



01. Voorstellen

02. Behandeling studiewijzer

- a. Kernpunten
 - i. Sterkteberekeningen en vervormingsberekeningen op liggers en spanten.
 - ii. Berekening van een hal die is opgebouwd uit drie-scharnierspanten en gerberliggers.
 - iii. Instructiecolleges met wekelijkse praktijkopdrachten, groepjes van twee
 - iv. Aan het eind van de cursus wordt een vergelijkbare opdracht gemaakt in een tentamensetting.
- b. Verantwoording op kennis
 - i. Schematiseren constructies
 - ii. Oplegreacties, dwarskrachten, normaalkrachten en momenten in drie-scharnierspanten en gerberliggers
 - iii. Weerstands- en traagheidsmomenten
 - iv. Berekenen en beoordelen van spanningen in constructies
 - v. Vervormingen bepalen (vergeet mij nietjes)
 - vi. Controle m.b.v computerprogramma
- c. Toepassingen
 - i. Software – Matrixframe, bedoeld als mogelijkheid om je eigen berekeningen te controleren.
 - ii. Het maken van belasting- en constructieschema's aan de hand van de overspanningen, belastingen, plaats van opleggingen en plaats van de scharnieren.
- d. Resultaat
 - i. Goede benadering van de werkelijkheid, nog niet indieningsgeschikt.

03. Begeleiding

- a. Hoor- en instructiecolleges en zelfstudie m.b.v het boek toegepaste mechanica
- b. Bespreking wekelijkse voortgang opdrachten
- c. Na bespreking aanpassen uitwerkingen en aanvulling
- d. Inleveren van de deelopdrachten in lesweek 5 en 8, deze voorzien van:
 - i. Naam
 - ii. Studienummer
 - iii. Uitwerking opdrachten
 - iv. Conclusie
- e. 20 minuten schriftelijke toets voorgaande week
- f. 30 minuten bespreking opgaven en opdracht voorgaande week
- g. 2 x 40 minuten behandelen nieuwe stof



- h. 30 minuten bespreken nieuwe opdracht en opgaven boek.

04. Organisatie

- a. 84 studiebelastingsuren waarvan 32 ingevuld wordt door colleges. Zelfstudie en maken van opgaven en opdrachten en tentamen is dus 52 sbu
b. Er wordt een hoge mate van zelfstandigheid verwacht.

05. Beoordeling

- a. Gemiddelde van de wekelijkse schriftelijke toetsen (15%)
b. De opdracht (35%)
c. Tentamen (50%)
i. Elk deeltijfer moet minimaal een 4,5 zijn
ii. Het eindcijfer moet minimaal een 5,5 zijn
iii. Eindcijfer: $0,15 \times \text{schriftelijke toetsen} + 0,35 \times \text{opdrachten} + 0,5 \times \text{tentamen}$.

06. Herkansing

- a. Indien voor de opdracht minimaal een 4 is gehaald
b. Gemiddeld eindresultaat na herkansing nooit hoger dan een 7

Lesweek 01

Herhaling

01. Wat is construeren ?

- a. Een bouwwerk zodanig ontwerpen dat alle belastingen goed kunnen worden opgenomen en dat het goed functioneren van een bouwwerk tijdens de gehele gebruiksperiode is gewaarborgd.

De drie hoofdeisen aan een constructie

- a. de constructie moet sterk zijn
a. Welke belastingen zijn maximaal te verwachten ?
b. De constructie mag bij de maximale belasting niet bezwijken
c. Veiligheid: De draagkracht moet altijd een stuk hoger liggen dan de bezwijkbelasting
b. de constructie moet stijf zijn
a. De vervorming mag niet te groot worden (bijv. doorbuiging, trilling)
b. Schade door scheurvorming
c. de constructie moet stabiel zijn
a. Als de constructie aan de eerste hoofdeisen voldoet is er nog geen sprake van een solide constructie, bijv. kantelen, verzakken, verplaatsingen.

Het ontwerp van constructie moet voldoen aan

- a. Voldoende veiligheid.
a. De kans dat de constructie tijdens de beoogde gebruiksduur bezwijkt moet tot een aanvaardbaar minimum beperkt blijven.
b. Geschikt voor gebruik.



- a. De constructie moet zodanig functioneren dat het gebruik van het gebouw onbelemmerd kan plaats vinden
- c. Economisch verantwoord
 - a. De kosten tot een minimum beperken zonder concessies te doen aan de veiligheid.
- d. Architectonisch verantwoord.
 - a. De constructie moet harmoniëren met de overige bouwdelen.

De constructie bestaat uit.

- a. De constructie zijn de dragende delen van het bouwwerk
- b. De dragende delen zijn opgebouwd uit constructie-elementen
- c. De constructie-elementen zijn
 - a. Balken
 - b. Kolommen
 - c. Vloeren
 - d. Wanden
- d. De dragende delen vormen het skelet waarlangs de krachten die op het gebouw werken worden afgedragen naar de ondergrond.

02. Weerstand van de constructie

- a. Een constructie moet voldoende weerstand bieden tegen belastingen en vervormingen de gedurende de levensduur van het bouwwerk kunnen optreden.
- b. De weerstand tegen belastingen noemen we de sterkte of het draagvermogen van de constructie.
- c. De weerstand tegen vervormingen noemen we stijfheid.

03. De sterkte

De sterkte van een constructie hangt af van vier factoren.

- a. het constructiesysteem
- b. de sterkte van de gebruikte materialen
- c. de grootte van de doorsnede van de constructie-elementen
- d. de vorm van de doorsnede van de constructie-elementen

Constructiesysteem

- a. De belasting die op een constructie aangrijpt moet zo goed mogelijk worden afgedragen naar de fundering of opleggingen.
- b. Constructies die op zuiver druk of trek worden belast hebben een gunstige krachtsuitwerking en een minimaal materiaalgebruik.

Overspanningen

- a. Horizontale constructie-elementen worden belast op buiging, hierdoor treden er inwendige druk- en trekkrachten op in het horizontale element.
- b. 3 type overspanningen
 - a. Op buiging en afschuiving zoals een ligger of plat
 - b. Op zuivere druk zoals een boog of een geweld
 - c. Op zuivere trek zoals een hangconstructie



- d. Door een boogconstructie is het mogelijk grotere overspanningen te maken.
- e. De boogconstructie zelf oefent behalve verticale krachten ook horizontale krachten uit op zijn steunpunten, de boog wil gaan “spatten”. Een boog alleen maar op kolommen is daarom onbestaanbaar. De horizontale krachten dienen te worden opgevangen door steunbeerconstructies of trekstangen.

Sterkte van materialen

- a. Het draagvermogen neemt toe met de sterkte van het materiaal
- b. In de berekeningen worden waarden gebruikt die afgeleid zijn van de werkelijke sterkte (bezwijkspanning) van het toepaste materiaal. Deze rekenwaarden worden verkregen door de werkelijke sterkte te vermenigvuldigen met de materiaalfactor.
- c. Iedere constructie heeft bij een bepaalde materiaalkeuze een zekere maximumoverspanning. Bij een nog grotere overspanning kan de constructie niet bestaan, hij zal bezwijken onder zijn eigen gewicht.

Grootte van de doorsnede

- a. Het draagvermogen neemt toe wanneer de dwarsdoorsnede van het constructie-element wordt vergroot.
- b. Bij op zuiver trek belaste elementen neemt het draagvermogen rechtevenredig toe met de grootte van de doorsnede.
- c. Bij belasting op druk houdt men rekening met de instabiliteit (knik), maar in het algemeen betekent meer materiaal ook meer druksterkte.
- d. Bij belasting op buiging neemt het draagvermogen meer dan rechtevenredig toe met de toename van de doorsnede.. Wanneer we de doorsnede met een factor 2 verhogen neemt het draagvermogen (weerstandsmoment) met een factor 4 toe.

Vorm van de doorsnede

- a. Door een hoeveelheid materiaal anders over de doorsnede te verdelen kan het draagvermogen aanzienlijk toenemen, dit geldt met name voor op buiging belaste liggers.
- b. Een I-vormige doorsnede kan meer draagvermogen opnemen dan een rechthoekige doorsnede met nagenoeg dezelfde hoeveelheid materiaal. Een I-vormige doorsnede heeft dan een hoger weerstandsmoment.
- c. Het vergroten van de constructiehoogte bij gelijkblijvend hoeveelheid aan materiaal vergroot het draagvermogen met bijna een factor 4.

Stijfheid

- a. De volgende factoren vergroten de stijfheid van een constructie
 - a. Het constructiesysteem
 - b. De elasticiteit van het constructiemateriaal
 - c. De grootte van de doorsnede
 - d. De constructiehoogte.
- b. De elasticiteit en de grootte van de doorsnede bepalen samen de rekstijfheid en de buigstijfheid van een constructie-element.
- c. Het constructiesysteem en de grootte van de doorsnede bepalen samen de slankheid van het constructie-element.

Stabiliteit



- a. Het vermogen van de constructie zijn evenwicht te bewaren onder de inwerking van krachten.
- b. Als de constructie geen weerstand kan bieden aan horizon inwerkende krachten dan bezit de constructie onvoldoende zijdelingse stabiliteit.
- c. Een balk over een overspanning (architraaf) kan een grotere zijdelingse stabiliteit verkrijgen door toepassing van voetverbreding.
- d. Iedere constructie heeft maximale afmetingen en verhoudingen. Abnormale verhoudingen leiden tot instabiliteit
- e. Instabiliteit kan ook optreden bij belasting door verticale krachten.
- f. Een instabiele constructie noemt men labiel.

Levensduur van een constructie.

- g. De levensduur van een constructie moet tenminste gelijk zijn aan de gebruiksduur van die wordt gewenst.
- h. Onder economische levensduur verstaat men het tijdstip wanneer de onderhoudslasten de opbrengsten gaan overstijgen
- i. Onder technische levensduur verstaan we de periode dat het gebouw letterlijk in stand blijft.
- j. Onder referentieperiode verstaan we de beoogde tijd waarin een bouwconstructie volledig moet functioneren volgens de eisen die we aan de constructie stellen.
- k. De bezwijkkans van de constructie is afhankelijk van de referentieperiode, naarmate de referentieperiode langer is neemt de kans toe dat de constructie bezwijkt.
- l. Het vaststellen van de referentieperiode gebeurt in principe op maatschappelijke consensus. Voor het overgrote deel wordt deze echter bepaald op 50 jaar voor een voltooide bouwconstructie en voor een bouwconstructie in uitvoering op één jaar.

Betrouwbaarheid en veiligheid.

- a. Betrouwbaarheid: De mate waarin de ontworpen constructie voldoende veilig is, heeft dus alles te maken met de bezwijkkans van de constructie.
- b. Bruikbaarheid: Heeft te maken met het gebruik van het gebouw en de daaruit voortvloeiende belastingen.
- c. Om aan bovenstaande eisen te voldoen moet men er voor zorgdragen dat de bouwconstructie gedurende de gehele referentieperiode over voldoende duurzaamheid bezit. Het toverwoord hier is kwaliteit.
- d. Kwaliteit wordt verkregen door al tijdens het ontwerp voorschriften op te stellen voor de materiaalkwaliteit, detaillering, en oppervlaktebehandeling en periodiek onderhoud.



Statica

Iedere constructie moet onder invloed van de erop werkende belastingen in evenwicht verkeren.

Wil een constructie in evenwicht verkeren dan moet deze voldoen aan een drietal voorwaarden.

- a. De som van alle verticale krachten moet gelijk zijn aan nul.
- b. De som van alle horizontale krachten moet gelijk zijn aan nul.
- c. De som van alle momenten van de krachten t.o.v. een willekeurig punt moet gelijk zijn aan nul.

Uitwendig evenwicht wil dus zeggen dat alle op de constructie uitgeoefende uitwendige actieve belastingen (actiekrachten) via het inwendige van de constructie naar de opleggingen (reactiekrachten) worden afgevoerd.

De oplegkrachten maken dan evenwicht met de belastingen
Actie + Reactie = 0

Een lichaam is in evenwicht als de som van alle krachten en koppels die op dat lichaam werken gelijk is aan nul.

- a. Translatie in verticale richting is nul
- b. Translatie in horizontale richting is nul
- c. Er is geen rotatie.

Tekenafpraak uitwendig evenwicht

- a. Een naar beneden gerichte verticale kracht is positief
- b. Een naar rechts gerichte horizontale kracht is negatief
- c. Een moment linksom is positief

Kracht

Krachten, momenten en koppels zijn de primaire typen van belasting op een constructie.

- a. Moment = inwendig
- b. Koppel = uitwendig
- b. Belastingen kunnen bestaan uit:
 - a. Permanente belastingen
 - i. Eigen gewicht van de constructie
 - b. Veranderlijke belastingen
 - i. Personen en meubilair
 - ii. Wind, sneeuw, regen
 - c. Bijzondere belastingen
 - i. Gasexplosies, botsingen, aardbevingen, grondwaterstanden.
- c. De meest voorkomende belastingen zijn:
 - a. Puntlasten
 - i. Een geconcentreerde hoeveelheid belasting die in een punt aangrijpt.
 - b. Gelijkmatisch verdeelde belastingen
 - i. Belasting over een bepaalde lengte, continue belasting.



- d. Een kracht is de oorzaak dat een lichaam van uit rust in beweging komt, een snelheidsverandering ondergaat of een richtingsverandering ondergaat.
- e. Een kracht is een grootheid met:
 - a. Een grootte
 - b. Een richting
 - c. Een aangrijpingspunt.
- f. Men kan een kracht:
 - a. Langs zijn werklijn verplaatsen
 - b. Een aantal krachten samenstellen en hiervan de resultante bepalen. Een resultante is de kracht die de zelfde uitwerking heeft als al die krachten te samen.
 - c. Ontbinden in verscheidene krachten met een andere grootte en richting.
- g. Krachtenveelhoek
 - a. Als alle krachten in evenwicht zijn, is de resulterende vector nul en sluit in de krachtenveelhoek het beginpunt van de eerste vector aan op het eindpunt van de laatste.

Moment

- a. Een moment is de neiging tot draaien van een lichaam (rotatie)
- b. Het moment van de kracht t.o.v. een willekeurig punt is het product van de grootte van die kracht en de afstand van dat punt tot de werklijn van de kracht. $M = F \times a$
- c. Als momentpunt wordt gekozen:
 - a. De oorsprong van het assenstelsel
 - b. Het snijpunt van twee onbekende krachten

Momentstelling

- a. Het moment van de resultante van een krachtstelsel t.o.v. een punt is gelijk aan de som van de momenten van alle krachten t.o.v. dat zelfde punt.

Koppel

- a. Twee krachten die gelijk van grootte en tegengesteld van richting zijn, hebben wanneer ze langs evenwijdige lijnen werken geen resulterende kracht (F_r), immers de som van de verticale en horizontale krachten is nul. Er is wel een resulterend moment, een koppel.
- b. Een koppel is een stelsel van twee evenwijdige krachten die even groot en tegengesteld gericht zijn op enige afstand van elkaar.
- c. Een koppel kan in zijn vlak willekeurige worden verplaatst.

Opleggingen

Als een constructie in evenwicht is dan zijn de oplegkrachten (reactiekrachten) even groot als de belasting op die constructie.

Bij opleggingen gaan we uit van een schematisering die zo goed mogelijk overeenkomt met de werkelijkheid.

Men onderscheidt een drietal ondersteuning:

- a. Rolscharnier
 - a. De oplegreactie werkt in de richting van de aangegeven as
 - b. Hij neemt geen horizontale kracht op



- c. Er is één onbekende (meestal F_v)
- b. Vast scharnier
 - a. De oplegreactie is een kracht met onbestemde richting.
 - b. Neemt F_v en F_h op
 - c. Er zijn twee onbekenden
- c. inklemming
 - a. neemt een horizontale kracht op
 - b. neemt een verticale kracht op
 - c. neemt een reactiekoppel op (inklemmingsmoment)

Bepaling steunpuntsreacties

Een constructie is statisch bepaald indien er 3 onbekenden en 3 evenwichtsvergelijkingen. Bijv. bij een balk waarvan één zijde vrij is opgelegd (rolscharnier) en de andere zijde vast is opgelegd zijn er aan reactiekrachten F_v aan de zijde van de vrije oplegging en F_v en F_h aan de zijde van de vaste oplegging. De evenwichtsvergelijkingen zijn $\Sigma F_h=0$, $\Sigma F_v=0$ en $\Sigma T=0$. 3 onbekenden – 3 vergelijkingen = 0, de constructie heet dan **statisch bepaald**.

Wanneer beide uiteinden als een vast scharnier worden uitgevoerd dan zijn er vier onbekenden.

4 onbekenden – 3 vergelijkingen = 1, de constructie heet dan **enkelvoudig statisch onbepaald**, er is één onbekende te veel.

Een statisch bepaalde constructie is een constructie waarvan alle uitwendige krachten m.b.v de evenwichtsvoorwaarden kunnen worden bepaald.

Scharnierconstructies

Scharnierconstructies hebben het kenmerk dat de constructiedelen t.o.v. elkaar vrij kunnen roteren in het scharnier, er wordt dus geen moment overgedragen. Er kunnen wel horizontale en verticale krachten worden opgenomen, de scharnierkrachten.

Als twee constructiedelen scharnieren aan elkaar zijn verbonden oefen de delen even grote maar tegengestelde krachten op elkaar uit. Actie = - Reactie.

Bij bepaling van de reactiekrachten wordt de constructie t.p.v. het scharnier gesplitst. De evenwichtsvergelijkingen van de totale constructie en de afzonderlijke delen worden dan opgesteld.

Wanneer een constructie in evenwicht verkeert, dan verkeert ieder deel in evenwicht.

Door het plaatsen van een scharnier kan een statisch onbepaalde constructie veranderd worden in een statisch bepaalde constructie.

Elk scharnier levert één extra vergelijking op. Er kan daardoor één extra onbekende worden opgelost.

De scharnierkracht wordt voorgesteld als een inwendige kracht S_v en S_h .

Door de constructie te splitsen in delen worden de scharnierkrachten voor het vrijgemaakte deel uitwendige krachten, terwijl het inwendige krachten blijven.



Een ligger op twee vaste steunpunten of een doorgaande ligger op meer dan twee steunpunten is statisch onbepaald.

Door plaatsing van een scharnier bewerkstelligen we dat de liggerconstructie veranderd kan worden in een statisch bepaalde ligger, immers dit levert een extra vergelijking op.

De plaatsing van de scharnier is niet willekeurig, de constructie kan bij verkeerde plaatsing labiel worden.

In de praktijk worden bij liggers de scharnieren zo geplaatst, dat de maximaal inwendige momenten grotendeels gelijk zijn aan elkaar.

Deze liggers worden nu **Gerberliggers** genoemd.

Zelfstudie

Maken opdrachten Mod. 1 + opgaven.