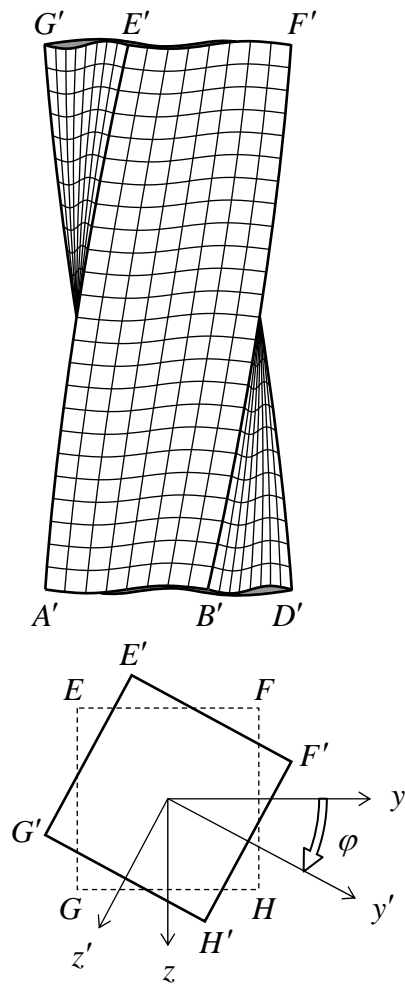


Aantekeningen over wringing



P.C.J. Hoogenboom

Voorwoord

Vroeger werd weinig met wringing gerekend voor draagconstructies. Wringing was meer het domein van de werktuigkundige die machines ontwierp met assen die wringende momenten overdragen. Tegenwoordig doen we veel rekenwerk met computers. De software probeert de werkelijkheid zo goed mogelijk te benaderen en brengt naast extensie, buiging en afschuiving ook wringing in rekening. We ontdekken dat wringing extra mogelijkheden biedt om te voldoen aan de wensen van architecten, aannemers en installateurs.

Belangrijk is natuurlijk dat we de computerresultaten kunnen interpreteren: Welk deel van de werkelijkheid is in rekening gebracht en welk deel niet? Is de benadering veilig of moeten we in bepaalde situaties corrigeren? Belangrijk is ook dat we de begrippen kunnen benoemen zodat we met anderen hierover kunnen overleggen. Tenslotte is belangrijk dat we de software kunnen controleren door eenvoudige gevallen met de hand na te rekenen. Ik hoop dat dit dictaat hieraan bijdraagt. Wellicht ook dat een software-ontwikkelaar die deze tekst leest ideeën opdoet om onze software nog beter te maken.

Als u aan- of opmerkingen hebt dan verneem ik die graag. Het is de bedoeling dat ze in een volgende druk worden verwerkt.

P.C.J. Hoogenboom
Hoogmade, 3 augustus 2008
p.c.j.hoogenboom@tudelft.nl

2^{de} verbeterde druk, 7 september 2010

3^{de} verbeterde druk, 30 januari 2012

4^{de} verbeterde druk, 26 oktober 2014

De afbeelding op de omslag is getekend door **C. Sitters** [4]. De originele tekening is van **...** Saint Venant uit 18 **...** [...].

Inhoud

Overzicht	1
Geavanceerd	1
Leerdoelen	1
Definitie	2
Geschatte wringstijfheid	2
Gewapend beton	3
Spanningsverdeling	3
Tabellen	4
Controle van de spanningen	4
Welving	4
Theorie van De Saint Venant	5
Verplaatsingsmethode	5
Krachtenmethode	6
Inwendige rand	7
Exacte oplossingen	8
Eindige-elementenmethode	9
Voorbeeld rechthoekige doorsnede	9
Interpretatie van de ϕ -heuvel	13
Geschatte wringstijfheid 2	13
Dunwandige open doorsneden	13
Voorbeeld	14
Formules van Bredt	15
Membraanalogie	15
Membraanalogie voor kokers	16
Toepassing membraanalogie	16
Nabla-lijger	17
Kanaalplaat	17
Zandheuvelanalogie	18
Spanningsconcentraties	18
Dwarskrachtencentrum	19
Rotatie	19
Orthotrope plaat	19
Voorbeeld wringstijfheid brugdek	20
Plooi	21
Volume-elementen	21
Gehinderde welving	22
Theorie van Vlasov	22
Interpretatie van het bi-moment	23
Randvoorwaarden van de Vlasov-theorie	24
Voorbeeld kokerbrug	24
Interpretatie van de momentenlijn	25
Overeenkomst met de dwarskrachtenlijn	25
De bocht om	26
Spanningen volgens Vlasov	26
Spanning in een I-profiel	27

Voorbeeld, spanningen in een kokerbrug	27
Distorsie	28
Schaalelementen	29
Voorbeeld, uitkragende ligger	29
Misverstand	30
Toekomst	31
Karakteristieke lengte	31
Foefje	31
Veilig of onveilig	32
Torsieknik en kip	33
Dankwoord	33
Literatuur	33
Bijlage 1. Formules voor wringeigenschappen	35
Bijlage 2. Berekening wringeigenschappen van een meercellige koker	43
Bijlage 3. Berekening nabla-ligger	46
Bijlage 4. Berekening kanaalplaat	49
Bijlage 5. Welvingsconstanten van een aantal doorsneden	52
Bijlage 6. Maple-berekening van een kokerbrug met de Vlasov-theorie	53
Bijlage 7. Maple-berekening van een uitkragende ligger met de Vlasov-theorie ...	55
Bijlage 8. Berekening van wringspanningen in een I-profiel	57
Bijlage 9. Stijfheidsmatrix van een raamwerkelement	61