

Belgian Building Research Institute – <http://www.bbri.be>

Journée d'étude Franco-Belge « Soutènements »
Ecole Polytech' Lille - 12 mai 2011

CFMS GBMS BGGG

SOIL MIX

Activités de recherche en cours en Belgique

Projet SOIL MIX – IWT 080736

CSTC – WTCB - BBRI Division Géotechnique

Nicolas Denies
nde@bbri.be

Noël Huybrechts
nh@bbri.be

JFB "Soutènements" – Lille 12 mai 2011 1

Belgian Building Research Institute – <http://www.bbri.be>

Projet SOIL MIX

Contenu

1. Introduction
2. Objectifs du projet SOIL MIX
3. Résultats des essais
 - 3.1 Caractérisation mécanique
 - 3.2 Durabilité
 - 3.3 Perméabilité
 - 3.4 Adhérence "acier-soil mix"
4. Fiches d'exécution
5. Perspectives

JFB "Soutènements" – Lille 12 mai 2011 2



1. Introduction

Développement depuis 2003

Essais de laboratoire

Résistance à la compression (UCS)

Module d'élasticité (E)

Projet pré-normatif "Soutènements" (2007-2013)

Parois berlinoises, pieux sécants, parois moulées, ...

Parois en soil mix

Procédure de contrôle de la qualité du soil mix –
développement de fiches d'exécution

Nouveau projet "SOIL MIX" (2009-2013)

Projet innovatif : SOIL MIX – IWT 080736

CSTC, ABEF, KULeuven



→ Soil mix en applications permanentes et/ou portantes



2. Objectifs du projet SOIL MIX

Application actuelle du soil mix

Soutènements temporaires



Manque de connaissance:

1. Caractéristiques mécaniques
2. Durabilité
3. Perméabilité
4. Adhésion 'acier – soil mix'

Applications envisagées

Fondations - capacité portante
Soutènement permanent



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Echantillonnage

- Prélèvement
- Transport
- Conditions de conservation

Analyse des inclusions de sol dans le mélange soil mix

Densité

- Procédure d'essai et résultats

Compression simple (UCS)

Module d'élasticité (E)

Traction par fendage (T)



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Echantillonnage

- Carottes prélevées in situ
 - Incertitude sur la représentativité du carottage - influence de l'opérateur
- Transport des carottes
 - Conditions de transport (humidité, chocs,...)
- Réception et conservation des échantillons
 - Identification des **carottes**
 - identifiant
 - date d'exécution
 - date de prélèvement
 - date de réception
 - dimensions
 - photographie



- Analyse visuelle et quantification des inclusions de sol*next slide
- Détermination du type d'essai à réaliser et de la date d'essai
- Sciage et arasement des **carottes**
- Conservation des **échantillons** en chambre humide (humidité relative > 95%)



3. Résultats des essais

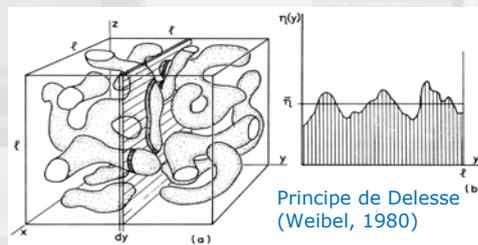
3.1 Caractérisation mécanique

Analyse des inclusions

Inclusions de sol ou inclusions molles dans le mélange

Colonne/panneau scié: analyse de surface

Surface % → Volume % (Weibel, 1980)



Principe de Delesse (Weibel, 1980)



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Analyse des inclusions

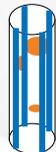
Inclusions de sol ou inclusions molles dans le mélange

Colonne/panneau scié: analyse de surface

Surface % → Volume % (Weibel, 1980)

Carottes: analyse linéique

Ligne % → Volume % (Weibel, 1980)



→ Pourcentage d'inclusion

- "Soil mix: influence of soil inclusions on structural behaviour" in ECSMGE – Athens 2011
- "Deep Mixing Technology in Belgium: Execution of Retaining Walls and Design Properties of Deep Mixed Material" in Grouting and Deep Mixing conference – New-Orleans 2012

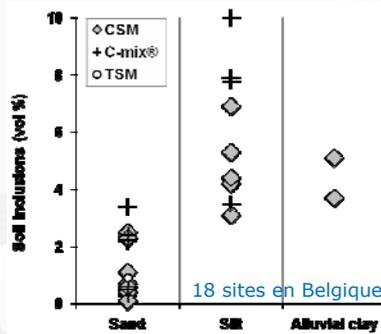


3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Analyse des inclusions

Inclusions de sol ou inclusions molles dans le mélange



Sables tertiaires et quaternaires: [0 à 3.5%]

Sols limoneux et argiles alluviales: [3 à 10%]

Argiles avec contenu organique (tourbe)
Argiles tertiaires (surconsolidées) } → 35%

18 sites en Belgique

- "Soil mix: influence of soil inclusions on structural behaviour" in ECSMGE – Athens 2011
- "Deep Mixing Technology in Belgium: Execution of Retaining Walls and Design Properties of Deep Mixed Material" in Grouting and Deep Mixing conference – New-Orleans 2012



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Essai de compression simple (UCS)

NBN EN 12504-1 Essais pour béton dans les structures - Partie 1: Carottes – Prélèvement, examen et essais en compression

NBN EN 12390-3: 2008 Essais sur béton durci — Partie 3 : Résistance à la compression des éprouvettes

NBN EN 12390-7 Masse volumique du béton durci

Diamètre échantillon (D) = 100 mm ± 15% (1)
Longueur échantillon (L) = 1 D



→ Mesure des dimensions et de la densité de l'échantillon

Précision de la mesure?

→ Résistance à la compression simple (UCS) – force d'écrasement

Représentativité des échantillons ?

Inclusions > 1/6 D: échantillon à écarter?

Maximum d'échantillons à écarter de 15%?



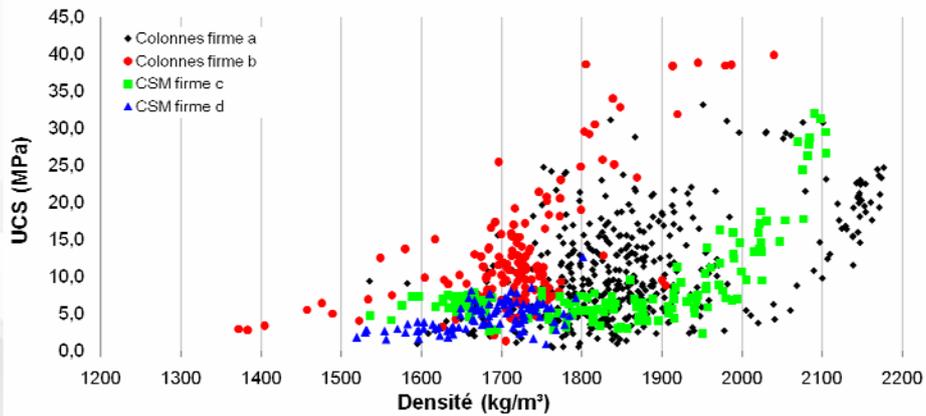
3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Essai de compression simple (UCS)

Densité – UCS

22 sites en Belgique
(argile - limon - sable)



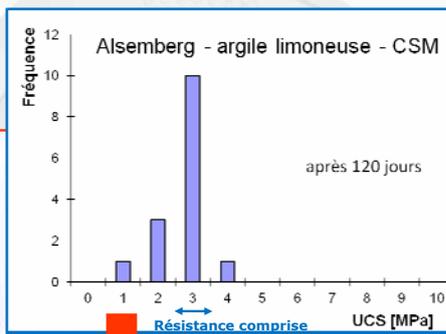
Influence de la densité?



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Essai de compression simple (UCS)



Inclusion > 1/6 D

Résultat à considérer? *next slide

→ Influence des inclusions de sol? *next slide

→ Calcul d'une **valeur caractéristique** *next slide



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Détermination du module d'élasticité

NBN B 15-203 **Module d'élasticité statique en compression**

Diamètre échantillon (D) = 100 mm ± 15% (113 mm)

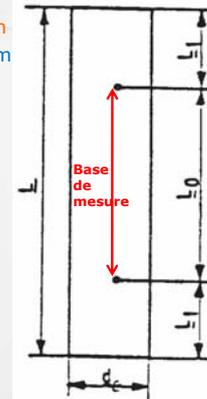
Longueur échantillon (L) = 2 D

→ Résistance à la compression simple (UCS) estimée

→ Estimation du module :

- Cycles de chargement (30% UCS) – déchargement (0.5 MPa)
- Mesure effectuée sur l'échantillon : 3 génératrices: ϵ_0
 - | $\epsilon_0 - \epsilon_m$ | ≥ 0.4 MPa → correction centrage
- Vitesse : 0.6 ± 0.4 MPa/s (fonction de UCS)
- | $\epsilon_{m,n} - \epsilon_{m,n-1}$ | < 1.10⁻⁵ MPa avec n ≥ 2
- $E_c = (f_c / 3 - 0.5) / \epsilon_m$ → moyenne des deux derniers cycles

→ Résistance à la compression simple (UCS) – force d'écrasement



- $L_1 \geq 1/2d_e$
- $L_0 \geq 100\text{mm}$
- $L_2 \geq 2/3d_e$



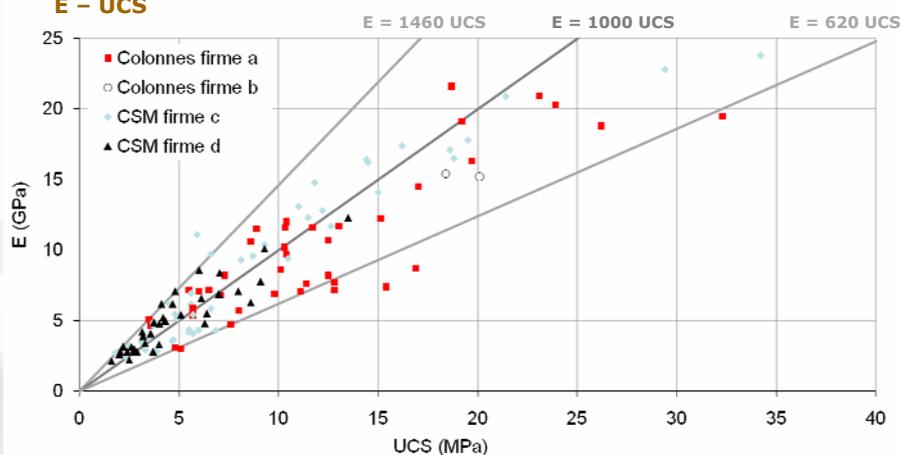
3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Détermination du module d'élasticité

25 sites en Belgique
(argile - limon - sable)

E – UCS



"SOIL MIX walls as retaining structures – critical analysis of the material design parameters" in Geotechnical Challenges in Megacities Conference – Moscow 2010



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Influence des inclusions – simulations numériques

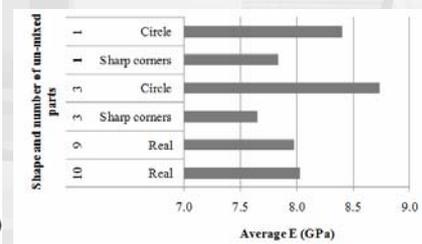
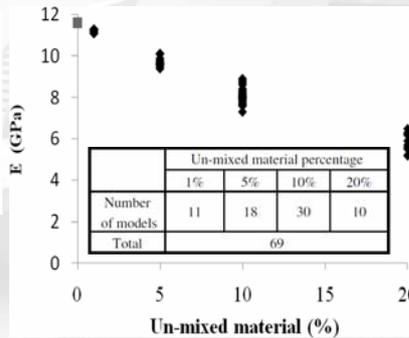
→ Module d'élasticité (E)

Calibration: essai sur bloc soil mix (large scale - 1.2 x 0.55 x 0.55m)

- "Soil mix: influence of soil inclusions on structural behaviour" in ECSMGE – Athens 2011
- "Deep Mixing Technology in Belgium: Execution of Retaining Walls and Design Properties of Deep Mixed Material" in Grouting and Deep Mixing conference – New-Orleans 2012
- "Numerical elastic simulations of soil mix: Study of the effect of inclusions", rapport de recherche interne, KUL (2011)



Modèle de référence : 10% d'inclusions de sol



3. Résultats des essais

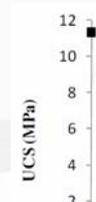
3.1 Caractérisation mécanique

Influence des inclusions – simulations numériques

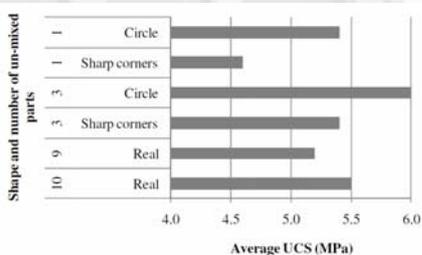
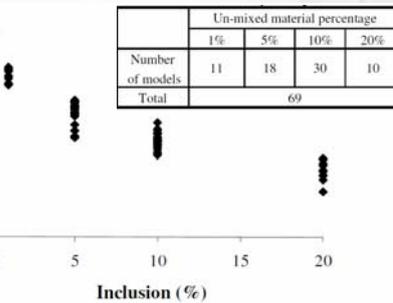
→ Compression simple (UCS)

Calibration: essai sur bloc soil mix (large scale - 1.2 x 0.55 x 0.55m)

- "Plastic Numerical elasto-plastic simulations of soil mix: Study of the effect of inclusions", rapport de recherche interne, KUL (2011)



Modèle de référence : 10% d'inclusions de sol



Dans une troisième phase, des **simulations discontinues** sont prévues, de manière à investiguer l'évolution de fissures ou fractures dans l'échantillon.



3. Résultats des essais

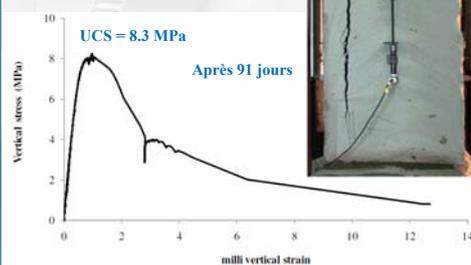
3.1 Caractérisation mécanique

Essai sur bloc soil mix (large scale)

- "Uniaxial Compression Test on Large Soil Mix Block (Knokke site)", rapport de recherche interne, KUL (2011)
- "Rock mechanical tests on core samples from soil mix block (site of Knokke)", rapport de recherche interne, KUL (2011)

CSM – Knokke – sable

52.9cm × 60.9cm × 124.0cm



- A 50% de l'UCS, $E_t=13.6\text{GPa}$ et $E_s=16.0\text{GPa}$
- $11.0 < \text{UCS} < 12.5$ MPa pour des échantillons carottés dans le bloc avec $D = 113\text{mm}$
→ $\text{UCS}_{\text{moyen}} = 11.9$ MPa
- Une diminution significative n'est pas observée pour un échantillon 5 fois plus large.
- Pour des matériaux typiques de la mécanique des roches, on s'attend à une réduction d'un facteur de 2 à 3.
- La raison pourrait être que **le matériau soil mix obtenu dans du sable est relativement plus homogène que la plupart des roches.**
- Peu de macro-fissures.



3. Résultats des essais

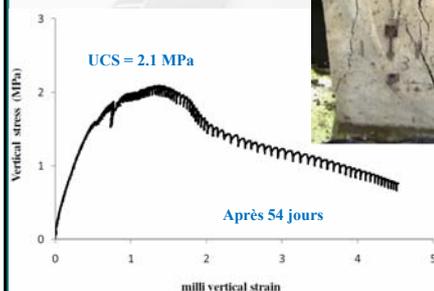
3.1 Caractérisation mécanique

Essai sur bloc soil mix (large scale)

- "Uniaxial Compression Test on Large Soil Mix Block (Knokke site)", rapport de recherche interne, KUL (2011)
- "Rock mechanical tests on core samples from soil mix block (site of Knokke)", rapport de recherche interne, KUL (2011)

CSM – Wetteren – sol remanié (sable/limon)

54.9cm × 48.4cm × 89.9cm



- A 50% de l'UCS, $E_t=2.9\text{GPa}$ et $E_s=3.3\text{GPa}$
- $3.4 < \text{UCS} < 4.9$ MPa pour des échantillons carottés dans le bloc avec $D = 113\text{mm}$
→ $\text{UCS}_{\text{moyen}} = 4.0$ MPa
- Diminution d'un facteur 2
- **En comparaison avec Knokke, la réduction est significative, le matériau étant plus hétérogène.**
- La réduction est similaire à ce qu'on attend pour des matériaux rocheux, c-à-d une réduction d'un facteur 2 ou 3.



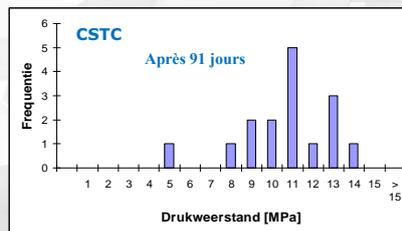
3. Résultats des essais 3.1 Caractérisation mécanique

Essai sur bloc soil mix (large scale) → Valeur caractéristique

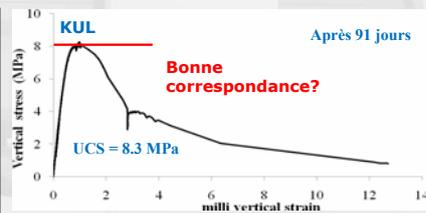
- "Deep Mixing Technology in Belgium: Execution of Retaining Walls and Design Properties of Deep Mixed Material" in Grouting and Deep Mixing conference – New-Orleans 2012

Histogramme des UCS [MPa] des échantillons carottés dans le panneau soil mix de Knokke

Valeur caractéristique UCS = 7.0 MPa*next slide
Distribution log-normale*next slide



Courbe ε-σ du bloc de Knokke (large scale)

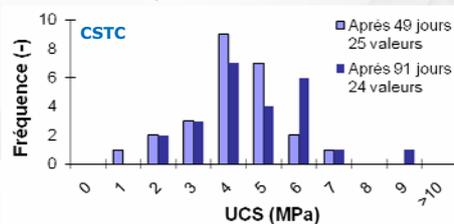


3. Résultats des essais 3.1 Caractérisation mécanique

Essai sur bloc soil mix (large scale) → Valeur caractéristique

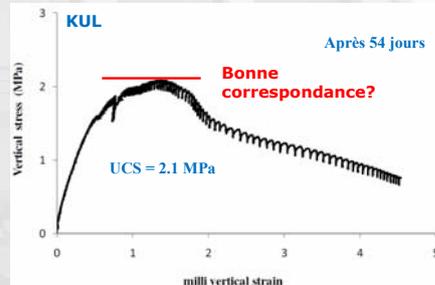
- "Deep Mixing Technology in Belgium: Execution of Retaining Walls and Design Properties of Deep Mixed Material" in Grouting and Deep Mixing conference – New-Orleans 2012

Histogramme des UCS [MPa] des échantillons carottés dans le panneau soil mix de Wetteren



Les valeurs caractéristiques UCS après 49 et 91 jrs sont respectivement 1.7 MPa et 2.4 MPa*next slide
Distribution lognormale*next slide

Courbe ε-σ du bloc de Wetteren (large scale)



→ Comment est calculée la valeur caractéristique?

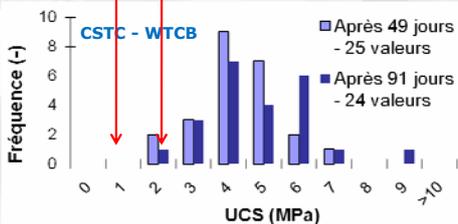
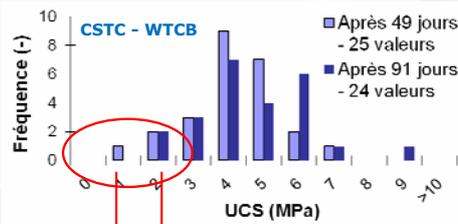


3. Résultats des essais

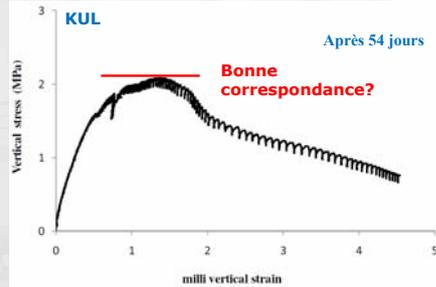
3.1 Caractérisation mécanique

Essai sur bloc soil mix (large scale)

→ Valeur caractéristique



Courbe ϵ - σ du bloc de Wetteren (large scale)



Représentativité des échantillons :
Echantillons (inclusions > 1/6 D) écartés

Après 49 jours : 1.7 → 2.5 MPa
Après 91 jours : 2.4 → 2.7 MPa

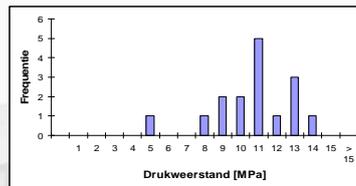


3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

UCS - valeur caractéristique

Fractile de 5%



Site	Système	Sols	UCS _{moyen}	Ecart-type	Coefficient de variation	Nombre de test	Valeur caract. - UCS fractile 5% Médiane (MPa)	Valeur caract. - UCS fractile 5% Gaussienne (MPa)	Valeur caract. - UCS fractile 5% Log-normale (MPa)
Brugge	CSM	Kwartair zand	6,3	1,6	25,4	39	4,1	3,8	4,0
Zeebrugge	CSM	Kwartair zand	6,5	0,8	12,3	38	4,8	5,3	5,3
Gent KI	TSM	Tertiair zand	9,8	4,6	46,9	60	3,6	2,3	3,6
Gent KII	TSM	Tertiair zand	17,2	10,9	63,4	52	6,3	-0,7	5,0
Antwerpen	CVR C-mix®	Kwartair zand	11,9	4,1	34,5	50	6,5	5,2	6,4
Lommel	CVR C-mix®	Kwartair zand	18,6	3,9	21,0	39	11,6	12,2	12,4
Tongeren	CSM	Leem	5,3	1,6	30,2	33	2,8	2,7	2,7
Sint-Lievens	CVR C-mix®	Leem	10,8	4,9	45,4	31	4,8	2,7	4,5
Houtem									
Limelette	C-mix® CVR	Leem	14,8	5,4	36,5	38	7,4	6,0	7,8
Anderlecht	C-mix® CVR	Leem	8,0	5,8	72,5	64	2,0	-1,6	1,9
Gent	C-mix® CVR	Alluviale klei	8,6	7,0	81,4	41	1,5	-2,8	1,6
Borgloon	C-mix® CVR	Alluviale klei	5,7	3,1	54,4	26	1,0	0,6	1,4
Knokke	C-mix® CVR	Klei	7,3	7,2	98,6	25	0,5	4,5	0,9
Erenbodegem	C-mix®	Alluviale klei	8,0	4,6	57,5	25	2,3	0,4	2,4

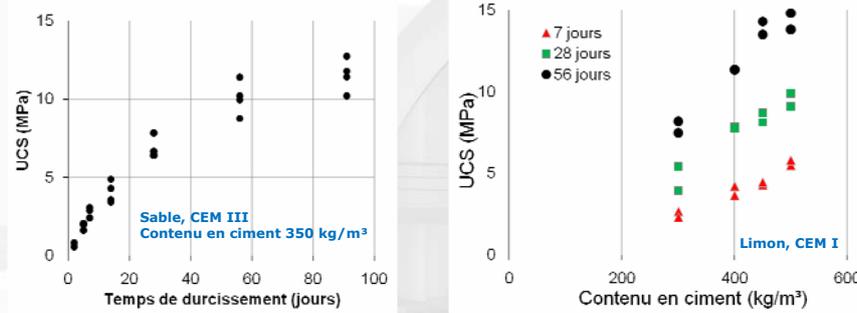
"SOIL MIX walls as retaining structures – critical analysis of the material design parameters" in Geotechnical Challenges in Megacities Conference – Moscow 2010



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

UCS – temps de durcissement



EN 1992-1-1

$$UCS_m(t) = \beta_{cc}(t) UCS_m$$

t = temps de durcissement (jours)

s = empirical parameter [-]

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left(s\left(1 - \sqrt{\frac{28}{t}}\right)\right)$$

CSM : 0,96 < s < 0,99

CVR : 1,28 < s < 1,71

Type de sol
E/C
Type de ciment

"SOIL MIX walls as retaining structures – critical analysis of the material design parameters" in Geotechnical Challenges in Megacities Conference – Moscow 2010



3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Traction par fendage

NBN EN 12390-6 Essais sur béton - Partie 6 : Détermination de la résistance en traction par fendage d'éprouvettes

Diamètre échantillon (D) = 100 mm ± 15% (113 mm)

Longueur échantillon (L) = 1 D



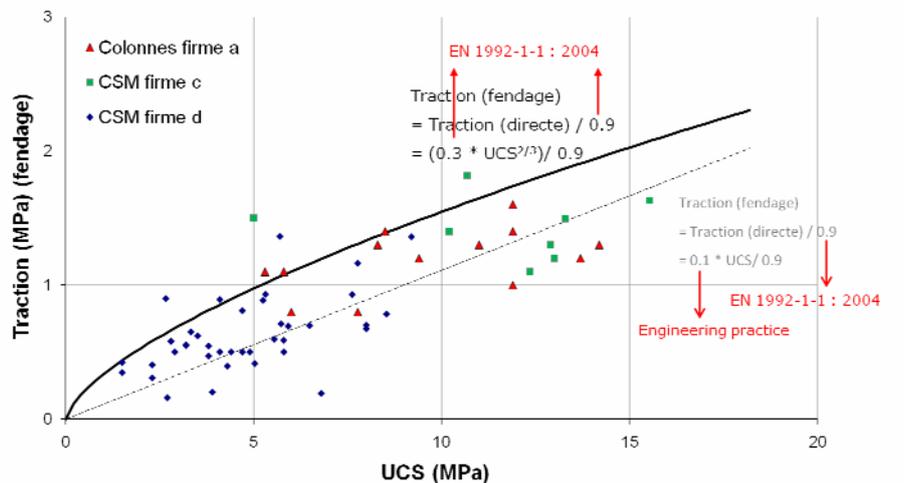


3. Résultats des essais

3.1 Caractérisation mécanique

Traction par fendage

9 sites en Belgique



3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

Paramètres d'intérêt:

- Caractéristiques mécaniques :

- UCS, E, T en fonction du temps
- Fluage
Type de sol, σ , T° , type de ciment, humidité, E/C

- Influence du milieu :

- Dégradation liée à l'exposition à l'air
Humidité, porosité, pH et carbonatation en fonction du temps
- Corrosion – carbonatation
Exposition à l'air ou au-dessus de la nappe
- Prise et durcissement dans les sols pollués et en eaux salines
Pollution interne et/ou externe
- Corrosion – pollution
Chlorures



3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

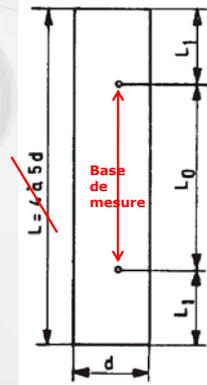
Fluage

- Module d'élasticité - long terme
- Résistance à la compression - long terme

Inspiré de la NBN B15-228 Essais des bétons : Fluage

Diamètre échantillon (D) = 100 mm ± 15% (113 mm)
 Longueur échantillon (L) = 2 D

- Résistance à la compression simple (UCS) estimée
- Calcul du fluage :
 - Mesure effectuée sur l'échantillon : 3 génératrices
 - $\epsilon_t = \epsilon_t - \epsilon_1 - \epsilon_r$
- Chargement en paliers :
 - Palier = 10% UCS
 - 30, 40, 50, 60% UCS, ..., rupture
 - Base temporelle: 0h, 2h, 1jr, 4jrs, 7jrs, 14jrs, ...



$L_1 \geq 1/2d_e$
 $L_0 \geq 100\text{mm}$

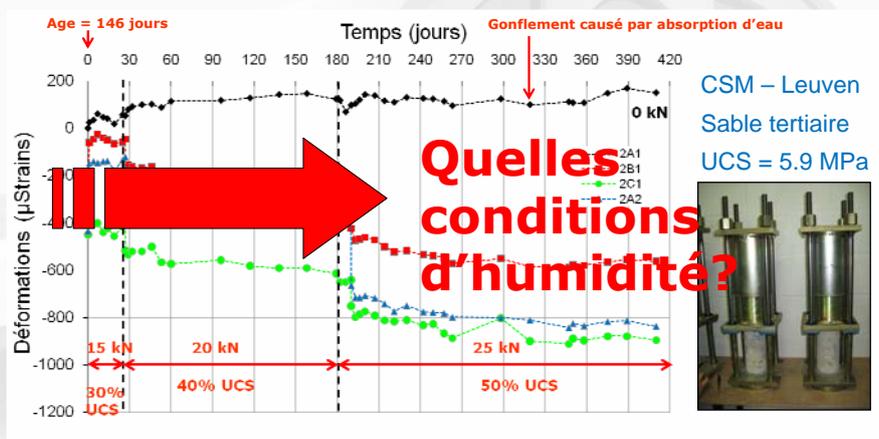


3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

Fluage

Essais sous eau (T=20±4°C)





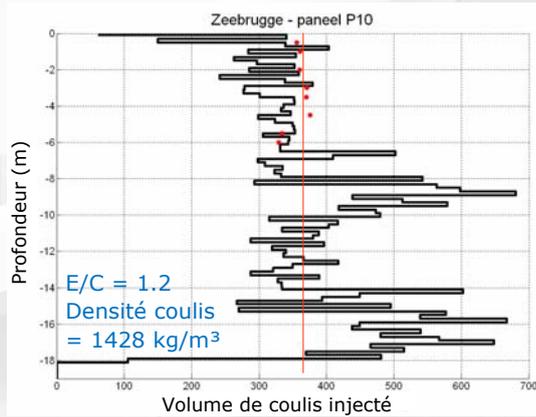
3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

Contenu en liant (ciment)

Détermination chimique du SiO_2 , CaO , RI et CO_2

CSM – Zeebrugge – sable quaternaire



- Paramètres :
 - Rapport E/C
 - Densité coulis
- Contenu en ciment :
 - Volume d'injection
 - <-> retour?

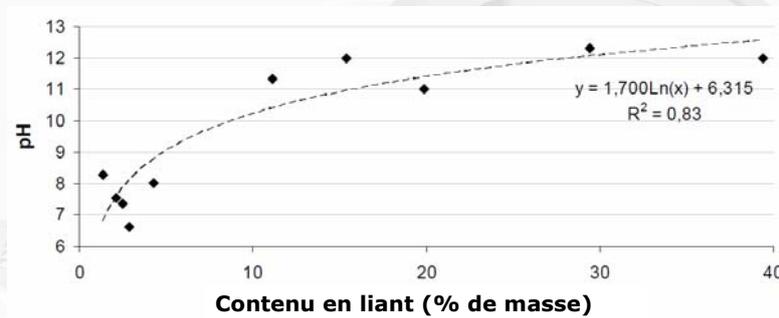


3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

Contenu en liant (ciment)

-1 type de sol
- 1 type de système



Action protectrice contre la corrosion



3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

EN 1992-1-1: 2004

Section 4 Durabilité et enrobage des armatures

Perspectives :

Investigation in situ (CSTC)
Recherche en laboratoire (LCPC)

Collaboration dans le cadre de la thèse de A. Guimond-Barrett

Tableau 4.1 : Classes d'exposition en fonction des conditions d'environnement, conformément à l'EN 206-1

Désignation de la classe	Description de l'environnement :	Exemples informatifs illustrant le choix des classes d'exposition
1. Aucun risque de corrosion ni d'attaque		
X0	Béton non armé et sans pièces métalliques noyées : toutes expositions sauf en cas de gel/dégel, abrasion et d'attaque chimique Béton armé ou avec des pièces métalliques noyées : sans risque	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est très faible
2. Corrosion induite par carbonatation		
XC1	Sec ou humide en permanence	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est faible Béton submergé en permanence dans de l'eau
XC2	Humide, rarement sec	Surfaces de béton soumises au contact à long terme de l'eau Un grand nombre de fondations
XC3	Humidité modérée	Béton à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé Béton extérieur abrité de la pluie
XC4	Alternativement humide et sec	Surfaces de béton soumises au contact de l'eau, mais orientant pas dans la classe d'exposition XC2
3. Corrosion induite par les chlorures		
XD1	Humide, modérée	Surfaces de béton exposées à des chlorures transportés par voie aérienne
XD2	Humide, rarement sec	Pneumes Éléments en béton exposés à des eaux industrielles contenant des chlorures
XD3	Alternativement humide et sec	Éléments de ponts exposés à des projections contenant des chlorures Chaussées Lignes de bus de stationnement de véhicules
4. Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer		
XS1	Exposé à l'air vifloutant ou à l'eau de mer, pas en contact direct avec l'eau de mer	Éléments sur ou à proximité d'une côte
XS2	Immersion en permanence	Éléments de structures marines
XS3	Zones de marée, zones soumises à des projections à des embruns	Éléments de structures marines
5. Attaque gel/dégel		
XF1	Saturation modérée en eau, sans agent de déverglaçage	Surfaces verticales de béton exposées à la pluie et au gel
XF2	Saturation modérée en eau, avec agents de déverglaçage	Surfaces verticales de béton des ouvrages routiers exposés au gel et à l'air vifloutant des agents de déverglaçage
XF3	Fortes saturation en eau, sans agents de déverglaçage	Surfaces horizontales de béton exposées à la pluie et au gel
XF4	Fortes saturation en eau, avec agents de déverglaçage ou eau de mer	Routes et tabliers de pont exposés aux agents de déverglaçage. Surfaces de béton verticales directement exposées aux projections d'agents de déverglaçage et au gel. Zones des structures marines soumises aux projections et exposées au gel
6. Attaques chimiques		
XA1	Environnement à faible agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2	Soils naturels et eau dans le sol
XA2	Environnement d'agressivité chimique modérée selon l'EN 206-1, Tableau 2	Soils naturels et eau dans le sol
XA3	Environnement à forte agressivité chimique selon l'EN 206-1, Tableau 2	Soils naturels et eau dans le sol

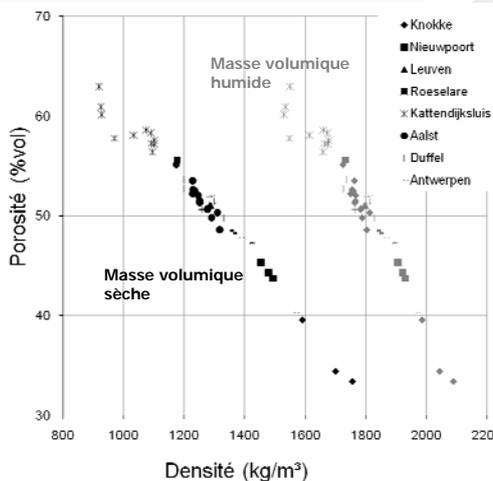


3. Résultats des essais

3.2 Durabilité

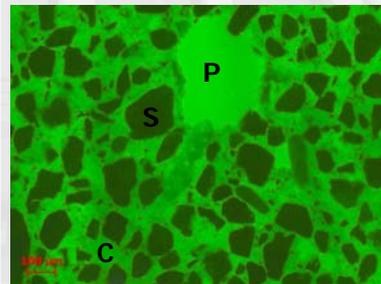
Porosité NBN B15-215

Soil mix entre 30 et 65 vol%



Analyse microscopique (lames minces) – lumière fluorescente (LM 3445)

"Microporosité" du ciment



P = pore, S = sable C = ciment poreux

→ Porosité capillaire élevée (E/C élevé)
→ Fluage élevé à HR = 60%



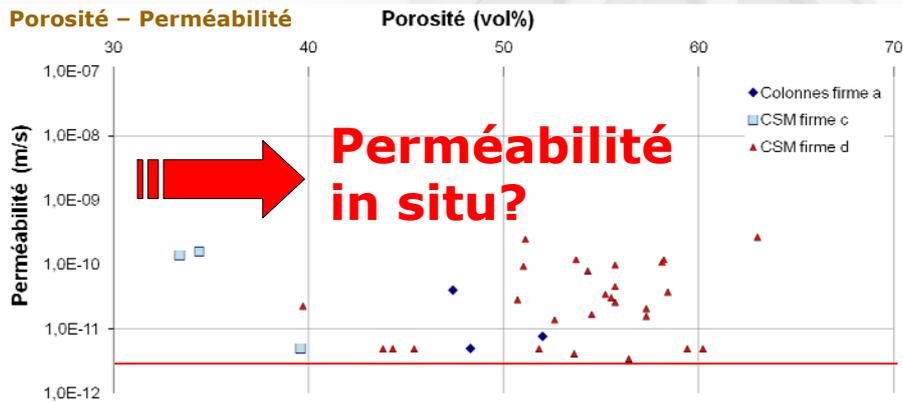
3. Résultats des essais

3.3 Perméabilité

Perméabilité

DIN 18130-1 Laboratory tests for determining the coefficient of permeability of soil

9 sites en Belgique



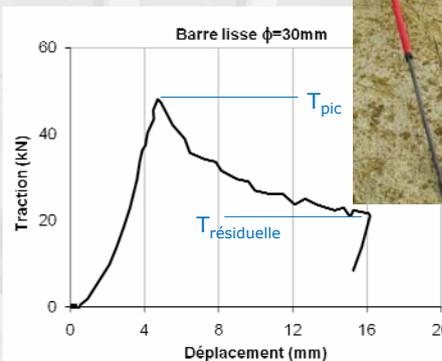
3. Résultats des essais

3.4 Adhérence "acier-soil mix"

Test d'arrachement in situ (inspiré de la NBN EN 15184)



CSM – Leuven –sable





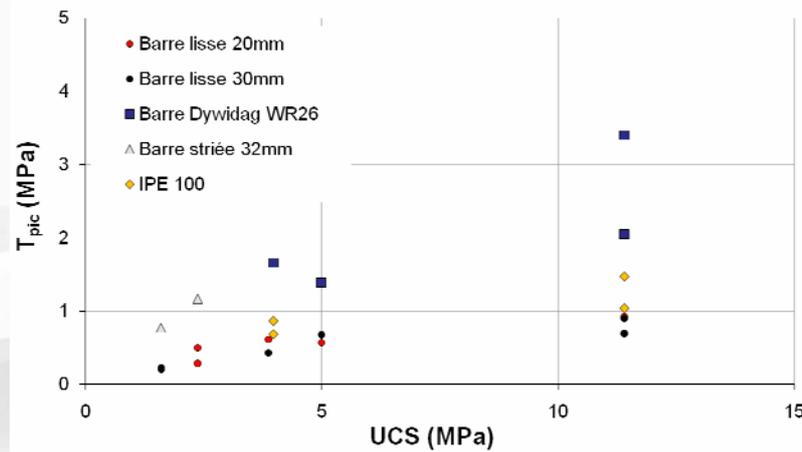
3. Résultats des essais

3.4 Adhérence "acier-soil mix"

Test d'arrachement in situ

$T_{pic} - UCS$

3 sites en Belgique



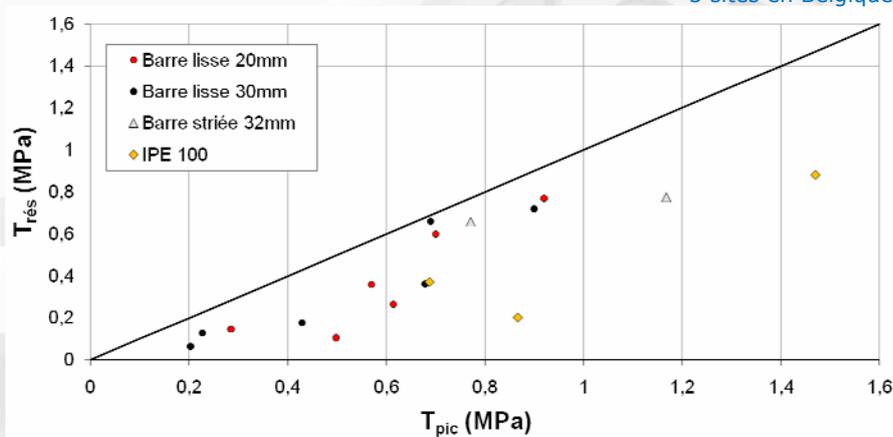
3. Résultats des essais

3.4 Adhérence "acier-soil mix"

Test d'arrachement in situ

$T_{résiduelle} - T_{pic}$

3 sites en Belgique





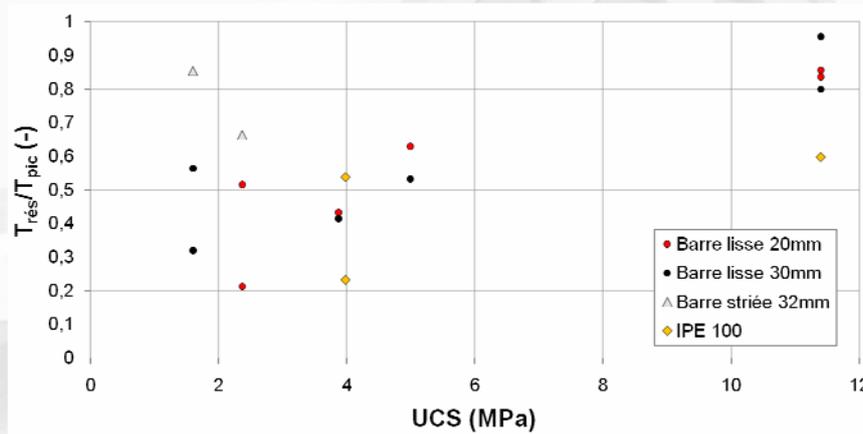
3. Résultats des essais

3.4 Adhérence "acier-soil mix"

Test d'arrachement in situ

$$T_{résiduelle} - T_{pic} - UCS$$

3 sites en Belgique



4. Fiches d'exécution – parois de soutènement

Parois en soil mix

Type 1 : parois réalisées à l'aide de colonnes

Type 2 : parois réalisées à l'aide de panneaux

**INFICHES CSTC
(FR & NL) – courant 2011**

The image contains two technical drawings of soil mix wall construction. The left drawing, labeled 'Type 1: parois réalisées à l'aide de colonnes', shows a cross-section of a wall made of columns. It includes a detailed view of the reinforcement bars (rebar) and the soil mix structure. The right drawing, labeled 'Type 2: parois réalisées à l'aide de panneaux', shows a cross-section of a wall made of panels. It also includes a detailed view of the reinforcement bars and the soil mix structure. Both drawings include detailed views of the reinforcement and the soil mix structure.



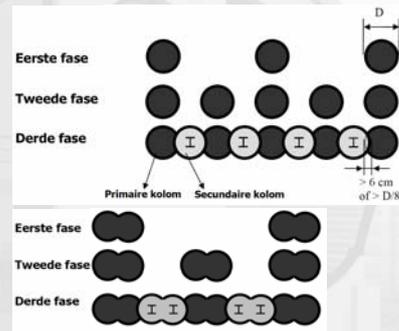
4. Fiches d'exécution – parois de soutènement

Parois en soil mix

Type 1 : parois réalisées à l'aide de colonnes

Type 2 : parois réalisées à l'aide de panneaux

- Type de système
- Exécution – description générale
- Matériaux
- Dimensions caractéristiques
- Capacité portante
- Déplacements horizontaux
- Domaine d'utilisation
- Points d'attention
- Variantes
- Contrôle qualité



Nombre d'essais UCS et pourcentage d'inclusions acceptable

→ en fonction du type d'application :

Soutènement temporaire – permanent – capacité portante



5. Perspectives du projet SOIL MIX – IWT 080736

Soutènement temporaire – permanent – capacité portante

Caractérisation mécanique :

- Echantillonnage
- UCS, E, T
- Durcissement
- Analyse des inclusions
 - Essais de labo >< Lacunes
- + Essais sur bloc (large scale)
 - Représentativité des échantillons (inclusion >1/6D) ?
 - Valeur caractéristique

Durabilité :

- Caractérisation mécanique :
 - UCS, E, T = f(t)
 - Contenu en liant
 - Porosité
- + Essais de fluage
 - Condition d'humidité minimale ?
- Influence du milieu :
 - Dégradation ?
 - Pollution/Eaux salines ?
 - Corrosion ?
 - Gel/dégel ?

Perméabilité

- Essais de labo >< Lacunes
- Perméabilité in situ?

Adhérence "acier-soil mix" :

- + Essais in situ



Essais de flexion ?
Essais non destructifs (sonique, scléromètre,...) ?
Essais de chargement statique ?

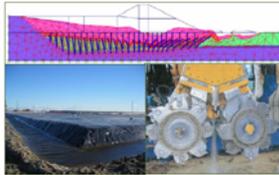


5. Perspectives du projet SOIL MIX – IWT 080736

Call for papers & pre-registration form

INTERNATIONAL SYMPOSIUM & SHORT COURSES

TC 211 IS-GI Brussels 2012



Recent Research, Advances & Execution Aspects of
GROUND IMPROVEMENT WORKS

30 May – 1 June 2012, Brussels, BELGIUM

Organised by:

ISSMOE Technical Committee TC 211 Ground Improvement

Belgische Groepering voor Grondmechanica en Geotechniek
Grupeement Belge de Mécanique des Sols et de la Géotechnique

Comité Français de Mécanique des Sols



3 propositions d'article décrivant les résultats
du projet SOIL MIX – IWT 080736 :

**SOIL MIX walls as retaining structures –
Belgian practice**

**SOIL MIX walls as retaining structures –
mechanical characterization**

**Mechanical characterization of SOIL MIX
material – procedure description**

www.bbri.be/go/IS-GI-2012