

Stabiliteit drukbalk tuibrug Muiden



Presentatie DOV
november 2004
Erwin Munster

Bouwdienst Rijkswaterstaat

1

Inhoud presentatie

1. Inleiding & vraagstelling
2. Kniktheorie, -formules
3. Druk balk
4. DIANA-berekeningen
5. Knikfactoren
6. Vervolgberekeningen
7. Afsluiting & vragen

2

Inleiding & vraagstelling

Inleiding

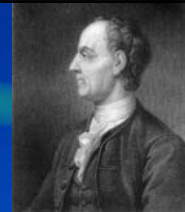
- Brug verbreed en verleggen rijstroken
- Aanpassing of nieuwe brug niet zonder meer mogelijk
- Doorvaarthoogte vergroten
- Opvangligger + pylonen en drukbalken

Vraagstelling

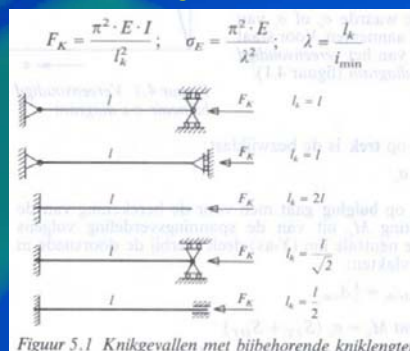
Controleer de globale stabiliteit van de drukbalk zodanig dat de berekening eenvoudig opnieuw met veranderende doorsnedes is uit te voeren.

3

Kniktheorie van Euler



- De kniklast van Euler is de kleinste waarde van de drukkracht waarbij nog evenwicht mogelijk is
- De knikkracht is omgekeerd evenredig met het kwadraat van de lengte



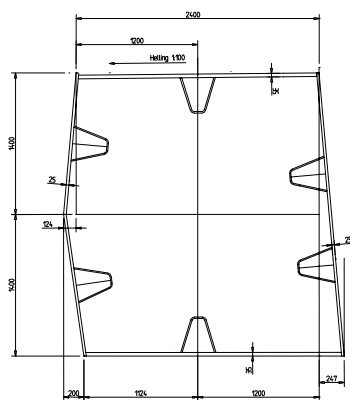
Drukbalk+pyloon+tuien+opvangligger



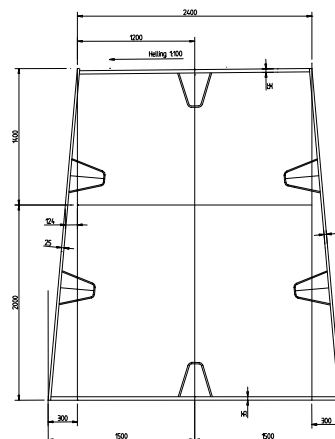
5

Doorsnede drukbalk

DOORSNEDE T.P.V. OPVANGLIGGER

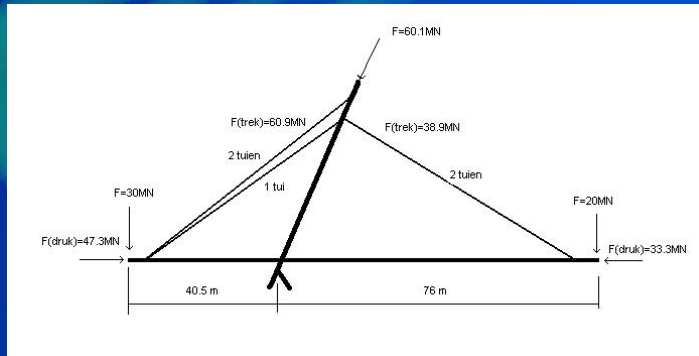


DOORSNEDE T.P.V. OPLEGGING



Belastingen op de drukbalk

- Normaalkracht
- Eigen gewicht
- Moment



7

Opbouw eem-berekening

- Ligger 2 steunpunten, sterke as, 1 doorsnede
- Ligger 2 steunpunten, zwakke as, 1 doorsnede
- Ligger 3 steunpunten (2maal)
- Ligger 3 steunpunten, verlopende doorsnede (2maal)
- Ter controle incl. moment en e.g.

8

Elementkeuze, werkwijze

Geen schaalementen i.v.m. te verwachten ontwerpwijzigingen

Batch-bestand

- Class I-beam, L12BE (3D elementen i.v.m. 3D belastingen)
- A, Iy, Iz, Iyz, It, Wt
- Class II-beam, L13BE
- Predefined shape: box (Geen arbitrary shape met zones ivm. meer werk en complexiteit model)

9

Werkwijze, bestanden

- Batch-
- Femgen-
- data-
- com-
- out-
- Femview-file

10


```

FEMGEN MODEL : DRUK2DY
ANALYSIS TYPE : Structural 3D
MODEL DESCRIPTION : drukkalk pyloon brug Muiden, knikcontrole y-as
'UNITS'
LENGTH M
TIME SEC
TEMPER KELVIN
FORCE N
'COORDINATES' DI=2
1 0.000000E+00 0.000000E+00
2 5.000000E-01 0.000000E+00
3 1.000000E+00 0.000000E+00

229 -3.925000E+01 0.000000E+00
230 -3.987500E+01 0.000000E+00
231 -4.050000E+01 0.000000E+00

'ELEMENTS'
CONNECTIVITY
1 L13BE 1 2
2 L13BE 2 3
3 L13BE 3 4

228 L13BE 228 229
229 L13BE 229 230
230 L13BE 230 231

MATERIALS
/1-230 / 1
GEOMETRY
/115-152 191-230 / 1
/77-114 / 2
/39-76 / 3
/1-38 / 4
/153-190 / 5
'MATERIALS'
1 YOUNG 2.100000E+11
POISON 3.000000E-01
DENSIT 7.850000E+03

'GEOMETRY'
1 BOX 2.892723E+00 2.892723E+00 2.500000E-02
2.500000E-02 2.500000E-02 2.500000E-02
2 BOX 3.019445E+00 3.019445E+00 2.500000E-02
2.500000E-02 2.500000E-02 2.500000E-02
3 BOX 3.148613E+00 3.148613E+00 2.500000E-02
2.500000E-02 2.500000E-02 2.500000E-02
4 BOX 3.267110E+00 3.267110E+00 2.500000E-02
2.500000E-02 2.500000E-02 2.500000E-02
5 BOX 3.148613E+00 3.148613E+00 2.500000E-02
2.500000E-02 2.500000E-02 2.500000E-02

'SUPPORTS'
/1/ TR 1
/1/ RO 1
/1 153 231/ TR 2
/1 153 231/ TR 3

'LOADS'
CASE 1
NODAL
149 FORCE 1 -3.330000E+07
227 FORCE 1 4.730000E+07

ELEMEN
/1-230 /
LINE
FORCE -0.250000E+05
DIRECT 3

NODAL
149 MOMENT 2 3.134000E+07
227 MOMENT 2 -6.000000E+07

'DIRECTIONS'
1 1.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
2 0.000000E+00 1.000000E+00 0.000000E+00
3 0.000000E+00 0.000000E+00 1.000000E+00

'END'

```

13

```

/DIANA/AP/EU41 14:05:26 0.20-CPU 0.30-IO 100-FA BEGIN

ELEM. STIFFNESS STORED.
RHS-VECTORS INITIALIZED: ML= 1 ND= 1616 SF.RHSIDE
EXTER. LOAD INITIALIZED: ML= 1 ND= 1616 SF.EXTLOD
CONST.DISP. INITIALIZED: ML= 1 ND= 1616 SF.DISCON
STRESS LOAD INITIALIZED: ML= 1 ND= 1616 SF.SIGLOD
NODAL LOADS TO RHS-VECT: NV= 1 NL= 1 SF.RHSIDE
NODAL LOADS TO EXT.LOAD: NV= 1 NL= 1 SF.EXTLOD
ELEMENTLOAD TO RHS-VECT: NV= 1 SF.RHSIDE
ELEMENTLOAD TO EXT.LOAD: NV= 1 SF.EXTLOD
INC. INITIAL STRAIN/STRESS LOAD ADDED TO RHS-VECT: NV= 1 SF.RHSIDE

SUM OF EXT.LOAD TO CALC: ML= 1 ND= 1616 SF.EXTLOD

SUM OF EXTERNAL LOADS:
=====
LOADSET POSITION TR X TR Y TR Z RO X RO Y RO Z
1 0.1400D+08 0.0000D+00 -0.2912D+07 0.0000D+00 0.2304D+08 0.0000D+00

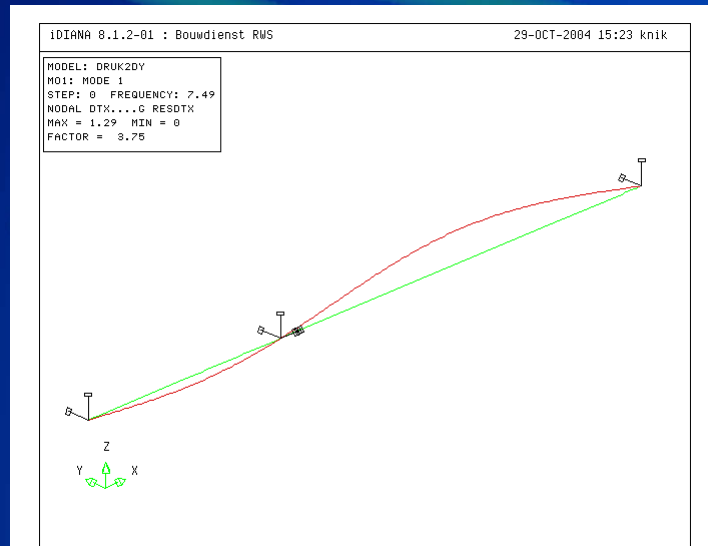
ORDER METHOD METIS
FACTORIZATION SIMULATED: DIM=1608 NNZ(MAT)=30386 NNZ(LUJ)=23629
DECOMPOSITION EXECUTED : DIM=1608 SD=7452.72 HD=4.78563E+06
SOLVE: RES=0.12E-02(0.89E+08) REDUCTION RES=0.14E-10 NI= 1
STRESS STIFFNESS STORED
DISP-FIELD INITIALIZED
ELEMENT-DATA INITIALIZED

ORDERING ALGORITHM IS NESTDS
DECOMPOSITION SIMULATED: MB= 20 NQ= 1608 ND= 1616 NG= 103
FLOPS= 239255. PROFIL= 26629.( 29468.)
RMS= 17.
DECOMPOSITION EXECUTED : SD= 0.61374D+08 HD= 0.32953D+14
0 1 EIGENVALUES FOUND AFTER 5 ITERATIONS
0 BUCKLING-VALUES: 0.74911D+01( 1)
0 GENERALIZED MASS : 0.40085D+07( 1)
0 RELATIVE ERROR ||R|| / ||Kx||: 0.72437D-04( 1)
FEMVIEW file DRUK2DY.V64 opened
/DIANA/DCIEND 14:05:31 5.22-CPU 0.52-IO 515-FA STOP

```

14

Femview



15

Knikfactor(en)

- Ligger 2 steunpunten, zwakke as
theoretisch: $\text{Freq} = F_E / N = 3.1$
DIANA: $\text{Freq} = 3.1$
- idem, sterke as: $\text{Freq} = 4.2$ om 4.4
- Ligger 3 steunpunten, zwakke as $\text{Freq} = 4.6$
- idem, sterke as $\text{Freq} = 6.3$
- Ligger 3 steunpunten, zwakke as,
verlopende doorsnede $\text{Freq} = 5.0$
- idem, sterke as $\text{Freq} = 7.5$
- incl. e.g.-balk en M-tui $\text{Freq} = \text{ongewijzigd}$

Vervolg berekening

En dan?

Toetsen vlgs. de TGB1990 staalconstructies

Op druk en buiging belaste staven

Aantonen dat aan 2 voorwaarden is voldaan:

$$1.1 \cdot \frac{N_{c;s;d}}{\omega_{y;buc} \cdot N_{pl;d}} + 1.1 \cdot \frac{M_{y;equ;s;d}}{M_{y;u;d}} \leq 1$$

ω_{buc} afh. rel. stijfh. λ

$\lambda = \sqrt{N_{pl} / F_E}$

$F_E = \text{freq} \cdot N$

$$1.1 \cdot \frac{N_{c;s;d}}{\omega_{z;buc} \cdot N_{pl;d}} + 1.1 \cdot \frac{M_{y;equ;s;d}}{M_{y;u;d}} \leq 1$$

17

Vervolg berekening II

- Met DIANA-som gevonden dat de drukbalk een 1.6 maal grotere kniklast kan hebben t.o.v. de eerste theoretische handsom;
- Unity Checks zijn hierdoor 15% lager;
- Met het achterveld er bij blijkt Eulerse knikkracht 75% van inklemming.

18

Conclusie/aanbevelingen

- De voorgestelde drukbalk voldoet v.w.b. globale stabiliteit;
- Lokale stabiliteit nog controleren met schaal-elementen-model;
- Alleen een DIANA-som is niet voldoende;
- Tracht in de voorontwerpfase zo simpel mogelijk te modelleren, vanwege mogelijke geometriewijzigingen.

19

Einde presentatie DOV



20