lung, ca sistem, a straturilor componente ale ranforsării.

Interacțiunea dintre straturi și rigiditatea axială (adică aderența produsului la stratul suport și modul în care se opune la smulgere datorită unei ancorări foarte bune) este în mod special importantă. Cu scopul de a se asigura că aceasta se produce pe termen lung, ranforsarea trebuie să fie capabilă să reziste atât în timpul punerii în operă, cât și încărcărilor dinamice din timpul exploatarei.

Toate aceste caracteristici pe care ranforsarea trebuie să le aibă au fost testate și dovedite în cazul materialului HaTelit® C 40/17. Numeroase alte investigații de laborator [5,6,7,8] și, mai presus de orice, mai mult de 35 de ani de experiență, în practică, au arătat că asfaltul ranforsat cu

geogrila HaTelit® C 40/17 este deseori o soluție economică și o alternativă viabilă față de soluțiile constructive convenționale.

## BIBLIOGRAFIE

- [ 1 ] Urbanski Ingenieurbüro für Geotechnik und Baustoffprüfung, Prüfbericht AsS 21/98/1578, Untersuchung von Asphaltbohrkernen / Bestimmung des Haftverbundes, 1998.
- [ 2 ] Produktbeschreibung und Einbauanleitung GlasGrid, Stand 2004.
- [ 3 ] Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH, Prüfbericht Nr. 1.1/17810/493-2003, 2003.
- [ 4 ] Institut für textile Bau- und Umwelttechnik GmbH, Prüfbericht Nr. 1.1/17810/494-2003, 2003.
- [ 5 ] De Bondt, A.H., Anti-Reflective Cracking Design of (Reinforced) Asphaltic Overlays, Doktorarbeit, Delft, Nederland, 1999.
- [ 6 ] Elsing A., Sobolewski J., Asphalt layer polymer reinforcement: Long-Term Experience, New Design Method, Recent Developments, Proceedings Fifth International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfield's BCRA'98, Trondheim, Norway, 1998.
- [ 7 ] Kirschner R., Kunst P.A.J.C., Vergleichende Laboruntersuchung an polymeren Asphalteinlagen, 2. Kongress Kunststoffe in der Geotechnik K-GEO 92, Luzern, Schweiz, 1992.
- [ 8 ] Montestruque, Rodrigues, Nods, Elsing: Stop of reflective crack propagation with the use of pet geogrid as asphalt overlay reinforcement, Proceedings of the Fifth international RILEM Conference, 231 - 238, Limoges, 2004.

# SOLUȚII MODERNE DE FUNDARE PE TERENURI MOI

**Dr. Mathias RAITHEL** - Kempfert + Partner Geotechnik, Kassel, Würzburg, Germania  
**Prof. Dr. Hans Georg KEMPFERT** - Institutul de Geotehnică, Universitatea Kassel, Germania  
**Ing. A. KIRCHNER** - Kempfert + Partner Geotechnik, Würzburg, Germania  
**Dr. Ing. Dimitr ALEXIEV** - Huesker Synthetic GmbH Germania  
**Asist. Drd. Ing. Diana Doina ȚENEA** - Univesitatea Ovidius Constanța

**Terenurile moi constituie o problemă atât pentru proiectanți cât și pentru constructori datorită capacității portante reduse și instabilității lor, mai ales datorită prezenței apei în exces în structura acestora. Din acest motiv s-a încercat mereu găsirea unor soluții de consolidare ale acestor terenuri pentru ca acestea să poată deveni terenuri bune de fundare, în special pentru construcțiile hidrotehnice, și anume diguri, cheuri sau platforme în zonele portuare.**

**Plecând de la sistemele clasice de consolidare a terenurilor moi cu coloane din beton sau piloți realizați prin vibrocompactare sau piloți din nisip sau balast, s-a creat un sistem nou de fundare, oarecum neconvențional la prima vedere, din coloane capsulate cu geotextile, umplute cu nisip, dar care și-a dovedit fiabilitatea începând din stadiul de proiectare, încercări de laborator și apoi în teren, cu ocazia executării mai multor lucrări de gen.**

O aplicare deosebită a acestui sistem o constituie realizarea fundațiilor unui dig pe un teren foarte moale în cadrul unei amenajări pe râul Elba, în zona Mühlenberger Loch Hamburg, Germania. Schema de ansamblu a lucrărilor este prezentată în fig 1.

Digul, în lungime de 2,4 km a fost gândit pentru a realiza o închidere în lacul Mühlenberger în suprafață de 140 ha și realizarea unei platforme pentru ca fabrica de avioane din Hamburg-Finkenwerder să își poată dezvolta aici o nouă linie de producție pentru noul Airbus

380.

Acest sistem a mai fost folosit în amenajări pe râul Elba, prima dată în anul 2001 de firma Josef Möbius Bau-Gesellschaft (GmbH&Co) din Hamburg, care a fost constructorul general și care deține brevetul de invenție pentru acest nou sistem de fundare. Coloanele de fundare ale digului au fost realizate folosind un geotextil special produs de firma germana Huesker Synthetic GmbH, iar proiectantul în această lucrare, a cărui beneficiar a fost DASA Production Plant EADS, a fost firma „Kempfert+Partner Geotechnik”.

## **CONDIȚII GEOTEHNICE. ELEMENTE DE PROIECTARE**

Schema de ansamblu a lucrărilor este prezentată în figura 1.

Închiderea temporară a incintei este necesară pentru a realiza umplutura cu un strat de nisip (având cota cu aproximativ 3,0m deasupra nivelului mării) în condiții de

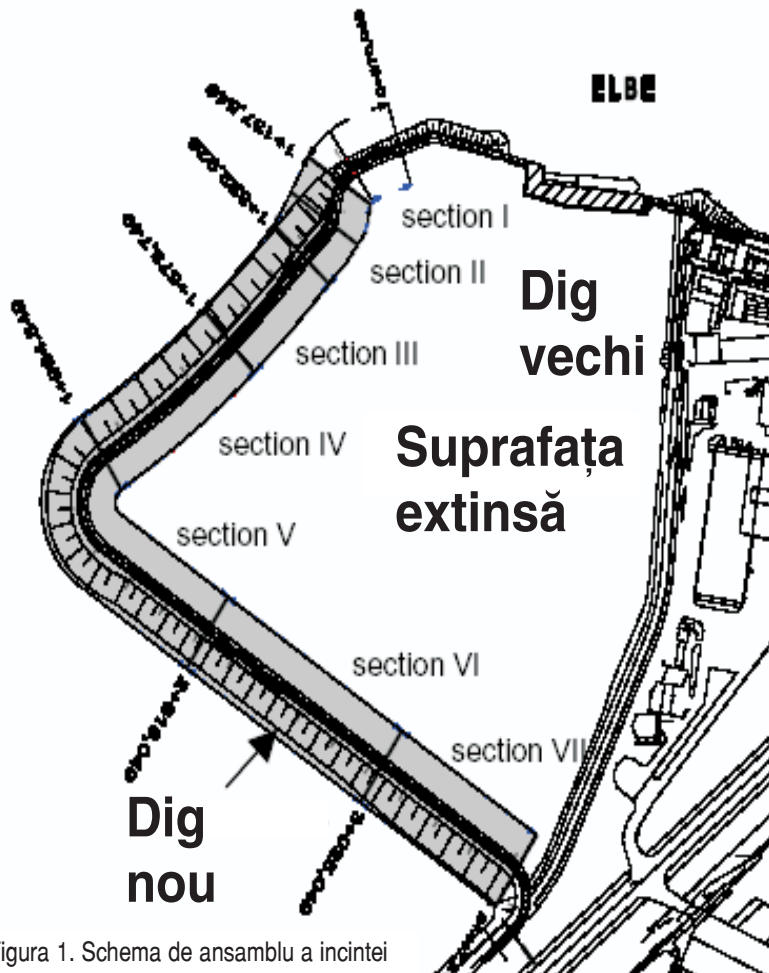


Figura 1. Schema de ansamblu a incintei

plutire datorită prezenței apei. În lipsa coloanelor de nisip ar fi posibil să apară probleme de stabilitate deoarece terenurile foarte moi s-ar putea deplasa, antrenate de curenții râului. Deplasarea și schimbarea configurației malului nu este permisă de organisme abilitate cu protecția mediului.

Proiectul inițial de închidere prevedea realizarea unui batardou temporar din palplanșe pe o lungime de aproximativ 2,5 km lungime, adâncimile de înfigere ajungând și la 40m cu ancoraje, batardoul urmând să asigure protecția împotriva inundațiilor.

Proiectul ales în final utilizează coloane capsulate cu geotextile - GEC pentru consolidarea fundației digului

de închidere al incintei. După realizarea sistemului de fundare GEC digul poate fi construit imediat deoarece batardoul temporar din palplanșe nu mai este necesar iar rolul de închidere al incintei este jucat chiar de corpul digului.

Fundația necesară pentru dig s-a realizat cu ajutorul a cca. 60.000 coloane capsulate cu geotextile (sistem Möbius GEC) având un diametru de 80 cm și care au fost executate până la stratele cu portanță mai mare situate la adâncimi cuprinse între 4 m și 14 m sub baza digului.

Datorită sistemului de fundare GEC, digul a putut fi construit pe terenuri foarte moi care admit eforturi tangențiale foarte mici și prezintă deformații

sub sarcină foarte mari. Timpul de execuție al lucrării a fost de aproximativ 9 luni față de cel evaluat inițial la 24 luni.

Amplasamentul lucrării se caracterizează prin existența unui strat de mâl cu grosimea variind între (8.....14) m și prin prezența unor variații mari de nivel datorate mareelor de două ori pe zi. Din acest motiv, metodele convenționale de îmbunătățire a terenului de fundare cu piloți vibrocompactați sau cu piloți din balast nu au putut fi aplicate, iar mutarea mълului contaminat ar fi fost foarte costisitoare și în orice caz nu ar fi fost permisă (din motive de protecție a mediului și modificare a ecosistemului râului).

### **SISTEMUL GEC ȘI MODELUL DE CĂLCUL**

Coloanele GEC sunt așezate în nodurile unei rețele regulate. Diametrul coloanei și al geotextilului de capsulare au amândouă diametrul de 0,8 m. În mod obișnuit, distanța dintre axele coloanelor variază între (1,7....2,4) m.

Extinzând teorii din MEF, pe baza conceptului celulei unitare, o coloană singulară poate fi considerată într-o rețea infinită de coloane. Sunt folosite notațiile Ac pentru suprafața coloanei și Ae pentru suprafața de influență sub forma hexagonală a unei coloane într-o rețea triunghiulară, care poate fi transformată într-un element circular cu o suprafață echivalentă.

Figura 2 prezintă conceptul celulei unitare descris mai sus.

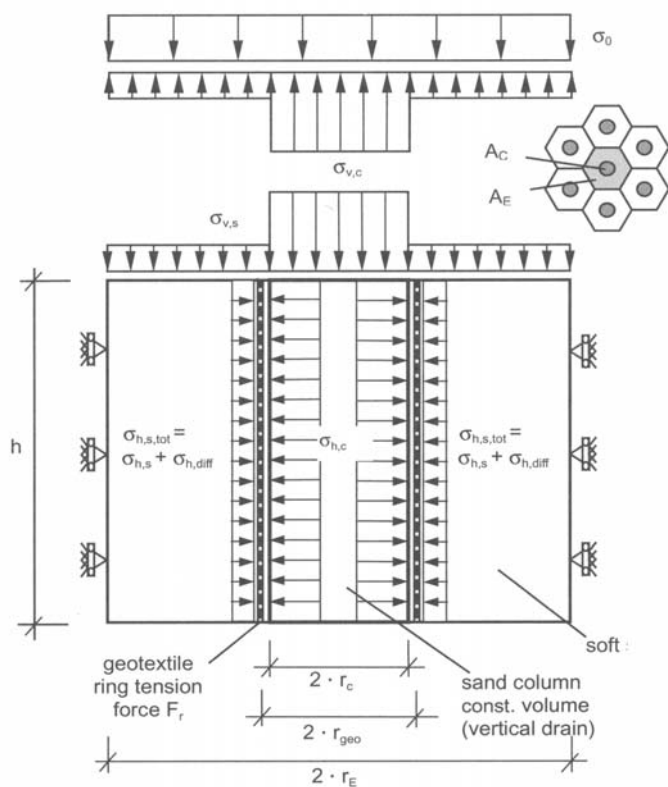


Figura 2. Model de calcul

Spre deosebire de fundațiile cu coloane convenționale, GEC poate fi folosit ca o metodă de îmbunătățire a terenurilor foarte moi întrucât suportul radial este asigurat de geotextil. Coloanele acționează simultan și ca un dren vertical, dar efectul principal este de transmitere al încărcărilor spre straturile cu capacitate portantă mai mare de la adâncime. Pentru a suporta forțele mari de tensiune perimetrale, geotextilul de capsulare este produs fără cusături. În coloană se produc eforturi orizontale  $\sigma_{h,c}$  datorită eforturilor verticale  $\sigma_{v,c}$  aplicate pe capul coloanei. De asemenea, există presiunea orizontală a pământului  $\sigma_{h,tot}$  datorată eforturilor verticale  $\sigma_{v,s}$  aplicate pe terenul moale precum și sprijinului orizontal al capsulării. Astfel, apare o diferență între

eforturile orizontale  $\sigma_{h,dif}$  care provoacă o forță de întindere perimetrală în geotextilul de capsulare. Sprijinul orizontal depinde de asemenea de presiunea verticală aplicată pe terenul moale  $\sigma_{v,s}$  care poate fi mult mai mică. În consecință, se obține o concentrare a eforturilor pe capul coloanei și o presiune verticală mai mică pe terenul moale, și prin urmare o reducere importantă a tasării.

Pe baza procedurii obișnuite pentru calculul și dimensionarea coloanelor de pietriș și nisip, s-a dezvoltat un model de calcul analitic care ia în considerare geotextilul de capsulare (Raithel & Kempfert 1999). Mai multe detalii sunt prezentate în Raithel (1999) și de asemenea în Raithel & Kempfert (2000).

## REZULTATELE PROIECTULUI

Coloanele umplute cu nisip sunt capsulate cu geotextile țesute circular fără cusătură, tip Ringtrac, fabricate din fibre de poliester. Produsul este un tub realizat dintr-un geotextil țesut cu rezistența la rupere de 400kN/m, obținută datorită menținerii modulului de deformare constant pe circumferință și care oferă suport radial coloanei, fiind primul produs de acest tip, fără pierderi de rezistență de 30-70% (conform normelor britanice BS 8006) în zona cusăturii geotextilului.

Pe baza modelului analitic de calcul descris mai sus și al calculului adițional efectuate prin metoda elementelor finite (MEF) s-au stabilit toate elementele necesare pentru stabilirea elementelor de proiectare, și anume:

- rigiditatea armăturii de geotextil a fost cuprinsă în limitele  $I = (1700 \dots 2800)$  kN/m.
- valoarea maximă a forței de întindere a geotextilului a variat în limitele (100...400) kN/m pe întreaga secțiune transversală a digului.
- lungimea coloanelor a fost funcție de adâncimea terenului moale (mâlos) în lungul digului și a variat între 4 și 14 m.
- pentru acest proiect, raportul dintre suprafața coloanei  $A_c$  și suprafața de influență  $A_e$  (Ac/Ae) a variat în limitele (10...20)%.

În urma calculului de stabilitate a rezultat necesitatea utilizării unui geocompozit cu o rezistență mare la rupere prin alungire (forța maximă



500....1000 kN/m) în baza digului, perpendicular pe axul central al digului, pentru a accelera construcția digului și a obține un grad ridicat de stabilitate în stadiul inițial de construcție. A fost de asemenea necesar să se crească stabilitatea deoarece suprafața din spatele digului urma să fie ridicată la o cotă cu cca. (5...8)m deasupra nivelului mării.

Factorul  $\beta$  ( $\beta$  = tasare fără GEC/ tasare cu GEC) pentru pământul îmbunătățit, în terenurile măloase are valori în limitele  $\beta = (2,5...4)$ . Valori similare pentru factorul  $\beta$  al terenurilor îmbunătățite s-au realizat în teste pe modele la scară.

### **EXECUȚIA COLOANELOR CAPSULATE CU GEOTEXTILE**

În mod obișnuit, există două metode de execuție: metoda prin excavare în care un tub deschis de oțel este introdus în terenul natural și conținutul lui este schimbat prin metoda "găurii de foraj" și metoda introducerii prin vibrație care este mai economică și mai utilizată în mod obișnuit.

Un tub de oțel cu două clapete rabatabile la bază (care se închid după contactul cu solul) sunt introduse în sol prin vibrație până la stratele purtătoare înlocuind terenul mălos.

Geotextilele de capsulare Ringtrac sunt introduse în tub și umplute cu nisip. În acest stadiu, nisipul din coloană este destins (liber). După extragerea

coloanei de oțel tot prin vibrație se obține o coloană geotextilă capsulată cu nisip, având densitate medie.

Având în vedere ambele criterii, economic și ecologic, pentru proiectul Hamburg s-a utilizat preponderent metoda înlocuirii prin vibrație. Totuși, adâncimea terenului mălos în



Figura 3. Coloane din geotextil umplute cu nisip



Figura 4. Introducerea coloanelor capsulate în teren

lungul digului proiectat a variat în limitele (0,8...2,5)m deasupra nivelului mării. Prin urmare, la instalarea criteriului de fundare GEC au fost utilizate metode de construcție diferite.

Majoritatea coloanelor au fost instalate folosind echipamente amplasate pe pontoane (110 x 11) m pentru a se adapta mai bine fluctuațiilor de nivel provocate de marea (3,5m

diferența de nivel) așa cum se poate vedea în figura 4. La marea scăzută, execuția s-a realizat cu pontoanele așezate direct pe sol. După instalare, capetele coloanelor au fost stabilizate umplând spațiul dintre coloane cu nisip. De reținut că nu s-au observat eroziuni provocate de marea.

Ulterior, după execuția coloanelor, peste acestea, s-a așezat geocompozitul Comtrac, după care s-a început construirea digului iar în incinta realizată, s-au folosit de asemenea două materiale geosintetice pentru creșterea portanței, și anume Fortrac R175/30-30 și Stablenka 175/45.

Tehnologia descrisă în continuare s-a folosit pentru realizarea a numeroase proiecte de drum și cale ferată în Germania, Suedia și Olanda. Utilajele de vibrație au fost montate pe capul coloanelor pentru a dezvolta o presiune mai mică care poate fi distribuită prin coloane mai ușor. Această metodă de construcție este prezentată în figura următoare.

Dislocuirea solului moale are drept consecință o ridicare a



Figura 5 Tehnologia de vibrație pentru introducerea tuburilor cu coloane

acestui în interiorul și de jur împrejurul grilei de coloane. Umflarea a produs deformații la suprafața grilei asemănătoare celor produse de valuri. Umflăturile au măsurat aprox. (3...8)% din adâncimea coloanei. Aceste efecte au reprodus rezultatele obținute pe modelele la scară (Geduhn și alții 2001) realizate înainte de începerea acestui proiect. Rezultatele măsurate pe modelele la scară au fost direct validate de cele obținute în acest amplasament.

Nu s-a înregistrat lichefierea solului moale ca efect al operațiunilor de compactare iar măsurătorile au arătat o creștere a efortului tangențial în stare nedrenată pentru solul moale de jur împrejurul

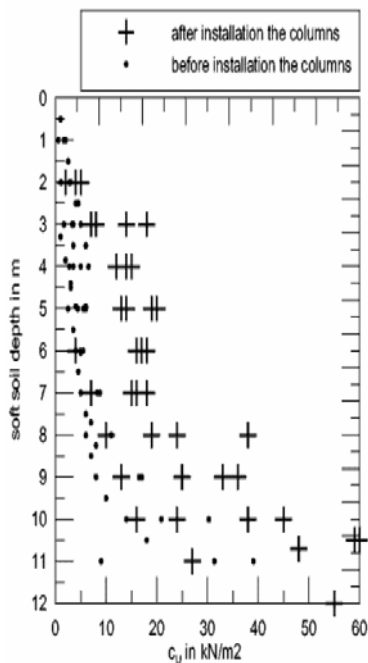


Figura 6. Parametrii coeziunii în stare nedrenată a terenului înainte și după instalarea coloanelor

coloanelor.

Figura 6 prezintă rezultatul măsurătorilor adâncimii solului moale înainte și imediat după instalarea coloanelor. S-a măsurat o creștere de cca. 2 ori a efortului tangențial în terenul moale care înconjoară coloanele, ceea ce arată efectul stabilizator adițional al metodei de instalare (a coloanelor).

## MĂSURĂTORI

Datorită condițiilor de sol diferite, în lungul digului au fost necesare 7 secțiuni transversale pentru măsurători.

Într-o secțiune transversală tip pentru măsurători s-au amplasat 4 grupe cu o celulă pentru măsurarea presiunii pământului, o celulă pentru măsurarea presiunii apei deasupra stratului de sol moale

precum și două piezometre în terenul moale. În fiecare secțiune transversală s-au folosit un înclinometru orizontal și două înclinometre verticale pentru înregistrarea deformațiilor.

Pe baza măsurătorilor se poate arăta că îmbunătățirea condițiilor reale de teren a depășit pe cele din documentele de ofertare, în special cu privire la efectul de consolidare.

Datorită eficienței ridicate a sistemului de fundare, digul, cu o înălțime de 7m, s-a putut realiza în 9 luni. Ca urmare, după 39 de săptămâni, s-a putut atinge înălțimea de siguranță necesară în raport cu nivelul apei.

În figura 7 sunt prezentate valorile măsurate ale tasării în secțiunea VI a digului.

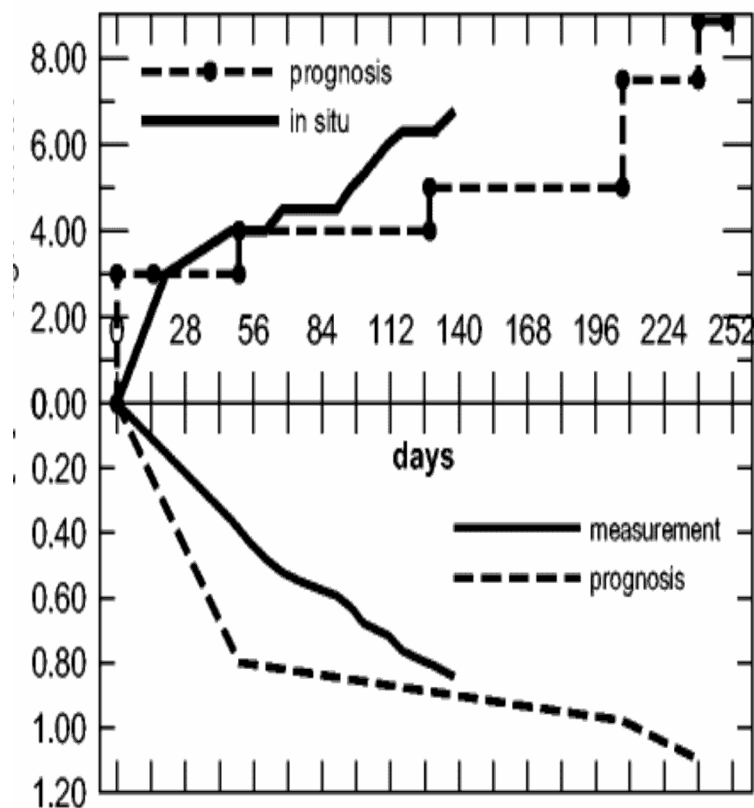


Figura 7 Valorile masurate ale tasarii în secțiunea VI a digului.

## CONCLUZII

Suprafața aparținând fabricii de avioane din Hamburg-Finkenwerder va fi marită cu cca. 140 ha pentru dezvoltarea unor noi linii de producție, în speță pentru producerea unui nou Airbus A 380. Suprafața necesară extinderii este amplasată în lacul Mühlenberger în vecinătatea laturii vestice a fabricii. Extinderea suprafeței se obține prin realizarea unui polder în lac cu un dig de cca. 2,4 km lungime.



Fig.8 Incinta finalizata cu digul de închidere

Fundația digului s-a realizat cu ajutorul a 60.000 coloane capsulate cu geotextile folosind produsul Ringtrac (sistemul Möbius GEC) având un diametru de 80 cm care au fost scufundate până la stratele cu portanță mai mare situate la adâncime variabilă în limitele (4.....14) m sub fundația digului.

Datorită sistemului de

fundare GEC, digul s-a putut construi în 9 luni pe un teren foarte slab caracterizat de eforturi tangențiale admisibile foarte mici și potențial mare de deformabilitate la care nu s-au putut folosi soluții clasice de consolidare datorită costurilor ridicate. Astfel execuția lucrărilor cu tehnologia și materialele prezentate față de execuția cu soluții clasice de îmbunătățire a terenului de fundare a însemnat, nu în ultimul rând, evitarea și costurilor suplimentare implicate de măsurile suplimentare de protecție a

mediului prin folosirea unor materiale care nu fac parte dintre resursele neregenerabile, și anume:

- 60.000 coloane de nisip capsulate cu Ringtrac®
- geocompozit Comtrac® 1000/100 A15-240.000 m<sup>2</sup>
- geocompozit Comtrac® 500/100 A15-120.000 m<sup>2</sup>
- geogrilă Fortrac® R175/30-30-150.000 m<sup>2</sup>

dar nu în ultimul rând și economisirea a:

- 35.000 tone oțel
  - 1.100.000 m<sup>3</sup> nisip și alte materiale de carieră, ca material de umplură pentru suprafața incintei și diguri
  - 8.000.000 litri combustibil
  - 15 luni timp de construcție
- În figura 8 este prezentată incinta finalizată, cu digul și amenajările de protecție corespunzătoare.

## BIBLIOGRAFIE

1. M. Raithel, H.G. Kempfert, A. Kirchner - Geotextile-encased columns (GEC) for foundation of a dike on very soft soils - Geosynthetics - 7th ICG Nice.
2. V. Sivakumar, D. McKelvey - Use of geosynthetics în vibro stone columns - Geosynthetics - 7th ICG Nice.
3. M. Raithel, H. G. Kempfert - Calculation models for dam foundations with geotextile coated sand columns - GeoEng 2000, Melbourne, Australia.
4. L. Kellner, A. Gazdaru, V. Feodorov - Geosinteticele în construcții - Ed. Inedit, București, 1994.
5. A. Găzdaru, S. Manea, V. Feodorov, L. Batali - Geosinteticele în construcții. Proprietăți, utilizări, elemente de calcul - Ed. Academiei Române, București, 1999.

# PRELUAREA DEFORMAȚIILOR ÎN CAZUL SURPĂRII TERENULUI LA CALEA FERATĂ

Studiu de caz - lucrarea executată la nodul de cale ferată Gröbers Halle Leipzig - Germania

**Dr. Ing. Janusz SOBOLEWSKY** - Huesker Synthetic GmbH Germania  
**Dr. Ing. Dimitr ALEXIEV** - Huesker Synthetic GmbH Germania  
**Asist. Drd. Ing. Diana Doina TENEA** - Univesitatea Ovidius Constanța

După 1990, Germania s-a preocupat pentru coordonarea programelor de integrare a fostei RDG în structurile comune. Astfel, o mare importanță a avut-o reabilitarea și modernizarea infrastructurii, pentru a face compatibile cele două sisteme de transport existente la acea dată. Modernizarea liniei de cale ferată Erfurt-Leipzig a fost una dintre lucrările importante ale proiectului denumit "Reunificarea Germaniei".



Imagine din timpul execuției lucrării

Nodul de cale ferată "Gröbers" face parte din acest traseu și cuprinde 8 linii paralele, linii care pe o porțiune de cca. 800 m traversează o zonă ce prezintă pericol mare de surpare și anume pe terenul fostei mine de cărbuni "Clara Verein". După reabilitarea liniei, trenurile urmau să circule cu viteza de 300 km/h.

În faza inițială de proiectare s-au analizat diverse soluții clasice cum ar fi: construcția pe piloți, plăci de beton armat, compactare dinamică de adâncime în urma excavării etc. Toate aceste metode au fost respinse pe rând datorită costurilor extrem de ridicate.

Din motive tehnice și economice, comparativ cu alte soluții amintite s-a ales soluția unui sistem de pământ armat cu geogrilă și geotextil incluzând detectarea și monitorizarea apariției cavernei, aceasta fiind contribuția firmei Huesker la realizarea acestui proiect foarte îndrăzneț pentru acel moment.

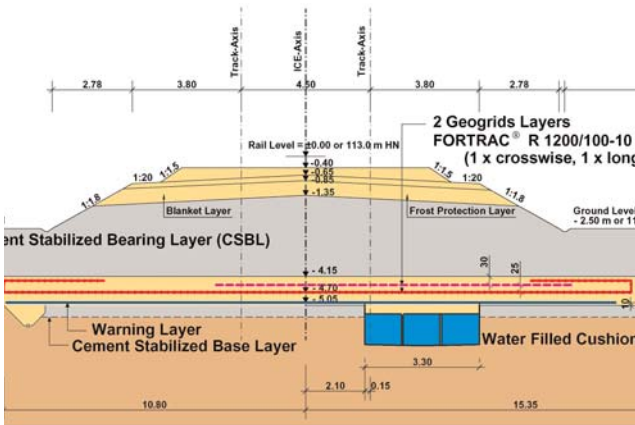
Pornind de la studiul făcut de Institutul Minier Halle care arată că în zona fostei mine există pericolul apariției unor surpări ce pot avea diametrul (la suprafață) de până la 4 m, comisia de specialiști a propus următoarea soluție:

1. Realizarea unui sistem de armare a pământului care, în cazul apariției surpărilor, să asigure continuarea traficului în condiții de deplină siguranță. Din motive de exploatare, Calea Ferată germană DB AG (Deutsche Bundesbahn AG) a stabilit că timpul necesar umplerii cu pământ a surpărilor să fie de 4 săptămâni, timp în care construcția de pământ armat trebuie să reziste fără ca la nivelul șinei să apară tasări ce ar putea pune în pericol circulația trenurilor.
2. Construcția unui sistem de alarmă ce urmează să semnalizeze și să localizeze apariția surpării (cel puțin un senzor pe /m<sup>2</sup>).
3. Stabilirea de către DB AG a valorii maxime admise a tasării în zona șinei să fie  $\Delta s = 3 \text{ mm}$  la un ecartament de  $L = 1500 \text{ mm}$  (rotire  $\leq 2 \times 10^{-3}$ ).
4. Terasamentul căii se va realiza din pământ stabilizat cu ciment și armat cu geogrilă. Pornindu-se

de la premisa că în cazul unei surpări în corpul terasamentului se va forma o cavernă sub nivelul stratului de protecție la îngheț, propagarea surpării la suprafață urma să fie împiedicată de geogrilă.

5. Durata de viață a construcției să fie de 60 ani.

Poligonul de testare s-a construit în noiembrie 1997, având următoarea configurație.



- Pământ stabilizat cu ciment - 0,4 m. Argila plastică excavată s-a refolosit în amestec cu > 4,5% ciment. Acestui strat i s-a dat o pantă, astfel încât să asigure drenarea.
- Strat mineral de dimensiuni 0/16 cu o grosime de 0,10 m.
- Sistemul de alarmă format dintr-un geocompozit special produs pentru această situație, VSDM, constă din două straturi de geotextil cuprinzând între ele o grilă ortogonală cu un caroiaj de 25 cm x 25 cm din cabluri electrice fixate pe geotextil. Fiecare nod este poziționat și controlat, fiecare fir electric fiind conectat separat. Schimbarea rezistenței sau ruperea firelor electrice poate fi exact detectată.
- Primul strat de geogrilă **Fortac R 1200/100 - 10 AM** - cu ochiuri de 10 mm s-a amplasat în direcție longitudinală cu o suprapunere transversală de 0,25 m. Suprapunerea longitudinală a fost de 11 m. Această suprapunere neobișnuit de mare s-a datorat diametrului de 10 m presupus al eventualei cave. Peste aceasta s-a așternut un strat mineral 0/32 mm cu o grosime de 0,10 m.
- Al doilea strat de geogrilă **Fortac R 1200/100-10 AM** s-a pozat transversal și a fost acoperit de un strat mineral 0/32 cu o grosime de 30 cm. Lungimea de ancorare a geogrilei a fost de 7m, inclusiv întoarcerea.
- Strat portant stabilizat cu ciment cu o grosime de 2,95 m. Acest strat are o importanță deosebită, deoarece la acest nivel se va forma o

boltă stabilă pe o perioadă de 1 lună în urma surpării.

- Geotextil neșut de 350 gr/m<sup>2</sup> cu rol de strat de separare
- Stratul de formă îngheț-dezgeț conform normelor DB. Geogriila Fortac **R 1200/100-10 AM** special produsă pentru acest caz a fost confecționată longitudinal din aramid cu rezistență la rupere de 1200 kN/m și transversal din PVA-polivinilalcol cu rezistență la rupere 100 kN/m.



Punerea în operă a geogriilor Fortrac



Sistemul de semnalizare și detectare

Condițiile impuse geogrilei:

- Forța maximă la rupere > 1200 kN/m la o alungire de max. 2,5 %
- Forța de calcul > 599 kN/m, alungire < 1,2 %
- Alungirea maximă permisă inclusiv deformarea (fluajul) după o lună sub o sarcină dinamică de 500 kN/m < 1,7 %

Pentru așternerea și pretensionarea geogrilei s-a construit o traversă specială acționată hidraulic și dotată cu un sistem de măsurare electronic a forței de întindere.

Comportarea reală a materialelor geosintetice s-a realizat creând artificial o cavitate cu dimensiunea de 4x9x1,5m (prin spargerea unor perne umplute cu apă). Pe zona model s-a aplicat o sarcină statică de 55 kN/m<sup>2</sup> și sarcinile dinamice cu care este solicitat



Cavernă creată artificial pentru efectuarea testelor

terasamentul (frecvența de 27,5 Hz, accelerația de 30mm/sec.), simulând trecerea trenurilor pe o perioadă de o lună de zile.

Pe toată perioada efectuării încercărilor s-au urmărit continuu:

- Tasările la partea superioară a stratului de îngheț
- Compresiunea în stratul de ciment stabilizat aflat deasupra geogriurilor
- Accelerația și vibrațiile în stratul de ciment stabilizat aflat deasupra geogriurilor
- Compresiunea la partea superioară a cavității
- Eforturile și alungirile apărute în geogriurile.

În cadrul poligonului s-au urmărit în perioada noiembrie 1997 - iulie 1998 atât comportarea sistemului armat cu geogriurile, cât și optimizarea tehnologiei de realizare a terasamentului.

S-a testat de asemenea funcționalitatea sistemului de alarmă și localizare a surpării, un nou produs al firmei Huesker Synthetic GmbH (Vlies-Signal-Draht-Matrix). În urma încheierii cu succes a încercărilor, Calea Ferată Germană a aprobat execuția proiectului.

Rezultatele obținute în urma încercărilor in situ au arătat că soluția este viabilă și că toate deformațiile înregistrate sunt în limitele admise. Toată zona este supravegheată, și în prezent, singurele lucrări care

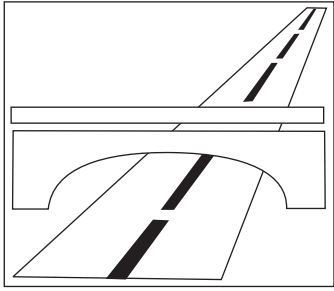
se execută sunt cele de întreținere la calea ferată și dispozitivele de linii, conform normativelor germane, înregistrându-se în continuare toate abaterile de la toleranțele admise inițial în proiectare și intervenindu-se pentru remedierea lor atunci când este cazul.

Este foarte important de precizat că proiectul "Nodul Gröbers" a confruntat atât inginerii proiectanți, constructorii dar și conservatoarea structură a administrației căii ferate germane cu probleme deosebite. Aici a intervenit cercetarea aplicată și de asemenea inginerii proiectanți de la Huesker care, având în spate atât experiență, cât și îndrăzneala de a aplica o soluție novatoare, au găsit modalitatea de a crea atât un produs nou, o tehnologie de aplicare și de urmărire a comportării în timp a materialelor noi introduse, precum și un sistem unic de supraveghere a terenului de fundare, instabil datorită posibilității producerii acelor surpări în zona vechii mine mai ales și datorită solicitărilor din trafic.

Cu toate că lucrarea a fost finalizată în anul 2001, reprezintă o realizare de referință a echipelor de ingineri care au lucrat în toate etapele acestui proiect.

## Bibliografie:

1. Alexiev D, Ast W & Elsing A - FEM Analysis and dimensioning of a sinkhole overbridging system for high-speed trains at Gröbers în Germany Proc. 7th International Conference on Geosynthetics Nice
2. W.Ast & J Haberland H-J. Reinforced embankment with a New Developed Warning System for High -Speed trains over areas of previous minig. Proc. 7th International Conference on Geosynthetics Nice
3. Ast W. , Haberland J. & Sobolewski J.- Final Design of an overbridging for railways endangered by cavities at Groebers
4. Polimerfingerprint für beide Rohstoffe des Geogitters Fortrac



**Stefi Primex**

# Know How și calitate germană !!

**Ștefi Primex** vă oferă atât materiale pentru rezolvarea problemelor legate de construcția de drumuri, hidrotehnice și cale ferată, cât și suportul tehnic pentru stabilirea unei soluții optime, moderne și economice.

Structură de sprijin din pământ armat cu geogrilă Fortrac



Autostrada A 2 București - Constanța  
Proiectant: SPEA - Consilier Construct  
Consultanță: SPEA - Consilier Construct  
**Constructor: Colas**

Armarea îmbrăcăminții asfaltice cu geocompozitul HaTelit C



Reabilitare DN 6  
Proiectant: Consitrans  
Consultanță: Hyder Consulting  
**Constructor: Strabag**

Stabilizare de terasamente cu geogrilă biaxială Fornit



Coridorul IV CF  
Proiectant: ISPCF  
Consultanță: Transurb

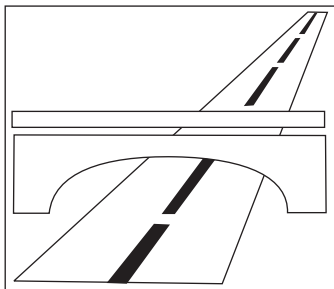
**Constructor: Wiebe - Swietelsky**

Strat de separare și filtrare realizat cu geotextilul HaTe



Drum acces  
**Constructor: Max Engineering**

**Ștefi Primex srl**  
Str. Fabricii 46 D București  
Tel. 021 411 7083 Fax 021 4117213  
[www.stefiprimex.ro](http://www.stefiprimex.ro)



**Ștefi Primex**

# Know How și calitate germană !!

Ștefi Primex srl: Str. Fabricii 46 D București  
Tel. 021 411 7083 Fax 021 4117213  
www.stefiprimex.ro

Ștefi Primex vă oferă atât materiale pentru rezolvarea problemelor legate de construcția de drumuri, hidrotehnice și cale ferată, cât și suportul tehnic pentru stabilirea unei soluții optime, moderne și economice.

Controlul eroziunii cu geogridurile spațiale Fortrac 3 D



Linia CF Adjud Mărășești  
Proiectant: ISPCF

**Constructor: Euroconstruct Trading '98**

Protecție de mal cu fascine E750C



Protecție erozională Pod Giurgiu  
Proiectant: IPTANA  
**Constructor: CCCF**

Apărări de maluri cu Saltele de beton Incomat



Apărare de mal Contra canal Frunzaru  
Proiectant: ISPH

**Constructor: Hidroconstrucția**  
Sucursala Olt Inferior

Hidroizolație de pod CF cu Keuber



Coridorul IV CF  
Proiectant: ISPCF  
Consultanță: Transurb  
**Constructor: CCCF**

Impermeabilizare platformă petrolieră cu geomembrană Agru



Platforma petrolieră Giurgiu-lești  
**Constructor: TMUCB**