

Onderzoek naar het combineren van bouwtoleranties en hun integratie in BIM

Wout Deflem, Anthony Parisi

Master IW bouwkunde

Probleemstelling

Op dit moment bestaat er nog geen manier om in een virtueel model rekening te houden met afwijkingen en toleranties tijdens de verschillende constructiefasen. In werkelijkheid komen afwijkingen voor die mogelijk conflicten veroorzaken bij de aansluiting van elementen en voor extra kosten van de constructie zorgen. Deze afwijkingen worden beperkt met bouwtoleranties.

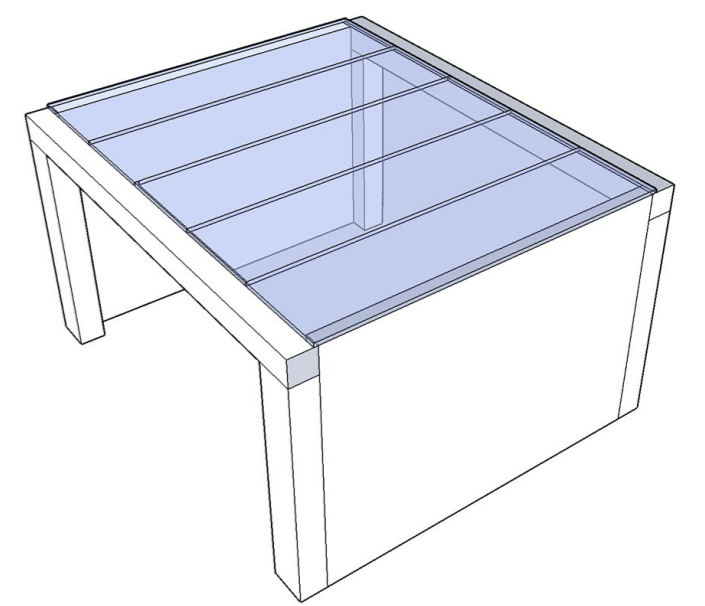
De implementatie van uitvoeringstoleranties in een virtueel model is een lang proces dat in Figuur 1 wordt getoond. Deze masterproef focust zich op de tweede en derde stap in het proces en beperkt zich tot betonnen ruwbouwelementen, met uitzondering van trappen en funderingen. De doelstelling is om een verwerkingsmethode uit te werken om uitvoeringstoleranties te integreren in de software die wordt gebruikt in het BIM-proces, om een zo vlot mogelijke uitvoering te garanderen.



Figuur 1: Twee kolommen met een wand tussen

Verwerkingsmethode

In de verwerkingsmethode wordt de totale afwijking op de bouwelementen bepaald, alsook de afwijking op de onderlinge positie tussen verschillende elementen. Er wordt een volume rond het bouwelement gevormd waarbinnen het element zich in de meest nadelige situatie nog steeds bevindt. Omdat er meerdere afwijkingen gelijktijdig voorkomen, worden deze gecombineerd. Dit wordt op twee manieren gedaan. Er worden drie gevallen geanalyseerd uit het model in Figuur 2.



Figuur 2: Opbouw van het model

Kwadratische methode

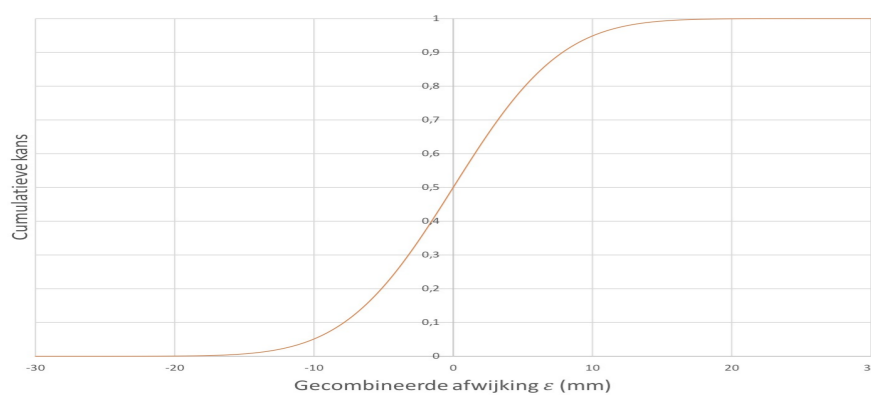
In de kwadratische methode volgt de totale afwijking uit de wortel van de som van de toegestane afwijkingen.

Monte-Carlosimulatie

In een Monte-Carlosimulatie krijgen de afwijkingen een kansverdeling en worden algebraïsch gecombineerd. De verdelingen worden gebaseerd op empirisch onderzoek uit de Technische Voorlichting 127. Vervolgens wordt een groot aantal simulaties uitgevoerd en worden de kansverdelingen gecombineerd tot een resultaat. Hieruit kan de beschouwde afwijking worden gevonden volgens een bepaald zekerheidspercentage. Verder wordt de invloed van de afwijkingen onderzocht om te bepalen welke het meest maatgevend is.

Eén kolom

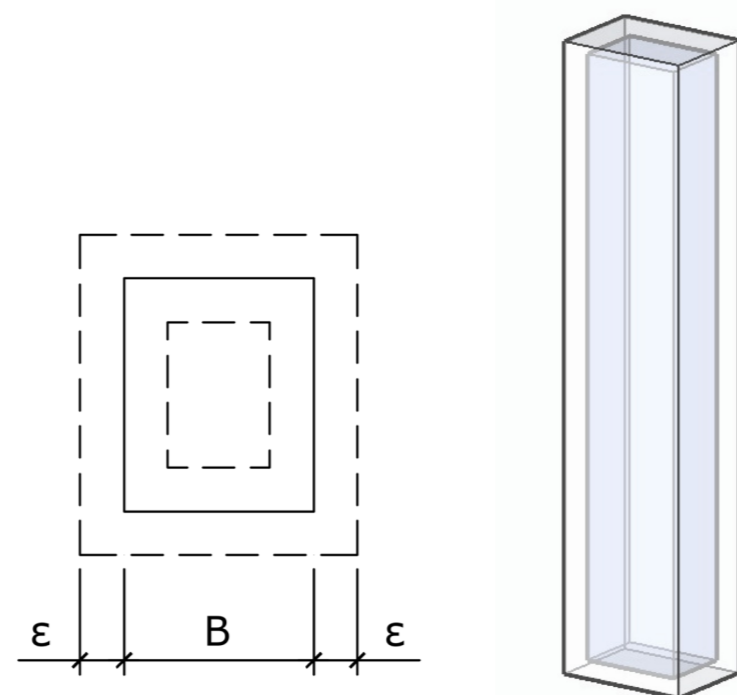
De totale afwijking wordt in het midden en bovenaan de kolom bepaald (Figuur 3 en 4 en Tabel 1), alsook de invloed van de afwijkingen (Figuur 5 en 6). Hierbij wordt elke afwijking afzonderlijk met 20% verbeterd.



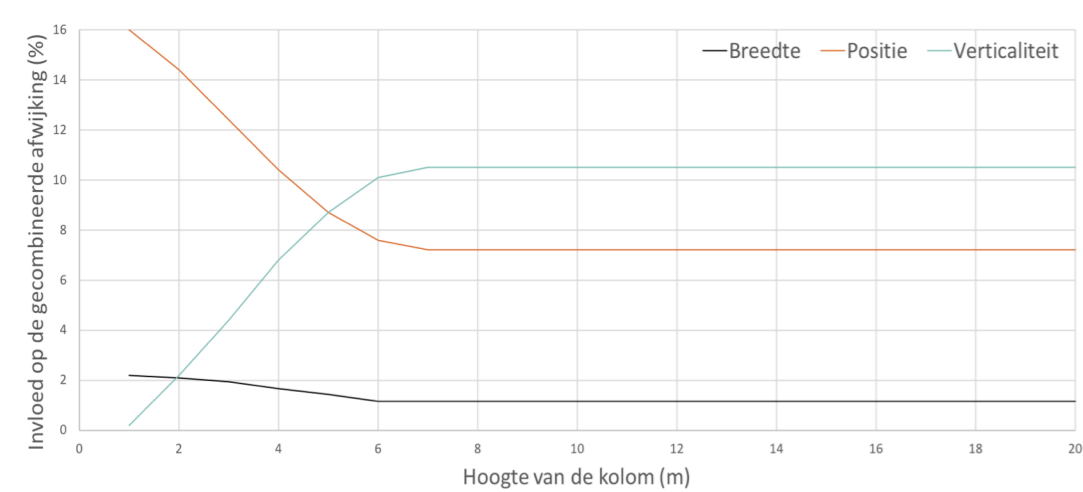
Figuur 3: Cumulatieve distributiefunctie van de totale afwijking

Tabel 1: Afwijkingen bij een bepaald zekerheidspercentage

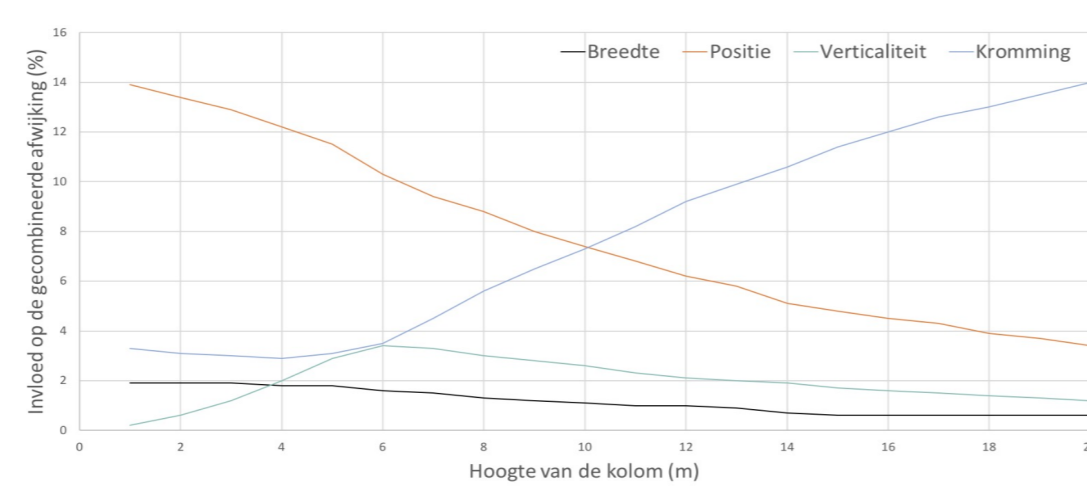
Zekerheidspercentage	Afwijking in het midden	Afwijking bovenaan
80%	5,1	5,2
90%	7,8	7,9
95%	10,1	10,1
99%	14,2	14,3
100%	28,0	28,4
Kwadratisch	5,1	5,2



Figuur 4: Afwijking op één kolom



Figuur 5: Invloed bij een verbetering van 20%, bovenaan



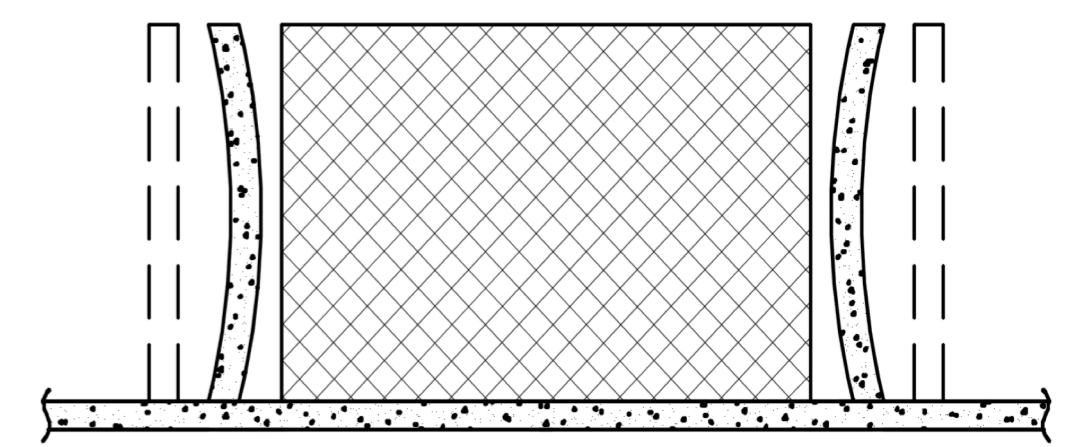
Figuur 6: Invloed bij een verbetering van 20%, in het midden

Wand tussen twee kolommen

De lengte waarmee de wand korter dient te worden vervaardigd wordt weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Afwijkingen bij een bepaald zekerheidspercentage

Zekerheidspercentage	Afwijking in het midden	Afwijking bovenaan
80%	8,6	8,7
90%	13,1	13,2
95%	16,9	17,0
99%	23,9	24,0
100%	50,9	51,6
Kwadratisch	28,0	26,6



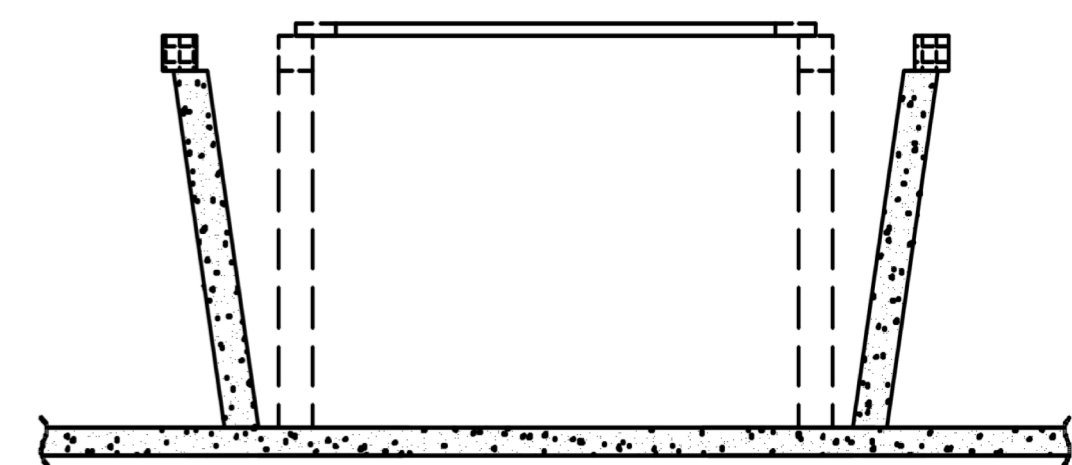
Figuur 7: Wand tussen twee kolommen

Breedvloerplaat op twee balken op vier kolommen

Tabel 3 toont de lengte waarmee de breedvloerplaat korter dient te worden vervaardigd.

Tabel 3: Afwijkingen bij een opgegeven zekerheidspercentage

Zekerheidspercentage	Afwijking op de vloerplaat
80%	9,3
90%	14,2
95%	18,2
99%	25,8
100%	51,9
Kwadratisch	49,5



Figuur 8: Vloerplaat op twee balken

Conclusie

In de kwadratische methode wordt de meest nadelige situatie verondersteld. Daarom worden de tolerantiewaarden die de verschillende afwijkingen beperken gebruikt voor het combineren. De toleranties zijn vaak groter dan de werkelijke afwijkingen en daarom is de kwadratische combinatie in een groot deel van de gevallen een overschatting van de totale afwijking.

Voor één kolom volgt uit de kwadratische methode dat de totale afwijking in het midden steeds het grootst is. Uit de Monte-Carlosimulaties volgt dat de plaats waar de totale afwijking het grootst is, afhangt van de hoogte van de kolom. Algemeen kan er worden gezegd dat naarmate de kolom groter wordt, de invloed van de positie afneemt. In het midden neemt de invloed van de kromming toe en bovenaan de verticaliteit.

De resultaten zijn afhankelijk van het soort beton (geprefabriceerd architectonisch, geprefabriceerd niet-architectonisch of ter plaatse gestort), de afmeting van het bouwelement, de toegepaste normen en de kansverdeling van de afwijkingen.

Het onderzoeken van de relatie tussen bouwelementen levert praktisch nuttige informatie zoals bijvoorbeeld de lengte waarmee een geprefabriceerde wand of vloerplaat dient te worden vervaardigd zodat hij met een bepaalde zekerheid geen conflict veroorzaakt met andere elementen.

Promotoren / Copromotoren: Ir. Robin Collard
Rudy Van Laeken
Prof. dr. ing. Bram Vandoren