

STRUCTURAL SHAPE STUDY AL GHUBAIBA FERRY TERMINAL

MSc Thesis door Jasper Janssen
Presentatie 25/11/2008



Inleiding

□ Constructieve

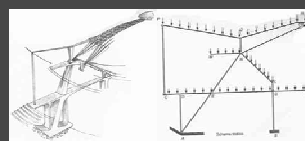
□ Vormstudie

□ Al Ghubaiba

□ Ferry terminal

□ Hoofddoel:

- Een oplossing in gewapend beton voor de dakconstructie van de Al Ghubaiba ferry terminal welke aansluit bij het concept van Royal Haskoning



Inhoud

- Inleiding
- Dubai Creek ferry project
- Terminal ontwerp
- Vorm en krachtswerking
- Constructieve vormstudie
- Dimensioneren
- Conclusies en aanbevelingen

3



Dubai, een bijzondere stad



Dubai, liggend in de Verenigde Arabische Emiraten
Sterk gegroeid na de vondst van olie in de jaren 60.
Trekt nu aandacht met innovatieve bouwprojecten.

Burj al Arab, Werelds
grootste vrijstaande hotel



Diverse kunstmatige
eilanden voor de kust

Burj Dubai, Werelds
hoogste bouwwerk

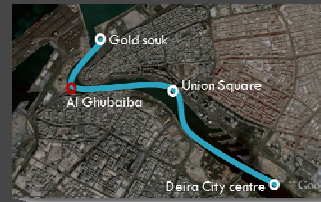
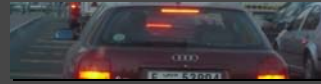


4



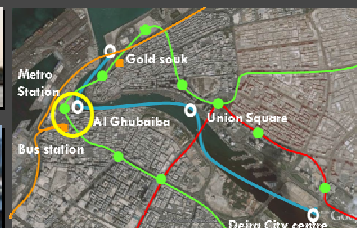
Dubai's vervoers netwerk

- Huidige vervoersnetwerk is overbelast
 - Auto is voornaamste vervoersmiddel
 - Beperkt busnetwerk
 - 2 metrolijnen in aanbouw
- Belangrijke locaties langs de kreek en de kunstmatige eilanden voor de kust zijn ideaal voor openbaar vervoer over water.
- Eerste ferry netwerk: Eén lijn, vier terminals
- Al Ghubaiba terminal, grootse, interessant concept, meest uitdagend



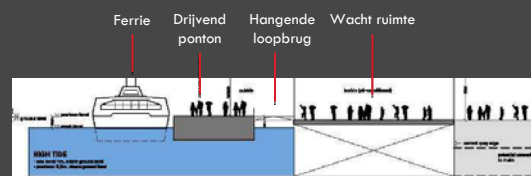
Al Ghubaiba

- Hart van de oude stad, omgeven door historische gebouwen, kantoren, en de oude haven.
- Een van de weinige voetgangers gebieden van Dubai
- Geen ruimte voor een groot OV gebouw op de bestaande kade



Terminal ontwerp [1]

- Terminal gedeeltelijk gebouwd in de kreek
- Het dak van de terminal ontstaat door de bestaande kade plaatselijk "op te tillen"
- Eisen m.b.t. de constructie om dit concept te versterken:
 - Vloeiende aansluiting op de bestaande kade
 - Geheel kolomvrij
 - Zeer transparante gevel aan kreekzijde
 - Uitkragende vrije rand
 - Beperkte hoogte

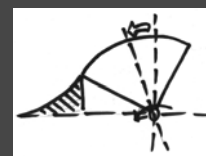
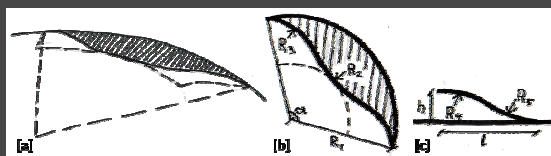
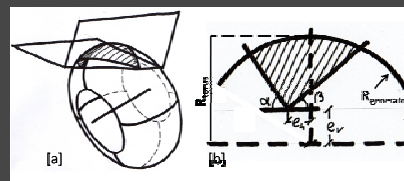


7



Terminal ontwerp [2]

- Totale vorm, omwentelings oppervlak met verticale as
- Vorm vrije overspanning, part van donut, omwentelings oppervlak met horizontale as
- Vloeiende aansluiting constructief niet interessant

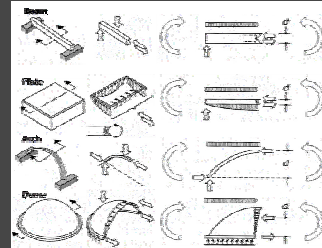


8



Vorm en krachswerking

- De uiteindelijke constructie heeft een geometrie, waar delen van de volgende constructieve basis elementen in zijn te ontdekken:
 - Balk
 - Plaat
 - Boog
 - Schaal
- Verwacht mag worden dat de krachswerking een combinatie zal zijn van deze elementen
- Deze constructieve basiselementen zijn los bekeken om:
 - Vergelijking efficiëntie
 - Vormen van instabiliteit
 - Relatie tussen vorm en interne krachten



Stabiliteit van bogen [1]

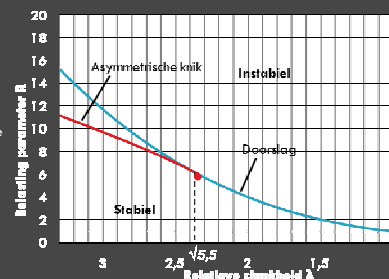
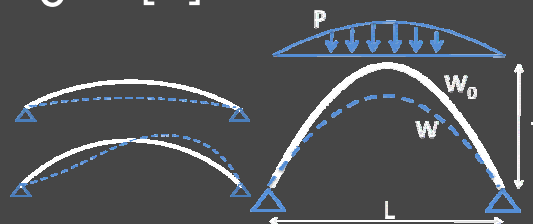
Twee type vormen van instabiliteit:

- Lage bogen – doorslag
- Hoge bogen – asymmetrische knik

Analytische oplossingen geven voor een bepaald type boog een kritische knik belasting

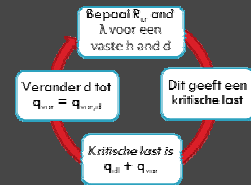
In een ontwerpproces is een relatie tussen de hoogte, overspanning en dikte van een boog gewenst

- Parabolische boog
- Parabolische belasting
- Scharnierend opgelegd
- Rechthoekige doorsnede
- $R = \sqrt{432 P / \pi^4 E d^4}$
- $\lambda = h \sqrt{3} / d$
- $h = f / L$
- $d = t / L$

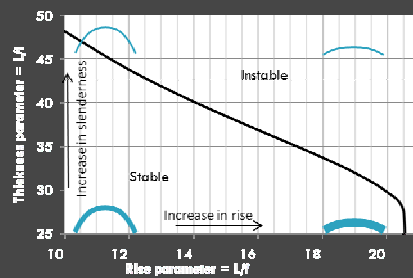


Stabiliteit van bogen [2]

- Vind een benodigde dikte voor vaste hoogte + belasting middels een iteratieve benadering,
- Benadering is sterk versimpeld
- Resultaat, voor de gewenste, flauw gebogen constructie met slanke doorsnede zal de stabiliteit kritisch zijn



- Boogvorm = Parabool
- Opleggingen = Scharnierend
- E-modulus = 10.000 N/mm²
- Doorsnede = Rechthoekig massief
- Belasting = Uniform verdeeld
- Density deck = 25kN/m³, $\gamma_{dm} = 1,3$
- Variable load = 5kN/m², $\gamma_{dm} = 1,5$



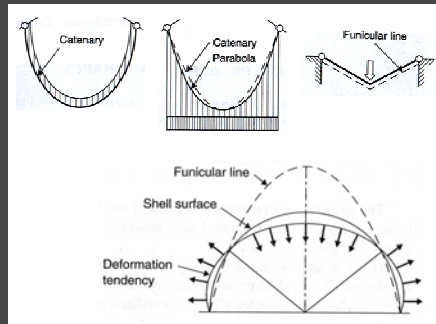
FE-applicatie tijdens ontwerpfase

- Geschikt FE-model in de ontwerpfase van een schaal-achtige constructie
 - Snel te maken en aan te passen
 - Volledig inzicht geven hoe resultaat wordt verkregen
 - Elke willekeurige vorm kunnen beschrijven
 - Korte berekeningstijd
 - Nauwkeurigheid > 80%
- Scia ESA PT
 - Snel en gebruikersvriendelijk
 - Voldoende nauwkeurig
 - Onvoldoende inzicht
 - Kan moeilijke vormen slecht beschrijven
- DIANA
 - Meer uitgebreid, minder gebruikersvriendelijk
 - Goede nauwkeurigheid
 - Volledig inzicht
 - Aan te sturen met grafisch modellen en spreksheets



Vervormingsmethode [1]

- Definitie: Een funiculiere lijn is de lijn welke het resultaat weergeeft van het geheel van de aangrijpende belasting inclusief de reactiekrachten
- Een kabelconstructie (trek) vervormd in de richting van zijn funiculiere lijn
- Een boog (druk) vervormd weg van zijn funiculiere lijn
- Door middel van het verplaatsingsveld kan een constructie geometrie worden verkregen welke de druklijn benaderd



13

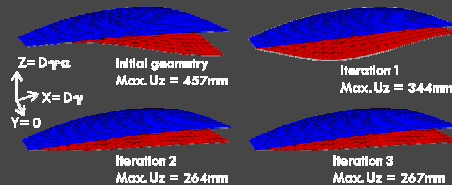
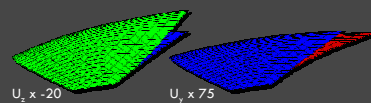


Vervormingsmethode [2]

Met behulp van een coördinaten-transformatie kan:

- Snel een convergente oplossing worden bereikt
- De vorm in afzonderlijke richtingen worden aangepast

Voor het terminal dak kan met deze methode in slechts 3 keer een nieuwe geometrie worden gevonden welke 42% minder doorbuigt als de oorspronkelijke geometrie.

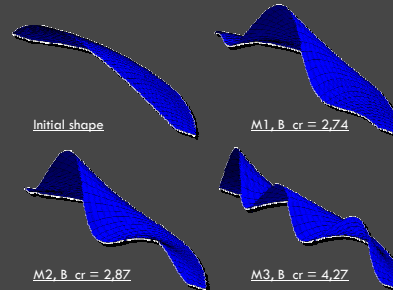


14



Verbeteren knikgedrag [1]

- Knikgedrag bepaald met een Euler stabiliteits analyse in DIANA
- Kritische kniklast = $2,74 \times$ eigen gewicht, gewenste kritische kniklast is minimaal 5 a 6 en liever zelfs 10
- Verlaag belasting
 - Lichtere materialen
 - Verlaag de toelaatbare last
- Verhoog stijfheid
 - Materiaal met een hogere elasticiteits modulus
 - Efficiëntere doorsnede
 - Meer kromming in de geometrie

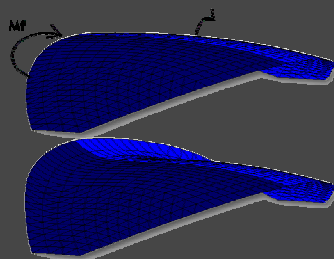


15

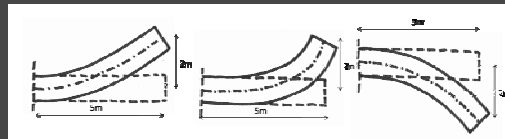


Verbeteren knikgedrag [2]

- Creëer een vloeiend gekromde rand door een fictief vervormde constructie te gebruiken
- Gebruik van een gekromde vrije rand verhoogd kritische kniklast met 47%



```
'COORDINATES'
1 -6.08E+05 4.33E+04 8.73E+03
2 -6.06E+05 4.21E+04 8.52E+03
3 -6.06E+05 3.88E+04 9.32E+03
.
.
1889 -5.88E+05 -5.17E+04 2.39E+03
1890 -5.93E+05 -3.53E+04 7.16E+03
'ELEMENTS'
CONNECTIVITY
1 CQ40L 84 284 282 285 283 286 86
89
2 CQ40L 83 87 84 89 86 90 85
88
.
.
1285 SP1R0 1886
1286 SP1R0 1889
```

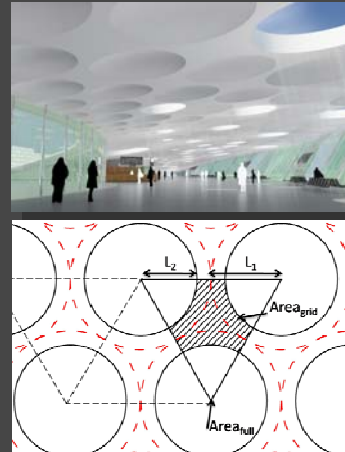
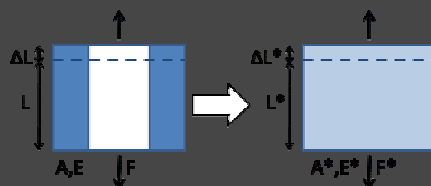


16



Verbeteren knikgedrag [3]

- Meer efficiënte doorsnede heeft positief effect op knikgedrag
- Extra stijfheid verkregen door toepassen gridverstijving
- Modelleren als een gelaagde doorsnede met gelineariseerde eigenschappen

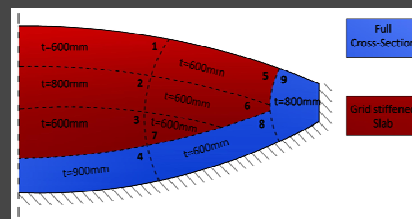


17



Dimensioneren

- Meer geavanceerde berekening t.b.v. Unity checks
 - Berekeningen: Lineair elastisch → Geometrisch niet-lineair
 - Oplegcondities: Ingeklemd → eindige stijfheid
 - Belasting door eigen gewicht, personen, wind, temperatuur
 - Kruip en scheurvorming van beton
 - Uniforme doorsnede → 18 Secties met variërende doorsnede

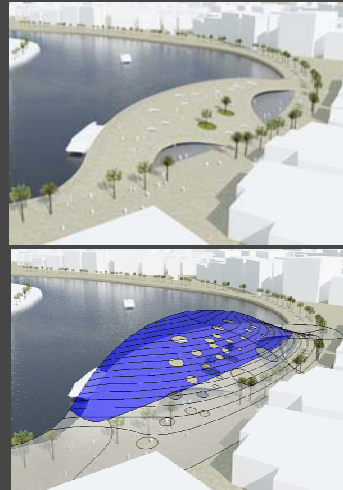


18



Conclusies en aanbevelingen [1]

- Dit project biedt een constructieve oplossing in gewapend beton voor de dakconstructie van de Al Ghubaiba ferry terminal en laat zien hoe deze kolomvrij kan worden uitgevoerd
- De voorgestelde dakgeometrie is significant hoger dan het origineel, afgevraagd kan worden of nog wordt voldaan aan het design concept
- De voorgestelde constructie meer geschikt voor terminal met een vrije overspanning tot $\pm 80\text{m}$
- Meer uitgebreide berekeningen zijn nodig om tot een constructie te komen welke daadwerkelijk kan worden gebouwd



Conclusies en aanbevelingen [2]

- Slechts weinig eenvoudige modellen zijn vrij beschikbaar welke constructies met een complexe geometrie kunnen analyseren
- De vervormingsmethode is een geschikt middel om een geometrie te vinden met een minimale hoeveelheid buigvervorming
- Een fictief verplaatsingsveld kan worden gebruikt om constructieve geometrie te genereren welke een schikte oplossing kan bieden voor vele constructieve problemen



Conclusies en aanbevelingen [3]

- Door DIANA aan te sturen met een script waarin Textfiles, Spreadsheets en berekeningen worden gecombineerd kan flinke tijdswinst worden geboekt
- Wanneer DIANA geometrieën gecreeerd dient vanuit de input file een grafisch formaat kunnen worden geëxporteerd



STRUCTURAL SHAPE STUDY AL GHUBAIBA FERRY TERMINAL

MSc Thesis door Jasper Janssen
Presentatie 25/11/2008

