

Globale Constructie Analyse van een Ponton

MT1464 – opdracht 1 – 100 punten

Introductie

De rompvorm van een ponton heeft de eigenschap dat er effectief en efficiënt maximale dek ruimte kan worden geboden voor offshore installaties op locatie. Als niet de golf- maar de vlakwater condities maatgevend zijn (zoals in kustgebieden), stabiliteit belangrijk is en vaarsnelheid operationeel ook geen rol speelt, dan is er nauwelijks een beter alternatief denkbaar. De toepassing kan variëren. Humanitaire hulpverlening is er een voorbeeld van. Zo is de beschikbaarheid van drinkwater in afgelegen kustgebieden vaak een probleem en zeewater kan m.b.v. een installatie worden omgezet in zoet water (Figuur 1a). In het geval van overstromingen of aardbevingen kan tijdelijke energievoorziening m.b.v. bijvoorbeeld een LNG-installatie de last verlichten (Figuur 1b). Pontons kunnen echter ook worden ingezet voor een permanente duurzame(re) energieoplossing in gebieden waar land schaars is. Bijvoorbeeld bij de installatie van offshore windturbines m.b.v. een kraan op een ponton (Figuur 1c) of voor de opwekking zelf door gebruik te maken van het temperatuurverschil tussen warmer oppervlaktewater en koud water op grote diepte (Figuur 1d).



Figuur 1: pontons met offshore installaties.

Op basis van een reeds ontwikkeld ponton concept is de volgende stap om het globaal constructiegedrag te analyseren. Omdat het een individuele opdracht betreft, zullen voor de analyse parameters worden gebruikt die afhankelijk zijn van de cijfers van het studienummer: *abcdefg*. Verder is er wat algemene informatie beschikbaar (Tabel 1).

parameter	waarde
breedte B	31 [m]
holte D	15.5 [m]
dichtheid zeewater ρ_w	1025 [kg/m ³]

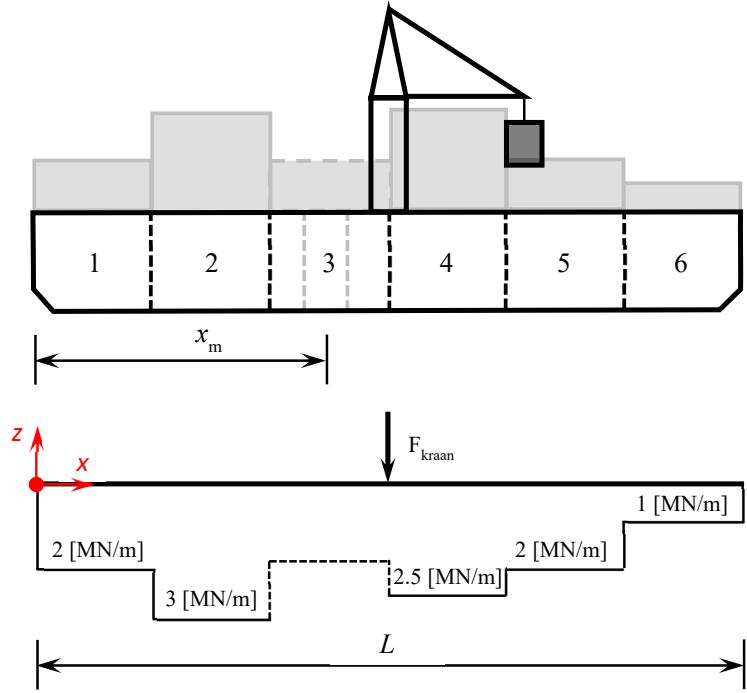
Tabel 1: algemene informatie voor de ponton berekeningen.

Doeleind

Omdat de lengte van de ponton veel groter is dan de doorsnede afmetingen (het verschil is een orde grootte), kan de globale constructie als balk worden gemodelleerd. Doel van deze opdracht is om m.b.v. een balkmodel de samenhang tussen de langsscheepse belasting; zowel uitwendig als inwendig (onderdeel 1), de constructie eigenschappen (onderdeel 2) en de response: vervormingen en spanningen, te bepalen (onderdeel 3), waarbij dient te worden geverifieerd of er faalgedrag optreedt; d.w.z. of er blijvende vervormingen zullen optreden t.g.v. spanningen die groter zijn dan de vloegrens.

Uitwendige en inwendige belasting

De gewichtsverdeling in 6 segmenten bestaat uit een constructie- en belading component (Figuur 2, Tabel 2). Voor het kunnen laden en lossen is er ook een kraan aanwezig met een SWL (safe work load) van 1.5 [MN] en een maximum bereik van 30 [m]. Het eigen gewicht van de kraan bedraagt 2.0 [MN]. De belasting van de kraan op de romp grijpt aan in een punt.



Figuur 2: ponton ladingverdeling $c(x)$.

studienummer cijfer "g"	ponton lengte L [m]	constructie gewicht $W(x)$ [MN/m]	lading gewicht segment 3 [MN/m]	kraanpositie [-]
0 - 1	125	0.55	3.0	overgang segment 2-3
2 - 4	135	0.55	2.5	overgang segment 2-3
5 - 7	145	0.75	4.0	overgang segment 3-4
8 - 9	155	0.75	3.5	overgang segment 3-4

Tabel 2: ponton en belasting eigenschappen.

Om duikers en robots (ROV's) beschut toegang te kunnen bieden tot het water ten behoeve van onderhoud onder de waterlijn, is er een moonpool aanwezig (Figuur 3, Tabel 3).



Figuur 3: moonpool.

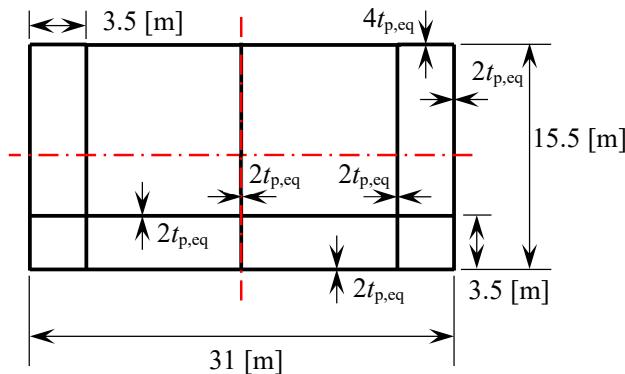
studienummer cijfer "g"	lengte L_m [m]	breedte B_m [m]	positie x_m [m]
0 - 1	$L/20$	$B/5$	72.92
2 - 4	$L/20$	$B/5$	78.75
5 - 7	$L/20$	$B/5$	108.75
8 - 9	$L/20$	$B/5$	116.25

Tabel 3: moonpool specificatie.

- Bepaal de resultante (uitwendige) langsscheepse vlakwater belasting voor de ponton, evenals de (inwendige) dwarskrachten- en buigend momentenverdeling, rekening houdend met draft en trim. Het assenstelsel is rechtsdraaiend met de positieve $\{x, z\}$ -assen respectievelijk naar rechts en naar boven (Figuur 2). **36 ptn**
 - Plot m.b.v. Python de gewichtsverdeling in [MN/m] van de constructie $W(x)$, de belading $c(x)$, alsook het netto gewicht $g(x)$, in 3 separate figuren onder elkaar. Neem de bijdrage van de kraan aan $W(x)$ en $c(x)$ explicet op. Gebruik dezelfde schaal, en geef de grootheden en eenheden op de assen weer. Geef ook de gebruikte formules. **2 ptn**
 - Bepaal de gemiddelde draft T in [m], het trim rotatiepunt LCF in [m], het langsscheeps zwaartepunt LCG in [m], evenals de trim t_a en t_f in [m] aan de voor- en achterkant (respectievelijk 2, 2, 3 en 4 ptn). Geef ook de gebruikte formules en rond af op 2 decimalen. **11 ptn**
 - Bereken de verdeling van het drijfvermogen (buoyancy) $p(x)$ en plot die in [MN/m] m.b.v. Python in een separate figuur onder de eerder gemaakte figuren. Geef de grootheden en de eenheden op de assen weer. Geef ook de gebruikte formule. **4 ptn**
 - Geef de formule voor de resultante langsscheepse vlakwater belasting $q(x)$, bereken deze, doe de evenwichtscheck, en plot die in [MN/m] m.b.v. Python in een separate figuur onder de andere figuren. Geef de grootheden en eenheden op de assen weer. **4 ptn**
 - Bepaal per segment de dwarskrachten verdeling $F_s(x)$ in [MN] en de buigend momenten verdeling $M_b(x)$ in [MN·m]. Geef de formules en plot beide verdelingen in separate figuren onder de eerder gemaakte figuren (2x6 ptn). Geef de grootheden en eenheden op de assen weer. **10 ptn**
 - Plot ook $F_s(x)$ in [MN] en $M_b(x)$ in [MN·m] in het geval zonder moonpool in de figuren van vraag e, en geef aan wat de consequentie is van de moonpool. **3 ptn**
 - Geef aan hoe kan worden gecontroleerd of $F_s(x)$ en $M_b(x)$ kloppen m.b.t. de randvoorwaarden aan de uiteinden van de ponton. **2 ptn**

Constructie eigenschappen

Om stijfheid en sterke te genereren heeft de constructie geometrie- en materiaaleigenschappen. Met betrekking tot de geometrie is er voor de ponton een vereenvoudigde rompdoorsnede beschikbaar (Figuur 4, Tabel 4). Alle onderdelen leveren daarin een specifieke bijdrage.



Figuur 4: vereenvoudigde ponton doorsnede.

studienummer cijfer “j”	plaatdikte $t_{p,eq}$ [mm]
0 - 4	7.5
5 - 9	8.5

Tabel 4: plaatdikte.

2. Bepaal het schuifoppervlak A_s en oppervlaktetraagheidsmoment I_b van de dwarsdoorsnede t.b.v. respectievelijk de schuif- en buigstijfheid voor de schuifkracht $F_s(x)$ en buigend moment $M_b(x)$ geïnduceerde response. **31 ptn**
- Beargumenteer waarom de verticale constructiedelen de grootste bijdrage leveren aan de schuifstijfheid (2 ptn), stel de $A_s(t_p,eq)$ formulering op (2 ptn) en bereken het schuifoppervlak A_s in $[m^2]$ op 2 decimalen nauwkeurig (2 ptn). **6 ptn**
 - Geef de formule om de hoogte van de neutrale as z_n boven de basis te kunnen bepalen (2 ptn), bereken deze in [m], en rond af op 2 decimalen (2 ptn). **4 ptn**
 - Bepaal de formule voor het oppervlaktetraagheidsmoment $I_b(t_p,eq)$ voor de vereenvoudigde rompdoorsnede (6 ptn). Bereken ook de waarde ervan in $[m^4]$ op 4 decimalen en geef voor de horizontale en verticale constructie delen in de dwarsdoorsnede zowel de eigen bijdrage, de verschuiving alsook het totaal (6 ptn). Maak met behulp hiervan duidelijk welke constructie delen de grootste bijdrage leveren en leg uit waarom (2 ptn). **14 ptn**
 - Verklaar waarom de plaatdikte in de bodem en het dek vaak groter is dan van de zijbeplating. **2 ptn**
 - Wat is – voor wat betreft de buigstijfheid – de functie van de verticale constructiedelen? **2 ptn**
 - Vergelijk de plaatdikte in de bodem en dek constructie met de t_p waarden van de Damen Stan Pontoon en verklaar waarom ze verschillend of vergelijkbaar zijn. **3 ptn**

Constructie respons en limiet gedrag

De response van de constructie op hull girder niveau wordt verondersteld lineair elastisch te zijn, wat betekent dat de vloegrens de grenstoestand van plasticiteit als bezwijkmodus definieert. De andere bezwijkmodi, instabiliteit (knik) en discontinuïteit (scheurvorming), worden niet meegenomen in deze opdracht. Met het oog op duurzaamheid (recycling), zijn er 2 metalen geselecteerd als potentiële materiaalkandidaten (Tabel 5).

studie nummer cijfer “e”	materiaal	vloegrens σ_y [MPa]	Young's modulus E [MPa]	Poisson ratio ν [-]	dichtheid ρ [kg/m ³]
0-4	staal S235J2	235	$205 \cdot 10^3$	0,3	7800
5-9	staal S355J2	355	$205 \cdot 10^3$	0,3	7800

Tabel 5: materiaaleigenschappen.

3. Bepaal de $M_b(x)$ geïnduceerde response en verifieer of de constructie faalt. **33 ptn**
- Bepaal de hoekverdraaiing $\varphi(x)$ in [deg] en vervorming $w(x)$ in [mm] (2x 10 ptn) Geef de formules en plot beide verdelingen in separate figuren onder de eerder gemaakte figuren. Geef de grootheden en eenheden op de assen weer. **18 ptn**
 - Bepaal voor het grootste optredend buigend moment de buigspanning $\sigma_{b,max}$ [MPa] in het dek en in de bodem (6 ptn) afgerond op hele waarden en verifieer of er sprake is van plastisch gedrag, waardoor er eventueel blijvende vervorming ontstaat (2 ptn). **8 ptn**
 - Benoem een maatregel die kan worden getroffen om de veiligheid van de constructie, een duurzaamheidsaspect, te vergroten. **2 ptn**
 - Geef de formule voor de gemiddelde schuifspanning τ_s (1 pt) en bereken deze voor de grootste schuifkracht in de relevante constructiedelen in [MPa] afgerond op hele waarden (2 ptn). Vergelijk de grootte met de maximale buigspanning en duidt een eventueel verschil in ordegrootte in relatie tot het gebruikte balkmodel (2 ptn). **5 ptn**