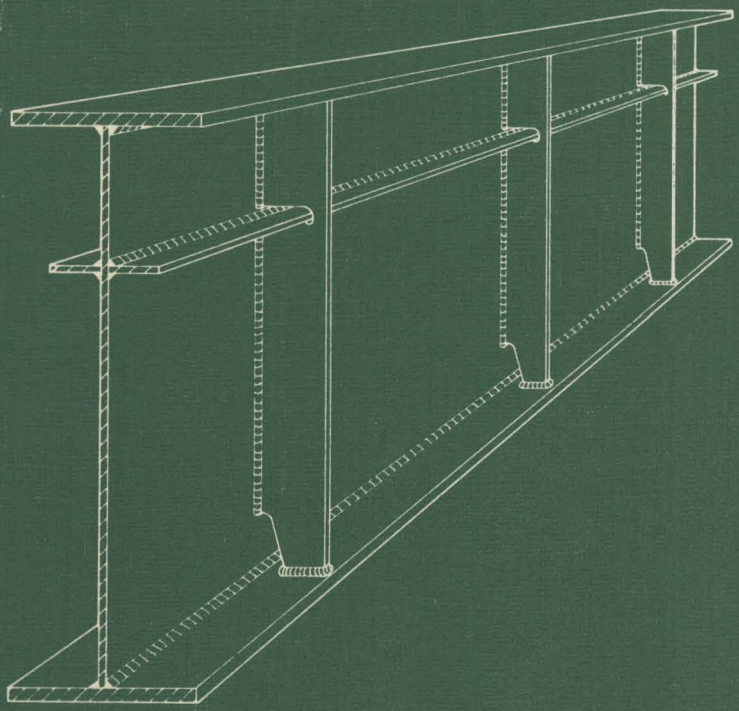
Kjeld Thomsen

STÅLKONSTRUKTIONER
MASSIVE DRAGERE



Polyteknisk Forlag

Kjeld Thomsen

STÅLKONSTRUKTIONER
MASSIVE DRAGERE

4. udgave

Polyteknisk Forlag

Stålkonstruktioner
Massive dragere

Copyright © 1990 by Kjeld Thomsen and Polyteknisk Forlag

1. udgave, 1970
2. udgave, 1975
3. udgave, 1984
4. udgave, 1990
1. udgave, digital version 2013 – ingen ændringer i forhold til 4. udgave, 1990

Alle rettigheder forbeholdes. Mekanisk, fotografisk eller anden gengivelse af denne bog eller dele heraf er kun tilladt i overensstemmelse med overenskomst mellem Undervisnings-ministeriet og Copy-Dan. Enhver anden udnyttelse uden Polyteknisk Forlags skriftlige samtykke er forbudt ifølge gældende dansk lov om ophavsret.

Bogen er trykt I offset hos AiO Tryk as

Printed in Denmark 1990

E-bog 978-87-502-1080-1

Polyteknisk Forlag
Anker Engelundsvej 1
2800 Lyngby
www.polytekniskforlag.dk

FORORD 2.UDGAVE

Den foreliggende bog er udarbejdet med henblik på undervisningen i stålkonstruktioner ved Danmarks Tekniske Højskole og erstatter den tidligere udgave fra 1970 med samme titel.

I denne 4. udgave er foretaget mindre rettelser og tilføjelser.

I overensstemmelse med de nye stålnormer, DS 412, er det tekniske enhedssystem erstattet med SI-enheder, jævnfør appendix 1.

Civilingeniør Poul Thomsen takkes for kritisk gennemlæsning af manuskriptet.

Endvidere takkes ingeniørassistent B. Leisten, der har ydet værdifuld hjælp med figurer.

Laboratoriet for bærende konstruktioner
Maj 1975
Kjeld Thomsen.

FORORD 3.UDGAVE

I den foreliggende 3.udgave er der foretaget en del rettelser og tilføjelser, herunder en a'jourføring til den ny stålnorm DS 412, udgave 1983.

København. Juli 1983

Kjeld Thomsen

FORORD 4. UDGAVE

I den foreliggende 4. udgave er kun foretaget mindre rettelser og tilføjelser.

København. Juli 1989

Kjeld Thomsen

INDHOLDSFORTEGNELSE

Side

3. MASSIVE DRAGERE 7

3.0. INDLEDNING 7

3.1. PLADEDRAGERE 9

3.1.1 ALMENT 9

3.1.2 TVÆRSNITSUDFORMNING 17

3.1.3 TVÆRSNITSVARIATION 32

3.1.4 SPÆNDINGSBESTEMMELSE 38

3.1.4.1 Parallelflangede dragere. Bøjning og forskydning 38

3.1.4.2 Parallelflangede dragere. Vridning 46

3.1.4.3 Dragere med variabel højde. 67

3.1.4.4 Plankrumme dragere 74

3.1.4.5 Punktbelastning i kroppladens plan. 76

3.1.4.6 Punktbelastning på flangerne 80

3.1.4.7 Høje pladedragere 85

3.1.4.8 Pladedragere med brede flanger. 85

3.1.5 NEDBØJNINGER 91

3.1.6 STABILITET 95

3.1.6.1 Alment 95

3.1.6.2 Foldning af kroppladen 100

3.1.6.3 Foldning af flangen 170

3.1.6.4 Kipning 177

3.1.6.5 Eksempler 193

3.1.7 BÆREEVNE. 200

3.1.7.1 Alment 200

3.1.7.2 Flydebæreevne 201

3.1.7.3 Det overkritiske område 208

3.2. HYBRIDDRAGERE 231

3.2.1 ALMENT 231

3.2.2 BØJNING 233

3.2.3 FORSKYDNING 237

3.2.4 BØJNING OG FORSKYDNING 237

Side

3.2.5 NEDBØJNINGER 237

3.2.6 STABILITET 238

3.3. KASTELLEREDE DRAGERE 241

3.3.1 ALMENT 241

3.3.2 SPÆNDINGSBESTEMMELSE. 246

3.3.3 NEDBØJNINGER 251

3.3.4 STABILITET 252

3.4. SAMVIRKE-DRAGERE AF STÅL OG BETON 255

3.4.1 ALMENT 255

3.4.2 STATISK VIRKEMÅDE 258

3.4.3 SPÆNDINGSBESTEMMELSE. 265

3.4.3.1 Bogstavsymboler 265

3.4.3.2 Spændingsbestemmelse ved korttidsbelastning 266

3.4.3.3 Temperaturspændinger i statisk bestemte dragere . .. 269

3.4.3.4 Krybning. 270

3.4.3.5 Svind. 271

3.4.3.6 Spændingsbestemmelse under hensyn til krybning og svind 273

3.4.4 NEDBØJNINGER 285

3.4.5 BÆREEVNE. 286

3.4.6 FORBINDELSE MELLEM BETONPLADE OG STÅLDRAGER.. 289

3.5. PREFLEX-DRAGERE 303

3.5.1 ALMENT 303

3.5.2 STATISK VIRKEMÅDE 307

3.5.3 SPÆNDINGSBESTEMMELSE. 308

3.5.4 NEDBØJNINGER 308

LITTERATURFORTEGNELSE 311

3. MASSIVE DRAGERE

3.0. INDLEDNING

Massive dragere er karakteriseret ved at forbindelsen mellem dragerflangerne består af en eller flere som regel ubrudte plader, kroppladerne, til forskel fra gitterdragere, hvor forbindelsen mellem dragerflangerne er etableret gennem et udfyldningsgitter.

Statisk set har kroppladerne primært samme funktion som udfyldningsgitteret, nemlig at etablere en forskydningsstiv forbindelse mellem træk- og trykflange. Kroppladen i massive dragere indgår dog også effektivt i dragertværsnittet ved optagelse af momenter og normalkræfter.

I denne fremstilling er udover svejste pladedragere behandlet de beslægtede massive dragerformer: Hybriddragere, kastellerede dragere, samvirke-dragere af stål og beton og preflex-dragere.

Styrkeberegningen er baseret på den tekniske elasticitetslære suppleret med en generel behandling af flyde- og brudfænomener.

Fremstillingen er fortrinsvis dimensionsløs, således at den praktiske anvendelse af kurver og tabeller som helhed er normuafhængig.

Stabilitetskriterier er baseret på resultater udledt ved hjælp af elasticitetsteorien for små udbøjninger, der stadig er det eneste rationelle grundlag for en behandling af stabilitetsfænomener i pladedragere. På den anden side viser forsøg, at denne fremgangsmåde, hvor det drejer sig om lokal instabilitet, er meget konservativ. Det er derfor rimeligt at regne med væsentligt lavere sikkerhedstal mod lokal instabilitet end mod flydning. Dette kommer bl.a. til udtryk ved, at lokal instabilitet af delfelter behandles som anvendelsessvigt i nyere normer, hvori anvendes partialsikkerhedssystem, medens svigt af totalfelter betragtes som bæreevnesvigt.

Der er udfoldet store bestræbelser i det sidste årti på at opstille rationelle beregningsmetoder til bestemmelse af pladedrageres virkelige bæreevne med en nuanceret hensyntagen til geometri og afstivningsarrangement. Den eksperimentelle underbygning og tilgængelige metoder er dog stadig begrænsede, især for dragere med kompliceret opbygning af kroppladens afstivninger. Bæreevneproblemet er behandlet

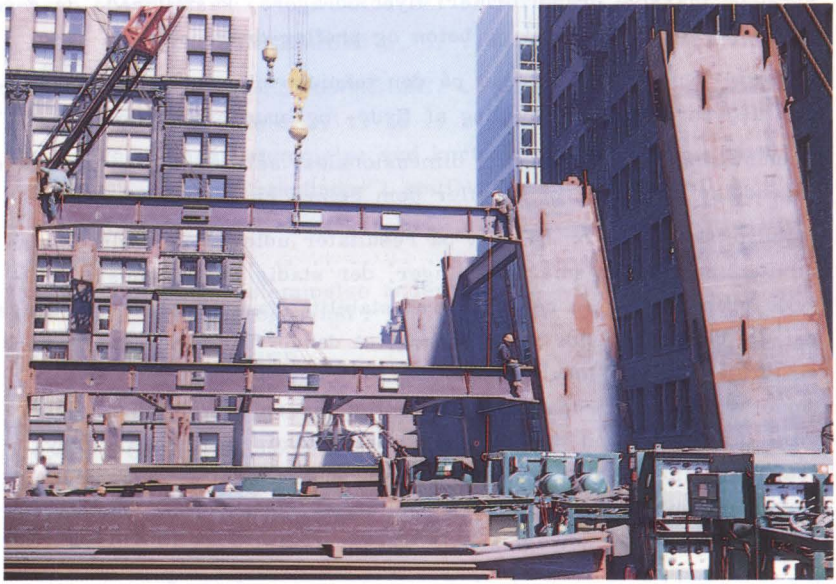
for pladedragere med enkelt udformede afstivningsarrangementer i den udstrækning, hvor en eksperimentel underbygning foreligger.

En udnyttelse af pladedrageres flydebæreevne stiller skærpede krav til den geometriske udformning og til afstivningsarrangementet, idet såvel flanger som kropplade skal være stabile i det plastiske område.

Spørgsmålet om massive drageres udmattelsesstyrke er kun berørt i forbindelse med en diskussion af den konstruktive detailudformning.

Den detaillerede behandling af dette problem i relation til den svejsetekniske detailudformning, konstruktiv kærvdannelse, egenspændinger og lastspektrum er imidlertid integreret i stålnormen DS 412.

Egenspændingsfænomener i pladedragere, der er en følge af fremstillingsprocessen, er omtalt i den udstrækning, de har betydning for flangernes stabilitet.



Figur 3.1.1.1