

Extensieloze vervorming van schaalconstructies

Schaalconstructies zijn heel stijf maar er is een uitzondering; de extensieloze vervorming. Hierbij buigt een schaal zonder dat ergens rek optreedt in het midden van de dikte. De dunne schaal gedraagt zich als een slappe op buiging belaste plaat. Dit is meestal ongewenst [1, blz. 109].

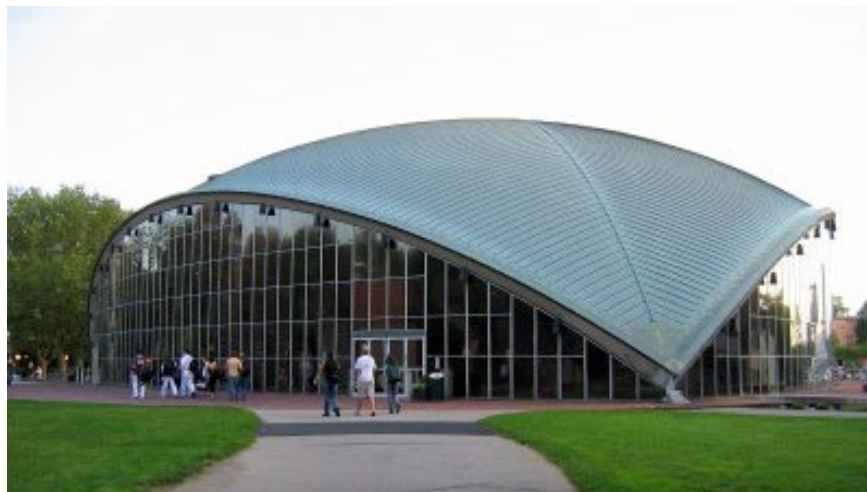
Er zijn geen ontwerpregels om extensieloze vervorming te voorkomen. Het lijkt erop dat de volgende regels waar zijn:

Voor bolvormige schalen mag de oplegging niet bewegen loodrecht op de schaal (hypothese 1).

Voor zadelvormige schalen mag de oplegging niet bewegen in het vlak van de schaal (hypothese 2).

Onderzoeksvragen

Zijn de hierboven geformuleerde ontwerpregels waar? Zijn ze duidelijk? Zo nee, hoe kunnen de regels aangepast worden zodat ze wel waar en duidelijk zijn?



Figuur 1. Voorbeeld van een schaaldak; Kresge auditorium MIT Boston

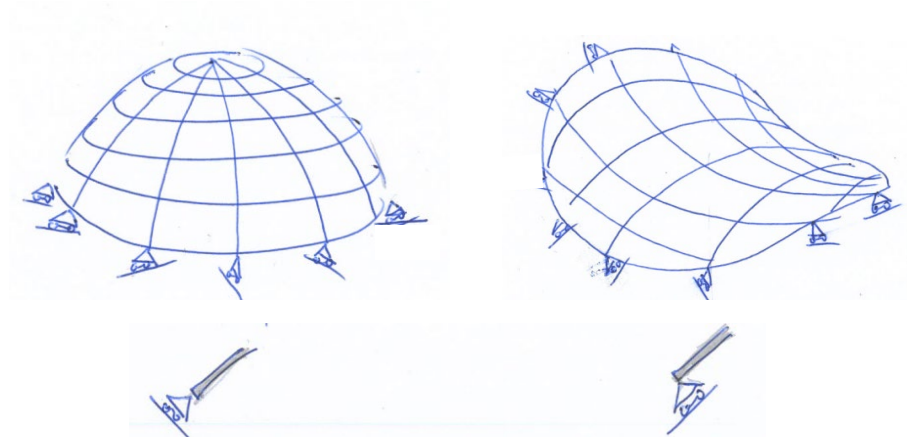
Aanpak

Er kan gekozen worden voor een analytische aanpak met wiskundige vergelijkingen, een aanpak met elementensoftware of een experimentele aanpak met schaalmodellen.

De analytische aanpak maakt gebruik van de Sanders-Koiter-differentiaalvergelijkingen. Er zijn algemene oplossingen beschikbaar voor verschillende schaalvormen [2] en het kan onderzocht worden voor welke randvoorwaarden deze oplossingen kunnen bestaan. Maple of Sympy kan hierbij van pas komen.

In de aanpak met elementensoftware worden verschillende modellen gemaakt in SCIA Engineer of in Ansys. In Ansys kan de berekening gescript worden waarbij de vorm en steunpunten exact kunnen worden ingevoerd. Alleen lineair-elastische berekeningen zijn nodig. Bij welke opleggingen is de schaal stijf en bij welke treden grote verplaatsingen op?

In de experimentele aanpak worden schaalmodellen gemaakt van papier, kunststof of andere buigbare materialen. Er is een werkplek en gereedschap in het StevinLab. Er is budget om materialen te kopen. Het doel is om de vervorming duidelijk zichtbaar te maken. Het eindproduct kan een opstelling zijn die gebouwd kan worden in een collegezaal of een video die gedraaid kan worden in een collegezaal.



Figuur 2. Opleggingen waarbij extensieloze vervorming wél mogelijk is

Literatuur

1. P.C.J. Hoogenboom, Notes on shell structures, reader Delft University of Technology, 2020, online: https://phoogenboom.nl/b17_schedule.html
2. H.W. Loof, Schalen I, collegedictaat b17a, 4de druk, TH Delft, 1984