**AARDWETENSCHAPPEN HOOFDSTUK 12: De sterkte van aardmaterialen**

1. Gesteenten, bodems en sedimenten

* Aardmaterialen
  + = elk materiaal waaruit het aardoppervlak is opgebouwd
  + Grote variëteit aan aardmaterialen
  + Aantal types van aardmaterialen:
    - Bodems (soils)
      * Altijd aan aardoppervlak
      * Bestaan uit mengeling van minerale en organische bestanddelen
      * Bestaan uit losse bodempartikels (vb zandkorrels)
        + Kunnen aan elkaar kleven tot bodemaggregaten
      * Oorsprong: Ontstaan door verwering van gesteenten
        + Door verwering w hard gesteente => losgemaakt+verpulverd
        + Door verdere bodemvormende processen => OM toevoegen aan bodems => ontwikkelen bodemhorizonten
    - Gesteenten
      * Aan oppervlak + in diepe ondergrond
      * Bestaan uitsluitend uit minerale bestanddelen
      * Vast gesteente
      * Oorsprong: Versch types ontstaan door magmatische, sedimentaire en metamorfe gesteentevormende processen
    - Sedimenten
      * = speciaal type gesteente (uitzondering)
      * Aan oppervlak + in diepe ondergrond
      * Bestaan uitsluitend uit minerale bestanddelen
      * Losse gesteenten !
      * Oorsprong: Afgezet door erosie, transport en sedimentatie door water, wind of ijs
        + Sedimenten vinden = relatief recent afgezet vb strandzand
        + Gevolg: nog geen bodemvorming & ontwikkeling van horizonten
  + Opm: onderscheid maken tussen sedimenten (los) en gesteenten (vast)

2. Stress, strain en strength

* Kenmerken van aardmaterialen: stress, strain en strength
  + => invloed op aard en intensiteit van geomorfologische degradatie en aggradatieprocessen
* Degradatie en aggradatie gebeurt oiv krachten
  + Vb: massabewegingen treden op oiv Fz (deel 3)
  + Vb: eroderende kracht van water, ijs, wind (deel 4,5,6)
  + Hoe reageert een aardmateriaal op een F & hoe biedt zij weerstand tegen F?
    - In ons geval: erosieve kracht
* Stress
  + = spanning of druk
  + Werking: Actie kracht uitgeoefend op lichaam => veroorzaakt inwendige kracht in lichaam (actie reactie)
    - Resultaat: lichaam bevindt zich in toestand van **stress**
  + Definitie: De stress σ die op een lichaam w uitgeoefend = de kracht F die w uitgeoefend op een opp. A van dat lichaam
    - Uitgedrukt in N/m²

N/m2

* + - Vb: boek op tafel => Fz van dat boek oefent stress uit op tafel
* Strain
  + = vervorming
  + Werking: een lichaam waar stress op w uitgeoefend kan strain ondergaan
    - Strain ondervinden als gevolg van de stress
  + Definitie: De maat voor strain = de verhouding vd dimensies vh lichaam onder stress tot de originele dimensies vh lichaam
    - Kan toename of afname van dimensies zijn
    - Kan uitgedrukt w in procenten
    - Kan uitgedrukt worden als vb de verandering in lengte (l) of verandering in V etc.

* + - Vb: zwaar stapel boeken op tafel => tafelblad kan breken
  + Types vervormingen
    - Elastische vervorming
      * Vervorming is slechts tijdelijk
        + Zolang lichaam onder stress w gehouden => vervorming
        + Zodra stress stopt => originele dimensies hersteld
    - Ductiele vervorming
      * Onherstelbaar
      * Als de opgelegde stress de capaciteit vh lichaam om elastisch te vervormen overschrijdt => ductiele vervorming = plastisch
      * Convergentiezone: plooitektoniek
    - Broze vervorming
      * Indien breekt
      * Convergentiezone: breuktektoniek
* Strength (Tau)
  + = de sterkte vh lichaam
  + = de stress die nodig is om het lichaam te breken
  + = de weerstand die het materiaal biedt tegen ‘strain’
  + Vb: tafelblad grotere strength dan kartonnen doos => doos zakt in bij klein stapel boeken (kleine stress) & tafel zakt in bij grote stapel boeken (grote stress)
* 3 types stress, strain, strength
  + Elk type van stress komt overeen met een overeenkomstig type van strain en strength
  + 1) compressive stress (strain, strength)
    - = drukspanning
    - => convergentiezone
  + 2) tensile stress (strain, strength)
    - = rekspanning
    - => divergentiezone
  + 3) shear stress (strain, strength)
    - = schuifspanning
  + Kenmerken
    - 1 lichaam kan sterk variërende compressive, tensile of shear strength hebben
  + Geomorfologische processen
    - Massabeweging, erosie en sedimentatie
      * Treden op oiv shear stress die resulteert in een verplaatsing of verschuiving van aardmateriaal (= de strain)
        + Massabeweging: shear stress veroorzaakt door Fz
        + Erosie en sedimentatie: shear stress veroorzaakt door stroming van water, ijs of wind
      * => conclusie: shear stress leidt tot massabeweging, erosie en sedimentatie
  + Plooi en breuktektoniek
    - Treden op oiv van compressive of tensile stress van aardmateriaal
    - => conclusie: compressive en tensile stress leidt tot plooi en breuktektoniek

3. Shear strength

* Strength (Tau)
  + = de weerstand die het materiaal biedt tegen ‘strain’
* Shear strength (Tau\_f)
  + = de kritische shear stress waarbij verplaatsing optreedt (N/m²) = F per opp.
  + = de kracht om juist het partikel in beweging te brengen (kritisch)
  + Aardmaterialen hebben zeer uiteenlopende shear strength
    - Versch. aardmaterialen bieden een versch. mate van weerstand tegen verplaatsing door massabeweging of erosie
  + Afhankelijk van
    - **Type aardmateriaal** 
      * Vb: Tuinbodem erodeert makkelijker dan harde stenige bodem
    - Watergehalte
      * Vb: zandkastelen in nat zand gaat, in droog zand niet
        + Nat zand heeft grotere shear strength
  + Coulombvergelijking
    - De shear strength wordt bepaald door:
      * Cohesie (c) = wordt veroorzaakt door de sterkte vd bindingen tussen de partikels waaruit dat materiaal is samengesteld
      * De wrijving (σn. tan) = wordt veroorzaakt door de normaal stress σn als gevolg vd Fz en door de interne wrijvingshoek phi, tussen de partikels waaruit materiaal is samengesteld
    - Eenheid: N/m²

c =cohesie (N/m2)

3.1 Cohesie

* Cohesie
  + Wordt veroorzaakt door bindingen **tussen** partikels
  + Verschillende types van bindingen
    - Afhankelijk vaan type bindingen => aardmaterialen grote of kleine cohesie
    - Type bindingen & cohesive strength of kracht vd bindingen zie ppt 52
* Cohesie van vast gesteenten
  + Bepaald door chemische bindingen (ionische, waterstof, covalente)
    - Tussen en binnen de minerale korrels van gesteenten
    - Zorgen voor een zeer grote cohesive strength (10-4 tot 10-5 kN/m²)
    - Oorsprong
      * in de elektrische aantrekking tussen atomen die de kristalroosters van minerale bestanddelen opbouwen
  + Opm: de cohesive strength van versch types gesteenten kan variëren
    - Intrusief magmatisch gesteente vb graniet
      * Bindingen in kristalrooster => sterke bindingen
      * Grote cohesive strength => moeilijk verweren & eroderen
    - Sedimentaire gesteenten vb zandsteen
      * Zandkorrels aan elkaar gecementeerd tijdens diagenese
      * Cohesieve strength is hierdoor afh. vd sterkte vd bindingen in het cementerende materiaal
        + Vb: CaCO3, SiO2, Al2O3, Fe2O3,….
        + Bindingen meestal zwakker
      * Kleinere cohesive strength => makkelijk verweren & eroderen
* Cohesie van los bodemmateriaal en sediment
  + Bepaald door elektrostatische bindingen
    - Tussen individuele bodem en sedimentpartikels
      * Chemische bindingen **binnen** partikels
      * Elektrostatische **tussen** partikels
    - Middelmatige cohesive strength ( < 1000 kN/m²)
      * Kracht elektrostatische < kracht chemische bindingen
      * Gevolg: bodems & sedimenten makkelijker te eroderen dan gesteenten
  + Bepaald door de schijnbare cohesie
    - = gevolg van capillariteit
    - Poriën tussen partikels kunnen gevuld zijn met H2O
      * Poriënwater oefent capillaire zuigkracht uit tssn bodem en sedimentpartikels => veroorzaakt schijnbare cohesie
    - Zwakke cohesive strength ( < 400 kN/m²)
    - Capillaire zuigkracht tssn 2 partikels omgekeerd evenredig met straal vd kromming die het water maakt tssn deze 2 partikels
      * Kromming = resultaat van de oppspanning water
      * Afhankelijk van korrelgrootte, vochtgehalte , poriënvolume => schijnbare cohesie groter of kleiner
    - Vb: zandkastelen bouwen op nat zand
  + Opm: De cohesive strength van versch bodem en sedimenttypes kan variëren
    - Vb: kleipartikels bestaan uit fyllosilikaten
      * Isomorfe vervanging Si4+ door Al3+ => negatieve lading => kleilamellen binden easy aan elkaar via kationen & watermoleculen!!
      * Klei is zeer cohesief => moeilijk te eroderen
    - Vb: zand bestaat uit kwarts korrels
      * Kwarts is niet elektrostatisch geladen
      * Zand is niet cohesief => erodeert gemakkelijker
      * DUS C UIT COULOMBVGL WEGHALEN
  + Opm: Watergehalte van kleien is bepalend voor cohesive strength
    - De hoeveelheid watermoleculen tussen kleilamellen is omgekeerd evenredig met cohesive strength van kleien
    - Hoe meer watermoleculen => hoe zwakker elektrost bindingen
    - => waterverzadigde klei (slib) lage cohesive strength => makkelijker eroderen dan uitgedroogde klei

3.2 Wrijving

* Wrijving
  + = veroorzaakt door de druk (zwaartekracht) die deeltjes bij elkaar houdt + interne wrijvingshoek tussen partikels
  + Volgens Coulombvgl
    - Wrijving w veroorzaakt door de normaaldruk σn uitgeoefend door de Fz op de partikels + de interne wrijvingshoek tussen partikels
  + Normaalstress(σn)
    - Veronderstel blok gesteente rust op opp. => Fz op dit blok veroorzaakt de normaal stress
      * Normaal stress veroorzaakt een reactie, R => biedt weerstand tegen verplaatsing vh blok
      * Zodanig R en σn elkaar opheffen => blok beweegt niet
    - Extra shear stressuitoefenen op blok => onvoldoende om blok te bewegen
      * Dan moet reactiestress R veranderen zodat R de shear stress en σn opheft => blok beweegt niet
    - Shear stress opvoeren
      * Blok schuift op bepaald moment
  + Interne wrijvingshoek
    - Op moment van verschuiving:
      * Maakt R een hoek met loodrechte op contactopp tussen bok en opp.
        + De hoek = maat voor de wrijving die weerstand beidt aan de verplaatsing vh blok
      * De kritische shear stress T
        + = stress waarbij blok begint te schuiven
        + = gelijk aan de shear stress Tf vh gesteente

Voorwaarde: geen cohesie tssn blok en opp.

Voorwaarde: op moment van verschuiven

Tan = Tf/ σn

Tf = σn . tan

* + Opmerking
    - Shear strength Tf is groter naarmate normaal stress σn groter is
      * Dwz: zwaar blok => harder duwen vooraleer schuift => grotere Tf
    - Shear strength Tf is groter naarmate de interne wrijvingshoek groter is
      * Dwz: blok met grote interne wrijvingshoek => harder duwen vooraleer schuiven => grotere tf
* Wrijving van vast gesteente
  + Algemeen: Barsten
    - Zwakken de shear strength van gesteenten af
    - In barsten: cohesie geen rol
      * Gevolg: enkel wrijving treedt nog op langs de contactvlakken tssn gebarsten gesteentemassa’s
    - Diaklazen, breuken,…
  + Diaklazen
    - = barsten waarlangs geen verplaatsing van gesteentemassa’s is opgetreden
    - Ontstaan door
      * Drukontlasting Vb: intrusieve magmatische gesteenten (graniet)
        + Ontstaan door stollen van magmakamer op zeer grote diepte (hoge druk en temp) => tektonische opheffing & erosie => graniet aan het oppervlak aantreffen

Dit gaat gepaard met drukontlasting

Gevolg: gesteente gaat lichtjes uitzetten => diaklazen ontstaan

* + - * Krimpscheuren vb: basalt
        + Ontstaat door stollen van basische lava => tijdens afkoelingsproces => ontstaan polygonale krimpscheuren & basaltzuilen
  + Breuken
    - = barsten waarlangs wel verplaatsing van gesteentemassa’s is opgetreden
    - Ontstaan door tektonische druk, rek of schuifspanningen
  + Gelaagdheidsvlakken
    - Komen voor bij sedimentaire gesteenten
    - Ontstaan door afzetting van versch sedimenttypes
    - Gevolg: zwakheden in gesteente
  + Drukspijtingsvlakken
    - Komen voor in laag-metamorfe gesteenten vb leisteen
    - Ontstaan door metamorfose
      * Oiv druk => minerale bestanddelen zoals kleimineralen zich allemaal in dezelfde richting gaan oriënteren, loodrecht op drukrichting
    - Gevolg: zwakheden in gesteente
  + Foliatie
    - Komt voor bij hoog-metamorfe gesteenten vb (gneiss)
    - Ontstaat door metamorfose
      * Oiv een nog hogere druk => minerale bestanddelen gaan partieel opsmelten => weer uitkristalliseren => scheiding van felsische en mafische mineralen
        + Als banden loodrecht op drukrichting
    - Gevolg: zwakheden in gesteente
* Wrijving van los bodemmateriaal en sediment
  + Interne wrijvingshoek bepaald door
    - 1) aantal contactpunten tussen de individuele partikels
      * Dit is afhankelijk van oa grootte, vorm, ruwheid & stapeling korrels
      * Vb: fijn zand kleinere wrijvingshoek dan grof grint
  + Normaalstress bepaald door
    - 2) gewicht van het materiaal
      * Dit is afhankelijk vd dichtheid of porositeit & van OMgehalte
* Conclusie
  + Shear strength van vast gesteente hardste bepaald door cohesie
  + Shear strength los bodemmateriaal en sediment hardste bepaald door wrijving

3.3 Effect van water

* Effect van water
  + Shear stress van aardmaterialen bepaald door
    - Type aardmateriaal
    - **Poriënwatergehalte**
  + Poriënwatergehalte niet lineaire invloed op de shear strength
    - Vb: droog zand=geen kastelen , nat zand = kastelen, te nat zand = drijfzand
  + Verandering poriënwaterdruk in functie vh poriënwatergehalte (slide 71 grafiek)
    - Droog zand: geen schijnbare cohesie
      * Shear strength van droog zand => niet veroorzaakt door cohesie, maar volledig door wrijving
      * Poriën geen water
        + => Poriënwaterdruk u = 0 d

Veroorzaakt door capillaire zuigkracht

* + - Vochtig zand: wel schijnbare cohesie
      * Poriën gedeeltelijk gevuld met water
        + => Poriënwaterdruk u < 0 (neg.)

Veroorzaakt door capillaire zuigkracht

Dan σn+u => Schear w groter

* + - Waterverzadigd zand: geen schijnbare cohesie
      * Shear strength van waterverzadigd zand => niet veroorzaakt door cohesie, maar volledig door wrijving
      * Poriën volledig gevuld met water
        + => Poriëndruk u > 0

Schijnbare cohesie verdwijnt doordat er geen opp. spanning en capillaire zuigkracht meer is

Deel vd normaalstress w verplaatst vd zandkorrel naar poriënwater

Zorgt voor ‘drijf’ effect van drijfzand

Dan σn-u => schear w kleiner

* Coulomb vergelijking aanpassen
  + Om effect vd poriënwaterdruk (u) te beschrijven
  + Negatieve poriënwaterdruk (poriën met weinig water
    - Zorgt voor een grotere shear strength (schijnbare cohesie door capillariteit)
  + Een positieve poriënwaterdruk (poriën volledig waterverzadigd)
    - Zorgt voor een kleinere shear strength (drijfzandeffect)

u=poriënwaterdruk

3.4 Meten van shear strength

* Shear strength van aardmaterialen
  + Belangrijk voor geomorfologische processen
* Voorbeel 1: Shear box test
  + = methode om shear strength van afzonderlijke aardmateriale te meten
    - Hierbij cohesie en wrijving afzonderlijk kwantificeren
  + Methode
    - 1) Reeks gesteente-, bodem- of sedimentmonsters in een shear box aangebracht => onderworpen aan versch normaaldrukken door telkens een versch. gewicht te laten drukken op het monster
    - 2) Vervolgens voor iedere normaalstress, een toenemende shear stress uitoefenen tot monster breekt + verschuiving optreedt langs breukvlak
      * De kritische shear stress T waarbij verschuiving optreedt => geeft de shear strength Tf
    - 3) De shear strength Tf uitzetten in grafiek tov de opgelegde normaalstress
      * Resultaat: rechte curve
        + Helling: de interne wrijvingshoek
        + Intercept: de cohesie