

Berekening van Bouwkundige Constructies II

1 **Windbelasting op Constructies** (cf. huidig vak; wordt momenteel geactualiseerd conform Eurocodes)

- 1 Aard van de wind
- 2 Statistische omschrijving van de windsnelheid
 - 2.1 Energiespectrum van de luchtsnelheid
 - 2.2 Definitie van de gemiddelde windsnelheid
 - 2.3 Karakteristieke windsnelheid
 - 2.3.1 Referentiesnelheid en retourperiode
 - 2.3.2 Variatie van de windsnelheid langs een loodlijn
 - 2.3.3 Effecten van reliëf, windrichting en aanwezigheid van hoge bouwwerken
 - 2.3.3.1 Topografische of liggingsfactor k_s
 - 2.3.3.2 Invloed van een hoog bouwwerk
 - 2.3.3.3 Windrichting
 - 2.3.4 Slotsom
 - 2.4 Variantie en intensiteit van de turbulentie – vlaagspectrum
 - 2.5 Intensiteit van de turbulentie
 - 2.6 Ruimtelijke correlatie tussen de snelheidswisselingen
- 3 Windbelasting
 - 3.1 Stuwdruk
 - 3.1.1 Algemeen
 - 3.1.2 Karakteristieke gemiddelde stuwdruk
 - 3.1.3 Karakteristieke ogenblikkelijke stuwdruk
 - 3.2 Winddruk in een punt van een star oppervlak of een starre wand
 - 3.2.1 Algemeen
 - 3.2.2 Bepaling van de overdruk- en windkrachtcoëfficiënten
 - 3.2.3 Getalwaarden van de overdrukcoëfficiënt c_p
 - 3.2.3.1 Coëfficiënt voor vrijstaande schermen, muren of daken
 - 3.2.3.2 Inwendige drukcoëfficiënt c_{pi}
 - 3.2.3.3 Uitwendige drukcoëfficiënten
 - 3.3 Totale windkracht op een starre constructie
 - 3.3.1 Gemiddeld effect van de windsnelheden v_{mk}
 - 3.3.2 Getalwaarden van de windkrachtcoëfficiënt c_f
 - 3.4 Invloed van de vlagafmetingen
 - 3.4.1 Variatie van het effect van de snelheidsschommelingen
 - 3.4.2 Langwerpige, prismatische, horizontale constructie op de hoogte z_c boven de grond
 - 3.4.3 Slanke, prismatische, verticale constructie met hoogte h
 - 3.4.4 Het begrip gelijkwaardige lengte ℓ_e
 - 3.4.5 Gedrongen en niet-prismatische constructies
 - 3.4.6 Maximaal effect van de vlagen

- 3.5 Invloed van de traagheidskrachten
- 3.6 Effect van de vlagen en van de traagheidskrachten
- 3.7 Welke procedure moet gevolgd worden?
- 4 Damping
- 5 Aërodynamische instabiliteit
- 5.1 Periodieke bewegingen veroorzaakt door de wervels van von Karman
- 5.1.1 Overdwarse trillingen van prisma's
- 5.1.2 Ademen van dunne cilinders
- 5.2 Zichzelf onderhoudende trillingen
- 5.2.1 Buigingstrillingen (galoppeerinstabiliteit)
- 5.2.2 Torsietrillingen, al of niet gekoppeld met buigingstrillingen
- 5.3 Aërodynamische instabiliteit – epiloog
- 6 Trillingshinder – schommelingen in de windrichting

2 De laterale stijfheid van gebouwen (cf. huidig vak)

- 1 Oorsprong van horizontale krachtswerkingen op een gebouw
- 2 De stijfheid van een wand en de schijf- of diafragmawerking van een vloerplaat
- 3 Soorten verbanden
- 3.1 Massiefbouw
- 3.2 Skeletbouw
- 3.2.1 Ongeschoorde raamwerken
- 3.2.2 Geschoorde raamwerken
- 3.2.3 Windstijlen gecombineerd met verdiepingsliggers
- 3.2.4 Stijve kernen
- 3.2.5 Hybridische systemen
- 4 Verdeling van de horizontale belasting
- 4.1 Bij symmetrische plaatsing van vlakke stabiliteitsverbanden
- 4.2 Bij niet-symmetrische plaatsing van vlakke stabiliteitsverbanden
- 4.2.1 Isostatische verbanden
- 4.2.1.1 Verbanden volgens twee, haaks op elkaar staande richtingen
- 4.2.1.2 Verbanden volgens drie niet-concurrente richtingen
- 4.2.2 Hyperstatische schikking van de verbanden
- 4.2.2.1 Algemene uiteenzetting
- 4.2.2.2 Geval van een gebouw met een windschijf in de zijgevel en in de hoogte doorlopende en aan hun voeting ingeklemde kolommen
- 4.2.2.3 Centraal geplaatste kern van gewapend beton
- 5 Stabiliteit van dak- en wandconstructies in de industriële hallenbouw
- 5.1 Beschrijving
- 5.2 Stabiliteit in de langsrichting
- 5.2.1 Dakverband
- 5.2.2 Wandverband
- 5.3 Stabiliteit in de dwarsrichting
- 5.3.1 De dwarsstijfheid wordt verzekerd door de spanten
- 5.4 Over de lengte van een gebouw reikende windligger

- 6 Over thermische uitzettingen...
- 6.1 Wanden zijn betrekkelijk buigzaam
- 6.2 Schikking van de langsverbanden in industriële hallen

3 Verplaatsingsmethode (cf. huidig vak)

- 1 Algemeen
 - 1.1 Beschikbare betrekkingen
 - 1.2 Kenmerken van de verplaatsingsmethode
 - 1.3 Graad van kinematische onbepaaldheid of kinematische vrijheidsgraad m'
- 2 Staafconstructies - Algemene gang van de berekeningen
- 3 Stijfheidsbetrekkingen
 - 3.1 Staaf uit een vlak raamwerk
 - 3.1.1 Keuze van een staafgebonden assenkruis
 - 3.1.2 De lokale knooppkrachtenvector en de verplaatsingsvector
 - 3.1.3 Interpolatie- of vormfuncties
 - 3.1.4 Verband tussen verplaatsingen en vervormingsgrootheden
 - 3.1.5 Constitutieve betrekkingen en stijfheidsmatrix in lokale assen
 - 3.1.6 Stijfheidsbetrekkingen in het vaste assenkruis – rotatiematrix
 - 3.2 Staaf uit een tweedimensionaal of een ruimtelijk vakwerk
 - 3.3 Staaf uit een ruimtelijk raamwerk
 - 3.3.1 Te hanteren vectoren
 - 3.3.2 Interpolatiefuncties
 - 3.3.3 Verband tussen vervormingen en verplaatsingen
 - 3.3.4 Stijfheidsmatrix in lokale assen
 - 3.3.5 Coördinatentransformatie
- 4 Samenstel van staven
 - 4.1 Basishypothesen
 - 4.2 Evenwichtsvergelijkingen in het algemene assenkruis
 - 4.3 Opmerkingen betreffende de systeemstijfheidsmatrix
 - 4.4 Het assembleren van de systeemvergelijkingen - een voorbeeld
 - 4.5 Randvoorwaarden - berekening van $\{D\}$ en de knoop- en reactiekrachten
 - 4.6 Nummering van de knopen
 - 4.7 Effect en oorzaak van voorgeschreven knoopverplaatsingen
 - 4.7.1 Inleiding
 - 4.7.2 Alle knoopverplaatsingen worden voorgeschreven: $r = m'$
 - 4.7.3 Sommige knoopverplaatsingen worden voorgeschreven: $r < m'$
- 5 Trillingen van tweedimensionale staafwerken
 - 5.1 Uitbreiding van de methode van de virtuele arbeid
 - 5.2 Bijdrage van de traagheidskrachten
 - 5.3 Bewegingsvergelijkingen voor discrete verplaatsingen – massamatrix
 - 5.4 Benadering voor de massamatrix - "lumped-mass" matrix
 - 5.5 Strategie voor de oplossing van de bewegingsvergelijkingen bij periodieke belastingen
 - 5.6 Eigen trillingen

- 5.7 Gedwongen trillingen - modale superpositie
- 5.8 Rekenvoorbeeld

4 Schijven (NIEUW)

- 1 Inleiding
- 2 Basisvergelijkingen
 - 2.1 Kinematische vergelijkingen
 - 2.2 Constitutieve relaties
 - 2.3 Evenwichtsvergelijkingen
 - 2.4 De verplaatsingenmethode
- 3 Randvoorwaarden
- 4 Toepassingen
 - 4.1 Homogene spanningstoestand
 - 4.1.1 Uniforme normaalspanning
 - 4.1.2 Uniforme schuifspanning
 - 4.2 Wanden
 - 4.3 Andere toepassingen – funderingen en ankerblokken

5 Platen onderworpen aan buiging (NIEUW)

- 1 Inleiding
- 2 Basisvergelijkingen voor dikke platen
 - 2.1 Kinematische vergelijkingen
 - 2.2 Constitutieve relaties
 - 2.3 Evenwichtsvergelijkingen
 - 2.4 Differentiaalvergelijking
- 3 Orthotrope platen
- 4 Dunne platen
- 5 Randvoorwaarden
 - 5.1 Inklemming
 - 5.2 Oplegging
 - 5.3 Vrije uiteinden
 - 5.4 Praktijkvoorbeelden vereenvoudigde modellering van randvoorwaarden

6 Introductie FEM analyses (NIEUW)

- 1 Inleiding
- 2 Elementen en vrijheidsgraden
- 3 Implementatie van de elementenmethode
- 4 Pre- en postprocessing

7 Analyseren van FEM resultaten (NIEUW)

- 1 Kritisch evalueren van spanningen - voorbeelden
 - 1.1 Effect van Poisson coëfficiënt
 - 1.2 Effect van veranderlijke hoogte in een I-balk - voorbeeld
- 2 Omgaan met spanningssingulariteiten - voorbeeld
- 3 Strut-and-tie modellering op basis van FEM resultaten - voorbeeld

- 4 Problemen op basis van uitgemiddelde knoopresultaten - voorbeeld
- 5 Wanden met openingen - voorbeeld

8 *Behandelen van piekmomenten* (NIEUW)

- 1 Omgaan met piekmomenten ter hoogte van kolommen
- 2 Verdeling van reactiekrachten ter hoogte van kolommen
- 3 Invloed van ondersteuningsrandvoorwaarden voor platen
- 4 Invloed van software en gebruiker
- 5 Invloed van verende steunpunten en scheurvorming

Berekening van Geotechnische Constructies

1 Tweedimensionale Paalfunderingen (cf. huidig vak Berekening van Bouwkundige Constructies II)

- 1 Draagvermogen van paalfunderingen
 - 1.1 Inleiding
 - 1.2 Weerstand tegen overdwarse belastingen
 - 1.3 Vervormbaarheid van palen
- 2 Tweedimensionale paalfundering - belastingsverdeling in de gebruikstoestand
 - 2.1 Onderstellingen
 - 2.2 Gevolgen van de uitgangsonderstellingen
 - 2.3 Opmerkingen
 - 2.4 Rekenvoorbeeld
 - 2.5 Stel van drie palen
 - 2.5.1 Niet-concurrente palen
 - 2.5.2 Concurrente palen
 - 2.6 Buigstijve palen
 - 2.7 Vervormbare constructie
- 3 De bezwijktoestand en het rationaal ontwerpen van tweedimensionale paalfunderingen
 - 3.1 Notaties
 - 3.2 Ongeschiktheid van lineaire theorieën ter beoordeling van de veiligheid van paalfunderingen
 - 3.2.1 Paradox
 - 3.3 Bezwijktoestand
 - 3.4 Statisch en kinematisch mogelijke grenstoestanden
 - 3.5 Enigheid van de bezwijktoestand
 - 3.6 Hulpstelling
 - 3.7 Bepaling van het draagvermogen van een paalfundering
 - 3.7.1 Algemeen
 - 3.7.2 Bijzondere gevallen
 - 3.8 Toepassingsvoorbeeld
 - 3.9 Richtlijn voor de rationele keuze van een palenschema
 - 3.10 Het rationeel ontwerpen van paalfunderingen
- 4 Toepassingssoftware

2 Gronddruk en grondkeringen (cf. huidig vak Berekening van Bouwkundige Constructies II)

- 1 Situering
- 2 Wet van COULOMB
- 3 Inwendige wrijving, nulwrijving en volumegewicht van verschillende grondsoorten
 - 3.1 Mechanische eigenschappen
 - 3.2 Volumegewicht

- 4 Evenwicht en verbreking van het evenwicht in een punt
- 4.1 Cirkel van MOHR
- 4.2 Sterktevoorwaarde
- 4.3 Hoeken tussen de twee mogelijke glijvlakken in een punt en tussen de glijvlakken en de hoofdvlakken
- 4.4 Treksterkte van samenhangende grond
- 5 Grondslagen van de methode van COULOMB
- 5.1 Vorm van de glijvlakken
- 5.2 Actieve en passieve grenstoestanden
- 5.2.1 Probleemstelling
- 5.2.2 Actieve gronddruk
- 5.2.3 Passieve gronddruk
- 5.2.4 Werkelijke gronddrukkracht
- 5.3 Betekenis en grootte van de hoek ψ
- 6 Actieve gronddruk
- 6.1 Inleiding
- 6.2 Algemeen geval van een muur met plat achtervlak – Methode van Culmann
- 6.3 Drukpunt
- 6.4 Formule van Poncelet
- 6.5 Vlak maaiveld met gelijkmatige bovenbelasting
- 6.5.1 Gronddrukkracht
- 6.5.2 Drukpunt en drukverdeling
- 6.5.3 Grensgevallen
- 6.5.4 Opmerkingen
- 6.5.5 Coëfficiënt van actieve gronddruk
- 6.5.6 Bijzondere gevallen
- 6.6 Further reading: Actieve gronddruk op veelhoekige muur
- 6.6.1 Algemeen geval
- 6.6.2 Bijzonder geval: horizontaal maaiveld en gelijkmatige bovenbelasting
- 6.7 Drukkracht uitgeoefend door opeenliggende, horizontale grondlagen
- 6.8 Invloed van de aard van de wijkbeweging
- 6.8.1 Stijve kering draaiend om haar onderrand
- 6.8.2 Stijve kering draaiend om haar bovenrand
- 6.9 Grootte van de benodigde wijkbeweging – Wanneer mag een keermuur op actieve gronddruk berekend worden ?
- 6.10 Invloed van de kromming van de glijvlakken
- 6.10.1 Gevallen waarin de glijvlakken inderdaad plat zijn
- 6.10.2 Gevallen waarin de glijvlakken niet plat zijn
- 7 Passieve gronddruk of grondweerstand
- 7.1 Teken van de hoek ψ
- 7.2 Algemeen geval
- 7.3 Vlak, gelijkmatig belast maaiveld
- 7.4 Grootte van de benodigde opdringbeweging
- 7.5 Invloed van de aard van de opdringbeweging

- 7.6 Invloed van de kromming van de glijvlakken
 - 7.6.1 Gevallen, waarin de glijvlakken inderdaad plat zijn, en grootte van de fout in andere gevallen
 - 7.6.2 Benaderingsmethode ter bepaling van de passieve gronddruk met gebruikmaking van gekromde glijvlakken
 - 7.6.3 Tabellen met coëfficiënten van passieve gronddruk
- 8 Invloed van de samenhang
 - 8.1 Invloed van de samenhang op de actieve gronddruk
 - 8.1.1 Algemeen geval
 - 8.1.2 Volmaakt gladde, verticale keermuur ($\psi = 0$) en horizontaal maaiveld met gelijkmatige bovenbelasting
 - 8.1.2.1 Actieve gronddrukkracht
 - 8.1.2.2 Gronddrukverdeling
 - 8.1.2.3 Verbeterde drukspanningswet en verbeterde uitdrukking voor de actieve gronddruk
 - 8.1.2.4 Opmerking
 - 8.2 Invloed van de samenhang op de passieve gronddruk
 - 8.2.1 Volmaakt gladde, verticale wand ($\psi = 0$) en horizontaal maaiveld
 - 8.2.1.1 Passieve gronddrukkracht
 - 8.2.1.2 Gronddrukverdeling
 - 8.2.1.3 In het onderhavige geval wordt de passieve grenstoestand van Rankine
 - 8.2.2 Opmerking
 - 8.3 Evenwicht van een onbeschoeide loodrechte wand van een ingraving in samenhangende grond
 - 8.4 In rekening brengen van de cohesie
- 9 Neutrale gronddruk
 - 9.1 Gevallen waarin ook de neutrale gronddruk in rekening moet worden genomen
 - 9.2 Grootte van de neutrale gronddruk
 - 9.2.1 Horizontaal maaiveld
 - 9.2.2 Hellend maaiveld
- 10 Keermuren
 - 10.1 Massieve keermuren
 - 10.2 Keermuren met uitkragende plaat aan de achterzijde
 - 10.3 L-muren
 - 10.3.1 Neutrale gronddruk
 - 10.3.2 Actieve gronddruk
 - 10.4 Rekenwaarde voor de sterkte van de materialen, de funderings- en gekeerde grond en voor de belastingen
 - 10.5 Bezwijktoestanden
 - 10.5.1 Evenwichtsverlies van een star ondersteeld lichaam
 - 10.5.2 Bezwijken door omkanteling en schuiven of door overschrijding van het grensdragvermogen van de fundering
 - 10.5.2.1 Omkantelen van de keermuur
 - 10.5.2.2 Bezwijken van de fundering of van onderdelen van de kering

- 10.5.3 Voorbeeld ter bepaling van rekenwaarden: tunnelkoker
- 10.6 Bruikbaarheidsgrenstoestand
- 10.7 Toepassingsvoorbeeld: berekening van een L-vormige keermuur
 - 10.7.1 Bezwijktoestanden
 - 10.7.1.1 Geval C: $\varphi_d = 24,79^\circ$ (gekeerde grond); $\varphi_d = 20,46^\circ$ (funderingsgrond)
 - 10.7.1.2 Geval B: $\varphi_d = 30^\circ$ (gekeerde grond); $\varphi_d = 25^\circ$ (funderingsgrond)
 - 10.7.1.3 Conclusies betreffende het ontwerp
 - 10.7.2 Gebruikstoestand
- 11 Water achter keermuren
 - 11.1 Algemeen
 - 11.2 Effect van het water
 - 11.2.1 Water op gelijke hoogte voor en achter de muur
 - 11.2.2 Water op verschillende hoogte voor en achter de muur
- 12 Bezwijktoestand van een onverankerde, ongestempelde keermuur
 - 12.1 Gronddrukkrachten
 - 12.2 Berekening van de benodigde inklemmingsdiepte

3 Effect van bovenbelastingen op gronddruk en grondkeringen (Theorie van Boussinesq) (cf. huidig vak Berekening van Bouwkundige Constructies II)

- 1 Grondslag van de berekening
- 2 Uitgangsformule
- 3 Spanningen veroorzaakt door een lijnbelasting
 - 3.1 Spanningen op verticale en horizontale vlakjes
 - 3.2 Spanningsverdeling langs verticale en horizontale vlakken
 - 3.3 Invloedslijnen voor de spanningen veroorzaakt door een lijnbelasting
 - 3.3.1 Door $p = 1$ te stellen
 - 3.3.2 Rekenvoorbeeld
 - 3.4 Resultante van de spanningen veroorzaakt op een oppervlak door een lijnbelasting
 - 3.4.1 Resultante van de spanningen op een cilindrisch oppervlak
 - 3.4.2 Resultante van de spanningen op een willekeurig oppervlak
 - 3.4.3 Rekenvoorbeeld
- 4 Spanningen veroorzaakt door gelijkmatige belasting van een strook van het maaiveld
- 5 Spanningen veroorzaakt door gelijkmatige belasting van een eenzijdig oneindig uitgestrekt gebied
 - 5.1 Spanningsverdeling
 - 5.2 Toepassing
- 6 Resultante van de spanningen veroorzaakt op een oppervlak door gelijkmatige belasting van een terreinstrook
 - 6.1 Belasting van het gehele gebied links van X_1
 - 6.1.1 Resultante van de spanningen op een verticaal vlak
 - 6.1.2 Resultante van de spanningen op een willekeurig oppervlak AB
 - 6.2 Belasting van een terreinstrook X_1X_2

- 6.3 Rekenvoorbeeld
- 7 Belasting die niet haaks op het maaiveld aangrijpt
- 7.1 Basisformules
- 7.2 Verticale lijnbelasting op een hellend maaiveld of schuine lijnbelasting op een horizontaal maaiveld

4 Algemene glijding in een grondmassa (cf. huidig vak Berekening van Bouwkundige Constructies II)

- 1 Inleiding
- 2 Methode van Rendulic
- 3 Toelichtingen bij de methode van Rendulic
 - 3.1 Als de bodem cohesieloos is
 - 3.2 In beginsel moet men alle mogelijke glijlijnen beproeven
 - 3.3 Wanneer de spiraal aardlagen ontmoet
- 4 Opmerkingen
 - 4.1 Algemene glijding is het meest te duchten
 - 4.2 Indien de grondkering zich gedeeltelijk in stilstaand water bevindt
 - 4.3 Als er een grondwaterstroming bestaat
- 5 Waarde van de partiële veiligheidsfactoren
- 6 Voorbeeld van toepassing
- 7 Lengte van grondankers
 - 7.1 Methode ter bepaling van de lengte
 - 7.2 Kritieke glijlijnen in homogene grond zonder grondwater
 - 7.3 Rekenvoorbeeld
 - 7.4 Opmerkingen
 - 7.5 Methode van Kranz

5 Liggers op verende bedding en berekening van grondkerende wanden in de gebruikstoestand (cf. huidig vak Berekening van Bouwkundige Constructies II)

- 1 Differentiaalvergelijking
- 2 Oplossing van de differentiaalvergelijking
 - 2.1 Algemene gedaante
 - 2.2 Bijzonder geval: trapeziumbelasting
 - 2.3 Transformatie naar het formaat van de verplaatsingsmethode
 - 2.3.1 Algemeen
 - 2.3.2 Bijzonder geval van zeer lange liggers
 - 2.4 Rekenvoorbeeld: ligger met een puntlast in het midden
- 3 Praktische toepassingen van liggers op verende bedding
 - 3.1 Funderingsbalken
 - 3.2 Kraanrail
 - 3.3 Axiaalsymmetrisch belaste cilinderschalen
 - 3.3.1 Toepassing: cirkelcilindrisch reservoir gevuld met vloeistof
 - 3.3.2 Buigspanningen in een voorgespannen buis gedurende de omwikkeling
 - 3.3.3 Lange metalen buis met verstijvingsschotten

- 3.4 Grondkerende wanden in de gebruikstoestand
 - 3.4.1 Plastische methoden en hun tekortkomingen
 - 3.4.2 Elastoplastische methode
 - 3.4.2.1 Gedragsvergelijking
 - 3.4.2.2 Evenwichtsvergelijkingen
 - 3.4.2.3 Niet lineaire methodiek: Newton-Raphson iteratieschema's
 - 3.4.2.4 Kantekeningen bij de keuze van een oplossingsalgoritme
 - 3.4.2.5 Gang van de berekeningen
 - 3.4.2.6 Andere belastingen
 - 3.4.2.7 Toepassingen
 - a) Bouwput met twee stempelramen
 - b) Diepwand met grondankers
 - 3.4.3 Evolutive elastoplastische berekening

6 Ontwerp van aanleginrichtingen voor havens (cf. huidig vak Zee- en

Havenbouw, herwerkt en herschikt voor compatibiliteit)

- 1 Verschillende types aanleginrichtingen
 - 1.1 Gemeenschappelijke kenmerken van de verschillende types
 - 1.2 Classificatie volgens funderingsmethode
 - 1.3 Massieve kaaimuren
 - 1.4 Kaaimuren in gewapend beton
 - 1.5 Kaaimuren samengesteld uit caissons
 - 1.6 Kaaimuren met celwanden
 - 1.7 Kaaimuren gevormd met damwandschermen
 - 1.8 In de grond gevormde wanden – slibwanden of diepwanden
 - 1.9 Aanlegsteigers
 - 1.10 Meerstoelen
 - 1.11 Aanleginrichtingen voor Ro-Ro schepen
 - 1.12 Aanhorigheden van aanleginrichtingen – fenders, bolders, ladders, etc.
- 2 Belastingen op kaaimuren en veiligheidsvoorschriften
- 3 Berekenen van gronddrukken en waterdrukken
- 4 Invloed van een ontlastingsplaat op de gronddrukken
- 5 Berekening van het grensdragvermogen
- 6 Praktische bepaling van de inheidiepte van een damwand
- 7 Organische berekening van damwanden **(NIEUW)**

FEM en constitutieve materiaalwetten voor bouwkundige constructies

FEM and constitutive material laws for structural engineering

1 *Elementenmethode voor niet-lineair elastische problemen* (cf.

gecondenseerd partim huidig vak elementenmethode + NIEUW)

- 1 Inleiding en algemene formulering
- 2 Verdeling in elementen
- 3 Interpolatie van de verplaatsingen
- 4 Vervormingen en spanningen
- 5 Benaderend evenwicht
- 6 Assenkruistransformatie
- 7 Samenvoegen van de elementen
- 8 Oplossen van het stelsel — Randvoorwaarden
- 9 Berekening van de spanningen
- 10 Konvergentie van de oplossing
- 11 Initiële vervormingen en spanningen
- 12 Samenvatting

2 *Elementen en hun interpolatiefuncties* (cf. gecondenseerd partim huidig vak

elementenmethode + NIEUW)

- 1 Soorten elementen
- 2 Eenvoudige continuüm elementen — Polynomiale interpolatie
 - 2.1 Lijnelementen
 - 2.2 Driehoekige elementen
 - 2.3 Rechthoekige elementen
 - 2.4 Driedimensionale elementen
- 3 Isoparametrische elementen
 - 3.1 Natuurlijke coördinaten
 - 3.2 Interpolatiefuncties
 - 3.3 Driedimensionale elementen
 - 3.4 Driehoekige elementen
 - 3.5 Elementen met veranderlijk aantal knopen
 - 3.6 Opstellen van de element-matrices
- 4 Numerieke integratie
- 5 Enkele praktische overwegingen
 - 5.1 Keuze van de interpolatiegraad
 - 5.2 Integratieschema
 - 5.3 Opstellen van de belastingsvector
 - 5.4 Berekening van de spanningen

6 Condensatie van vrijheidsgraden — Superelementen

3 *Solving nonlinear equations* (NIEUW)

- 1 Linear solvers
 - 1.1 Direct solver
 - 1.2 Direct sparse solver
 - 1.3 Iterative solver
- 2 Full Newton-Raphson method
- 3 Modified Newton-Raphson method
- 4 Arc-length method
 - 4.1 Normal update method
 - 4.2 Consistently linearized method
 - 4.3 Explicit orthogonal method
 - 4.4 The crisfield method
 - 4.5 Arc-length step

4 *Constitutive relationships* (NIEUW)

- 1 Terminology
- 2 Linear elastic behaviour
- 3 Perfectly plastic behaviour
 - 3.1 Uniaxial stress state
 - 3.2 Three-dimensional stress states
 - 3.3 Yield conditions
 - 3.3.1 Von Mises and Tresca yield conditions
 - 3.3.2 Prager and Drucker yield conditions
 - 3.3.3 Coulomb yield condition
 - 3.3.4 Modified Coulomb yield condition
 - 3.3.5 Mohr's envelopes
- 4 Time-dependent behaviour
 - 4.1 Shrinkage
 - 4.2 Creep and relaxation
- 5 Thermal deformations
- 6 Fatigue
 - 6.1 General
 - 6.2 S-N curves
 - 6.3 Damage accumulation under fatigue loads

5 *Constitutive relationships for reinforced concrete* (NIEUW)

- 1 Basic assumptions
- 2 Stress-strain relations for concrete
 - 2.1 Equivalent uniaxial law
 - 2.2 Tension before cracking
 - 2.3 Tension after cracking
 - 2.4 Compression before peak stress

- 2.5 Compression after peak stress
- 3 Localization limiters
- 4 Fracture process, crack width
- 5 Biaxial stress failure criterion of concrete
- 5.1 Compression failure
- 5.2 Tension failure
- 6 Two models of smeared cracks
- 6.1 Fixed crack model
- 6.2 Rotated crack model
- 7 Shear stress and stiffness in cracked concrete
- 8 Compressive strength of cracked concrete
- 9 Tension stiffening in cracked concrete
- 10 Overview of constitutive models available in commercial FEM software packages for the analysis of concrete structures
- 11 Fracture-plastic constitutive models

Niet-lineaire en bezwijkanalyse van constructies

Non-linear and Plastic Methods of Structural Analysis

(short content)

Principles of the plastic analysis and the application to steel constructions:

- ***Plastic strength of cross-sections of linear members*** (NIEUW)
 - General
 - Skew bending
 - Bending and normal force
 - Bending and torsion
 - Bending and shear force
- ***Stepwise calculation***
- ***Principles of the plastic analysis***
- ***Methods for the determination of the collapse load or the necessary plastic moment***
- ***Deformations***

Concrete structures:

- ***Non-linear analysis of concrete structures***
- ***Second-order effects in columns***
- ***Yield line theory for concrete slabs***
- ***Strip method for the analysis of concrete slabs***