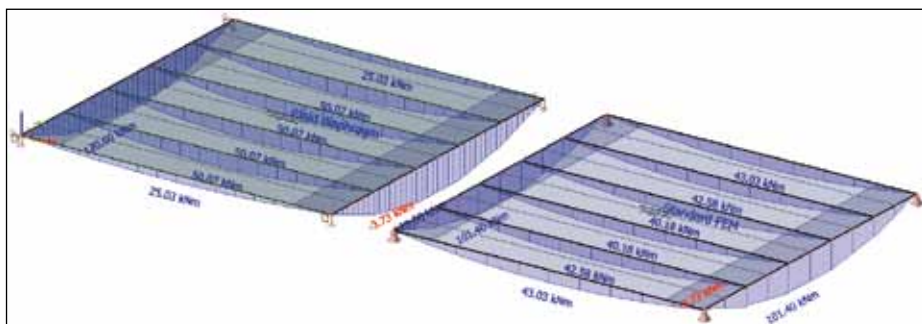


Starre, halfstarre en flexibele beplating voor vloersystemen

Door Stéphane Rossier

Hoe is een plaat te modelleren met een significante stijfheid in het vlak die nog steeds de gravitationele belasting naar de onderstaande balken overbrengt met behulp van invloedoppervlakten? Wat is de meest eenvoudige manier in SCIA Engineer?



Afbeelding 1: Buigmomenten in samengestelde vloerbalken: (links) een starre beplating met inlaatoppervlakten; (rechts) belastingsverdeling gebaseerd op de EEM-formulatie van de samengestelde vloer.

Sinds de release van SCIA Engineer 17.01 met de nieuwe uitbreiding voor standaard 2D-elementen, is het mogelijk om 2D-elementen te converteren naar een starre, halfstarre of flexibele beplating. Daarnaast kan de gebruiker kiezen hoe de gravitationele belastingen verdeeld worden tussen de ondersteunende elementen.

Het concept is simpel. Het gaat over een belastingspaneel met een realistische stijfheid in het vlak.

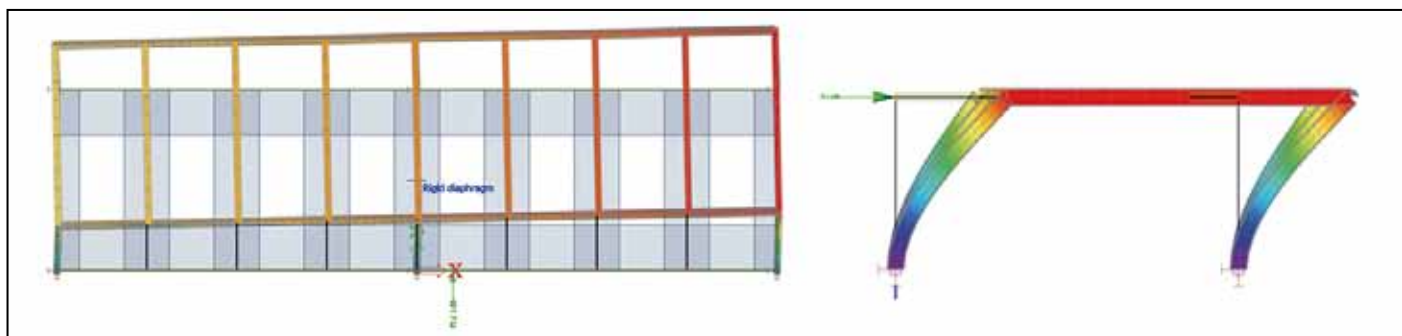
Een goed voorbeeld van de toepassing van een beplating is het ontwerp van samengestelde vloeren. Ondanks de significante dikte van de samengestelde plaat, kunnen de gebruikers kiezen om de toegepaste belasting

rechtstreeks door de kolommen op te nemen. Dit kan dankzij het specifiek gedrag van dit structureel systeem.

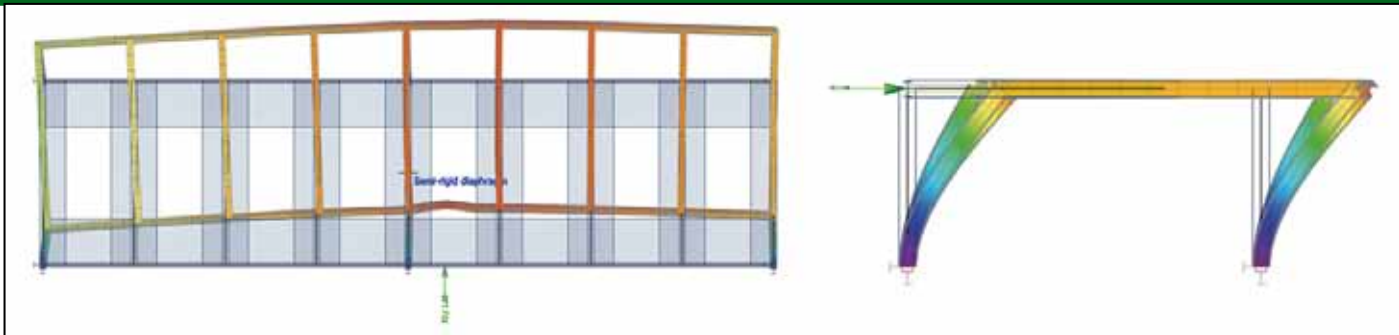
De aanwezigheid van buigstijfheid in de plaat zou een gesimplificeerde lastverdeling verhinderen. De stijfheid van de balken en plaat bepalen hoeveel belasting waar naartoe gaat. In dit geval, zelfs als u de belasting rechtstreeks op de balken zet, draagt een randbalk niet de helft van de belasting van een interne balk. Zoals afbeelding 1 illustreert, resulteert de EEM-formulatie in variërende waarden tussen balken met gelijke tussenafstand. Betekent dit dat de gesimplificeerde aanpak van 'inlaatoppervlakte' onnauwkeurig is?

Eigenlijk is het de EEM-benadering die niet-lineariteiten negeert, tenzij ze expliciet gedefinieerd zijn in het model, zoals scheuren van het beton, deувelverbindingen en structurele speling tussen kolommen en dekken. Hoewel de inlaatoppervlaktemethode een simplificatie is, is het gebaseerd op decennia ervaring en probeert het een oplossing te bieden voor verschillende problemen in het materiaal en in de geometrische respons die het ontwerp overgecompliceerd zou maken bij exacte ontwerpen.

Samengevat, beplatingen laten gebruikers toe de respons op zijdelingse en op gravitationele krachten op te splitsen. Verschillende mogelijkheden bestaan er om het EEM-model te optimaliseren voor verschillende gebruiksgevallen. Zo is het mogelijk om ervoor te kiezen om een stalen dek te modelleren met een flexibele beplating. Deze voegt de rotationele stijfheid van de balken toe, maar voorziet niet de significante 'beplatingswerking'. Het type gravitationele belasting dat in dit geval afgedragen wordt, wordt bepaald door de gebruiker: een EEM-gebaseerd belastingspaneel, inlaatoppervlakten, of simpel de werkelijke stijfheid van de beplating. De laatste maakt het zelfs mogelijk direct de vervormingen van het dek te controleren.



Afbeelding 2: Starre beplating.



Afbeelding 3: Halfstarre beplating.

Nieuwe 2D-elementen

Gebruikers vinden de bekende EEM-platen door het elementtype 'standaard' te selecteren in de 2D-element-eigenschappen. Het standaard 2D-element heeft de buiging en stijfheid in het vlak afgeleid van zijn geometrie en van zijn toegewezen materiaal. Deze optie is goed om betonnen platen te analyseren.

Een starre beplating gebruikt geen eindige elementennet en heeft geen buigstijfheid. Belastingen die loodrecht op het vlak staan, worden overgebracht naar de ondersteunende elementen op dezelfde manier als bij een beplatingspaneel. De stijfheid in het vlak is oneindig omdat geen relatieve vervormingen in het vlak kunnen optreden tussen de twee punten van de beplating.

In vorige versies simuleerden de gebruikers de starre beplating door gebruik te maken van lijnstarre verbindingen tussen, bijvoorbeeld, alle knopen van een 2D-element of tussen alle kolomknopen in een vloer. Deze workaround is niet meer nodig.

Er worden geen spanningen en vervormingen verkregen binnenin de starre beplating omdat ze geen fysische stijfheid hebben. Daarom is de starre beplating geschikt voor de analyse van samengestelde staal- en betonvloeren. Voor deze is het ontwerp van het dek zelf gebruikelijk gebaseerd op documentatie van de fabrikant. De correcte beplating is geselecteerd volgens de dikte van het dek en de vloerbelastingen.

Halfstarre beplating

Een halfstarre beplating is een hybride tussen het standaard type EEM-plaat en belastingspaneel. De werkelijke stijfheid in het vlak van het 2D-element wordt gebruikt in de analyse, maar de buigingsstijfheid wordt geëlimineerd. Gravitationele belastingen worden overgebracht zoals bij belastingspanelen.

Dit type 2D-elementen is geschikt voor de analyse van samengestelde platen, wanneer de gebruiker geen zekerheid heeft over de stijfheid van het dek. Wanneer een vloer grote openingen heeft, blijven gedeelten van de vloer over als smalle stroken. Deze zijn minder stijf onder een belasting in het vlak. In dit geval kan de beplatingwerking aangetast worden en is het aan te raden om te werken met de werkelijke stijfheidsparameters van de vloer en de vervormingen te controleren.

Flexibele beplating

Flexibele beplatingen zijn het meest geschikt voor de analyse van metalen dekvloeren (enkel beplating). De beplatingwerking is te waarborgen voor dit geval. Numeriek wordt dit gedaan door het elimineren van de afschuifstijfheid in het vlak van het 2D-element. Bijgevolg worden de zijdelingse belastingen naar de dragende elementen van de verticale belasting overgebracht. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van een benadering gelijksoortig aan die van inlaatoppervlakten, onafhankelijk van de relatieve stijfheid van de verschillende kolommen en wanden. De gravitationele krachten zijn verdeeld zoals bij belastingspanelen. Flexibele beplatingen zijn het meest geschikt voor de analyse van daken in samengestelde gebouwen, waarbij een betonlaag niet gestort is. Daarnaast zijn flexibele beplatingen ook geschikt voor vloeren in industriële stalen gebouwen, waarbij beplating of andere typen van metalen platen worden gebruikt om de vloer te construeren.

Vergelijking beplatingstypes

Deze paragraaf bespreekt een vergelijkend voorbeeld van de analyse van een samengestelde vloer door middel van verschillende beplatingstypes. De structuur is een samengestelde

vloer met twee overspanningen en ondersteund door zes kolommen. Een horizontale belasting is aangebracht op de balk aan de rand rond de centrale kolom met een kleine excentriciteit. Het eerste model gebruikt een starre beplating, het tweede een halfstarre en het derde een flexibele beplating. De vervormingen zijn weergegeven in bovenaanzicht. Om nadruk te leggen op het specifiek gedrag van ieder type beplating, is de schaal van de vervormingen aangepast voor ieder model.

Een starre beplating is oneindig stijf in zijn eigen vlak. Het is zichtbaar dat de excentrische belasting resulteert in een beplating dat lichtjes geteerd is en zijn rechthoekige vorm perfect behoudt. De verplaatsing van de vloer komt volledig door de vervormingen van de kolommen, zie afbeelding 2.

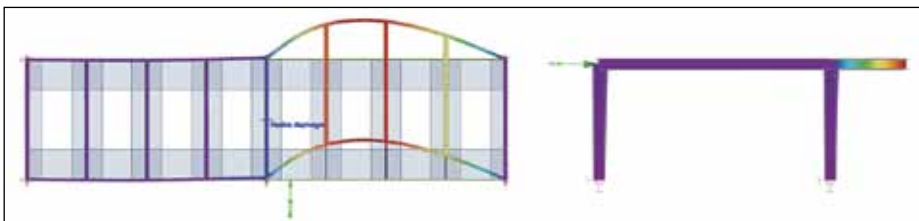
Een halfstarre beplating gebruikt de werkelijke stijfheid in het vlak van het dek voor de analyse. In dit geval, zijn de verplaatsingen veroorzaakt door de vervorming van de beplating en gedeeltelijk door de vervormingen van de kolommen. De initiële rechthoekige vorm wordt niet behouden (kleine curve in het vlak) en een deuk is zichtbaar, waar de belasting is aangebracht, zie afbeelding 3.

Een flexibele beplating heeft geen afschuifstijfheid in het vlak. Hierdoor gedraagt het zich niet als een stijf lichaam. De verplaatsingen zijn vooral door de vervorming van de balken die veel flexibeler zijn dan de kolommen. De vloer is volledig vervormd door de aangebrachte belasting, zie afbeelding 4.

Conclusie

Het nieuwe uitgebreide concept van 2D-elementen in SCIA Engineer 17 geeft meer controle over het gedrag van de vloersystemen in de modellen. De gebruiker kan de aanpak kiezen die het beste past bij de huidige configuratie en leidt tot het beste ontwerp met minimale inzet. Voor meer informatie, zie SCIA Engineer help: 2D Member Element Types & Behaviors.

Stéphane Rossier is product development engineer expert bij SCIA. Meer informatie over SCIA Engineer is te vinden op www.scia.net/nl.



Afbeelding 4: Flexibele beplating.