

Summary Dutch

Huidige ontwerp problemen worden complexer wegens vergrootte economische en milieuvriendelijke invloed. Om deze te verlagen wordt het gebruik van minder materiaalgebruik gestimuleerd, hoewel de stijfheid en spanning niet in het geding mogen komen. Eindige elementen computerprogramma's met topologische optimalisatie kunnen gebruikt worden bij complexe minimalisatie problemen om materiaalgebruik te verminderen.

Het doel van deze studie is het ontwikkelen van een compacte optimalisatie script, welke gebruikt kan worden in Ansys. Ten eerste is een simpel en compact script ontwikkelt gebaseerd op compliantie. Verder is er een andere methode welke gebruik maakt van spanning geanalyseerd. Add-ons, welke het programma kunnen aanvullen, zijn onderzocht, waaronder: ongeoptimaliseerde delen, omtrek beheersing en compliantie niveau invoer. Alle methodes en add-ons zijn getest middels een simpel topologisch probleem en geëvalueerd onder de volgende criteria: calculatietijd, compliantie, gebruiksvriendelijkheid en interpreteerbaarheid. Na een proof of concept zijn alle methodes en add-ons getest op een praktijk voorbeeld: een 52,5 ton container kraan.

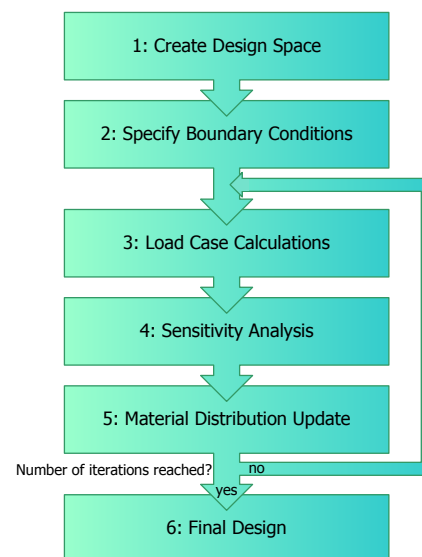
Het compacte topologische optimalisatie script voor gebruik in Ansys is gebaseerd op een materiaal verdeling methode. Het script zoekt naar een optimum gebaseerd op de stijfheidsfunctie. Wanneer een element verwijderd wordt uit de constructie, dan is de resulterende verandering in compliantie afgeleid van een gevoeligheidsanalyse, welke gebaseerd is op elastische energie. Elementen met lage elastische energie kunnen verwijderd worden zonder significante invloed op de gehele stijfheid te hebben. Om een optimale topologie te verkrijgen worden de stappen in figuur 1 doorlopen.

Naast de stijfheid bestaan er andere optimalisatie technieken welke de spanning optimaliseren. Een optimalisatie code is ontwikkeld voor spanning optimalisatie welke gebruik maakt van de Von Mises spanning. De op spanning gebaseerde methode levert minder praktische resultaten en hogere compliantie. Hoewel resultaten soms gelijkwaardig zijn, produceert de compliantie methode gelijke of hogere minimum spanningen en minimaliseert compliantie.

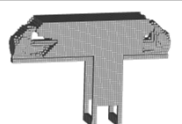
Naast het compacte programma, zijn add-ons geanalyseerd welke de toepasbaarheid van het programma verbeteren voor meer ontwerp problemen. De volgende add-ons zijn geanalyseerd: ongeoptimaliseerde delen, omtrek beheersing en compliantie niveau invoer. De ongeoptimaliseerde delen add-on is een waardevolle verbetering voor het basis script, aangezien vele ontwerpproblemen delen bevatten welke aanwezig dienen te blijven.

De omtrek beheersing wordt gebruikt om schaakbord structuren te verminderen of te versterken. Schaakbord structuren in een uniform raster van vierkante elementen hebben een hogere stijfheid welke vergelijkbaar is met de stijfheid van een plaat van de halve dichtheid. Hoewel een schaakbord patroon geïnterpreteerd kan worden als een plaat in een 3D probleem is dit niet altijd gewenst. Twee methoden zijn geanalyseerd: de 6 zijden en de 8 knooppunten methode. Resultaten zijn vergelijkbaar, maar de calculatie tijd verslechterd met 366% wanneer de 8 knooppunten methode gebruikt wordt. Vandaar dat de 6 zijden methode toegepast wordt in het uiteindelijke script

In plaats van een volume reductie invoer kan de compliantie grenswaarde ook ingesteld worden. Dit kan een waardevolle toevoeging zijn, aangezien de optimale volume reductie vaak onbekend is. Omdat het moeilijk is om de compliantie grenswaarde vooraf te bepalen, wordt een eenvoudigere waarde gebruikte, minimale spanning. Enkele problemen zijn nog aanwezig. Ten eerste is de minimale spanning invoer niet gelijk aan de knooppuntsspanning, aangezien de gemiddelde element spanning gebruikt wordt. Ten tweede kan de minimale spanning invoer niet gebruikt worden wanneer verschillende elementen andere elasticiteit moduli of volumes hebben. Ten derde is de



Figuur 1 Topologie optimalisatie diagram gebruikt voor het compacte script



interpreteerbaarheid soms twijfelachtig aangezien de resulterende spanningen soms niet gelijk zijn met het werkelijke ontwerp.

Alle methodes en add-ons worden toegepast op een complex en praktisch probleem, namelijk een 52,5 ton container kraan. Vrijwel alle methodes produceerde goed interpreteerbare typologieën. Topologische optimalisatie kan gebruikt worden voor de generatie van een eerste concept. De uiteindelijke topologie, figuur 2a, met 32 belastingsprofielen is vergelijkbaar met werkelijke modellen. Wanneer deze topologie vertaald wordt naar een werkelijk ontwerp, figuur 2b, dan heeft de resulterende kraan vele overeenkomsten met de container kraan ontworpen door Krupp, figuur 2c.

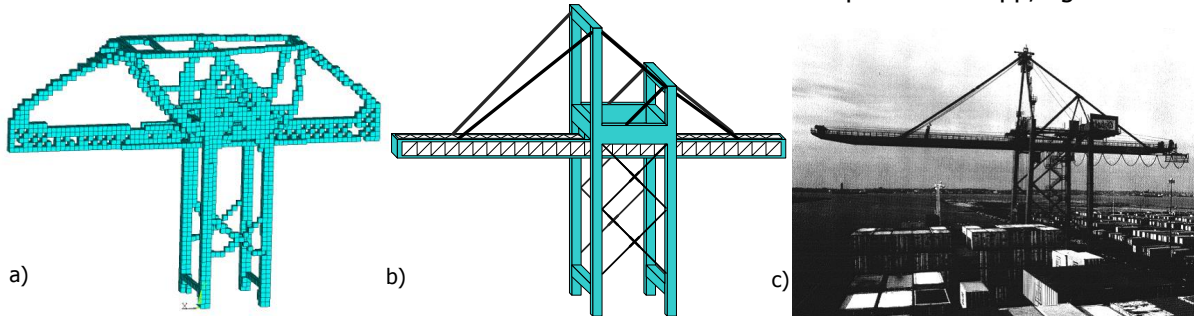


Figure 2a) resulting topology with 32 load cases b) real design interpretation c) real design used by Krupp

Met succes is een compacte topologische optimalisatie programma ontwikkeld welke gebruikt kan worden in Ansys. Het gebruik van een script gebaseerd op de compliantie (stijfheid) methode heeft de voorkeur. Vergeleken met een op spanning gebaseerde methode produceerde het beter interpreteerbare resultaten, tabel 1.

Drie add-ons zijn ontwikkelt om het compacte script te verbeteren, tabel 1:

- Ongeoptimaliseerde delen
- Omtrek beheersing
- Compliantie niveau invoer

Ongeoptimaliseerde delen zijn wensbaar in een significante hoeveelheid ontwerp problemen, en dus een goede toevoeging voor het compacte topologie script. De add-on verhoogt de compliantie lichtelijk, doordat minder elementen beschikbaar zijn voor topologische optimalisatie. Daarentegen kan de interpretatie significant vergroot worden.

Omtrek beheersing kan gebruikt worden om het schaakbord fenomeen te versterken of te dempen, waardoor de hoeveelheid platen respectievelijk staven vergroot wordt. Wanneer de schaakbord gestimuleerd wordt kan de compliantie verlaagd worden. Echter, als deze gedempt wordt zal de compliantie verhogen.

Compliantie niveau invoer wordt gebruikt om een door de gebruiker ingestelde grenswaarde in te stellen. Dit kan gebruikt worden wanneer de volumereductie moeilijk in te schatten is, maar een minimale spanning eenvoudig berekend kan worden. Voor complexe ontwerp problemen kan dit moeilijk in te schatten zijn door massieve elementen in de topologie, welke in de praktijk niet massief zijn.

	Calculatie tijd	Compliantie	Gebruiksvriendelijkheid	Interpreteerbaarheid
Compliantie methode	+/-	+/-	++	+
Spanning methode	+	--	++	--
Ongeoptimaliseerde delen	+	-	++	++
Omtrek beheersing	--	+/-	+/-	++
Compliantie niveau invoer	+/-	+/-	-	+/-

Tabel 1 Methodes and add-ons met hun geëvalueerde criteria

Het topologische optimalisatie script kan gebruikt worden voor complexe ontwerp problemen, zoals een container kraan. De resulterende topologie kan gebruikt worden voor de generatie van een eerste concept. De add-ons kunnen gebruikt worden om de interpreteerbaarheid te vergroten bij complexe ontwerp problemen.

Aanbevelingen voor verdere studie: omtrek beheersing voor alle element typen; compliantie grenswaarde invoer bij verschillende elementeigenschappen; Topologische optimalisatie m.b.v. genetische eigenschappen.