

# Statiske beregninger

– metode og dokumentation

**Bjarne Chr. Jensen**



*Nyt Teknisk Forlag*

# Statiske beregninger

- metode og dokumentation

*af* Bjarne Chr. Jensen



*Nyt Teknisk Forlag*

**Statiske beregninger**  
– metode og dokumentation

1. udgave

© Nyt Teknisk Forlag 2003

Forlagsredaktion: Thomas Rump, [tr@nyttf.dk](mailto:tr@nyttf.dk)

Omslag: Henning Munk

Omslagsfoto: Tom Ingvarsdén

Tegninger: Per Diemer. Modelbygningen er tegnet af  
lektor, arkitekt maa Jørgen Lohmann Rasmussen

Dtp: Akademisk Afskrivnings Anstalt

e-ISBN-13: 978-87-571-3218-2

Bestillingsnummer: 44025-1

Mekanisk, fotografisk, elektronisk eller anden  
gengivelse af denne bog eller dele heraf er ikke  
tilladt ifølge gældende dansk lov om ophavsret.  
Alle rettigheder forbeholdes.

Nyt Teknisk Forlag  
Bastbygningen  
Ingerslevsgade 44  
1705 København V  
[info@nyttf.dk](mailto:info@nyttf.dk)

[www.nyttf.dk](http://www.nyttf.dk)

---

# Forord

Denne udgivelse har til formål at vise et eksempel på, hvorledes statiske beregninger for et bygværk kan opstilles på en logisk og overskuelig måde.

Opstillingen er foretaget ud fra et eksempel på et simpelt byggeri, der dog ikke er fuldstændig gennemregnet. I de enkelte afsnit er beregningerne påbegyndt, hvorefter der med kursiv er beskrevet, hvad afsnittet generelt bør indeholde.

Udgivelsen forventes at blive en del af en lærebog for statiske beregninger af bygningskonstruktioner, der har den foreløbige arbejdstitel: "Bygningskonstruktioner efter DS 409 og DS 410".

Når "Statiske beregninger" udsendes nu, skyldes det en efterlysning i ugebladet Ingeniøren af en ensartet måde at præsentere statiske beregninger på.

Endelig vil jeg gerne takke mine kollegaer, lektor, arkitekt maa Jørgen Lohmann Rasmussen og lektor, ingeniør Bent Bonnerup fordi de med meget kort varsel har dels tegnet figuren af modelbygningen, side 8 og 9, og dels har kontrolleret beregningerne.

Ingeniørhøjskolen Odense Teknikum  
Februar 2003

Bjarne Chr. Jensen

# Indhold

Baggrund *5*

Modelbygning *8*

Statiske beregninger – et eksempel *11*

1 Indledning *12*

2 Beregningsforudsætninger *12*

3 Materialer *13*

4 Laster *15*

5 Lastkombinationer *19*

6 Det bærende hovedsystem *20*

7 Det afstivende system *20*

8 Statiske beregninger *21*

9 Underskrift *35*

10 Bilag *35*

# Baggrund

Statiske beregninger har til formål at dokumentere at et bygværk har tilfredsstillende sikkerhed i brud- og anvendelsesgrænsetilstanden. Brudgrænsetilstanden gennemregnes ret detaljeret med sædvanlige ingeniørmæssige tilnærmelser (f.eks. hvis en række ens søjler er forskelligt belastede, gennemregnes kun de farligste lastkombinationer og ikke alle lastkombinationer for alle søjler). For anvendelsestilstanden beregnes kun konstruktionsdele, der vurderes udsatte for særligt store deformationer.

En klar og logisk opstilling af statiske beregninger har betydning, idet beregninger skal kunne:

- kontrolleres ved egen projektkontrol
- kontrolleres af myndighederne (ofte stikprøvevis).

Derudover er klarhed og logik en stor hjælp for den (eller de) der udfører beregningerne, især ved mere komplicerede bygværker. Det er naturligvis vigtigt at den eller de, der udfører beregningerne, ikke mister overblikket. Især ved store projekter, hvor flere er involveret i beregningerne, er det nødvendigt, at de nedbrydes i overskuelige delberegninger.

Ud over disse primære funktioner vil der også være andre tilfælde, hvor der er bud efter beregningerne, f.eks.:

- I forbindelse med selve byggeriet, vil der ofte opstå projektændringer eller ønsker om sådanne fra byggepladsen. Her er det vigtigt med klare og overskuelige beregninger, der muliggør et hurtigt svar – også i tilfælde, hvor svar må gives af en anden person, end den der har foretaget beregningerne. Man må huske, at det er dyrt at ligge stille med byggepladsen eller dele af denne.
- Ved eventuelle senere ombygninger vil beregningerne atter skulle anvendes, ofte af personer, der ikke har medvirket i den oprindelige projektering.

I det efterfølgende gives et eksempel på opstilling af statiske beregninger, således som de normalt formuleres, når de sendes til myndigheder og gemmes i eget arkiv. Beregningerne er opstillet for et tænkt,

simpelt byggeri og de er ikke fuldstændigt gennemført. Derimod er der under de enkelte afsnit anført kommentarer, der ikke hører med til beregningerne. Disse kommentarer er skrevet med kursiv.

### **EDB-beregninger**

Et specielt problem er statiske beregninger udført med EDB. Det er meningsløst blot at indsætte EDB-udskrifter uden en omhyggelig forklaring på indgangsdata og resultater. En farbar fremgangsmåde er ofte at samle EDB-beregninger i bilag og i selve beregningerne at medtage en beskrivelse af beregningsprincippet, opstilling af indgangsdata og udtræk af resultaterne ofte i skemaer med indgangsdata og resultater.

### **Leverandørberegninger**

Et andet særligt problem er leverandørberegninger. Ved en række leverancer kan man med fordel overlade beregningerne til leverandøren. Dels er de specialister inden for deres område, og dels er der forskelle på produkterne fra de enkelte leverandører. På projekteringstidspunktet kendes leverandøren måske ikke, dvs. den projekterende kan alligevel ikke være sikker på, at hans beregninger vil være dækkende.

Væsentligt i denne forbindelse er at sikre, at leverandøren får de korrekte oplysninger om laster og understøtningsforhold. Normalt vil leverandøren kun kunne beregne sine konstruktioner for lastkombinationerne 1 og 2.1, dvs. i anvendelsestilstanden og den traditionelle brudberegning. Især lastkombination 2.3 (bygningens stabilitet) og diverse former for ulykkeslast, inklusive robusthedskrav må den projekterende normalt selv klare.

I forbindelse med ansøgning om byggetilladelse vil leverandørberegningerne sjældent foreligge, da leverandøren ikke kendes endnu. Det betyder, at de som regel må eftersendes. Når leverandørberegningerne foreligger, skal den projekterende foretage kontroller. Normalt ikke en detaljeret kontrol, men han skal sikre, at alt er beregnet og kontrolleret af leverandøren. Herefter sikres, at leverandørens indgangsdata er korrekte, og at resulterende kræfter svarer til de, den projekterende har anvendt i sit projekt. Det kan ikke udelukkes, at leverandørberegninger kræver nye beregninger af den projekterende, fordi hans resultater afviger en del fra den projekterendes forudsætninger.

## Ansvar for beregningerne

Som udgangspunkt har en bygherre ansvaret for, at det han lader bygge, er lovligt. Traditionelt køber han nogle til at overtage dette ansvar, typisk en rådgiver eller en entreprenør – her blot kaldet den projekterende

Den projekterende kan så lade dele af ansvaret flytte over til en leverandør, jf. foregående afsnit. Det vil naturligvis afhænge af de konkrete kontrakter, hvor stor en del af ansvaret, der er flyttet til leverandøren. Klare og tydelige grænser er imidlertid vigtige, for at der ikke er ting, der falder mellem stole.

Den projekterende skal sikre, at alt er beregnet, at den overordnede statik (statisk model, randbetingelser og laster) er på plads, at stabiliteten er i orden, at eventuelle ulykkeslaste er indregnet og at robusthedskrav er opfyldte.

Bemærk i denne forbindelse, at godkendelse af beregninger hos myndigheder ikke fjerner noget som helst af ansvaret fra den projekterende.

Nærværende få bemærkninger skal på ingen måde gøre det ud for en juridisk kortlægning af byggeriets ansvarsforhold, blot er nævnt den traditionelle måde ansvaret for de statiske beregninger er opbygget på. Men har den projekterende skrevet kontrakt om at projektere et byggeri, er det altså den projekterende, der har ansvaret. I en konkret sag er det muligt for ham at købe andre (f.eks. leverandører til at overtage dele af ansvaret). Forsvinder leverandøren fra markedet – eller har leverandøren ikke økonomi til at bære sit ansvar, så sidder den projekterende tilbage med ansvaret i tilfælde af problemer med statikken.

## Det gennemregnede projekt

I det følgende udføres forskellige beregninger for en tænkt bygning som vist på efterfølgende figur. Beregningerne udføres realistiske, men på en forenklet bygning.

- Bygningen er på 4 etager, der alle anvendes til bolig. Der er ikke regnet med altaner og i trapperum regnes blot med boliglast.
- Byggeriet er et betonelementbyggeri med huldækelementer der spænder på langs ad bygningen og er 220 mm tykke. Vægge, der bærer dækelementer, er alle 180 mm tykke.
- Taget er tegtag på gitterspær, der hviler på dæk over øverste etage.
- Byggeriet er placeret i et forstadsområde med et terræn, der ikke varierer særligt voldsomt.