

IGS REINFORCEMENT WORKSHOP
4-5 Juni 2018 Munchen

Em Prof ir Jan Maertens

IGS Technical Committees:

Momenteel zijn er 5 TC's:

- Barrier Systems
- Filtration
- Hydraulics
- Soil Reinforcement
- Stabilisation

TC Soil Reinforcement

- Opgericht in 2010
- Leiding: Bräu, Bathurst, Tatsuoka, Miyata

TC Reinforcement Workshop Munchen:

Vier halve dagen:

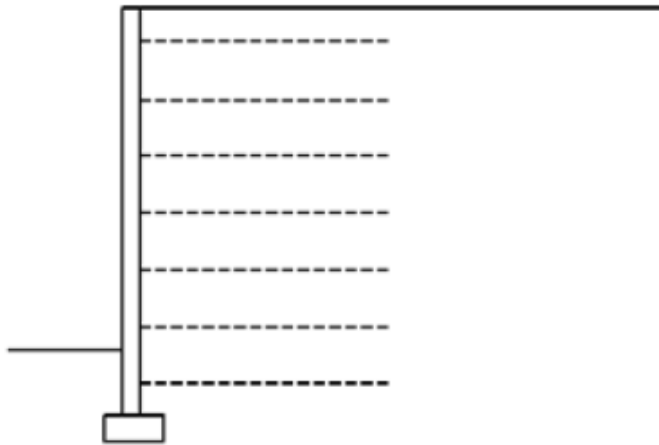
- Facings of walls and steep slopes
- Use of recycled and amended marginal backfills in MSE and reinforced embankments/slopes
- Design of load-carrying MSE bridge abutments
- Reinforced veneer stability (wordt hier niet verder besproken)

Facings of Walls and Steep Slopes

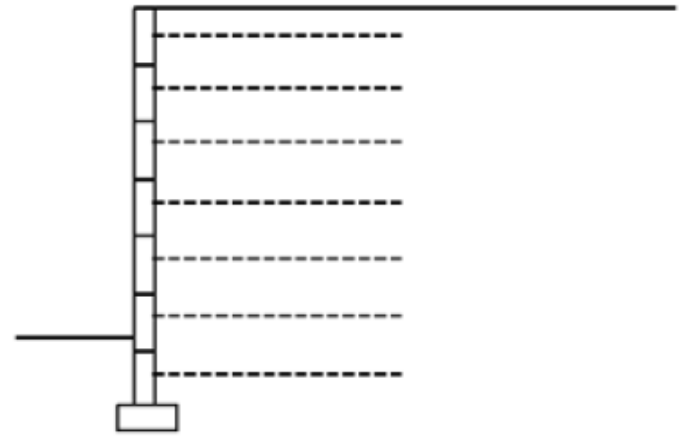
Chair: Ian Fraser (*United Kingdom*), ianfraser@tcs-geotechnics.co.uk

- Richard Bathurst (RMC-Queen's University) – *Reinforcement loads and facing connection capacity in reinforced soil walls: Measured vs Predicted*
- Lars Vollmert (BBG Bauberatung Geokunststoffe) – *Stress conditions and connection requirements of reinforced soil block walls including the German EBGEO perspective*
- Mike Dobie (Tensar International) – *Incorporation of connection strength in design of reinforced soil block walls including seismic considerations*
- Philippe Delmas (Conservatoire National des Arts et Métiers) – *Flexible reinforced soil structure facings and associated design considerations*
- Yassine Bennani Braouli (Terre Armee) – *Facing and connection considerations for concrete panel wall systems*

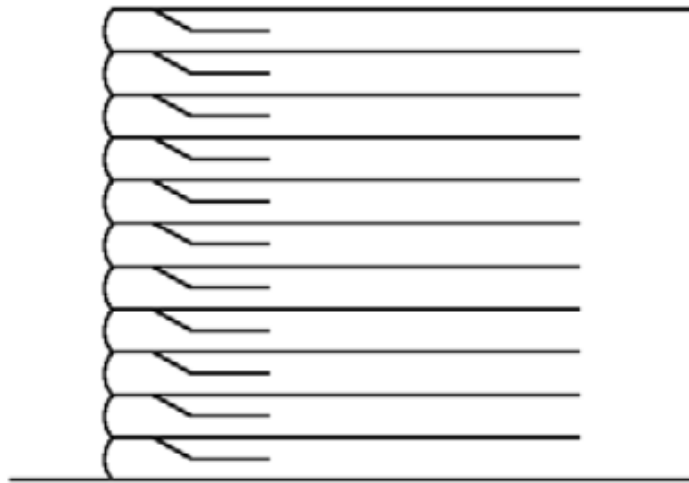
Verschillende types facings, cfr. fiche IGS



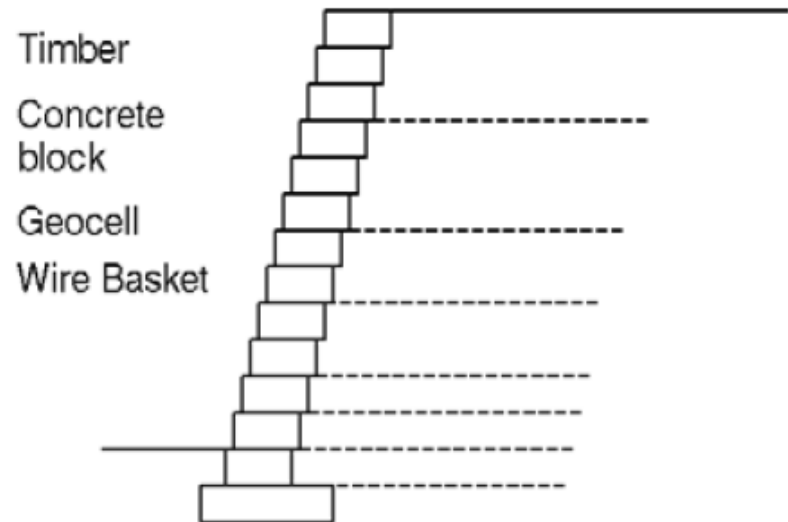
PROPPED PANEL FACING



INCREMENTAL PANEL FACING

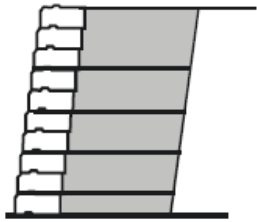


WRAP-AROUND FACING

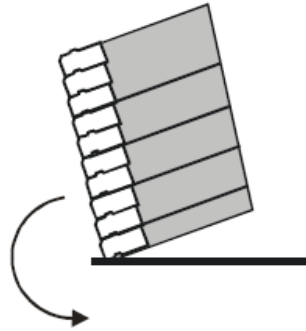


MODULAR WALL

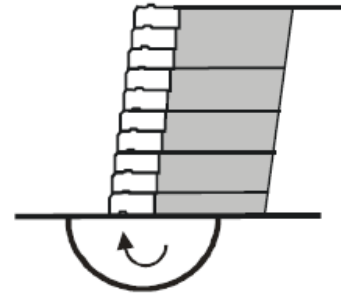
Bezwijken type g werd eerst behandeld



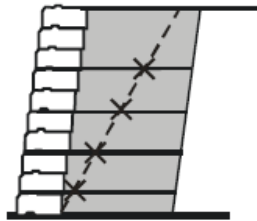
a) base sliding



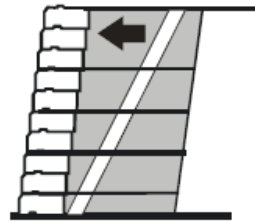
b) overturning



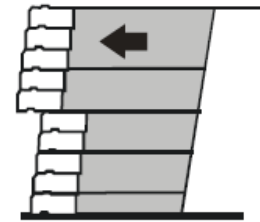
c) bearing capacity
(excessive settlement)



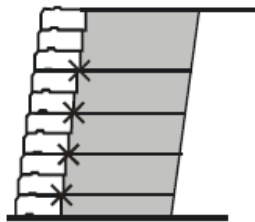
d) tensile over-stress



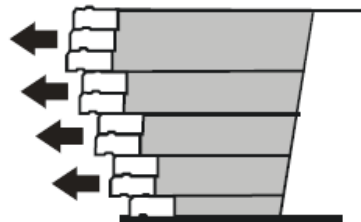
e) pullout



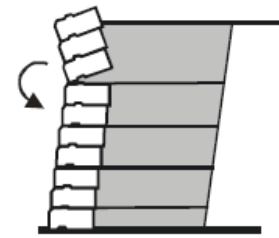
f) internal sliding



g) connection failure



h) column shear failure



i) toppling

R. Bathurst: Reinforcement loads and facing connection capacity

Probleem: zeer veel verschillende types facing en zeer veel technieken om de verbinding tussen de facing en de wapening te realiseren

- In de VS beschikt men over gegevens van 60 geïnstrumenteerde wanden
 - de gemeten kracht ter hoogte van de facing bedraagt meestal slechts $1/3$ van de kracht berekenend op basis van de actieve gronddruk
- Daarnaast werd in het labo een wand gemaakt met een hoogte van 3,6m
 - een zetting van de grond achter de facing heeft een grote invloed op de kracht in de wapening

R. Bathurst: Reinforcement loads and facing connection capacity

Voorstel: verbinding facing – wapening dimensioneren voor de berekende T_{\max} in de wapening, dit omwille van de grote onzekerheid betr. de invloed van de uitvoering op de kracht in de wapening

Dimensioneren van de verbinding: op basis van numerieke modellen en labo proeven, cfr. ASTM D6638-01 en voor een maximaal toegelaten verplaatsing van 20mm

Invloed kruip: voorgesteld wordt om voor de verbinding dezelfde correctiefactor in rekening te brengen als voor de wapening, bvb. 1,43 voor een levensduur van 75 jaar

L. Volmert: German EBGEO perspective

Probleem: verschil ULS – SLS van EC7 is voor velen niet duidelijk

SLS: de meeste problemen ontstaan door

- differentiële zettingen: vaste punten of samendrukbare zones onder de wand en/of facing
- waterdrukken achter de wand

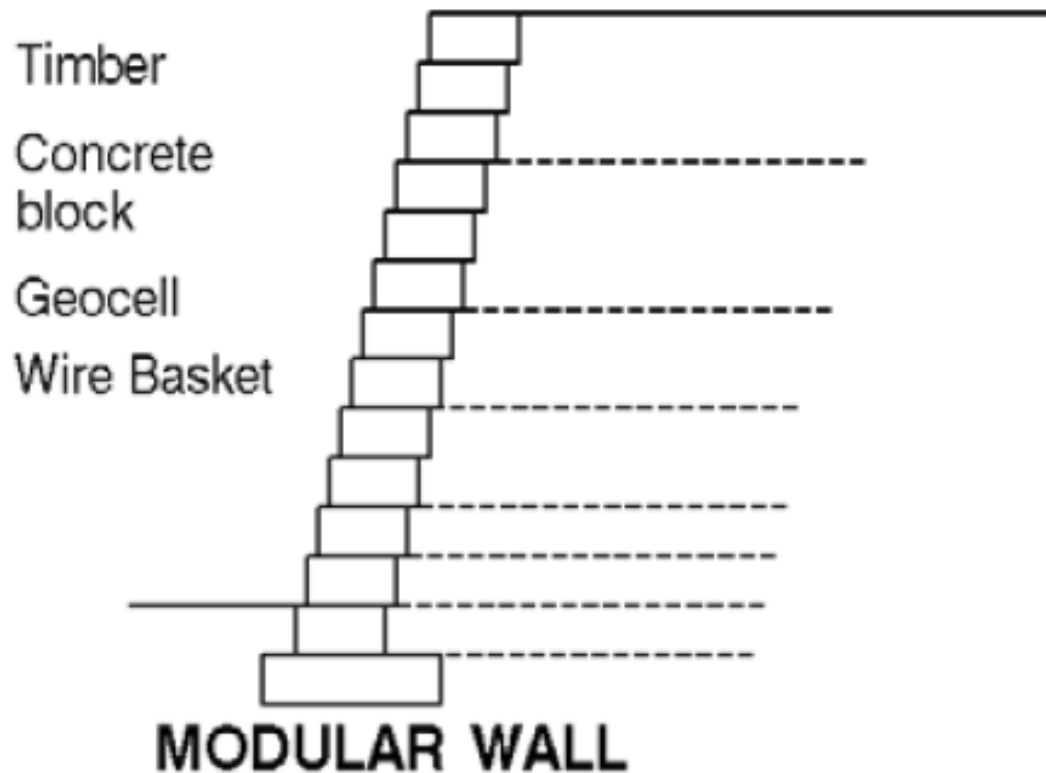
Het onderscheid stiff/flexible facing is niet altijd duidelijk

De gronddruk op de facing wordt vooral bepaald door de verdichting en is meestal beperkt tot ca 20kN/m³ ongeacht de hoogte

⇒ Binnen EBGEO wordt momenteel nagegaan hoe met al deze zaken beter rekening kan worden gehouden

M. Dobie: Modular block retaining walls

De voordracht heeft betrekking op dit type wand

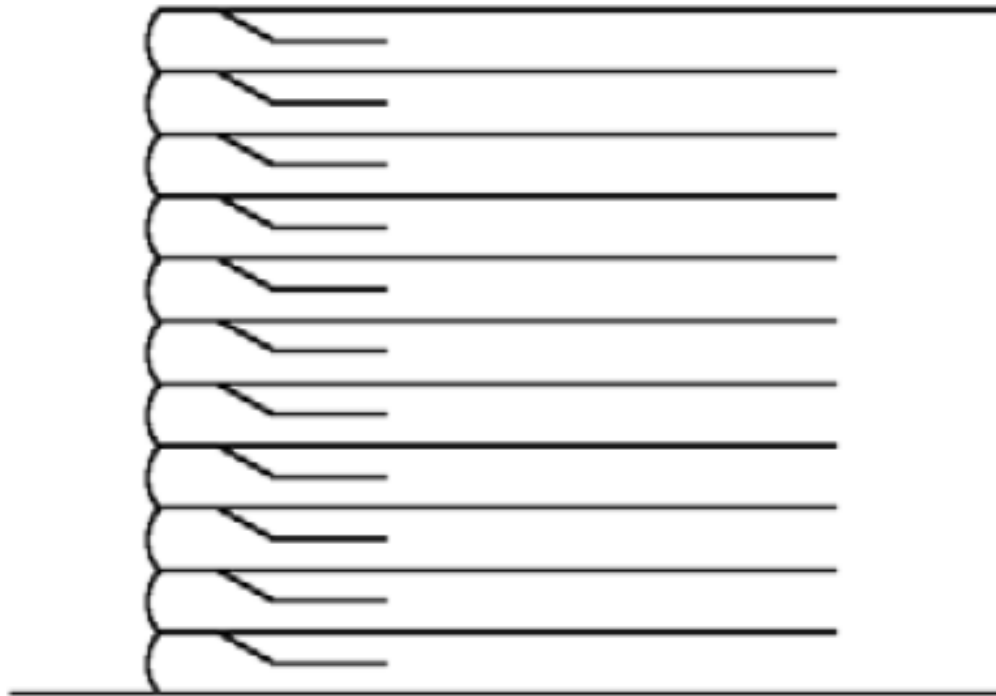


M. Dobie: Modular block retaining walls

- Tensar heeft een eigen berekeningsmethode op punt gesteld voor het dimensioneren van dergelijke wanden
- Speciale aandacht voor aardbevingen:
 - Bij aardbevingen treedt de breuk dikwijls op onmiddellijk achter de bekleding (= failure of connections)
 - Opwaarts gerichte bewegingen bij aardbevingen zijn zeer nadelig omdat de wrijving tussen de blokken en de wapening daardoor op 0 gebracht wordt
 - Tussenafstand tussen de wapeningen is belangrijk: normaal 3 blokken

Ph. Delmas: Flexible reinforced facings

De voordracht heeft betrekking op dit type wand



WRAP-AROUND FACING

Ph. Delmas: Flexible reinforced facings

Aan de hand van een groot aantal voorbeelden werd de problematiek van de wanden met een vervormbare bekleding toegelicht

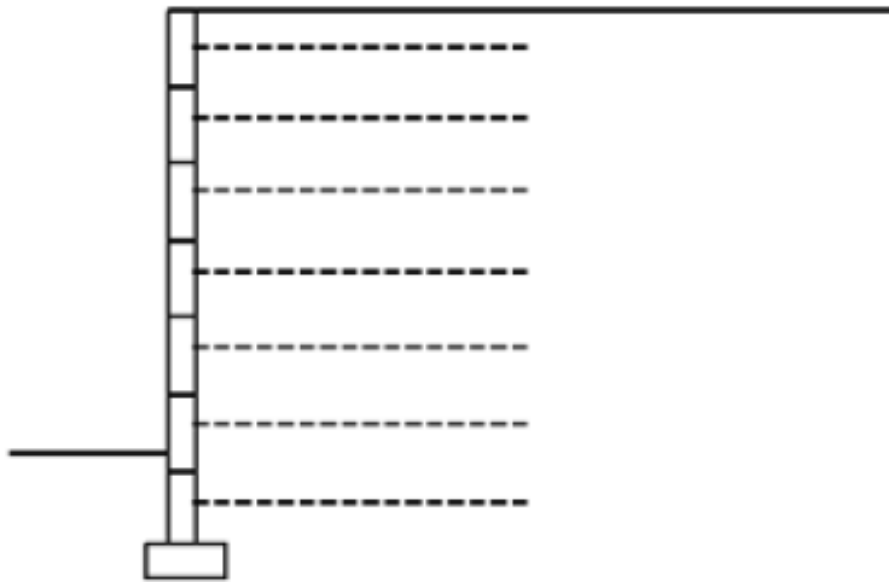
- Vervormbare bekledingen worden toegepast bij tijdelijke wanden en in combinatie met een losstaand parement van gewapend beton
- Begroeibare bekledingen zijn meestal ook vervormbaar
- In Noorwegen werden proeven uitgevoerd met een light tube wall (= geokunstofbuizen opgevuld met licht beton)

Probleem:

- Verdichting van de grond onmiddellijk achter de bekleding
- Voorspannen van de geotextielwapening

Y. Bennami Braouli: Facing connection for concrete panels

De voordracht heeft betrekking op dit type wand

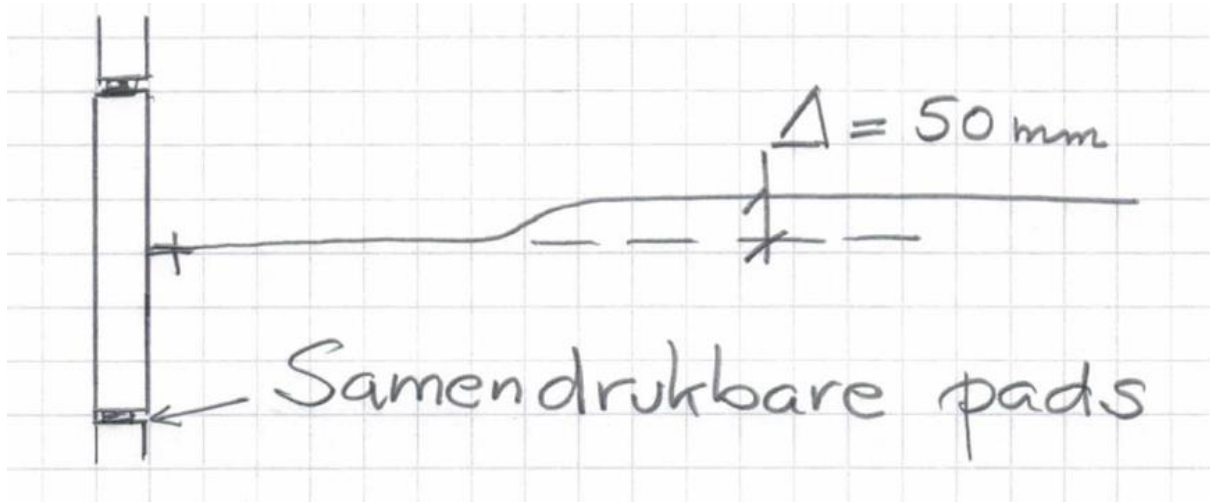


INCREMENTAL PANEL FACING

Y. Bennami Braouli: Facing connection for concrete panels

- Er wordt altijd aangevuld met geschikt materiaal (= selected fill)
 - Bekleding:
 - verticale rek van 0,5% moet mogelijk zijn om de samendrukking van de aanvulling te kunnen volgen
 - de samendrukking van de aanvulling moet altijd bekeken worden, zeker bij aanwending van cohesieve materialen
- ⇒ gebruik van samendrukbare pads tussen de elementen om te vermijden dat door de grond een verticale kracht wordt uitgeoefend op de bekleding
- ⇒ op een zekere afstand achter de bekleding wordt de wapening soms wat hoger gelegd, bvb. 50mm

Y. Bennami Braouli: Facing connection for concrete panels



- Ontwerp van de verbinding:
 - Structuurprogramma's meestal op basis van de beddingconstante
 - Proeven op ware grootte in het labo
 - In rekening te brengen kracht: $T_0 = 0,85 \times T_{\max}$

Discussie en besluit

- Er is geen eensgezindheid i.v.m. het al of niet in rekening brengen van de kruip bij het dimensioneren van de verbinding
- De mogelijke invloed van differentiële zettingen wordt niet beschouwd in de ontwerpnormen
 - de specialisten geokunststoffen zijn van mening dat dit probleem moet behandeld worden door de geotechnisch adviseur omdat het niet specifiek is voor gewapende grond constructies
 - ook de globale stabiliteit moet door de geotechnisch adviseur gecontroleerd worden

Use of Recycled and Amended Marginal Backfills in MSE and Reinforced Embankments/Slopes

Chair: John Sankey (USA), jsankey@reinforcedearth.com

- John Sankey (Terre Armee) – *Overview of Reinforced Structure Design, Applications and Uses with Recycled and Amended Backfill*
- (Yuli) ChaidoDoulala Rigby (Tensar) – *Use of Polymeric Geogrids in Structures with Non-Standard Reinforced Fills*
- Robert Lozano (The Reinforced Earth Company) – *Treated Marginal Soils in MSE Structures*
- Oliver Detert (Huesker) – *Construction and Long Term Experiences with Marginal Fill in GRS Walls*
- Castorina Silva Vieira (University of Porto) – *Use of Mixed Construction & Demolition Recycled Materials in Geosynthetic Reinforced Structures*

J. Sankey: Recycled and amended backfill

- MSE walls
 - Normen beschikbaar voor aanvulling met geschikte gronden
 - Geen normen beschikbaar voor recycled and amended backfill
- Probleem recycled and amended backfill:
 - Duurzaamheid
 - Kwaliteitsgarantie
 - Ervaring
 - Drainering

J. Sankey: Recycled and amended backfill

- Materialen
 - Foundry sand
 - Bottom ash
 - Flow ash
 - Gerecycleerd beton
 - Gerecycleerd asfalt
 - Ferrous slag
 - Tire pellets and shreds
 - Lichtgewicht materialen
 - Met kalk en/of cement gestabiliseerde gronden
- Probleem: weinig informatie beschikbaar betr. duurzaamheid

Ch. Doulala-Rigby: Polymeric geogrids with non standard fills

- Normaal standaard aanvullingsmateriaal zonder organisch materiaal: geen zetting en geen kruip
- Non standard fills:
 - Niet geschikt voor landhoofden
 - Proeven
 - Bepaling schuifweerstandskarakteristieken d.m.v. directe schuifproeven
 - Chemische analyses
 - Verdichtbaarheid en berijdbaarheid
 - Drainering is zeer belangrijk

R. Lozano: treated marginal soils

Stabilisatie van gronden met een hoge plasticiteitsindex met 2 à 10% kalk en/of cement

- Resultaat is een homogene blok gestabiliseerde grond met een hoge pH
- Gespecialiseerd materieel nodig voor de uitvoering
- Verdichting is zeer belangrijk
- Impact hoge pH op geokunststoffen:
 - Gevaar voor carbonation
 - Hoge pH verdwijnt niet met de tijd
 - Wapening moet meestal volledig beschermd worden
- Van belang:
 - Mogelijke uitloging
 - Impact temperatuurontwikkeling op eigenschappen van de geokunststoffen
 - Wrijving wapening – gestabiliseerd materiaal

O. Detert: Marginal fill in GRS walls

- Normale eis: gehalte aan fijne deeltjes < 5 à 10%
- Marginal fill:
 - Gerecycleerde materialen
 - Verontreinigde granulaire materialen
 - Cohesieve gronden
- GRI rapport betr. schadegevallen:
 - 98% foutief ontwerp
 - 96% privé projecten
 - 61% cohesieve gronden
 - 50% onvoldoende verdichting

O. Detert: Marginal fill in GRS walls

- Cohesieve materialen – aandachtspunten:
 - Invloed watergehalte
 - Invloed verdichting
 - Vervormbaarheid
 - ⇒ niet toepasbaar voor landhoofden
- Cohesieve materialen – mogelijke maatregelen
 - Tussenlagen met zand om de wrijving te verhogen en de drainage te verzekeren
 - Zand onmiddellijk achter de facing
 - Indringing van water beletten
 - Stabilisatie met cement
 - ⇒ bij $\text{pH} > 9$ afname van de sterkte van PET

C. Silva Vieira: Europees onderzoek

Universiteit Porto neemt deel aan RCD-VALOR project:
Sustainable Application of Recycled Construction and
Demolition Wastes in geosynthetic reinforced structures
→ Hadden reeds eerder proeven daaromtrent uitgevoerd

Probleem:

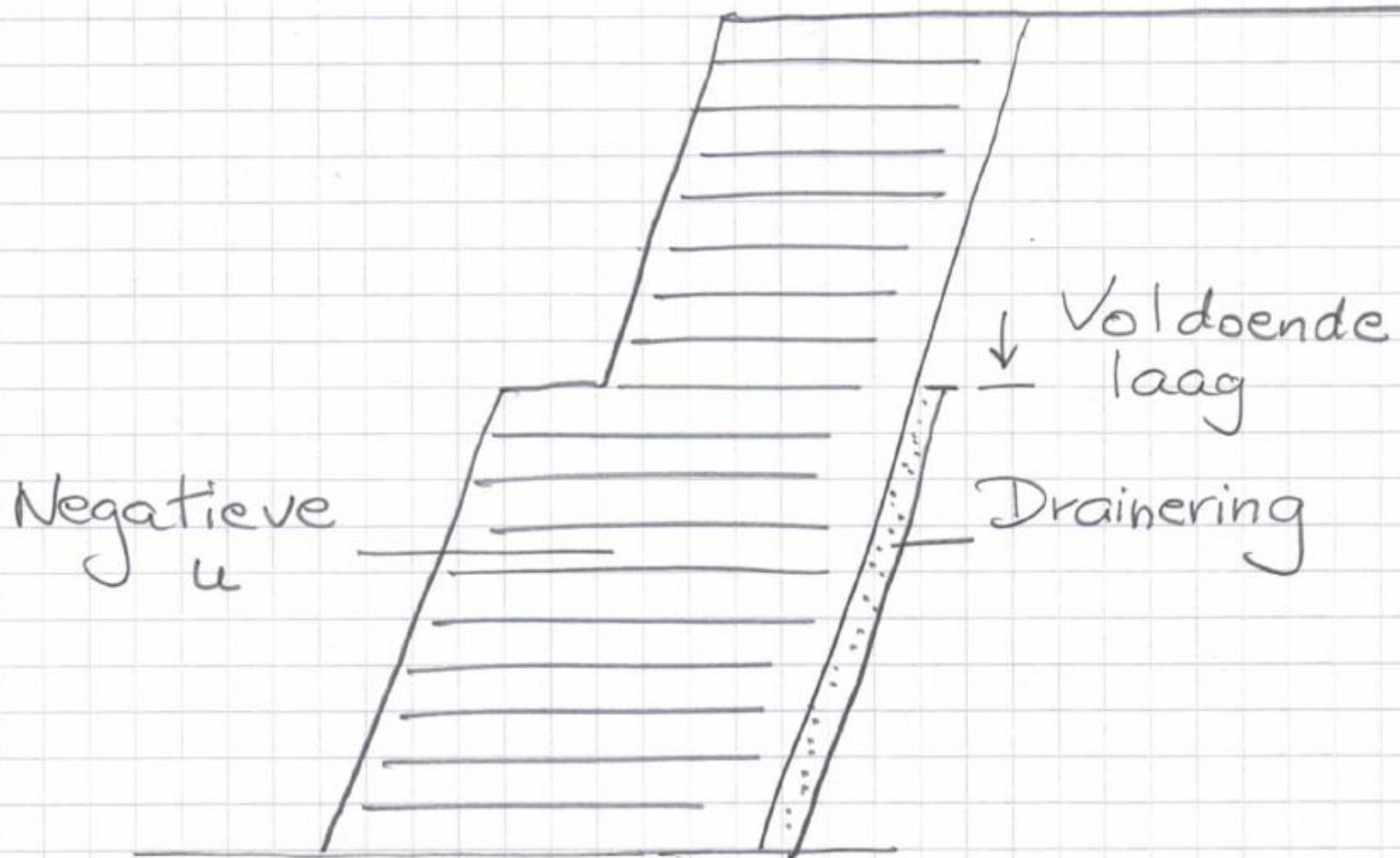
- Beschadiging van de geogrids
 - ⇒ manuele plaatsing van de aanvulling
 - ⇒ alleen lichte verdichting mogelijk
- Geschikte korrelverdeling nodig
- Floating materials: gehalte moet beperkt zijn
- Verontreinigingen: gevaar voor uitloging

C. Dobie (Tensar): Clay fills drainage

Toepassingsvoorbeeld op Java:

- Blokkenwand
- Beoogd werd $c_u = 150\text{kPa}$ omdat men dan zeker is dat er negatieve poriënwater spanningen ontstaan in het massief
- Maximum haalbare hoogte: 6 à 7m
- Van belang: drainering achter de gewapende grond, wel niet over de volledige hoogte om te voorkomen dat er hemelwater in de drainering kan terechtkomen

C. Dobie (Tensar): Clay fills drainage



D. Hamrito: Clayey silt backfill

Uitvoering:

- Niet werken bij regenweer
- Verdichting tot 90% $\gamma_{dr,opt}$
- Drainering onder het aanvullingsmassief zodat de aanvulling van onderuit niet kan verzadigd raken
- Afwatering om verzadiging van de aanvulling te voorkomen
- Bovenafdichting bovenop de aanvulling

Ontwerp:

- Triaxiaalproeven
- CBR > 10%

Besluit: Recycled and amended material

- Weinig eenduidige informatie: alleen specifieke ervaringsgegevens
- Kennis grondmechanica eerder beperkt ook wat stabilisatie van gronden betreft
- Informatie is niet altijd gelijklopend
- Topic wordt wellicht alsmear belangrijker

Design of Load-carrying MSE Bridge Abutments

Chair: Jorge Zornberg (USA), zornberg@mail.utexas.edu

- Jorge G. Zornberg (The University of Texas at Austin) – *Growing worldwide emphasis on load-carrying MSE bridge abutments*
- John Lostumbo (TenCate Geosynthetics) – *Design of load-carrying geosynthetic reinforced soil abutments following US guidelines*
- Dimiter Alexiew (Consultant Geosynthetics & Geotechnics) – *Design of load-carrying MSE abutments following some of the European codes*
- Andre Ferreira da Silva (Huesker) – *Experience on load-carrying MSE abutments in South America*
- Masayuki Koda (Railway Technical Research Institute) and Antoine Duttine (Integrated Geotechnology Institute) – *Design of load-carrying MSE abutments following Japanese guidelines*
- Nicolas Freitag (Terre Armee) – *MSE bridge abutments: Only one part of a bridge system – examples with steel and geosynthetic reinforcement*

J. Zornberg: MSE Bridge abutments

- Voordelen:
 - Snelle uitvoering
 - Zettingen geen probleem
- Voorbeelden:
 - Landhoofden in Chili: geen zichtbare schade na aardbeving 8,8 versnelling 0,65g
 - Landhoofd met monitoring: toename van horizontale verplaatsingen tijdens de bouw tot 20mm, daarna geen toename meer

J. Lustombo: Geosynthetic reinforced bridge abutments

- Eerste toepassingen in de VS in 1999
- Specifieke voorschriften AASHTO, 8^e ed. 2018 met strenge eisen aan materiaal voor de aanvulling
- Principe:
 - Gewone keermuur met extra wapening onder het landhoofd, tussenafstand 150mm
 - Wapening: Biaxiaal PP geotextiel 70kN/m
 - Dimensioneren voor 2% rek
 - Aanvulling met geschikt materiaal
 - Wrijvingshoek $> 38^\circ$
 - Well graded max. 12% $< 74\mu\text{m}$
 - Open graded 5% $< 74\mu\text{m}$
- Probleem: uitvoering van de hoeken, moet zeer goed verzorgd worden

D. Alexiev: European standards

Probleem:

- Kennis nodig van geokunststoffen en van grondmechanica
- Geconcentreerde Verticale en Horizontale belastingen
- Ontwerp op basis van EC7: ULS en SLS
- Wapening:
 - optimale wapening bestaat niet
 - zeer breed gamma, hoe kiezen?
- Momenteel veel meer problemen met de grond dan met de geokunststoffen

D. Alexiev: European standards

Uitgewerkte case op basis van:

- EBGEO, 2010
- BS 8006, 2016
- NF 94270 en XPG 38064, 2009 en 2010

Allemaal volgens EC7

⇒ Benadering en resultaat vertonen duidelijke verschillen

A. Silva: Toepassingen in Zuid Amerika

Case histories o.a. Jagaurama:

- Ontwerp
 - Facing onder lichte helling
 - Bovenaan 7 lagen met tussenafstand 0,40m
 - Drainering vooraan in de blokken en achteraan tot halve hoogte
 - Verdichting bij w_{opt} en tot 99 à 100 opt standard proctor
- Monitoring
 - Max. rek onderaan 0,9%
 - Kracht in geogrid bovenaan afgeleid uit extensometers: 7,5kN/m
 - Horizontale verplaatsing bovenaan: 30mm
- Aanvulling
 - Max 35% deeltjes $<74\mu\text{m}$: verdichting is zeer belangrijk
 - $\varphi = 25^\circ$ en $c = 30\text{kPa}$, cohesie wordt niet volledig in rekening gebracht

A. Duttine: Toepassingen in Japan

- Algemene principes:
 - wapeningen onderaan langer dan bovenaan
 - verdichting tot 95% $\gamma_{d,opt}$ van de versterkte proctorproef
- Facings voor spoorwegbruggen:
 - Niet vervormbare facing over de volledige hoogte
 - Ontwerp: $T0 = T_{max}$
 - ⇒ Zeer bestendig t.a.v. aardbevingen
- Uitvoering:
 - Eerst facing met gabions, gevuld met grind, tot de zettingen beëindigd zijn
 - Daarna betonnen facing

N. Freitag: Steel and geosynthetic reinforcement

- Geschiedenis landhoofden met gewapende grond
- Voorbeelden monitoring
 - Amersfoort 1984: wapeningen nog allemaal op dezelfde tussenafstand
 - Experimentele wanden Fontainebleau 1988
- Voorbeeld wand 15m hoogte
 - Toegelaten horizontale verplaatsing ter hoogte van de opleggingen: 20mm, max. verplaatsing oplegging = 65mm
 - Aanvulling: $\varphi = 35$ à 46°
 - Ontwerp op basis van FLAC berekeningen
 - Nazicht globale stabiliteit met TALREN

N. Freitag: Steel and geosynthetic reinforcement

- Monitoring:
 - Horizontale verplaatsing bovenaan: 30mm, in overeenstemming met FLAC berekeningen
 - Zeer beperkte toename van de verplaatsingen met de tijd
 - Samendrukking van de aanvulling ca. 3cm
⇒ goede verdichting van de aanvulling is zeer belangrijk

Besluit:

- Algemeen:
 - Interessante dagen
 - Veel praktische informatie
 - Goed overzicht van de stand van kennis
- Probleem:
 - Dominantie van een beperkte groep specialisten
 - Alles blijft gebaseerd op analytische methodes
 - Eindige elementen komen zeer weinig aan bod
 - Weinig voeling met grondmechanica en specifieke uitvoeringsmethodes