

Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

Membraner

Bach, Finn

Publication date:
2009

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (APA):

Bach, F. (2009). *Membraner: Noter til bærende konstruktioner*. (1 udg.) Kunstakademiets Arkitektskole, Institut for Teknologi. Noter om bærende konstruktioner

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Noter om
Bærende konstruktioner



Membraner

Finn Bach, december 2009

Institut for Teknologi
Kunstakademiets Arkitektskole

Statisk virkemåde

En membran er et fladedannende konstruktionselement, der i lighed med et tov har den statiske egenskab, at den ikke yder modstand mod at blive bøjet eller sammentrykket. *Membranen kan alene modstå trækkræfter.*

Idet membraner danner flader, er de i stand til at modstå trækkræfter i alle retninger, i modsætning til tove, der kun kan modstå trækkræfter i tovets retning.

Fig. 1 viser et element, skåret ud af en membran og påvirket af belastning vinkelret på membranen. Elementets nedhæng betyder, at membranen krummer i to på hinanden vinkelrette retninger.

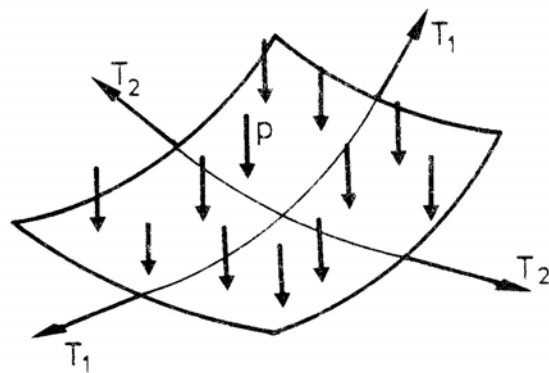


Fig. 1 Tovvirkning i en membran.

Membranelementet kan betragtes som skæringsarealet mellem to tove, hvor hvert tov bærer en del af lasten. Tovvirkningen i de to på hinanden vinkelrette retninger er altså betinget af de geometriske karakteristikkere ved membranen som kaldes *krumninger*.

Forskydningsvirkning, torsion

En membran er imidlertid udover tovvirkningen også i stand til at optage last ved en forskydningsvirkning i membranfladen. Denne virkning er analog til den vridningsvirkning, der udover bjælkevirkningen, opstår i en plade på grund af dennes todimensionale karakter.

Forskydningsvirkningen er forbundet med en anden geometrisk karakteristik ved membranen, nemlig dennes *torsion*. Fig. 2 viser et rektangulært element af membranen. I almindelighed er de fire sider ikke parallelle to og to, men vindskæve i rummet. Hældningsændringer pr længdeenhed i en retning vinkelret på hældningens retning kaldes *fladens torsion*.

De to par forskydningskræfter langs siderne af ethvert membranelement har retninger og størrelser, som sikrer elementets ligevægt over for rotation. Ændringen af hældningen mellem de modstående sider betyder imidlertid, at der samtidig opstår et overskud af opadrettede kræfter, se fig. 2. Dette overskud kan bære en del af den lodrette last, dvs. membranen bærer ved en forskydningsvirkning i dens egen flade.

Som bekendt (se notatet om bjælker) er forskydning i givne retninger statisk ækvivalent med tryk og træk i andre retninger. Dvs. bærekapaciteten ved forskydning i en membran kan kun udvikles i den udstrækning, at det til forskydningen svarende tryk ikke overskrider trækraften svarende til tovvirkningerne, idet membranen ikke kan modstå trykkræfter.

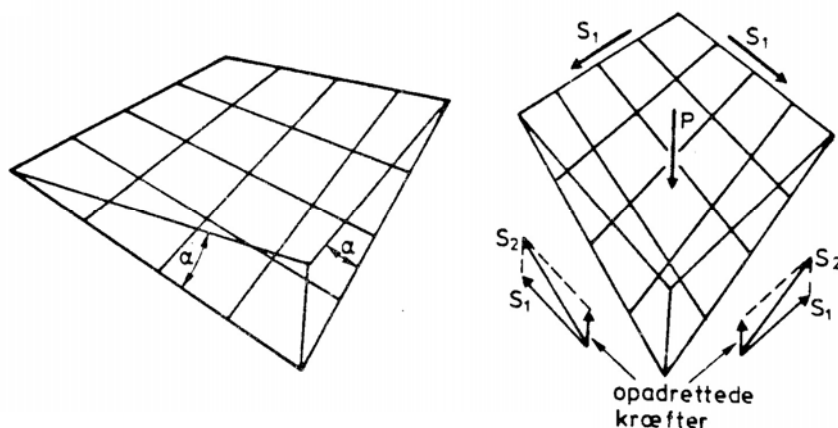


Fig. 2 Forskydningsvirkning i en membran.

Membranens bæremåder

Membraner bærer altså lasten uden at ændre form ved en kombination af følgende tre virkninger:

- *Tovvirkning som følge af krumningen i en retning,*
- *Tovvirkning som følge af krumningen i en retning vinkelret på den første og*
- *Forskydningsvirkning som følge af fladens torsion.*

Hvilken som helst af disse tre virkninger forsvinder, hvis den tilsvarende krumning eller torsion forsvinder.

I en kugle er krumningen den samme i alle retninger, og der forekommer ikke torsion i nogen retning. En kugleformet membran, påvirket af et indre tryk, bærer altså halvdelen af lasten ved tovvirkning i en retning og halvdelen ved tovvirkning i en retning vinkelret på den første. Intet af lasten bæres ved forskydningsvirkning.

I en cylinder er der ingen krumning i frembringerretningen. Et indre tryk i cylinderen bæres derfor udelukkende ved tovvirkning i ringretningen, idet der ingen torsion er efter de nævnte retninger. De indre kræfter i en kugle er altså kun halvt så store som i ringretningen af en cylinder med samme radius og udsat for samme tryk.

Når belastningen på en membran ændres, ændrer de indre kræfter i membranen sig også. Forudsat at der derved ikke opstår trykkræfter, behøver membranen ikke at skifte form for at bære den nye last. Medens en given tovpolygon eller -kurve kun kan bære en bestemt last uden at skifte form, kan den samme membranflade bære en hel række belastningsfordelinger, idet den kan omfordele lasten mellem de tre omtalte bæremåder.

En membran er altså mere stabil end et tov, selvom den er ustabil over for belastninger, som giver tryk i membranfladen. Over for sådanne belastninger skifter membranen form således, at belastningen igen kan bæres som trækkræfter.

Teltkonstruktioner

I almindelighed må membrankonstruktioner imidlertid stabiliseres, fortrinsvis fordi den aktive form for vandrette belastninger er forskellig fra den aktive form for lodrette belastnin-

ger. Dette kan gøres ved et indre skelet eller ved en forspænding af membranen ved hjælp af ydre kræfter. Membrankonstruktioner af denne type kaldes *teltkonstruktioner*.

Teltkonstruktionens opståen fortæner sig langt tilbage i fortiden. På hulemalerier helt tilbage til ca. 20.000 f. Kr. kan iagttages telte. Teltet har op gennem tiderne været anvendt til beboelse, og mange nomadestammer bor stadig i telt. I vore dage anvendes telte fortrinsvis til overdækninger af mere midlertidig karakter (eks. cirkustelte). Der er dog også flere eksempler på teltkonstruktioner af permanent karakter. Inden for dette felt bør nævnes den tyske arkitekt/ingeniør Frei Otto, der har konstrueret flere permanente teltkonstruktioner, f.eks. teltkonstruktionerne bygget i forbindelse med de olympiske lege i München, se fig.3,

En nyere teltkonstruktion er Millennium Dome i London, der kan betegnes som en kabel-ophængt membrankuppel, se fig. 4. Den overdækker et areal på ca. 80.000 m²



Fig. 3 Teltkonstruktion i München.



Fig. 4 Millennium Dome i London

Pneumatiske konstruktioner

Endelig skal det nævnes, at membraner også kan stabiliseres ved hjælp af en forspænding frembragt ved et indre overtryk. Membrankonstruktioner af denne type kaldes *pneumatiske konstruktioner*.

Et eksempel på denne konstruktionstype er de såkaldte boblehaller, der anvendes til sportshaller flere steder her i landet. Sådanne haller kan bæres af et ganske lille overtryk (10 kg/m^2). Man har beregnet, at ved anvendelse af kabelforstærkede membraner er det med vore dages teknologi teoretisk muligt at lave pneumatiske konstruktioner, der spænder ca. 2.000 m og overdækker ca. $2,5 \text{ km}^2$.