

## ELEMENTTUNNELER

## INDHOLD

1	Klassificering af brotyper	1
1.1	Elementtunneler	1
2	Skema med resultater	4
3	Eksempel	4
4	Beregningsforudsætninger	4
4.1	Normer	5
4.2	Broens tilstand	6
4.3	Statisk model	6
4.4	Belastninger	6
4.5	Materialeparametre	7

## 1 Klassificering af brotyper

Der er gennem årene anvendt et antal standardbrotyper. Vejdirektoratet har fremsat ønske om, at nogle af disse brotyper klassificeres. Der fokuseres alene på broer, som er projekteret efter normen fra 1964 eller ældre. Dvs. broer der er bygget ca. midt i 1970'erne eller tidligere.

Dette notat omhandler element stitunneler.

### 1.1 Elementtunneler

Elementtunnelerne er udført som prefabrikerede jernbetonelementer. Tunnelen findes i 4 forskellige varianter; R-3, R-4, R-5 og R-6, hvor tallet svarer til tunnelens

PROJEKTNR.	A058431
DOKUMENTNR.	A058431-06
VERSION	1
UDGIVELSESDATO	28. jan. 2015
UDARBEJDET	DLR
KONTROLLERET	PLI
GODKENDT	DLR

spændvidde. Desuden optræder der forskellige jorddækker over tunnelen.

Tunnelen findes i to versioner med hhv. skrå og lige vægge. Beregningerne er udført på varianten med skrå vægge, idet denne type har den største spændvidde og resultaterne dermed er på den sikre side.

Hver af de fire typer gennemregnes med hhv. 0,5m, 1,0m, 1,5 m og 2,0m jorddække. For hver bro og jordlag er de 5 broklasser beregnet.

Normalklassen: Køretøjet kan frit passere broen uden nogen form for restriktioner

Betinget klasse 1: Kørsel skal finde sted indenfor kørebanen i eksisterende vognbaner

Betinget klasse 2: Som betinget klasse 2 med reduceret hastighed for det tunge køretøj på maks. 10 km/t (Stødfaktor = 1,0)

Betinget klasse 3: Broen er lukket for øvrig trafik og det tunge køretøj er eneste køretøj på broen og kører i særligt udpeget spor og med reduceret hastighed på maks. 10 km/t.

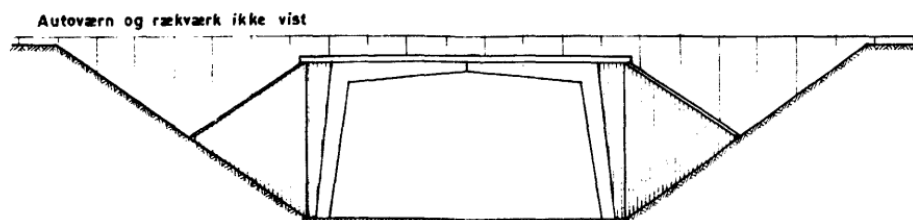
Betinget klasse 3A: Som betinget klasse 3, men broen er kun lukket for øvrig trafik i kørselsretningen. (Kun relevant for broer med mindst to kørebaner i hver retning, f.eks. motorvejsbroer). (Beregnes ikke, er lig betinget klasse 3).

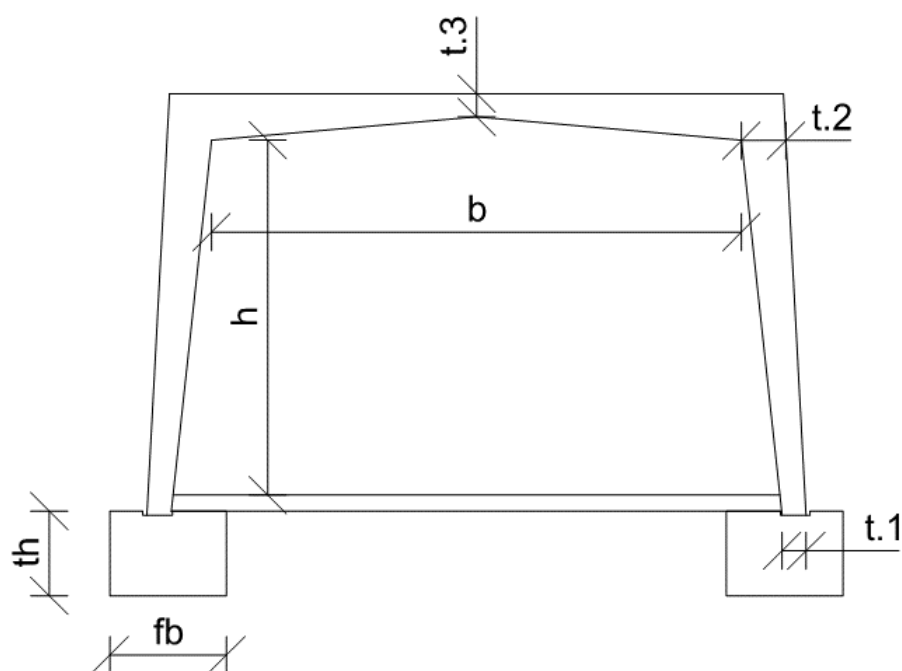
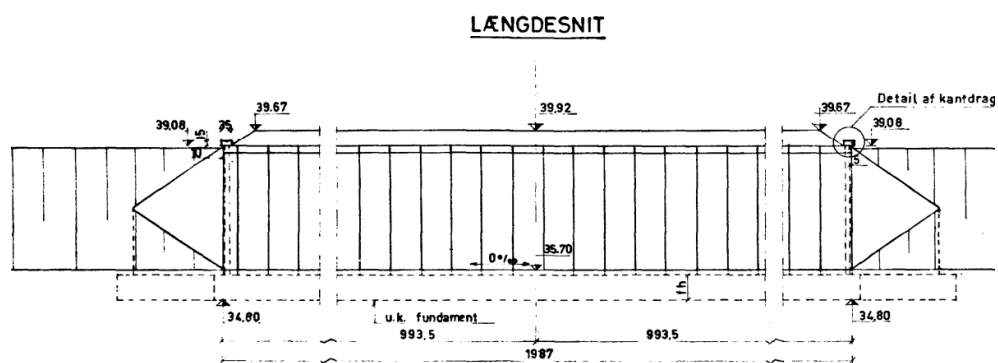
For den aktuelle brotype, som her klassificeres, bliver

- > Betinget passage 1 = Normal passage
- > Betinget passage 3a = Betinget passage 3

Det er valgt ikke at beregne for broklasser større end 200.

### FACADE





Figur 1. Elementtunnel.

Mål (m)	R 3	R 4	R 5	R 6
b	3,00	4,00	5,00	6,00
h, max	3,50	3,50	3,50	3,50
t.1	0,23	0,23	0,23	0,23
t.2	0,30	0,35	0,42	0,48
t.3	0,22	0,22	0,22	0,22
fb	1,10	1,10	1,10	1,10
fh	0,80	0,80	0,8	0,8
a	0,52	0,52	0,52	0,52

Tabel 1. Geometriske mål for de 4 tunneltyper.

## 2 Skema med resultater

I nedenstående skema er vist de beregnede broklasser for de fire typer.

Brotype	Jorddække udover belægning	Broklasse			
	[m]	Normal passage	Betinget 1	Betinget 2	Betinget 3
		Klasse	Klasse	Klasse	Klasse
R3	0,50	200*	200*	200*	200*
	1,00	200*	200*	200*	200*
	1,50	100	100	100	100
	2,00	100	100	100	100
R4	0,50	50	50	50	50
	1,00	150	150	150	150
	1,50	200	200	200	200
	2,00	200	200	200	200
R5	0,50	50	50	50	50
	1,00	175	175	175	175
	1,50	175	175	200	200
	2,00	175	175	200	200
R6	0,50	200	200	200	200
	1,00	200	200	200	200
	1,50	200	200	200	200
	2,00	200	200	200	200

Tabel 2. Beregnede broklasser. \* Tunnelens indvendige højde må ikke overskride 2,45 m.

Beregningerne er udført på basis af en række antagelser, som det skal sikres er opfyldt for den enkelte bro, for at ovenstående skema med broklasser kan benyttes. Antagelserne fremgår af kapitel 4.

## 3 Eksempel på anvendelse af beregnede broklasser

Bro Type: R4

Tykkelse af jordfyld: 1,25 m

Beregning af klasser:

Normal klasse:

Klasse 1,0 m jordfyld: 150

Klasse 1,5 m jordfyld: 200

Aktuel klasse:  $\frac{1}{2}(150 + 200) = 175$

På tilsvarende vis beregnes de betingede klasser.

## 4 Beregningsforudsætninger

Efterfølgende er de væsentligste beregningsforudsætninger listet. Beregningsforudsætninger er beskrevet mere detaljeret efterfølgende.

Tilstand	Der må ikke være skader, de har indflydelse på bæreevnen
Vandtryk	Der er ikke regnet med vandtryk
Fundering	Funderingsbæreevnen er ikke inkluderet
Statisk model	2D model.
Undersøgte snit	Brodæk v. rammehjørne Topcharnier i brodæk Væg v. rammehjørne Midte af væg
Lastkombinationer	Undersøgelser er udført i brudgrænsetilstanden for lastkombination 6.10b-1. Konsekvensklasse CC3: $K_{fi} = 1,1$
Min. betonstyrke	$\sigma_B = 300 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma_T = 240 \text{ kg/cm}^2$ Blandingsforh.: 1:2:3 $f_{ck} \approx 20 \text{ MPa}$
Armeringsstyrke	$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$
Kontrolklasse	Normal

## 4.1 Normer

Beregningerne er udført i henhold til:

- /1/ Broer, Vejledning til belastnings- og beregningsgrundlag. Vejdirektoratet juli 2010 (benævnes kort "VBB")
- /2/ DS/EN 1991-2, 2003+AC2010: Trafiklast på broer samt tilhørende nationalt anneks
- /3/ Annex A: Lastmodeller for klassificering af 1. juni 2013 (tillæg til DS/EN 1991-2)
- /4/ DS/EN 1992-1-1, 2005+AC 2010: Betonkonstruktioner. Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner samt tilhørende nationalt anneks.
- /5/ DS/EN 1992-2, 2005+AC 2008: Betonbroer, dimensionerings- og detaljeringsregler samt tilhørende nationalt anneks.

## 4.2 Broens tilstand

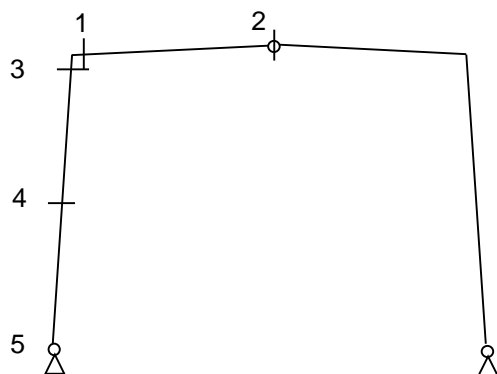
Det er forudsat, at broen er i en god tilstand, hvor der ikke er skader, der har betydning for broens bæreevne f.eks. korroderet armering eller større betonskader.

## 4.3 Statisk model

Beregningerne er udført ved anvendelse af lineær elastisk 2D modeller med charnier ved ramme fod samt i midten af plade.

Følgende snit er undersøgt:

- 1 Brodæk ved rammehjørne
- 2 Topcharnier i brodæk
- 3 Væg ved rammehjørne
- 4 Midte af væg (værste snit i væghøjden).



Figur 2. Statisk system

Funderingens bæreevne er ikke inkluderet i beregningerne. Seneste generaleftersyn skal bese med henblik på at vurdere, om der er konstateret sætningsproblemer på bygværket. Hvis dette er tilfældet, skal der suppleres med en beregning af funderingsbæreevnen.

## 4.4 Belastninger

### Egenvægt:

Specifik tyngde: 25 kN/m<sup>3</sup>

Der regnes med et jorddække på hhv. 0,5 m / 1,0 m / 1,5 m / 2,0 m og her udover 0,15 m vejbelægning

Specifik tyngde, jord: 18 kN/m<sup>3</sup>

Specifik tyngde, belægning: 23 kN/m<sup>3</sup>

### Vandret jordtryk og vandtryk:

Der regnes med jordtrykoefficient i ULS. Der regnes med vandret jordtryk på begge vægge i tunnelen. Dette antages at være acceptabel, idet der er tale om en ældre konstruktion, hvor det må forventes, at jorden er i kontakt med tunnelens sider.

Vandtryk fra grundvand medregnes ikke, idet det er forudsat, at dræn er velfungerende ift. en brudsituation (ULS). Konstruktioner, der står under grundvand, er således ikke omfattet af denne analyse.

#### 4.4.1 Lastkombinationer

Der beregnes alene i brudgrænsetilstanden for lastkombinationer iht. VBB /1/ Tabel B3.1.

Konsekvensklasse:

Broen regnes i konsekvensklasse CC3:  $K_{f1} = 1,1$

### 4.5 Materialeparametre

#### 4.5.1 Beton

Der regnes med beton trykstyrke på  $\sigma_B = 300 \text{ kg/cm}^2$  omregnet til en 5% fraktil svarende til  $f_{ck} = 19,2 \text{ MPa}$ .

$$\gamma_C = 1,45$$

Det bemærkes, at betonstyrken i visse tilfælde kan være større end ovennævnte, hvilket dog ikke er taget i betragtning i nærværende klassificering.

#### 4.5.2 Armering

Jf. tegning er styrken angivet til:

$$f_{yk} = 550 \text{ MPa}$$

Hovedarmering

$$f_{yk} = 235 \text{ MPa}$$

Nålebøjler

$$\gamma_S = 1,20 \times \gamma_3 = 1,2 \times 1,0 = 1,2$$

Idet der regnes med normal kontrolklasse.