

# Hoofdstuk 1: Basisdefinities & basisprincipes.

## 1. Bouwkunde.

Bouwkunde = de wetenschap die de vereisten leert kennen voor het plannen, ontwerpen & uitvoeren van bouwwerken.

mét bouwwerken = algemene benaming voor alle soorten gebouwen.

### VWSEN voor bouwkundige constructies:

- \* Ze moeten statisch zijn.
- \* optredende krachten moeten in evenwicht zijn. (= hoofdprincipe).

## 2. Bouwkundige diversiteit.

\* Woning & hoogbouw = verdiepingsvloeren uit platen & balken, ...

→ Moet de inwerkende krachten veilig kunnen opnemen

↳  $\left\{ \begin{array}{l} \text{eigen gewicht} \\ \text{lasten} \\ \text{horizontale krachten} \end{array} \right.$

→ Aard van het draagsysteem bepaald de functie van bouwwerk.

\* Bruggenbouw, wegenbouw & tunnel- en metrobouw.

\* Waterbouwkunde = alle complexen ter regularisatie van onze rivieren & stromen

→ levert ook: watervoorzieningen & waterbeheer.

→ Nood aan kennis van de hydraulica.

\* off-shore constructies = wordt gebruikt bij het boren naar olie of aardgas.

\* Fundering: elk bouwwerk moet gefundeerd zijn

→ Onder inwerking van krachten, zal de fundering zettingen of vervormingen ondergaan

→ zettingen kunnen een gewaar betekenen voor de standzekerheid & bruikbaarheid van het bouwwerk.

⇒ grondmechanica & funderingstechniek.

### 3 Kracht

Een constructie wordt ontworpen om een bepaalde belasting te dragen.  
→ uitgedrukt door krachten.

Kracht =  $\left\{ \begin{array}{l} \text{een actie op een lichaam, in een bepaalde richting \& met een bepaalde grootte} \\ \text{vectoriële grootte met een aangrijpingspunt, bepaalde zin \& grootte} \end{array} \right.$   
 $F = m \cdot a$  [1N]      10N = 1kgf

#### Verschillende soorten van krachten:

1) Het eigen gewicht van lichaam:

→ geeft een effect aan van de aantrekking van de aarde op de massa

2) Andere krachten

⇒  $\Sigma$  = resulterende kracht

= de som van de krachten die een zelfde aangrijpingspunt hebben.

### 4. Reactie

Reactiekracht = wanneer er een kracht op een lichaam wordt uitgeoefend, zal er een even grote doch in tegengestelde zin werkende reactiekracht worden uitgelokt.

### 5. Moment (M)

def 1 Het moment van een kracht = het draai-effect uitgeoefend door de kracht

Afhankelijk van  $\left\{ \begin{array}{l} \text{grootte van kracht (F)} \\ \text{afstand tot het draaipunt (h)} \end{array} \right.$

$$\Rightarrow M = F \cdot h \quad [\text{Nm}]$$

def 2

Het moment van kracht = een vorm van een belasting. ('veralgemeende krachtwerking') met ook een reactiemoment

→ Moment grijpt aan  $\left\{ \begin{array}{l} \text{in een bepaald punt} \\ \text{bepaalde grootte} \\ \text{bepaalde draai-zin} \end{array} \right.$

Koppel = een draai effect wordt verkregen door 2 gelijke maar tegengestelde krachten met een zekere tussengrond

→ grootte van koppel: product grootte van kracht  $\cdot$  ⊥ afstand tussen de 2. lijbaarsamen.



## 6. Evenwicht

Bouwkundige constructies  $F_{res} = 0$ ; ze zijn in rust; elk is evenwicht.



een lichaam is in evenwicht wanneer de effecten van alle krachten & alle momenten elkaar uitbalanceren zodat het lichaam niet beweegt.

Dwz: Krachten in evenwicht = translatie evenwicht

Momenten in evenwicht = rotatie evenwicht

↙ kantelen lichaam voorkomen.

### A) TRANSLATIE EVENWICHT:

Algebraïsch:  $\Sigma F_x = 0$

$\Sigma F_y = 0$ .

Wiskundig: wanneer de vektorsom van alle krachten die inwerken op een lichaam (incl. reactiekrachten) gelijk is ad nulvector.

### B) ROTATIE EVENWICHT:

Algebraïsch:  $\Sigma M_o = 0$

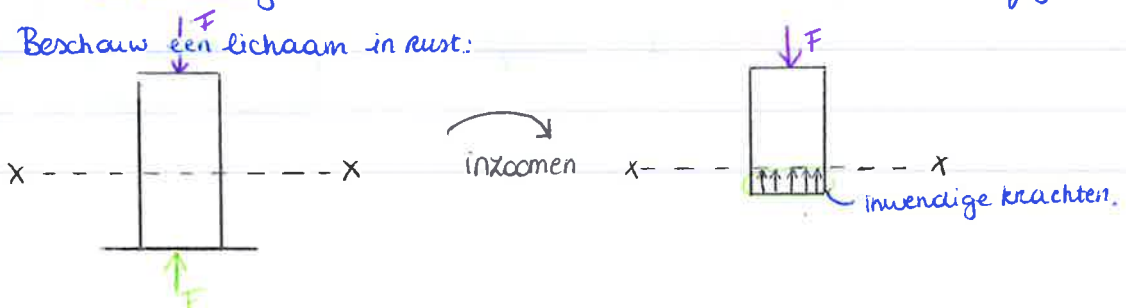
↓  
oorsprong

Wiskundig: wanneer de vektorsom van alle uitwendige krachtenkoppels, gemeten om een willekeurig punt, gelijk is ad nulvector.

## 7. Spanning

ook de inwendige toestand van een lichaam / materiaal is belangrijk!

Beschouw een lichaam in rust:



Beschouw nu het gedeelte met loven  $xx$ , dit gedeelte van het lichaam blijkt ook in rust te zijn.

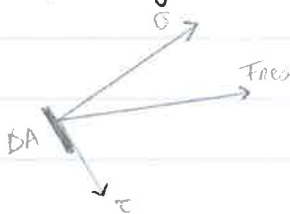
→ onderste gedeelte in lichaam moet dus ook reactiekrachten leveren.

( $\sigma$ ) Spanning = de intensiteit van inwendige krachten veroorzaakt door uitwendige belasting  
 $\Rightarrow \sigma = \frac{F}{A} \quad \left[ \frac{N}{m^2} \text{ of } Pa \right]$

= geeft aan hoe **hard** de atomen & moleculen van een stof naar elkaar toe worden gedrukt of van elkaar weg worden getrokken onder invloed van uitwendige krachten.

→ verdeling van de uitwendige kracht is niet altijd uniform

MAAR... op een willekeurig vlakje in inwendige lichaam werken er verschillende spanningscomponenten:



1) Normalspanning ( $\sigma$ ):  $\Delta F_n / A$

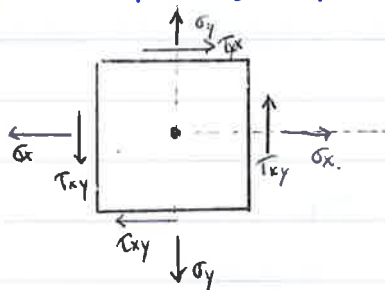
zal het vlakje trachten los te trekken.

2) Schuifspanning ( $\tau$ ):  $\Delta F_t / A$

zal vlakje trachten te verschuiven.

→ Weergave vd Spanningscomponenten in een assenstelsel: spanningstoestand

→ vb:



• Translatieevenwicht:  $\sigma_x = \sigma_x$  &  $\sigma_y = \sigma_y$

• Rotatieevenwicht:  $\tau_{xy} = \tau_{yx}$

De grootte vd spanningen is afhankelijk van het vlakje waarop ze beschouwd worden, & dus afh vd keuze vd assenstelsel.

→ **INDIEN** geen schuifspanningen:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{normalspanningen: hoofdspanningen} \\ \text{assen: hoofdrichtingen.} \end{array} \right.$

## 8. Rek.

een vervorming treedt steeds op wanneer een lichaam belast wordt.

→ lichamen die NIET vervormen: starre lichamen.

→ Bij vervorming: elk punt in lichaam ondergaat een verplaatsing

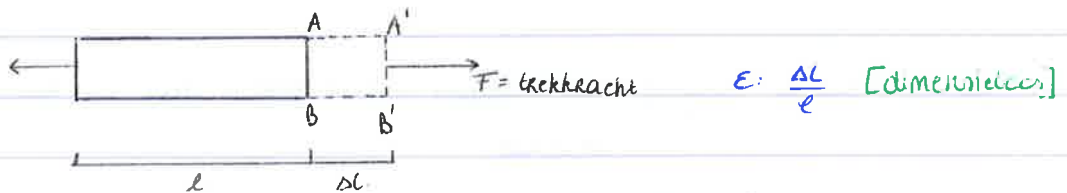
Relatieve verplaatsing

Absolute verplaatsing

= verplaatsing tov een makelij  
punt in lichaam.

= de verplaatsing tov oorspronkelijke positie

Stel:



Rek ( $\epsilon$ ): de verhouding vd lengteverandering  $\Delta l$  tot oorspronkelijke lengte  $l$ .

= leert ons hoe rek de atomen uit elkaar worden getrokken/gedrukt.

→ normale rek: rek bijhorend tot een normaalspanning.

→ glijding: rek veroorzaakt door een schuifspanning.

## 9. Materiaalwetten.

Wet van Hooke:  $F = k \cdot v$       met  $k$ : veerconstante

$v$ : gemiddelde verplaatsing

↓ uitgedrukt achw spanningen & rekken:

$$\sigma_x = E \cdot \epsilon$$

$E$ : elasticiteitsmodulus [ $\text{N/mm}^2$ ] of [ $\text{MPa}$ ]

$E \uparrow$ , hoe moeilijker vervorming.

→ Materiaal dat hieraan beantwoordt: lineair elastisch materiaal

→ Ontwerpen obv de Wet van Hooke: elastische berekening.

⊕ SUPERPOSITIEBEGINSEL: indien 2 krachten ingrijpen: de som van de spanningen & rekken nemen

→ 1 groot probleem kunnen we onderverdelen.

## 10. Spannings- en vervormingstoestanden.

druk / Trekkracht → ① Axiale belasting: lichaam met een inwerkende kracht langs de zwaartelijn.  
mit axiale/tenkhouddige druk & axiale/tenkhouddige trek.

principe van de Saint-Venant: spanningen in de buurt van de aangrijpende kracht zijn verstoord, maar verder weg van de kracht zijn deze spanningen mooi verdeeld!

② Afschuiving: toestand wanneer een lichaam wordt belast door een kracht langsheen de rand. (geeft aanleiding tot glijdingen).

met  $F_{res}$  = schuifkracht / dwarskracht

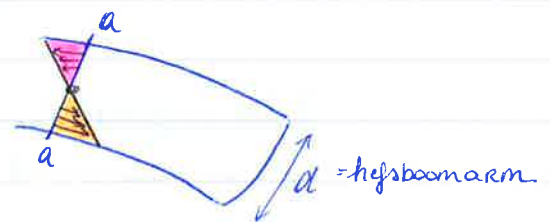
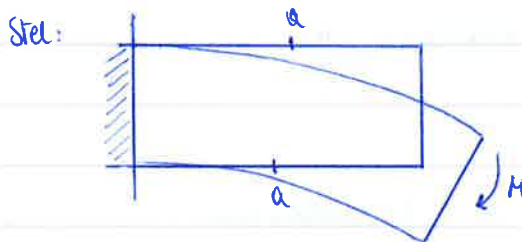
→ veroorzaakt schuifspanningen  $\tau$

③ Enkelvoudige buiging: een lichaam wordt belast door een moment werkend aan een uiteinde.

met bovenzijde: bovenzijde

onderzijde: onderzijde

middenlijn: neutrale vezel/as



Translatie-evenwicht:  $F_{res} \text{ in } a-a = 0$ .

Dwz: drukmomentante D = trekresultante T.

Rotatie-evenwicht:

Dwz: buigend moment = uitwendig aangrijpend moment

met buigend moment =  $T \text{ (of } D) \cdot d$

Maximale spanningswaarde:  $\sigma = \frac{M \cdot h/2}{I} = \frac{M \cdot v}{I}$  (grootste trekspanning = grootste drukspanning)

↙ weerstandiging

$$\sigma = \frac{M \cdot v}{I}$$

met v: afstand tot neutrale as tot bovenzijde

I: traagheidsmoment

$w = \frac{I}{v}$ : weerstandsmoment

↙ Afh van vorm doorsnede

rek vóórste vezel: 
$$E = \frac{\Delta l}{l} = \frac{M \cdot v}{I \cdot E} = \frac{\text{aangrijpend moment} \cdot \text{afstand}}{\text{lwgstijfheid.}} \quad [ \text{kracht} \cdot \text{ Lengte} ]$$

④ Wringing of Torsie: een lichaam wordt op een eindvlak onderworpen aan een moment (ook schuifspanningen).

resultierend moment = wringmoment  $K$ .

⑤ Samengestelde spanningstoestanden. = een combinatie uit voorgaande situaties.

**TAAK INGENIEUR:** idee te krijgen van de inwendige krachterswerking, en hiervoor moet hij het spanningsverloop berekenen!

→ Adhv snedekrachten & daarop de resulterende langskracht, dwarskracht & moment berekenen.

→ Adhv de evenwichtsvergl: statisch bepaalde constructie

→ NIET via de evenwichtsvergl: statisch onbepaald / hyperstatisch.

## 11. Bezijken.

Bezijken: wanneer de inwerkende spanning te groot wordt, zodat het materiaal zal beginnen kraken & uiteindelijk breken.

elasticiteitsgrens: bij een bepaalde spanning  $\sigma_R$  zal het materiaalgedrag niet meer elastisch zijn.

→ indien spanning  $\uparrow$ : scheuren, breken, ... vindt plaats bij de spanning  $\sigma_R$ , breukspanning of de sterkte van materiaal.

	} axiale druk = <b>drukksterkte</b>

## Methoden van ingenieurs:

① Ontwerp adhv veiligheidsfactoren of veiligheidscoëfficiënten.

→ zo zorgen we ervoor dat de optredende spanningen ver onder de elasticiteitsgrens blijft.

② Bezijkmethode

→ is constructie veilig genoeg onder de invloed van extreme belastingen

Dus: veilige constructie  $\Leftrightarrow$   $\left\{ \begin{array}{l} \textcircled{1} \text{ globale evenwicht id uitwendige krachten} \\ \textcircled{2} \text{ evenwicht id inwendige krachten.} \end{array} \right.$

## 12. Bijzondere problemen.

Knik: het zijdelings uitbuigen alvorens de spanning de dreukstechte bereikt wordt  
 $\rightarrow$  enkel bij een lang & slank lichaam.

Spanningsconcentratie id duurt van een kleine opening: de spanning is dan niet mooi gelijkmatig verdeeld MAAR er worden goede spanningspieken bereikt net naast de opening. (pieken  $\uparrow$  als straal  $\downarrow$ )  
(& Spanningen  $\uparrow$  bij afrondingen  $\downarrow$ )

Balkje op EXAMEN!



## Hoofdstuk 2: Washington Monument

### 4. Belastingen op het monument.

2 soorten belastingen:

① VASTE LASTEN: belastingen die steeds aanwezig zijn.

bv: eigengewicht (= axiale belasting).

② VARIABELE LASTEN: belastingen die soms wel, soms niet aanwezig zijn.

bv: windbelasting. (groter indien hoger).

Eigengewicht:

Gewicht / meter hoogte  $\left[ \frac{\text{volume} \cdot \text{gemiddelde dwarsdichtheid} + \text{gewicht (extra)}}{\text{volume} / \text{hoogte}} \right] \cdot$

Totaal gewicht:  $\text{gewicht / m hoogte} \cdot \text{hoogte} + \text{eventueel extra gewicht}$

Windbelasting:

Kenmerken: \* grijpt  $\perp$  in op het zijvlak van het monument

\* winddruk  $\sim \text{windnelheid}^2 \rightarrow$  hoe hoger, hoe groter de winddruk

Resulterende windkracht / meter kolomhoogte:  $\text{winddruk} \cdot \text{dwarsafmeting}$ .

Resulterende windkracht:  $\text{windkracht / kolomhoogte} \cdot \text{hoogte}$

$\rightarrow$  geïdealiseerd als  $\perp$  aangrijpende kracht t.o.v. het zwaartepunt

### 5. Reacties.

Reactiekrachten zijn nodig om het evenwicht te kunnen verzekeren.

\* Verticaal evenwicht: Verticale reactiekracht ad voet LH monument moet dus gelijk zijn aan het totale eigengewicht ad kolom  
 $\rightarrow$  indien niet: wegzakken van het monument

\* Horizontaal evenwicht: De reactiekracht voor de windbelasting levert zich ad voet.

\* Moment evenwicht: Nood  $\hat{=}$  reactiemoment

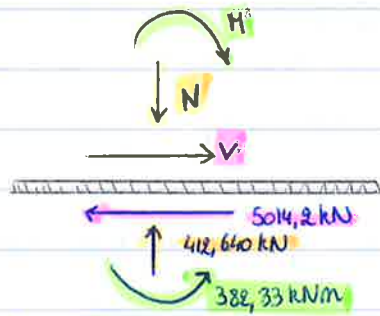
$\left. \begin{array}{l} \text{wind tracht de kolom te} \\ \text{doen draaien.} \end{array} \right\}$

## 6. Inwendige krachswerkingen

Bestuderen adhv de evenwichtsvoorwaarden

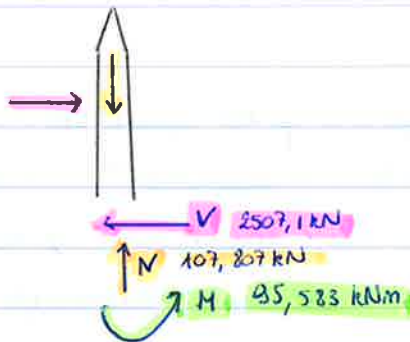
① Net boven de voet van het monument

Afzonderen van een dunne schijf met verwaarloosbare dikte



② Op halve hoogte van het monument

Afzonderen van de bovenste helft van het monument



$$\text{eigengewicht} = 4188 \text{ m}^3 \cdot 24 \text{ kN/m}^3 + 60 \text{ kN/m} \cdot 76,25 \text{ m} + 2720 \text{ kN} = 107,207 \text{ kN}$$

③ Op willekeurige hoogte van het monument.

verticale translatie-evenwicht: Normalkracht = gewicht van het bovenliggende lichaam.

Horizontale translatie evenwicht: Dwarskracht = resulterende windkracht

Rotatie evenwicht: berekenen in moment

↳ Grafisch: Dwarskrachtenlijn.  
Momentenlijn



## 7. Spanningen.

Berekenen van de spanningen over de inwendige krachten & momenten.

Normaalspanningen: quotiënt van normaalkracht & de dwarsdoorsnede van monument

$$\sigma = \frac{N}{A}$$

Schuifspanningen: veroorzaakt door de schuifkracht  $V$ .

Buigspanningen: Berekenen adhv de formule.

$$\sigma = \frac{M \cdot y}{I}$$

met traagheidsmoment: vierkante doorsnede samenvallend met de buitenafmetingen van het monument - de rechte doorsnede samenvallend met de centrale opening in monument

## 8. Veiligheid

3 Situatie's waarbij het bezwijken van het monument mogelijk is:

① Situatie 1: Wanneer de drukspanningen de druksterkte bereikt.

→ veiligheidsfactor:  $f_1 = \frac{\text{Druksterkte}}{\text{Drukspanning}}$

② Situatie 2: Door het ontstaan van trekspanningen.

OO? Onder invloed van windbelasting zal het monument een beetje uitbuigen, zodat er trekspanningen ontstaan. MAAR deze trekspanningen worden ruimschoots gecompenseerd door de drukspanning ten gevolge van eigengewicht.

→ veiligheidsfactor:  $\frac{\text{Drukspanning}}{\text{Trekspanning}}$

③ Situatie n°3: Monument is een star lichaam met 1 scharnier.

invloeg: kantelend moment = stabiliserend moment door eigengewicht

$F_{\text{res windkracht}} \cdot \text{halve hoogte} = F_{\text{res eigengewicht}} \cdot \text{halve breedte}$



## Hoofdstuk 3: Bouwmaterialen.

### 1. Inleiding.

De voornaamste bouwmaterialen zijn natuursteen, beton, baksteen, hout & staal.

### 2. Natuursteen

#### 2.1 Mineralen & gesteenten.

Natuursteen zijn samengesteld uit mineralen

met mineralen: natuurlijke vaste stoffen met een bepaalde chemische samenstelling (= de bouwsteentjes). Die samenstelling zullen de verschillende eigenschappen bepalen

belangrijk: } aard id mineralen  
                  } grootte id mineralen      → bepalen fysisch gedrag!

Natuursteen bestaat overwegend uit kwarts en calciet



↳ De schaal van Mohs: hardheid van gesteenten

MAAR Soms is kalksteen harder dan zandsteen?!

→ de wijze waarop de mineralen gebonden zijn is ook belangrijk  
= cohesie van het materiaal.

SAMEN: slijtweerstand

### Soorten gesteenten & hun gebruik:

① Stollingsgesteenten: ontstaan door een afgang van magma (vl) → vaste stof

→ Gebruik: duurzaamheid.

→ { Graniet: plaatvorm (hard, sterke materialen & weinig poreus)  
    Porfier: kasseisteen  
    Basalt: bitte werken

② Sedimentaire gesteenten: samengeperst erosiemateriaal.

→ Gebruik: lauw

→  $\left\{ \begin{array}{l} \text{kalksteen: gebouwen; nu: sterk verweerd} \\ \text{zandsteen: gebouwen, maar minder dan kalksteen.} \end{array} \right.$

③ Metamorfe gesteenten: Onder druk worden sedimentaire gesteenten geheel kristalliseerd, met vorming van nieuwe mineralen.

→ Gebruik: Dakbedekking

→  $\left\{ \begin{array}{l} \text{leissteen} \\ \text{Marmmer} \end{array} \right.$

### 2.3. Ontginningstechnieken.

① Toepassen van explosieven

Hoe? Diepe berggaten met daarin explosieven.

→ Resultaat: breuksteen = onafgewerkte steenblokken.

Wnr? Stevige, compacte, n.l. gelaagde gesteenten.

② Het splijten v. gesteente

Hoe? Gaten boren volgens een vooraf bepaalde scheidinglijn. & kloppen met hamer

Wnr? Gelaagde gesteenten.

③ Lagen v. gesteentemassief.

Hoe? Lagen met een spiraaldraadzaag of kabelzaag

→ uiteindelijk: nieuw rand ipv staaldraad dat zaagt.

Wnr? Kostbare gesteenten.

### 2.4. Belangrijkste eigenschappen van natuursteen.

① Druksterkte

Hoe? Monster onderwerpen aan een samendrukking tussen 2 drukplaten van een hydraulische pers.

→ Druksterkte =  $\frac{\text{breuklast}}{\text{beproefde opp}}$

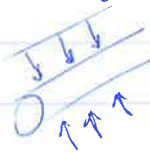
## ② Treksterkte

Hoe?

\* 1/10 id druksterkte

\* Zelfde test als bij druksterkte, maar dan veel lijm op drukplaten

\* Splijttest:



menbelasting id boven & onderzijde.

$$\rightarrow f_{ct} = \frac{2F_{max}}{L \cdot d}$$

\* Buigproef

## ③ De volumemassa (= compactheid).

Hoe?

\* Proefstuk uitsnijden.  $[kg/m^3]$

## ④ Porositeit ( $\frac{V_{porieën}}{V_{steen}}$ )

Hoe?

\* wateropstopping:

$$\frac{\text{Massa water}}{\text{Massa droog}}$$



wegen bij idlopen van water

## ⑤ Vorstbestandigheid.

Hoe?

\* genormaliseerde vorstproeven

→ In den leunonen: volume water zet uit → scheuren?

## ⑥ Slijtweerstand

Hoe?

\* Afslijtproeven

bv:



de testen materiaal

schuring id zandkorrels tegen de te testen steen zal de afslijting opmeten

## 3. Baksteen.

### 3.1 De grondstof: klei

Klei is een verweringsproduct van veldspaat & veldspaat houdende gesteenten.

Chem samenstelling

→  $Al_2O_3$  &  $SiO_2$  &  $H_2O$ ; bevat aluinaarde, kiezelzuur & water

EISEN VOOR DE VERVAARDIGING:

\* homogene samenstelling van klei

\* lakken zonder gebreken.

\* kennis van krimproeming (volume ↓ bij lakken).

### 3.2. Vervaardiging van baksteen.

- 1) **KLEIWINNING**: → adhu graafmachines, grijpers & emmerbaggers.
- 2) **NA ONTWINNING**: klei wordt gekneet tot een homogene breij te bekomen.  
→ Adhu walzen, kneders & raspmachines.
- 3) **HET VORMEN**:
  - Vroege: slaan van kleiklumpen → handvorm
  - Nu: persen van de klei → vorm bakpersteen
  - Strengpers (grote productie) → strengpersteen.
- 4) **HET DROGEN**:
  - Vroege: openlucht
  - Nu: in tunnels/kamers adhu lucht of stoom
- 5) **HET BAKKEN**: → adhu tunnelovens (900°C - 1200°C).  
↳ 3 stadia's: voorverwarmen - bakken - koelen.

### 3.3. Soorten bakstenen.

- ① Vull steen: minder dan 20% perforaties
- ② Geperforeerde steen: + 20% perforaties (maar opp max 60m<sup>2</sup>)
- ③ Holle steen: + 20% perforaties

Redenen perforaties:

- \* sneller & beter drogen
- \* Thermische isolatie verbeteren
- \* aanhechting mortel verbeteren
- \* gewicht verminderen
- \* verwarmen tegen gaan
- \* grotere elementen zonder gewichtstoename.

### 3.4. Eigenschappen

- ① **Druksterkte**
- ② **Poreus materiaal**
  - \* klei & zijn vorm zijn bepalend voor de porositeit & wateropslorping  
indien hoog: H<sub>2</sub>O vasthoudende mortel
- ③ **Vorstbestendigheid**
- ④ **Uitbloeiing**: witte uitslag op opp  
→ zouten



## 4. Beton

### 4.1. Algemeen

Beton is een materiaal dat gevormd wordt door het mengen van cement (G<sub>s</sub>), granulaten, water & wordt verhard door scheikundige reactie tussen cement & water.

↳ Mortel: korrelgrootte < 4mm.

↳ betonspecie: beton dat zich nog in plastische toestand bevindt.

Granulaten of keerslagmaterialen: grootste bestanddeel:

\* Grof materiaal = rivier- en zeegrind of steenslag.

\* Fijn materiaal = kunstzand of rivier- en zeezand

Water: Hydratatiereactie met cement → zorgt voor de sterkte

\* teveel water ⇒ roerwerkbaar

Cement: bepaalt de kwaliteit van het beton.

Hijsstoffen: toevoegen om bepaalde eigenschappen te verkrijgen.

### 4.2. Eigenschappen.

! ① Druksterkte = kwaliteitscriterium.

② Treksterkte (1/10 Druksterkte).

↳ Beton is niet zo goed in staat om trekspanningen op te nemen



Oplossing: \* gewapend beton: plaatsen van waperingstaal

\* voorgespannen beton: kunstmatige drukkrachten maken die opgewekt worden door voorspankabels

③ Duurzaamheid

= behoud id tijd id initiële eigenschappen van het betonelement.

④ Tijdsafhankelijke vervormingen

\* krimp: volumevermindering door uitwisseling met omgeving

\* kruip: voortdurend toenemende vervorming onder cste belasting.

⑤ Volumemassa

⑥ Waterdoorlaatbaarheid.

### 4.3 Cement

- hydraulisch bindmiddel: een stof die de eigenschap bezit om met water een verbinding aan te gaan & daardoor te verstenen.  
(bij contact met water achteraf is deze eigenschap nu ongedaan gemaakt)

#### Soorten cement:

- ① Portlandcement: fijnmaken van portlandklinker met toevoeging van calciumsulfaat (als bindregelaar).  
→ Portlandklinker: kalkhoudende kleiachtige Gs.
- ② Hoogoven cement: maakt portlandcement & calciumsulfaat oors een lansische hoogovenstak (nervenproduct staalproductie).
- ③ Portlandcomposietcement: portlandklinker + beperkte hoeveelheid  
} hoogovenstak  
} lykomende deuljes  
} Niegas → fyne deuljes die opgevangen worden uit de rook van thermo-elektrische centrales.
- ④ Natuurlijke cementen  
niet in België  
→ onderverdeling mogelijk: ≠ fynheid!  
Sterkteklassen: 32,5 / 42,5 / 52,5 → minimale waarden id drucksterkte  
gemeten op } prisma's  
} 28 dagen oud  
} genormaliseerde mortel

#### Speciale Cementsoorten:

- 1) Cement met hoge bestandheid tegen sulfaten
- 2) Cement met laagst alkaligehalte
- 3) Cement met geringe hydratatiewarmte

## Vervaardiging van het cement:

**FASE 1:** Ontginnen, doseren & mengen van de grondstoffen.

Ontginnen:

- α baggersinstallaties
- α mechanische schoppen
- α sprongstoffen

voorbereiden:

- α Natte methode: zachte broeze GS & mogelijk toevoeging  $H_2O$   
→ Stoffen zo fijn verdund dat vaste toestand precies is opgeheven ('particels zweven in water')
- α Droge & halfdroge methode: harde GS  
→ GS worden tot een fijn poeder gemalen & daarvoor tegelijk ook innig gemengd.

## Doseren & opslag.

**FASE 2:** Verhitten.

Aolhw een lange, buisvormige & onder een helling geplaatste draaioven.

Hoe? Oven draait om zijn langas & er wordt aan het laagste uiteinde gestookt door het inblazen van uiterst fijne, droge poederkool & lucht. (tot  $1450^\circ C$ )

→ resultaat: klinkermaterialen door sintering.

opm:

- α Natte methode: lengte 20m
- α Droge methode: lengte tot 30m

**FASE 3:** Het fijnmalen.

Malen: in grote stogelmolens met extra calciumsulfate (bindingsvertragerend)  
| rolpers

scheiden: De fijne korrels worden gescheiden van grote met een tukseparator.  
De gedere worden nogmaals vermalen.

Hoe? Aolhw een quaaatse luchtstroom afvoeren van kleine korrels.

Meer product: hoogovenstak

Hoe? In hoogovens:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{ijzererts (gangesteente + ijzeroxide)} \\ \text{coke} \\ \text{smeltstof (kalk of zandvrije aardl.)} \\ \text{toestoffen} \end{array} \right.$

reactie

#### 4.4. Typesamenstelling van beton voor gebouwen of kunstwerken.

Veel gebruik van typebetonsamenstellingen: men weet hiermee op een doeltreffelijke wijze de te verwachten karakteristieken van verse & verharde beton.

- \* Verdicht beton: Bij het plaatsen moet men het beton trillen of verdichten om een zo goed mogelijke compactering te verkrijgen.  
→ (bv) Trilnaald.
- \* Zelfverdichtend beton: hoeft niet manueel verdicht te worden, want het zal vanuit zichzelf onder de invloed van Fz de bekisting volledig zelf vullen

#### 5. Gewapend beton.

Gewapend beton: is het constructiemateriaal, samengesteld uit beton & staal

⊕⊕  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Beton neemt de drukkrachten op} \\ \text{Staal neemt de trekkrachten op.} \end{array} \right.$

- Samenwerking is mogelijk dankzij het bestaan van kleef of aanhechting tussen beton & staal. (zelfde therm uitzettingscoëfficiënt)
- benadert staalconstructies

Principe: de hoofdwapening van staal moeten dus geplaatst worden waar er trekkrachten optreden.

→ vaak: alle zijden ∅

#### Voordelen?

- \* voordelige kostprijs
- \* lage onderhoudskosten
- \* soepel id omgeving (door extra HeO)
- \* veel methoden van tewerkstelling.
- \* goede duurzaamheid.

## Nadelen?

- × Constructies zijn zwaarder & omvangrijker
- × Zorg & controle zijn zeer belangrijk
- × Naxicht! Want na het starten zijn fouten zeer moeilijk te herstellen
- × Wijzigingen zijn duur & moeilijk!

## 6. Voorgespannen beton.

### Situatie:

te grote belastingen → beton kan treksterkte niet meer opnemen  
→ scheukjes → rocht & agressieve stoffen zorgen voor roest  
ad wapening → verlies vh draagvermogen ☹☹



Oplossing: We moeten ervoor zorgen dat het beton lijdend onder druk staat  
= voorgespannen beton.

Principe: men gebruikt voorspanstaal dat bestaat uit kabels uit staaldraad of stangen die in de balk vooraf uitgespaarde gaten (= kabelkoker) ingebracht worden. Kabelenden worden uitgerekt & ad balkenden vastgewigd.

- Voorspanning door magerekt staal: kabels onder kracht te zetten NADAT het beton verhard & versterkt is. (+ gaatjes opvullen door injectie).
- Voorgerekt staal: EERST stalen draden onder trek brengen & daarna het beton eromheen te starten.

## Verskil tussen gewapend beton & voorgespannen beton:

gewapend beton: de samenwerking tussen het beton & staal is de grondslag voor het draagvermogen.

Voorgespannen beton: De kunstmatig opgewekte drukspanning zorgt voor de grondslag, want zo kunnen de trekspanningen niet of in beperkte mate optreden.

→ gebogen trancé: mag beter uitbalanceren.

## Voordelen?

- × Materiaalgebruik geringer
- × volledige betondoor sneede lenut
- × lichter & meer esthetisch
- × beter beschermd & bloestofdicht
- × intrinsiek veiliger



# Hoofdstuk 4: Draagstructuren.

## 2. Muren.

Oudste manier: metselwerk

⊕ trekkrachten werden vermeden.

### Max hoogte?

Bezwyken van een constructie: van zodra de drukspanning id onverkijde als gewdg. in eigengewicht een groot werkt als de druksterkte van het aangewende materiaal.

Snelle schatting:  $\frac{\text{druksterkte}}{\text{drukmassa}}$

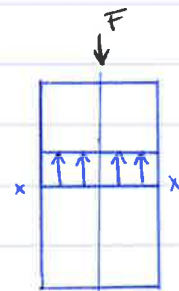
→ behalen de hoogte uit de schatting soms niet:

Andere factoren spelen ook mee: \* Onstabiliteit bij blokken.

### Verschillende soorten belasting:

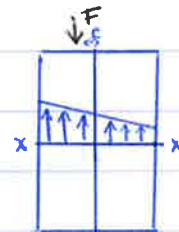
#### ① Perfect centrische belasting:

Kenmerken: \* F werkt perfect in langs de aslijn  
\* Resulterende drukspanningen zijn gelijkmatig verdeeld over de dwarsdoorsnede

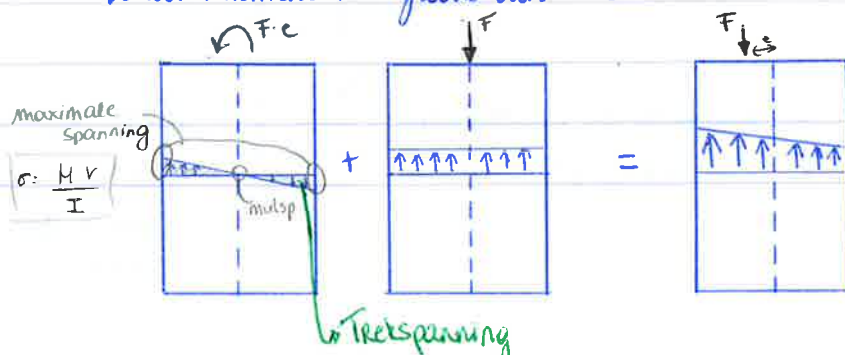


#### ② Excentrische belasting:

Kenmerken: \* F werkt niet perfect in langs de aslijn  
\* Resulterende drukspanningen zijn NIET gelijkmatig verdeeld over de dwarsdoorsnede.



→ Kunnen we adhv het **superpositiebeginsel** als een centrische belasting & een belast moment ter grootte van  $F \cdot e$

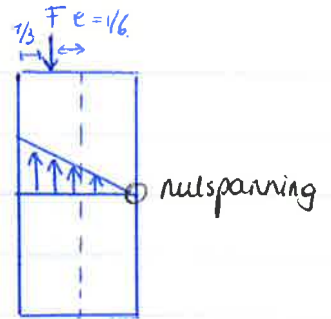


### ③ Grote excentriciteiten.

Kenmerken:

- \* F grijpt niet aan op de aslijn
- \* Spanningsverloop verloopt een driehoek

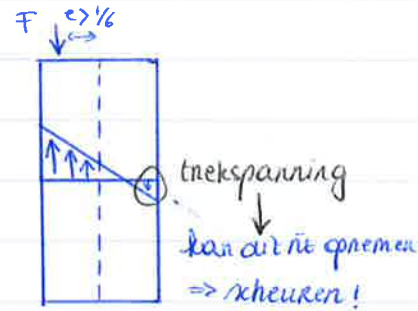
$$\rightarrow e = \frac{1}{6}$$



### ④ Extreme excentriciteiten

Kenmerken:

- \* F grijpt niet in op de aslijn
- \* Spanningsverloop verloopt zowel druk- als trekspanning



Gevolgen:

- Ondanks de scheuk zal de muur nog niet direct instorten, ze begint wel wat te hellen & er ontstaat een miniopening.
  - Het niet gescheurde deel kan nog instaan voor het opnemen van inwendige krachten



- Zodra de werklijn of drukkraacht F buiten het vlak van de muur komt te liggen, zal de muur instabiel worden komvallen.

- Excentriciteit speelt dus een grote rol wat betreft de broedeling van de stabiliteit.



Meer algemene beoordeeling: adhw een druklijn.

= de lijn die van boven naar beneden door de muur van een gebouw loopt & die de posities van de resulterende verticale drukkracht aangeeft in de verschillende secties.

bv: ① Centrische belasting:



② Belasting ten gevolge van dakconstructies.



indien schuine krachten te groot:

evenwicht garanderen door extra gewicht op binneste zijde te plaatsen → STABILISATIE



### 3. Bogen

Boogconstructie: De stenen boog vangt omlaag gerichte krachten op & draagt deze via interne drukspanningen over naar de onderste punten ( $\rightarrow$  jukdering).



$\downarrow$   
vorm gekozen in functie vd aangrijpende belasting: ENKEL drukspanningen.

(Hoe?)

① Afhankelijk vd materialen

Baksteen & breke materialen: boogvorm mit ENKEL drukkrachten.

Staal: boogvorm om te draaien; ENKEL trekkrachten. ( $\approx$  hangbruggen).

② Stabiliteit!

De boog blijft stabiel zolang de druklijn gesitueerd blijft binnen het 'binnenste' derde vd boogdoorsnede

LOPH: y.l.en scheutje id boog zal niet direct voor de instabiliteit zorgen. Het scheutje zal optuuden als scharnier.

3 scharnieren: scheutje & aangrijpingspunten is stabiel, maar van zodra er meer dan 3 scharnieren, zal de boog zichzelf oplossen.

kan temperatuur schommelingen opvangen.

$\left\{ \begin{array}{l} 3 \text{ scharnieren: statisch bepaald} \\ < 3 \text{ scharnieren: hyperstatisch.} \end{array} \right.$

2) Boog is robuuster dan een muur.

### 4. Balken, kolommen & raamwerken.

#### 4.1. Balk

= draagstructuur die aan de uiteinden rust op pleggingen & een ruimte overspant.



$\rightarrow$  draagt de verticale belastingen over naar de steunpunten.

Verskillende soorten van balken:

① I-ormige doorsnede



② optimale materiaalgebruik: Door het concentreren van het materiaal aan de boven- en onderzijde, waar het meest efficiënt kan  $\bar{u}$  lijgedragen tot het opnemen vd belasting,  $\bar{u}$  een optimale opt. verheegen

## ② Rechthoekige doorsnede & T-vormige balk

### Rechtmatig:

⊕ op efficiënte wijze gebruik maken van eigenschappen van samenstellende materialen

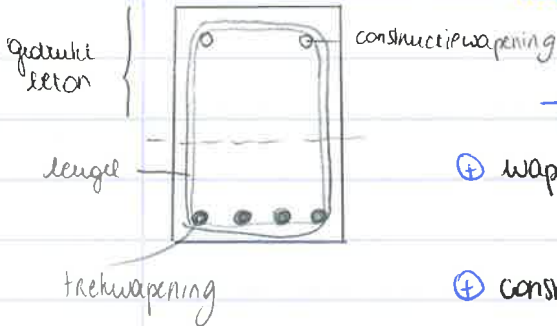
Beton laan: druk

Wapeningsstaal-beneden: trek

→ Wordt samengehouden door beton.

⊕ Wapeningslussen: verbinden de onderste trekwapening met het gedrukte beton laanaan.

⊕ Constructiewapening: laanaan in beton



⇒ Goede positionering van trekwapening & beugels wordt het geheel samengehouden in vorm de wapeningskorf.

### T-vormig:

⊕ grote mate van beton in drukzone gerealiseerd

→ Materiaal nog efficiënter



## ③ Voorgespannen balken

Een balk kan een uitkraging vertonen of over meerdere oeffeningen doorlopen. De oeffeningen zijn vaak vrij draaibaar



↳ REDEN: enkel verticale & geen buigende momenten in overgedragen.

Doorlopende liggers in bruggenbouw:

• VAAK balken met een veranderlijke hoogte

↳ REDEN: buigende momenten bij steunpunten zijn groter. Hierdoor zullen de boven- en onderanzwingspanningen bij een prismatische ligger weneens extremaal zijn aan de steunpunten.

• ALTERNATIEF: de breedte van balk laten toenemen ter hoogte van steunpunten.

## 4.2. Kolommen.

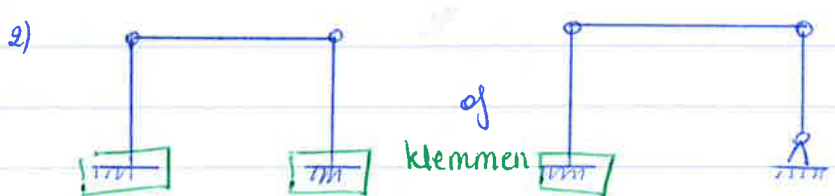
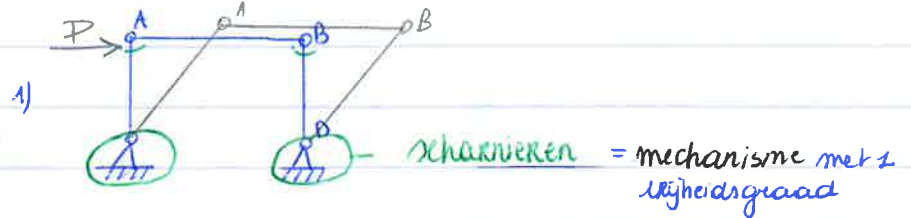
Kolommen dragen de verticale belasting ook aan de fundering. & worden hoofzakelijk belast door axiale belastingen.

⊖ Slanke kolommen kunnen knikken.

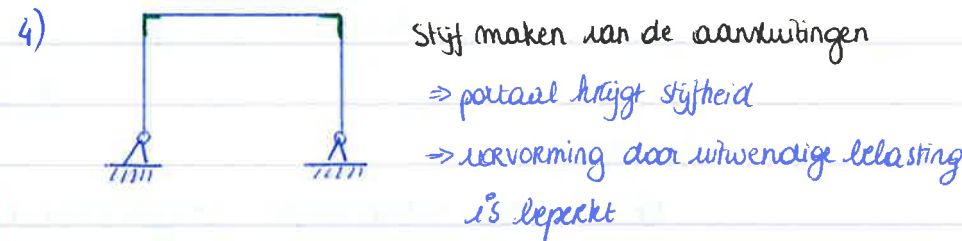
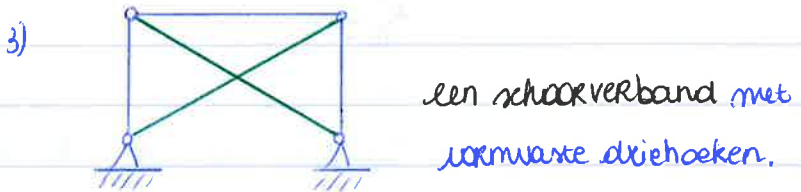
## 4.3. Raamwerken.

Raamwerken: wanneer men balken & kolommen met elkaar combineert

Verschillende vormen:



STABILER MAKEN!  
↓  
klemmen      aansluiting  
↓  
Schoorverband



Opmerking: De laterale stijfheid wordt mede bepaald door de verbindingen tussen de kolom & de ligger.

2) Skeletbouw: identieke portalen op een regelmatige tussenaafstand plaatsen, dan bestaat er een gaaswerk.

## 5. Vakwerken.

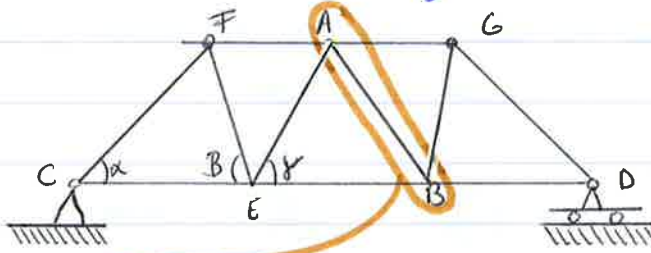
een vakwerk bestaat uit een boven- en onderkand, die vaak evenwijdig zijn & die onderling verbonden worden door diagonalen & eventueel verticalen.

→ Ontmoetingspunt id rand- en wandstaven: knoop.

→ Staven in knopen: scharnierend verbonden

→ belasting uitsluitend id knopen! (geen buiging of afschuiving).

Stel:



met  $P_A$  &  $P_B$ : krachten die door de rest id constructie op de balktaaf AB is overgebracht

### Statisch evenwicht?

- ① Translatie evenwicht:  $|P_A| = |P_B|$
- ② Rotatie evenwicht:  $-P_A = P_B$
- ③ Momenten evenwicht: werklijnen vallen samen met de hertlijn id staaf

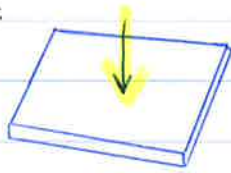
### Voordelen:

- ⊕ kunnen aanzienlijke buigmomenten weerstaan, ten minste indien de beschikbare constructiehoogte toereikend is.
- ⊕ Indien de hoogte niet gekozen kan worden, leidt een grotere hoogte tot een geringere trek- en drukkrachten in de randstaven, en kan een kleinere dwarsdoorsnede id staven idstaan.

## 6. Platen, Schijven & wanden.

Het zijn elementen waarvan 2 afmetingen (de breedte & de lengte) een veelvoud zijn van de derde (de dikte).

① een plaat:



de belasting is  $\perp$  op haar vlak

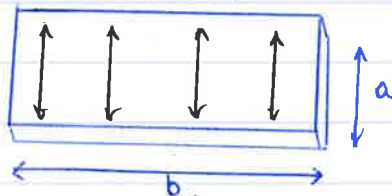
② een schijf



de belasting werkt in het vlak id plaat

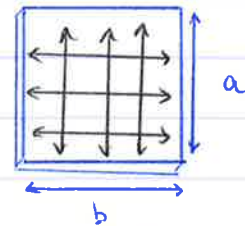
### De belasting bij platen:

viensijdig opgelegde plaat  
met rechthoekige vorm ( $b > a$ )



belasting wordt hoofdzakelijk in  
richting id breedte gedragen

viensijdig opgelegde plaat  
met een vierkante vorm ( $b = a$ )



belasting is in beide richtingen gedragen  
(plaat mag dunner zijn!)

- Bij gebruik van zeer dunne platen, kan het nodig zijn deze te ondersteunen met kinderbalken. Dit zijn op elkaar geplaatste regels, die derhalve relatief weinig belaste componenten zijn met een geringe constructiehoogte.

→ Kinderbalken rusten op hun beurt op Hoerbalken. Deze zijn ontworpen om zeer zware lasten te dragen.

### ③ Wand

⊕ kunnen goed verticale krachten opnemen

⊕ bieden goed weerstand tegen horizontale krachten (aangrijpen in vlak)

⊖ buigzaam tov  $90^\circ$  krachten

→ goed als schijf!

Constructieve middelen om de weerstand tegen  $F_y$  op te voeren, bestaat in het aanbrengen van één of meerdere wanden die het frontvlak & het achtervlak monolitiseren.

↳ Wanden die nodige laterale stijfheid verlenen: stabiliteitsverbanden.

# Hoofdstuk 5: De bouwwereld: Technisch overzicht.

## 2. Grondwerken & fundering.

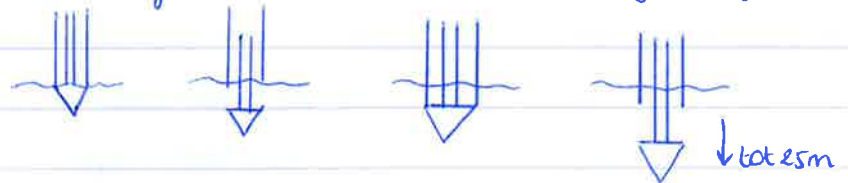
Elk gebouw of kunstwerk uit de burgerlijke bouwkunde wordt op een draagkrachtig grondlaag gefundeerd

↳ grondmechanica: bestudeert de mechanische eigenschappen van het materiaal & onderzoekt de interactie rd constructie met de funderingsgrond.

WANT extra spanningen op de grond kunnen zorgen voor vervormingen

### Hoe onderzoeken?

Grondsondering of CPT: een stalen gestandaardiseerde conus rd in de grond gedreven



& we meten: \* indringingsweerstand

\* plaatselijke wrijvingsweerstand

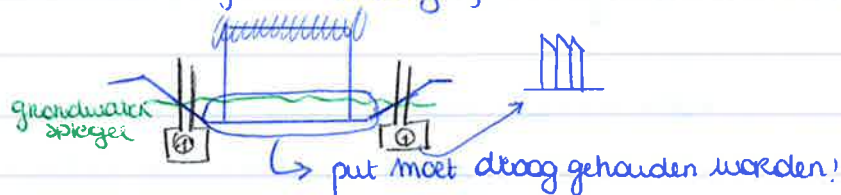
\* druk rd poriënwater

\* zo bepalen van de aard en eigenschappen rd grondlagen.

Grondwater: een put graven zodat het water uit de poriën vrij kan vloeien tot een welbepaalde stand. (= freatisch opp of grondwaterspiegel).

dat wil NIET zeggen: ~~Droog~~ / ~~Wet~~ → grondwaterspiegel

↳ Van bijzonder belang bij bouwen van constructies:



① Adhv pompen ⇒ kan schade opleveren rd bouwtd  
door zettingen (vrij grote afstand verlagen rd stand  
= Bronbemaling

ook zonder het wijzigen id grondwaterspiegel zal de constructie onderhevig zijn aan zettingen

- ↳ kracht id fundering in de grond meer samengedrukt & verzaakt de constructie dus enigzins.
- ↳ de grond kruipt: de zettingen ten gevolge van de grote permanente last treden slechts gedeeltelijk ogenblikkelijk op.
- ↳ grote differentiele zettingen: verschil in zettingen over de ganse constructie zorgt voor heel grote spanningen.

Noop aan fundering: (= de interface tussen de constructie & de grond).

- \* ontwerp:
  - 1) de stabiliteit id fundering als geheel.
    - grensdragvermogen  $p_u$  of evenwichtsdragvermogen
  - 2) de veroorzaakte zettingen & verschil in zettingen moet zeer klein zijn!
    - verformingsdragvermogen
  - 3) de bouwput moet vakkundig ontwerpen & gemaakt worden.

\* Verschillende funderingen:

① een fundering op staal

+ de belasting van de kolommen of muren via een brede zool wordt overgedragen op de bodem (de krachten in dus meer verspreid).

met aanlegdiepte: 70 à 80 cm



↓ Hoe?

De wijze waarop is afh van de aard id grond & de stijfheid id voetpaal

Want bij hevige kau bevriest het water id grond & het dit water kom uit.

Na ontthooing zullen de materiaalkorrels nit op de oorspronkelijke positie zitten → kan leiden tot scheuren.

- \* grensdragvermogen afh van
  - \* eigenschappen id ondergrond
  - \* vorm id fundering & excentriciteit belasting.
  - \* aanlegdiepte id fundering
  - \* ligging id grondwater spiegel
  - \* nabijheid van andere funderingen



Opmerking: 1) Het is niet zo dat ook een grensdrraagvermogen  $P_u$  voor een gegeven grond onafhankelijk is van de vorm of contactoppervlak.

bv: bij gelijke parameters:  $P_u$  rechthoekig <  $P_u$  vierkant.

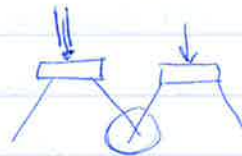
! bij gelijke parameters:  $P_u$  excentrisch >  $P_u$  centrisch

↓  
resultante id spanningen maakt  
evenwicht met de op te nemen belasting

2) Ook de spanningen naast de funderingsaanzet dragen bij tot het evenwichtsdrraagvermogen.

→ draagkracht ↑ naarmate men dieper gaat,  
want spanningen ↑ bij toenemende diepte.

3) Naburige zden die spanningen uitoefenen kunnen kritieke grondlaag veroorzaken:



4) algemene funderingsplaat is slechts nodig wanneer het draagvermogen / opp eenheid zeer laag is, of het gebouw zeer hoog.  
! Elke kelder verdieping compenseert 3 bovengrondse verdiepen!

## ② Fundering op palen

Waar? × grond onvoldoende sterk

× laagste grondlagen te slap

→ Schuine palen indien horizontale krachten.

Hoe?

1) Verdichtingspalen: de paal verdicht de omringende grond

2) Geboorde palen: Er wordt een gat in de grond geboord, waarin men een wapeningskorf plaatst. Daarna wordt de paal gevormd door het storten van beton of cilindrische kuil + eventueel toevoeging van: bentoniet suspensie

Hoe kan dit?

De palen ontleen hun draagkracht ad  $\left\{ \begin{array}{l} \text{punt weerstand} \\ \text{mantelwrijving} \end{array} \right.$

## 5. Gebouwen & torengebouwen.

We beschikken over een enorme verscheidenheid aan combinatiemogelijkheden, waarbij men rekening houdt met volgende principes:

- \* **Balken & platen:** brengen verticale krachten over op de kolommen, wanden & kernen.
- \* **Schijven & balken:** verzamelen ook de horizontale krachten & transporteren ze naar elementen die ertegen bestand zijn.
- ! « Het geheel : moet voldoende sterk zijn & ook voldoende stijf om de totale belasting naar de fundering te kunnen leiden
- « er moeten draagkrachtige elementen aanwezig zijn om het kantelingsevenwicht te verzekeren.

### Hoe worden deze principes toegepast?

- ① **Staal skelet** : buigstijve verbindingen tussen de balken & kolommen.  
**Vroeger:** veel staal om stijfheid te garanderen +  
**Nu:** ingenieuze voorzieningen om heen & weer zwaaien te voorkomen.  
↳ bv: speciale demper in Empire State Building.

- ② **Stijve kern:** kokers met een holle gesloten dwarsdoorsnede.
- ⊕ Stevig
  - ⊕ Neerwaartse krachten rechtstreeks naar fundering leiden
  - ⊕ Grote sterkte & stijfheid tegen de horizontale krachten.
  - ⊕ vrij van buigende momenten  
→ balken bevestigd ad stijve kern & kolommen via aan pendels & onderaan scharnieren.

Bij mog hogere gebouwen: extra windschijven  
| versterking via kruisende diagonalen.

- ③ **Buitenwanden mee als kern gebruiken**

Op die manier: het gebouw draagt in zijn geheel mee als reusachtige koker, & de buigende momenten is te lijf gegaan met een veel grotere hefboomarm ⇒ MATERIAALBESPARING.

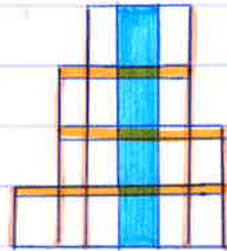
④ Het gebruik van meerdere cellen.

→ 9 stijve kernen naast elkaar.

⑤ Het outrigger beam concept

Concept: Men gaat van 1 centrale stijve kern uit (gewapend beton) & op een bepaald # niveau's verbinden latten de stijve kern met kolommen.

→ grafisch:



#### 4. Wegen & Spoorwegen.

→ Hoe worden de krachten op een weg overgebracht naar de ondergrond?

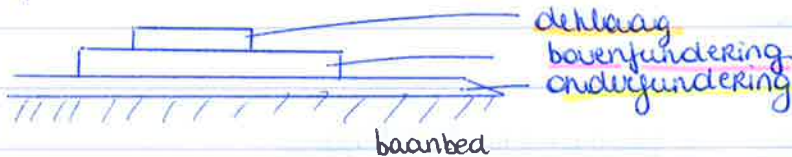
① Wegen:

Verticale belastingen: gewichte van voertuig.

→ belangrijk: de wiellast

Horizontale belasting:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{remmen van de voertuigen} \\ \text{wrijving tussen de banden} \end{array} \right.$

Hoe?



Op het baanbed wordt de onderfundering aangebracht

→ versterkend & water makkelijk gevacueerd

de bovenfundering  $\left\{ \begin{array}{l} \text{mager beton} \\ \text{cement met gestabiliseerde steenstap} \end{array} \right.$

de deklaag

→ Asfalt: meerdere lagen met teer als bindmiddel (7 tot 12cm)

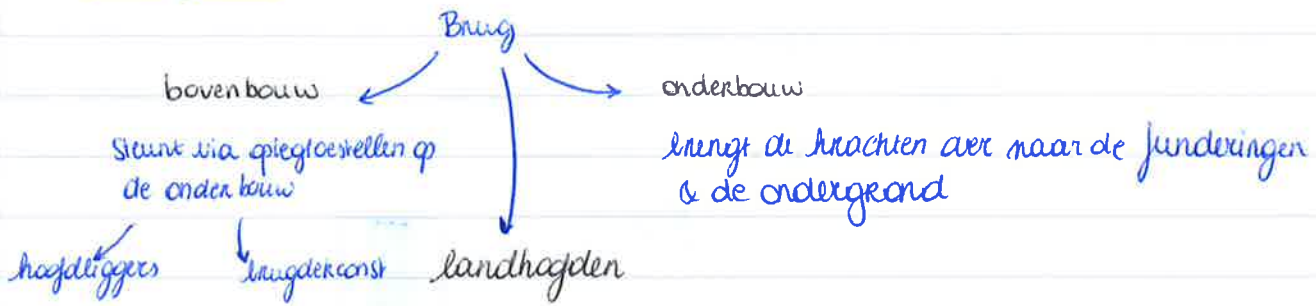
→ Beton: 20cm

② Spoorwegen

De krachten van voertuigen moeten via verschillende lagen op een oordelkundige wijze gespreid & overgedragen worden op de ondergrond. De rails zijn leunend op dwarslagers, die op hun beurt via ballastbed de belasting verder verdelen.

## 5. Bruggen.

### 5.1 Algemeen.



Vaak Spanbetonnen roosterbruggen: # identieke hoofdliggers naast elkaar op de landhoofden of pijlers.  
→ Geen langliggers & dwarsliggers minimaal.



Roosterwerk van langliggers & dwarsdragers:



Hoofdligger = stalen kokerligger 

### 5.2. Balkbruggen

Balkbrug of ligger

kenmerken:

- prismatische hoofdliggers
- balken van spanbeton of gewalste profielen

Methodes: 1) Vrije oorbouw = roospantechniek:

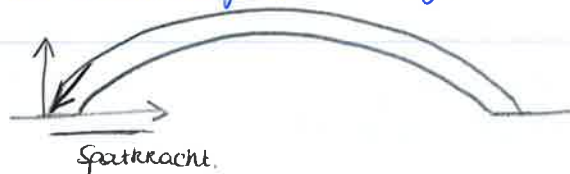
afzonderlijk vervaardigen & tot s geheel spannen.

2) Duwmethode

Brug 'duwen' op de pijlers.

### 5.3. Boogbruggen.

VWOE: De spatkracht (horizontale component van steunpuntreactie) MOET zonder al te grote problemen opgenomen kunnen worden door de fundering  
→ bv: mets, landhoofd, via kruisvloer



Bij boogbruggen met een laaggelegen rijvloer zijn er identieke lagen aanwezig om zo de oerdwarse stijfheid & stabiliteit te verzekeren!

WANT: muren & lagen verbonden zijn: evenwicht

Bij een hooggelegen rijvloer worden de belastingen op de brug gebracht door drukbestendige stijlen

Boogbruggen: voordelen:

⊕ geen buigende momenten.

#### 5.4. Hangbruggen.

Horizontale krachten: De kabel oefent grote horizontale krachten uit op de toppen en tracht deze naar elkaar toe te trekken

→ oplossing: zelf verankeren.

→ Hoe groter de pijl, hoe kleiner kabelkracht, hoge pijlers.

Berekenen van spanning ten gevolge van verkeerslast & eigen gewicht:

Ⓟ zie boek p 156-157-158.

Nood aan: verstevigingsliggers: nodig om de trillingen in wegdek door de wind tegen te gaan.

#### 5.5. Tuikabelbruggen.

Tuikabelbruggen: bijzondere vakwerkbrug met de krachtendriehoek als belangrijkste

principe: Het gewicht wordt gedragen door kabel in een rechte tuikabel & door horizontale druk in rijvloer.

Hangbrug ↔ geen verankering aan uiteinden!  
wel verankeren in brugliggers.

→ Aerodynamische stabiliteit? een gestroomlijnde dwarsdoorsnede

## 5.6 Tunnels.

Tunnels zijn constructies voor het overwinnen van een hindernis. (exonder).

Verschillende methodes:

### ① Methode 1: de schildmethode

De tunnel wordt ondergronds gegraven met speciale apparatuur, naarmate de tunnel verdert brengt men een schild/tunnelwand aan die weerstand biedt aan de water- & gronddrukken.

### ② Methode 2: de zinkmethode

De tunnelmolen worden vervaardigd in een draagvlak & nadien als drijvende betonnen schepen gekslept worden

### ③ Methode 3: de open bouwput

En wordt ook de lauw rd tunnel een grote bouwput gemaakt  
⊕ direct op definitieve plaats.

## 5.7 Waterbouwkunde

Zee- en kusthydraulica: bestudeert de voortplanting dd getijden op zee & in rivieren

↓ verwerven kennis over golven & hun voortplanting

basiselementen voor de bouwkundige ontwerpen in verband met kustbeveiliging

bv: ① golfbrekers: gegroefde tubunen aangruend als betonnen deklaagelementen

↳ belangrijk: eventueel moegtdig ontstaan van thermische scheuren ten gevolge van hydratiewarmte bij verhardend beton.

Baggeren: De sedimentafzetting moet regelmatig gezuimd worden om de slagader open te houden voor de scheepvaart.

↓  
Mechanische schepmachines

↓  
Zuigerbaggermachines.

↓  
Slijkopzuiger

↓  
Sleuopperzuiger

Stuwen & stuwdammen: Het zijn heerwerken in stromend water om het tot een zekere hoogte te duwen.

↳ Stuwdam als het gaat om een dalafsluiting. (Stuwmeer)

↳ Stuw: voor de scheepvaart

### STUWDAM:

↳ wordt geplaatst in dalgingte (bodem heeft er voldoende draagkracht)

↳ Probleem: Maken dat de wand tegen de geweldige drukkrachten bestand is.

↳ oplossing: ① zwaartekrachttype

een driehoekige of trapeziumvormige verticale doorsnede en een rechte of gebogen horizontale doorsnede. —

⇒ drukkrachten in gecompenseerd door het eigengewicht

⇒ MATERIAAL: goedkope materialen

② Boogtype: smalle dalgingte, maar wanden kunnen grote drukkrachten opnemen (rfs)

Hor doorsnede: gebogen

Vert doorsnede: driehoekig

⇒ drukkrachten doorgeven ad logen.

⇒ MATERIAAL: gewapend beton.

Am

③ Steunbeentype: murende logen

### STUWEN:

Rivierstuwen: water is afkomstig van een stroombedden.

Doel: realiseren van betere leverbaarheid tot rivier stroomopwaarts, door de realisatie van een verhoging in waterniveau

① Vaste stuwen: gedragen zich als een drempel, die zich over de hele rivier uitstrekt

② Beweegbare stuwen: er wordt gebruik gemaakt van afvoeropeningen met beperkte afmetingen. De hydrostatische krachten worden door de stuw zijn pylers opgevangen.

↳ Stuw met schotbalken:

↳ Stuw met glij schuiven: grote waterdruk → schuivingen grote wrijving  
↓  
wielrijes

