

MASTER

Maatnauwkeurigheid van de staalconstructie van Amstelhoek

van Boxmeer, Hugo T.M.

Award date:
1994

[Link to publication](#)

Disclaimer

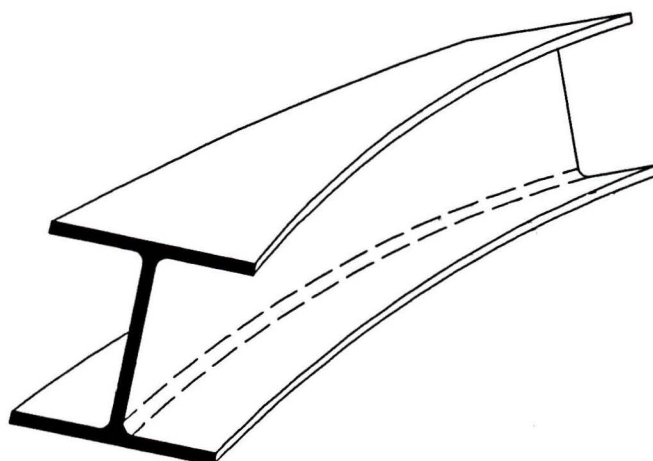
This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

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

Maatnauwkeurigheid van de staalconstructie van Amstelhoek



Afstudeerrapport van het afstudeerwerk van
H.T.M. van Boxmeer

Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit Bouwkunde
Vakgroep BPU
Afstudeerdifferentiatie Uitvoeringstechniek



Examencommissie:
prof. ir. G.J. Maas
dr. ir. P.A.J. van Hoof
ir. F. van Gassel

Uden, juni 1994

Voorwoord

Voor u ligt het verslag van de eindstudie voor het doctoraal examen bouwkundig ingenieur. Onderwerp van de studie was de maatnauwkeurigheid van staalconstructies.

De studie bestond uit een literatuurstudie en een praktijkstudie. Omdat de literatuurstudie diende als basis voor de praktijkstudie, zijn de uitkomsten van deze literatuurstudie terug te vinden in de bijlagen.

Het kritisch leren beoordelen van eigen werk heb ik in de loop van de eindstudie als belangrijk ervaren. Daarbij was de positieve begeleiding van Peter van Hoof en Frans van Gassel zeer welkom. Tevens wil ik Stan van Asten bedanken voor de hulp bij het voorbereiden van de metingen.

Uden, juni 1994

Hugo van Boxmeer

Als het geen vijf centimeter mag schelen, kan ik het niet maken.

Overjarige uitspraak van mijn opa, maar helaas nog vaak gebruikt

Dit rapport geeft het verslag weer van een eindstudie voor het doctoraal examen bouwkundig ingenieur. Het rapport heeft mede gediend als toetssteen voor de studieprestatie.

De in het rapport voorkomende conclusies, resultaten en becijferingen kunnen verdergaand onderzoek vereisen alvorens voor externe publicatie geschikt te zijn. Het is daarom als intern rapport te beschouwen dat niet zonder onze toestemming voor externe doeleinden gebruikt mag worden.

Samenvatting

Het kantoorgebouw "Amstelhoek" te Amsterdam bestaat uit een betonkern (128 m hoog) met daar omheen een staalconstructie met staalplaatbetonvloeren. De gevel is een, aan de staalconstructie bevestigde, vliesgevel. Om te voorkomen dat er passingsproblemen ontstaan in de gevel moet de staalconstructie voldoen aan strenge maatnauwkeurigheidseisen. Hiertoe is er een ingewikkelde verbinding tussen staal en beton ontworpen waarmee de staalconstructie kan worden gesteld.

Het maatgevend onderdeel van de staalconstructie is een koppelbalk die op iedere verdieping de gevelkolommen onderling verbindt. Bij te grote afwijking van deze koppelbalk levert dat problemen op bij de montage van de gevel.

Om inzicht in het ontstaan van maatafwijkingen in staalconstructies te krijgen is de positie van de koppelbalk met een passingsberekening voorspeld en, samen met een aantal deelmaatkenmerken, opgemeten. Hiervoor zijn een aantal meethulpmiddelen ontwikkeld. Na statistische verwerking van de meetgegevens bleek het 98% betrouwbaarheidsinterval van de positie van de koppelbalk $-4,51$ mm tot $+10,41$ mm te zijn. Hiermee voldoet de staalconstructie aan de gestelde maatnauwkeurigheidseisen.

Het huidige montageprincipe is te verbeteren door de stelpunten niet in het werk maar in de constructiewerkplaats aan te brengen, te corrigeren voor systematische afwijkingen van de diverse constructie-elementen, een stabielere opstelling te verzorgen van de theodoliet waarmee de staalconstructie wordt gesteld en de draadeinden waarmee de constructie wordt verplaatst een kleinere spoed te geven.

Een ander montageprincipe dat gebaseerd is op geherformuleerde montage-maatnauwkeurigheidseisen geeft een versimpelde en goedkoper te produceren verbinding en minder stelwerk, hetgeen tot sneller en goedkoper bouwen kan leiden.

Inhoudsopgave

	pagina
1 Inleiding	3
1.1 Aanpak van het onderzoek	5
1.2 Vraagstelling	5
1.3 Doel van het onderzoek	6
1.4 Opbouw van het rapport	6
2 Amstelhoek	7
2.1 De staalconstructie	7
2.2 Het montageproces	9
3 Voorspellen van de matekwaliteit	14
3.1 Analyse van de deelmaatkenmerken	14
3.2 Berekening van het 98% betrouwbaarheidsinterval	15
3.2.1 Positie van de mouspunten	17
3.2.2 Positie van de koppelbalk	17
4 Meten van de matekwaliteit	18
4.1 Wat te meten?	18
4.1.1 Positie van de koppelbalk	18
4.1.2 Positie en afmeting van de gevelkolom	18
4.1.3 Positie van de kernwand	19
4.1.4 Positie van de centerpunten	19
4.1.5 Positie van de mouspunten	19
4.2 De meetmethode	20
5 Meetresultaten	23
5.1 Meetgegevens	23
5.2 Absolute afwijkingen	23
5.2.1 Positie van de koppelbalk	23
5.2.2 Uitbuiging van de koppelbalk	24
5.2.3 Positie van de kernwand	25
5.2.4 Afmeting van de kolom	26
5.2.5 Positie van de gevelkolom	27
5.2.6 Afmeting van de koppelbalk	27
5.2.7 Afwijkingen bij het plaatsen van de centerpunten	28
5.2.8 Oploden van de mouspunten	28
5.3 Relatieve afwijkingen	29
5.3.1 Positie koppelbalk aan de westgevel	29
5.3.2 Positie van de kern aan de westgevel	30
5.4 Samenvatting van de meetresultaten	31
5.5 Toetsing aan de nauwkeurigheid-eisen	32
5.6 Kwantificatie van deelmaatkenmerken	33
5.7 Conclusies	33

6	Verbeteren van het montageproces	34
6.1	Verbeteren van het huidige montageprincipe met behoud of verbetering van de nu aanwezige maatnauwkeurigheid	34
6.1.1	Kolomafmeting	34
6.1.2	Centerpunten	34
6.1.3	Theodoliet	35
6.1.4	Inkassing	35
6.2	Optimaliseren van het gehele montageproces met eventueel aanpassen van de maatnauwkeurigheid	36
6.2.1	Herformuleren van de maatnauwkeurigheidseisen	36
6.3	Is stellen noodzakelijk?	38
6.3.1	Maatkwaliteit van een alternatieve verbinding	39
6.3.2	De alternatieve verbindingen	41
6.3.3	Voor- en nadelen van de verbindingen	44
7	Literatuurlijst	45

Bijlagen

A	Fabricage	B1
A1	Maatnauwkeurigheid bij de fabricage	B2
A2	Wals-toleranties van HE-A profielen	B12
A3	Maatafwijkingen door afwijkingen in machines	B17
B	Aanbrengen van referentie-assen	B22
C	Monteren	B29
C1	Wat is monteren	B30
C2	Maatafwijkingen door monteren	B35
D	Voorspellen	B46
D1	Het principe van voorspellen	B47
D2	Deelmaatkenmerken	B50
E	Meetopzet	B56
E1	Waar te meten	B57
E2	Nauwkeurigheid van de meetmethode	B61
E3	Bepaling van de steekproefgrootte	B66
E4	Meetgegevens van de duplicaatmeting	B68
F	Meetgegevens	B70
F1	Problemen tijdens het meten	B71
F2	Verwerkingsmethode van meetgegevens	B74
F3	Meetresultaten	B76
F4	Uitbuiging van de koppelbalk	B92
F5	Afwijkingen van centerpunten op dezelfde balk	B94
F6	Afwijking van de kolomafmeting	B96
F7	Afwijkingen van kernwand en koppelbalk ten opzichte van lijn tussen mouspunten op verdieping 11	B98

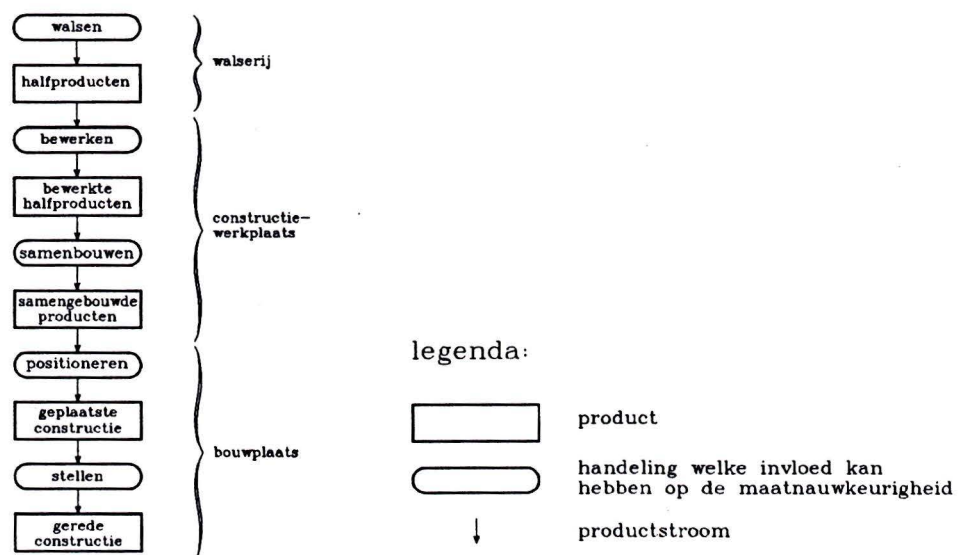
1 Inleiding

De staalbouw heeft voor velen het imago van een branche waarin werken met grote nauwkeurigheid eerder regel dan uitzondering is. In de praktijk blijkt dat de staalbouw wel de mogelijkheid heeft om te werken met grote nauwkeurigheid maar deze lang niet altijd benut. De indruk ontstaat dat men wel weet wel hoe nauwkeurig men kan werken maar geen direct inzicht heeft in het ontstaan van maatafwijkingen. Dit lijkt in eerste instantie tegenstrijdig maar staal is eenvoudig aan te passen en niet te duur om weg te gooien als gebruik in het geheel niet mogelijk blijkt. Eventuele fouten kunnen op deze manier eenvoudig worden hersteld.

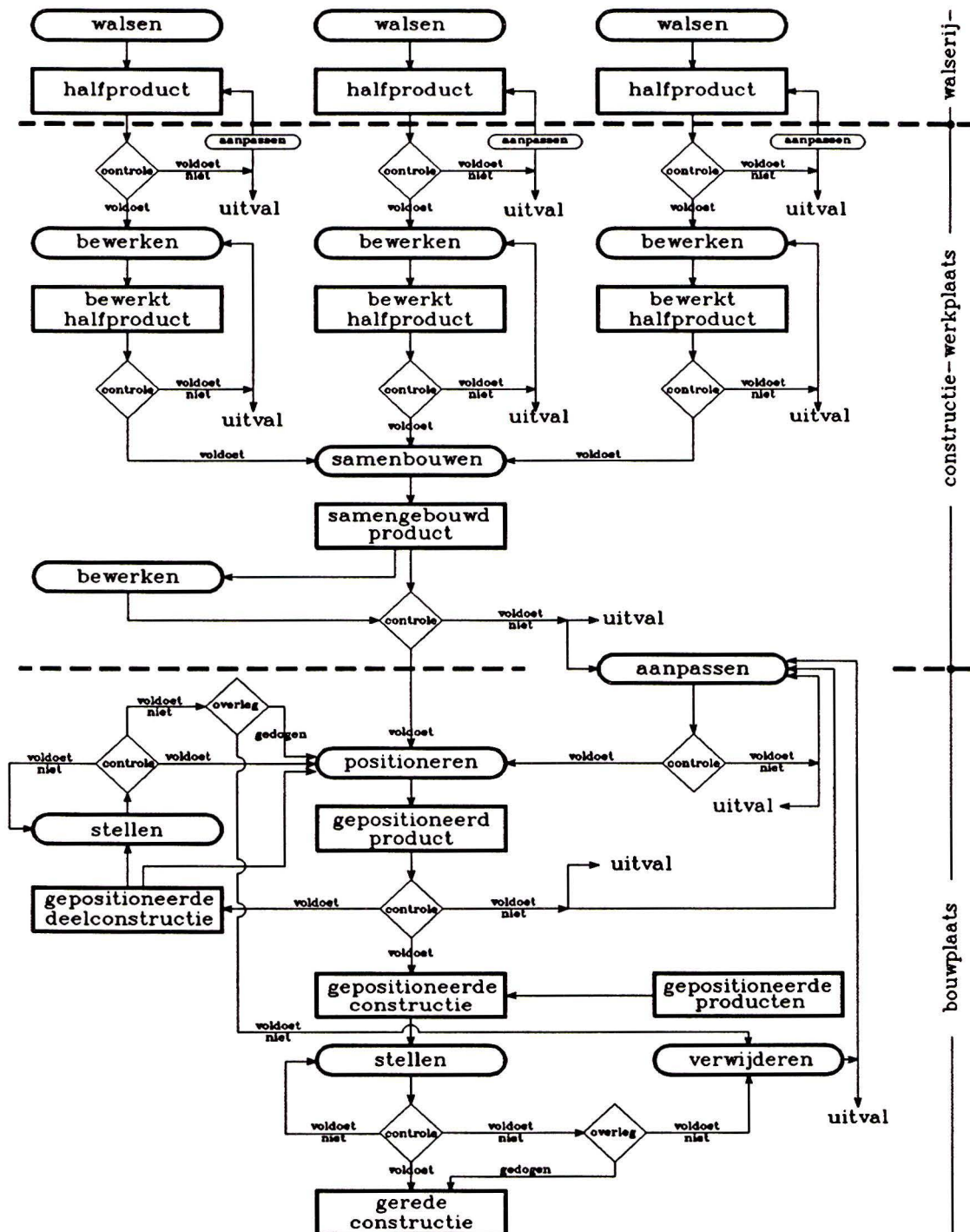
Tot voor kort was het aanpassen van stalen elementen op de bouwplaats een eenvoudige en (indien nodig) vaak gebruikte handeling. Echter door invoering van kwaliteitssystemen wordt het aanpassen op de bouwplaats in mindere mate gewenst. Het is dan zorg om aanpassen in het geheel te voorkomen omdat de kosten van vervoer naar de constructiewerkplaats, aanpassen in de constructiewerkplaats en vervoer naar de bouwplaats hoog kunnen zijn en voor rekening komen van één van de partijen in het bouwproces.

Een beter inzicht in het ontstaan van te grote maatafwijkingen is daarom gewenst.

Hiertoe is het productieproces van een staalconstructie nader bekeken. De realisatie van een staalconstructie is een proces dat zich afspeelt op drie locaties. In een walserij worden walsprodukten geproduceerd. Deze worden in een constructiewerkplaats bewerkt en samengebouwd tot elementen welke op de bouwplaats worden gepositioneerd en gesteld. Schematisch ziet de productstroom er als volgt uit:



afbeelding 1.1 productstroom bij de realisatie van een staalconstructie



walserij
 constructie-werkplaats
 bouwplaats

legenda:

- product
- handeling welke invloed kan hebben op de nauwkeurigheid
- ↓ productstroom
- ◇ handeling welke geen invloed heeft op de nauwkeurigheid

Afbeelding 1.2 produktstroom met controle van de nauwkeurigheid

Na iedere handeling die de maatnauwkeurigheid kan beïnvloeden wordt beoordeeld of de staalconstructie (of delen daarvan) voldoet aan de maatnauwkeurigheidseisen die daaraan gesteld worden.

Dit kan gebeuren aan de hand van vastgestelde eisen en procedures maar vaak is de controle van de maatnauwkeurigheid een handeling die gebaseerd is op de routine en kennis van de mensen die direct betrokken zijn bij de realisatie van een staalconstructie. Indien het produkt niet voldoet kan dat leiden tot aanpassing of tot uitval van het betreffende produkt.

Bij de realisatie van een staalconstructie zijn meerdere produktstromen te onderscheiden. Een samengebouwd produkt is het resultaat van meerdere stromen bestaande uit (bewerkte) halfprodukten. De constructie is het resultaat van verschillende stromen samengebouwde produkten. In het hiernaast afgebeelde schema is de totale produktiestroom van meerdere samengebouwde produkten (waarvan één bestaande uit meerdere bewerkte halfprodukten), weergegeven.

Op verschillende plaatsen in de realisatie van een staalconstructie kunnen maatafwijkingen optreden. In het schema zijn deze aangegeven met afgeronde blokken.

In het gedeelte van de realisatie van een staalconstructie dat zich in de walsery afspeelt worden de halfprodukten geproduceerd. Dat zouden bijvoorbeeld een warmgewalst H-profiel en twee warmgewalste platen kunnen zijn. Deze worden in de constructiewerkplaats samengebouwd tot een kolom met een kop- en een voetplaat (het samengebouwde produkt). Dat samengebouwde produkt gaat dan na eventuele bewerking (bijvoorbeeld het plan-parallel frezen van de kop- en voetplaat) en controle naar de bouwplaats.

Op de bouwplaats worden de samengebouwde produkten gepositioneerd. Zij krijgen dan een plaats ten opzichten van referenties. Positioneren kan in en buiten het werk gebeuren. Indien gepositioneerd wordt buiten het werk, spreekt men van voormontage. Een aantal samengebouwde produkten worden tot een groter geheel samengevoegd wat later in het werk wordt gepositioneerd. Bij voormontage kan worden gesteld, maar dit kan ook achterwege blijven zodat men de constructie geheel in het werk stelt. Een produkt bestaande uit voorgemonteerde samengebouwde produkten bewandelt in het schema vervolgens dezelfde weg als een samengebouwd produkt. Het wordt gepositioneerd in het werk. Dit gebeurt, op enkele uitzonderingen na, altijd met een kraan. Samen met andere gepositioneerde produkten vormt het dan de gepositioneerde constructie. Deze wordt met behulp van eenvoudig gereedschap (tire-forts, pneumatisch gereedschap, koevoet e.d.) verplaatst, totdat de juiste positie ten opzichte van de referenties is verkregen.

Wanneer door controle na het monteren blijkt dan een produkt niet voldoet aan de gestelde eisen met betrekking tot de maatnauwkeurigheid, zijn er meerdere mogelijkheden om toch aan die maatnauwkeurigheid te voldoen. Het produkt kan worden verwijderd kan het worden aangepast op de bouwplaats of in de constructiewerkplaats dan wel worden vervangen door een ander produkt, waarbij het produkt met onvoldoende maakwaliteit als uitval wordt beschouwd. Indien een produkt niet meer kan worden verwijderd wordt veelal na uitgebreid overleg besloten om het produkt te laten zitten eventueel met aanpassingen.

Om aanpassing en uitval van produkten aan de ene kant en overtollige maatnauwkeurigheid aan de andere kant te beperken dient inzicht in het ontstaan van maatafwijkingen te bestaan.

1.1 Aanpak van het onderzoek

Om dit inzicht te verkrijgen zijn in eerste instantie diverse literatuurbronnen geraadpleegd. Daar uit deze bronnen maar beperkte informatie te halen viel omtrent grootte en ontstaan van maatafwijkingen, zijn diverse bouwplaatsen en constructiewerkplaatsen bezocht. Daarbij is specifiek gevraagd of bekend was waar in het traject welke maatafwijkingen ontstaan. Door te kijken naar algemeen geldende principes wat betreft monteren en hier de maatafwijkingen van de in het onderzoek relevante staalprodukten aan toe te voegen is inzicht verkregen in de specifieke problemen die zich bij de realisatie van een staalconstructie voordoen. Zie bijlagen A, B en C.

Doordat veel kennis met betrekking tot de maatnauwkeurigheid van een staalconstructie is gebaseerd op 'trial and error' is in de praktijk wel bekend wat men moet doen en laten, waardoor problemen die alom bekend zijn uit de weg gegaan kunnen worden, maar is slechts in beperkte mate wat men wel moet doen om op een universele manier problemen met betrekking tot de maatnauwkeurigheid op te lossen. Specifieke informatie hierover is daarom ook slechts broksgewijs verkrijgbaar.

In tweede instantie is door middel van een praktijkonderzoek inzicht verkregen in de grootte van maatafwijkingen van één staalconstructie. Het gaat hierbij om de staalconstructie van het in aanbouw zijnde kantoorgebouw "Amstelhoek" nabij het Amstelstation te Amsterdam.

1.2 Vraagstelling

Voldoet het gedeelte van de staalconstructie van Amstelhoek dat een relatie heeft met de vliesgevel aan de gestelde montage-maatnauwkeurigheidseisen en kunnen er verbeteringen worden aangebracht in de montage-maatnauwkeurigheidseisen en in het montageproces?

De vraagstelling is dan onder te verdelen in de volgende deelvragen:

- Wat bepaald de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie ?
- Wat is de verwachte maatnauwkeurigheid (voorspelling)?
- Wat is de maatnauwkeurigheid (meting)?
- Voldoet de maatnauwkeurigheid aan de gestelde maatnauwkeurigheidseisen?
- Wat zijn functionele maatnauwkeurigheidseisen?
- Hoe ziet een geoptimaliseerd montageproces eruit?

1.3 Doel van het onderzoek

Beoordeling van, en aandragen van verbeteringen aan het montageproces van de staalconstructie van Amstelhoek, om te komen tot een beter inzicht in het ontstaan van maatafwijkingen in staalconstructies in het algemeen en deze constructie in het bijzonder.

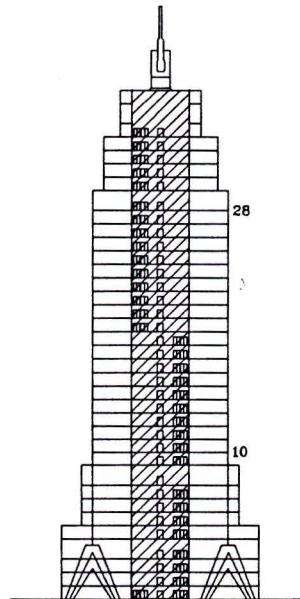
1.4 Opbouw van het rapport

Het literatuuronderzoek dient als basis voor het praktijkonderzoek en zal daarom slechts terug te vinden zijn in reeds eerder genoemde bijlagen A, B en C. Na een inleiding over het gebouw zal overgegaan worden op het praktijkonderzoek. Hierbij zal eerst een voorspelling worden gedaan wat betreft de maatnauwkeurigheid van de constructie. Daarna zal een serie metingen de basis vormen om een uitspraak te doen over de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie. Verder zal het montageproces worden beoordeeld wat betreft de maatnauwkeurigheid en de maatnauwkeurigheidseisen zullen mogelijke verbeteringen worden voorgesteld.

2 Amstelhoek

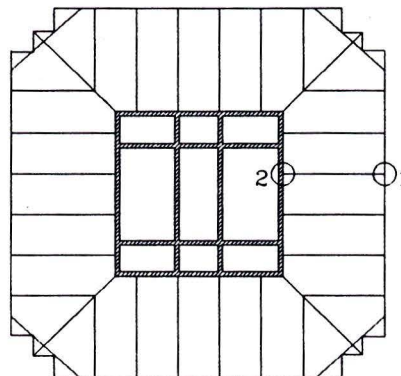
2.1 De staalconstructie

De metingen hebben plaatsgevonden aan de staalconstructie van het in aanbouw zijnde "Amstelhoek" te Amsterdam. Dit gebouw bestaat uit een betonkern van ca. 129 meter hoog met daaromheen een staalconstructie. Schematisch ziet de doorsnede van Amstelhoek er als volgt uit:



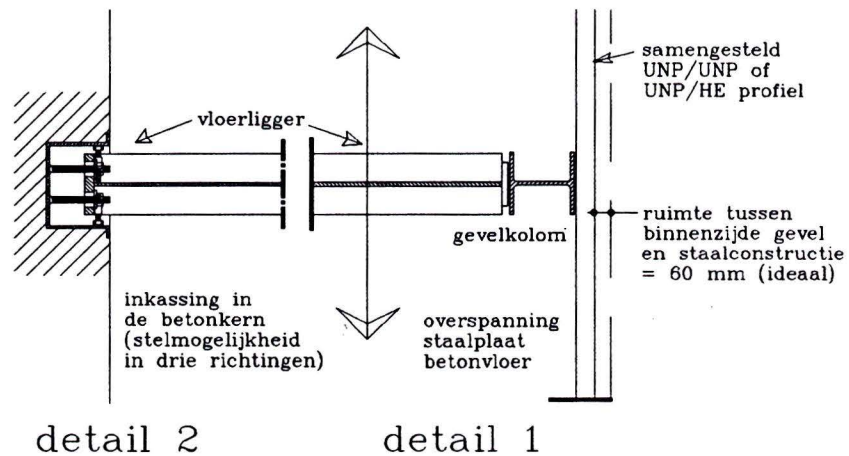
Afbeelding 2.1 Doorsnede 'Amstelhoek'

Er is gemeten op meerdere standaardverdiepingen. Dit zijn de verdiepingen 10 t/m 28. Schematisch is de opbouw van een standaardverdieping als volgt:



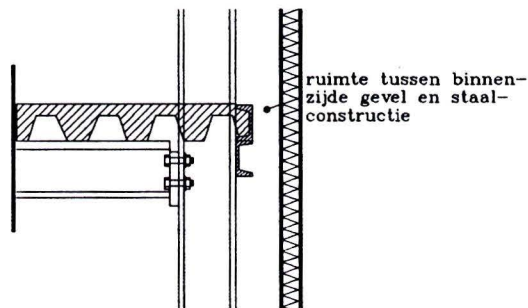
Afbeelding 2.2 Plattegrond standaardverdieping

De vloeren bestaan uit staalplaat-beton-vloeren, de gevel is een vliesgevel waarvan de binnenzijde zich ca 60 mm buiten de staalconstructie bevindt. Juist de ruimte tussen staalconstructie en vliesgevel is van belang bij de maatbeheersing. Om eventuele maatafwijkingen te kunnen corrigeren is voor de bevestiging aan de betonkern een bevestiging ontworpen die stellen van de ligger in drie richting mogelijk maakt. Met name de stelrichting loodrecht op de gevel is in dit geval van belang. Het bovenaanzicht van de aansluiting van staal op beton ziet er schematisch als volgt uit:



Afbeelding 2.3 **Detail 2: principe oplegging ligger in kern**
Detail 1: principe aansluiting ligger op gevelkolom

In de gevel zijn kolommen geplaatst op een afstand van 3600 mm. Deze zijn drie verdiepingen hoog (10200 mm). Aan deze kolommen wordt aan de buitenzijde ter hoogte van iedere vloer een uit 2 UNP-160 profielen samengestelde koppelbalk gebout die dient als verloren bekisting voor het storten van de vloer en tevens dient als koppeling van de kolommen tijdens de bouw. In doorsnede ziet die aansluiting er zo uit:

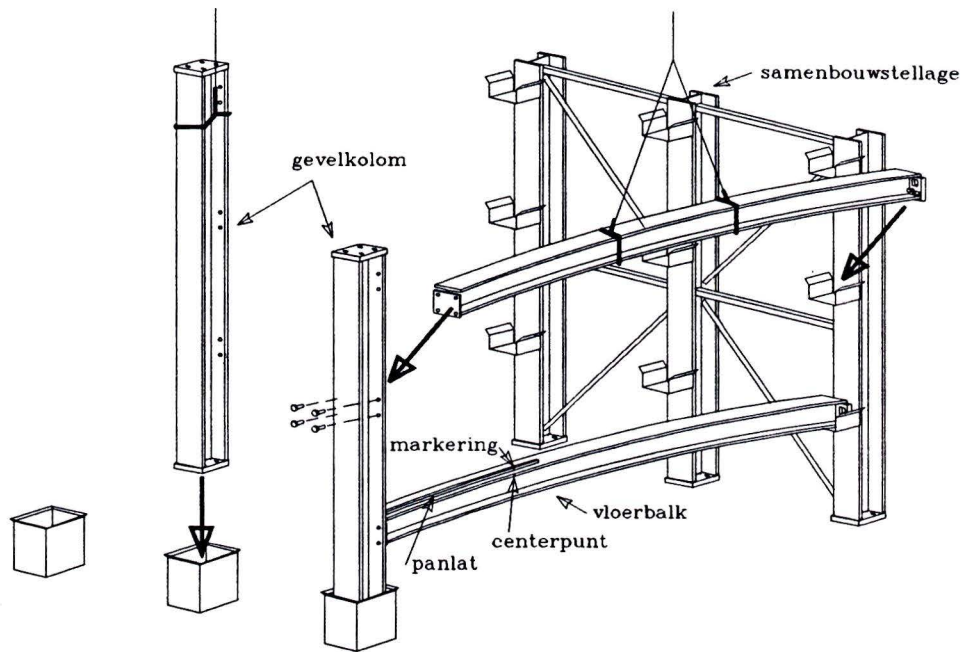


Afbeelding 2.4 **Plaats van samengestelde profiel**

De positie van deze samengestelde ligger is dus maatgevend voor de ruimte die overblijft tussen deze ligger en de binnenzijde van de gevel.

2.2 Het montageproces

De samen te bouwen elementen worden met een vrachtwagen op de bouwplaats aangeleverd. Binnen het bereik van de kraan worden de portalen samengebouwd in een daarvoor bestemde stelling.



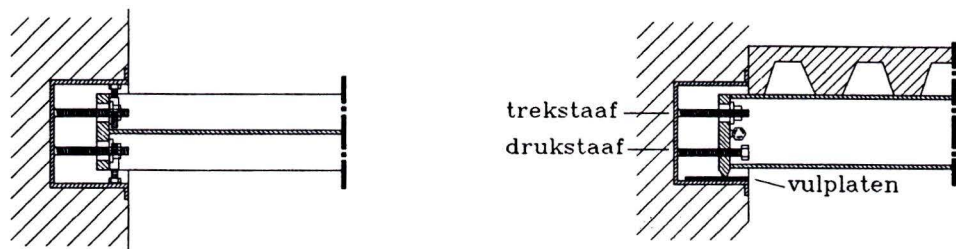
Afbeelding 2.5 Samenbouwen van een portaal in de samenbouwstelling

In die samenbouwstelling is er ruimte voor het samenbouwen van drie portalen.

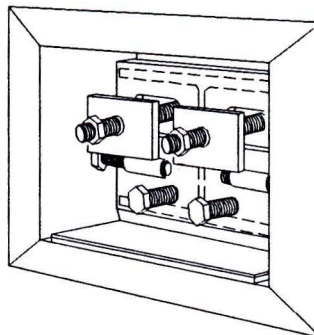
Bij het samenbouwen van de portalen wordt er qua maatnauwkeurigheid alleen gelet op de onderflens van de ligger aan de kernzijde horizontaal is. Deze wordt opgelegd op een nok in de samenbouwstelling, waarmee het oplegvlak aan de kopplaat ook horizontaal moet komen. Voor de rest wordt de boutverbinding tussen kolom en ligger bij het samenbouwen volledig aangetrokken. Op iedere ligger wordt een panlat gelegd om op een vaste maat vanaf de binnenzijde van de kolom een centerpunt te kunnen plaatsen. Op de plaats waar op de maatlat een markering staat worden aan beide zijden op de flens van de vloerbalk centerpunten aangebracht. Dit overbrengen van maatlat naar balk gebeurt op het oog. Alle balken worden op deze manier van een markering voorzien. Deze centerpunten worden later, in het werk, gebruikt om de constructie te stellen.

Met behulp van een eenvoudig te bevestigen en te verwijderen hulpmiddel wordt een spant met behulp van de torenkraan in het werk gehesen.

In de inkassingen in de kern zijn de uitvulplaten aangebracht om de ligger op hoogte te positioneren (gemeten vanaf de hoogtebout die op iedere verdieping in een wand van de kern is aangebracht). De liggers van het spant worden in de inkassing geschoven. De ruime gaten in de kopplaat schuiven over de in de inkassing aanwezige draadeinden. Om de constructie later te stellen zijn twee draadeinden aanwezig in de inkassing om de ligger naar de kern toe te trekken en twee bouten in de kopplaat om de ligger van de kern af te drukken. Verder wordt de ligger in het midden van de inkassing geplaatst (y-richting van de ligger, zie bijlage A1, §3.1) met behulp van twee bouten.



Afbeelding 2.6 Plattegrond en zijaanzicht van de oplegging in de inkassing

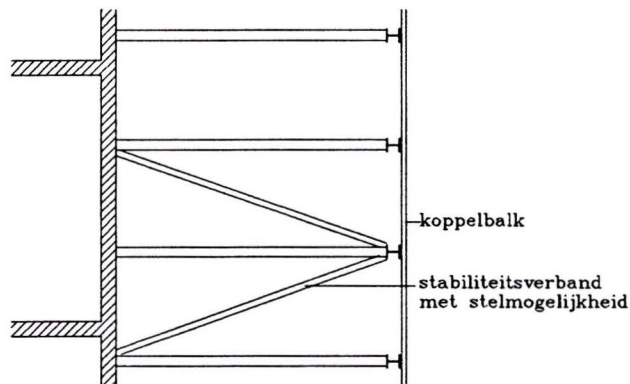


Afbeelding 2.7 De inkassing met kopplaat van de ligger

De positie van de kolom in de hoogte (x-richting van het profiel) wordt bepaald door gedwongen positioneren op de kopplaat van de onderliggende kolom. Op de 12^e, 18^e en 24^e verdieping zijn de hoogten van de kopplaten van de kolommen opgemeten en individueel gecorrigeerd. Er zijn vulplaten aangebracht met dikten tot 20 mm.

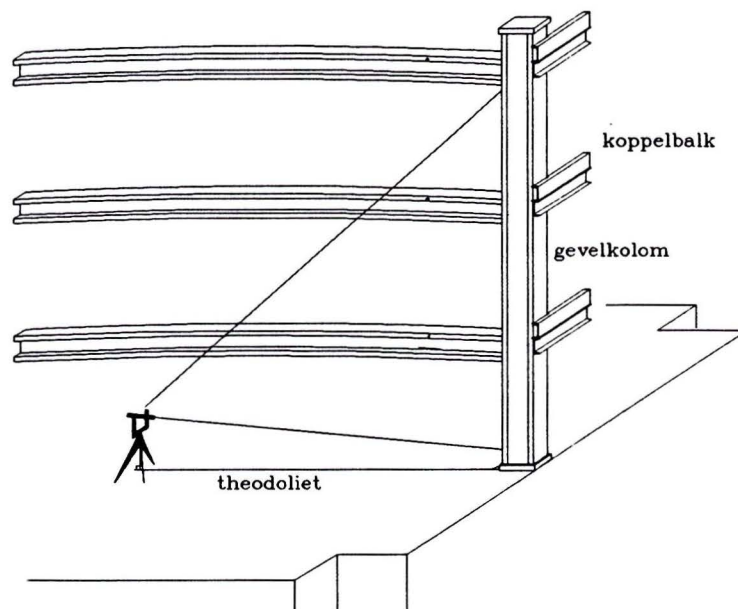
Loodrecht op de x-as wordt de positie van de kolomvoet bepaald de bouten door de gaten in de kop- en voetplaat. De bouten moeten door de gaten kunnen. Voor zover er dan nog ruimte in om te stellen worden de kolommen op het oog centrisch boven elkaar geplaatst.

De positie van de kolom (loodrecht op de gevel) ter hoogte van een ligger wordt door middel van stellen bepaald. Dit wordt gedaan door de liggers op iedere verdieping verder of minder ver in de inkassing te schuiven. Gesteld in het gevelvlak wordt er door verlengen of verkorten van de diagonalen van het stabiliteitsverband. Hiermee wordt één kolom over de volle hoogte (en niet per verdieping) gesteld. Dit stellen gebeurt pas nadat alle portalen van een gevel geplaatst zijn en alle koppelbalken zijn aangebracht.



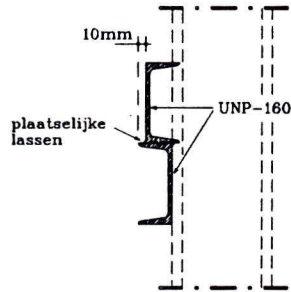
Afbeelding 2.8 Stabiliteitsverband aan de bovenzijde van een gevelkolom

Hiermee wordt één kolom in de gevel telood gesteld (stellen langs de ribbe van de kolom met behulp van een theodoliet)



Afbeelding 2.9 Teloodstellen van een gevelkolom door het stellen langs een ribbe

De andere kolommen zijn tijdens de montage van de constructie op iedere verdieping aan elkaar gekoppeld met behulp van de koppelbalk, waarmee ook de teloodstand van de andere kolommen is bepaald.

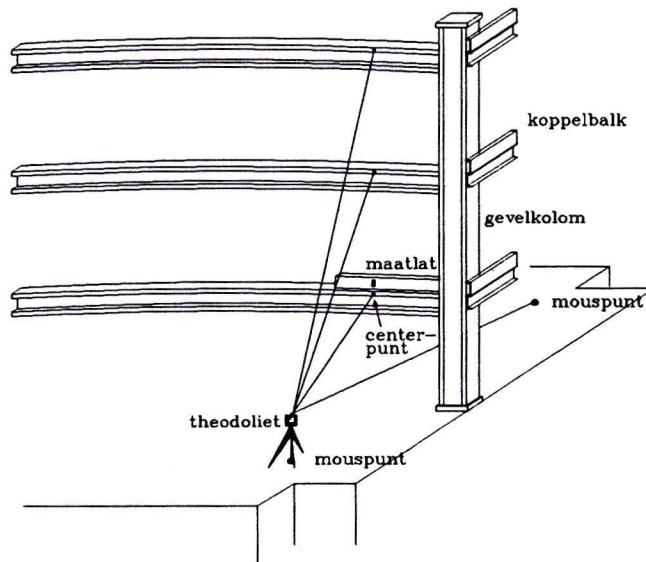


Afbeelding 2.10 De koppelbalk, samengesteld uit 2 UNP-160's

De samengestelde koppelbalk wordt vastgebout aan de gevelkolommen ter hoogte van de balk-kolom aansluiting. Dit gebeurt met 4 bouten per kolom door gaten met een overmaat van 2 mm.

Alle verbindingen worden direct vast aangedraaid. Na het plaatsen van de alle portalen wordt de constructie gesteld.

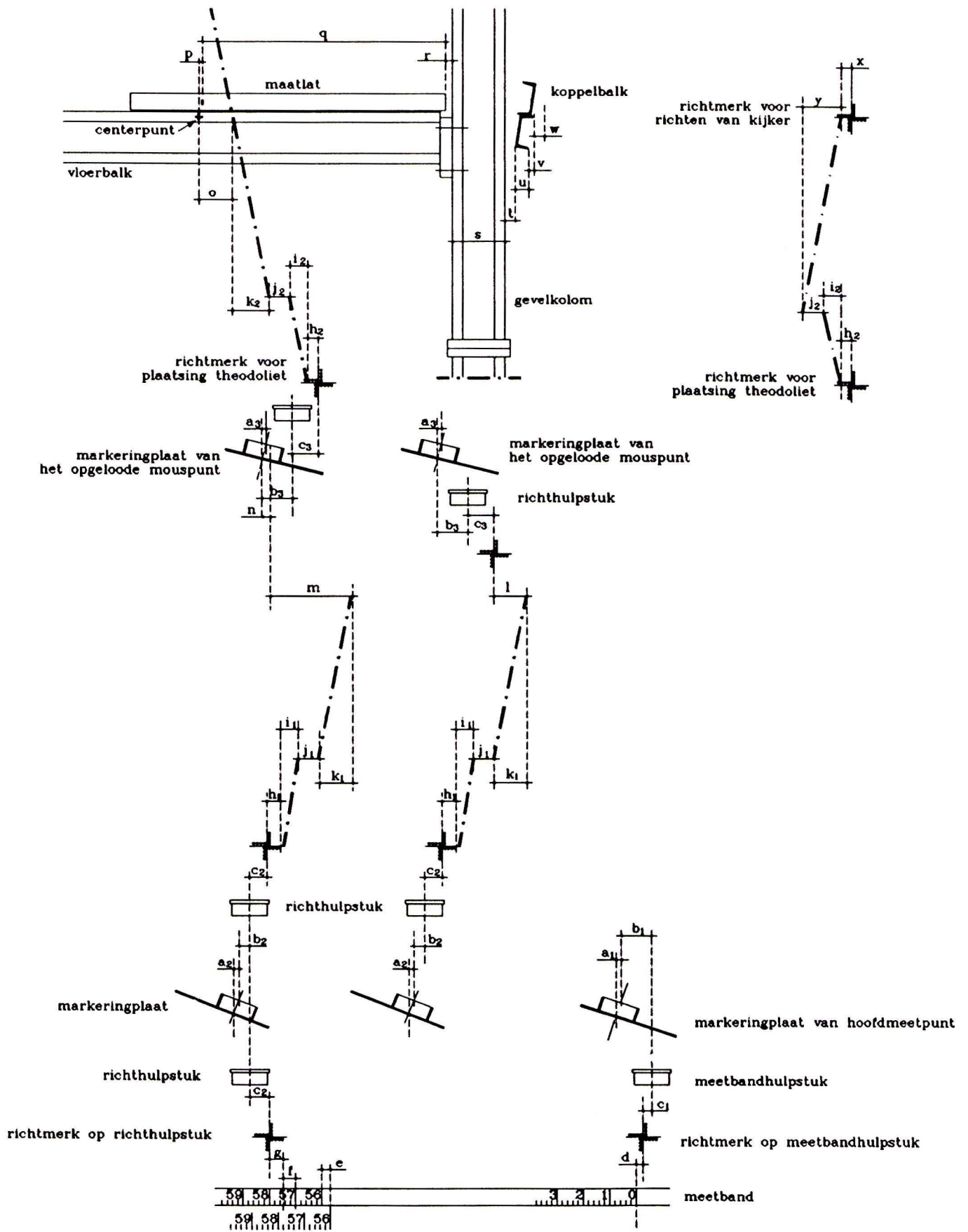
Het stellen loodrecht op de gevel gebeurt met een theodoliet die gecentreerd wordt boven de voor C.S.M. (de stalaannemer) opgeloodde mospunten. Vanuit deze mospunten wordt met behulp van de theodoliet een verticaal vlak uitgezet waar positioneerpunten samen mee moeten vallen. De theodoliet wordt gecentreerd boven een mospunt en de vizierlijn wordt gericht op het mospunt dat zich op de andere hoek van het gebouw bevindt. Door de rotatie om de eerste as te verhinderen is met de kijker een verticaal vlak te beschrijven.



Afbeelding 2.11 Stellen loodrecht op de gevel

Alle vloerbalken worden gesteld, waarmee de gevelkolom ter plaatse van elke balk-kolom verbinding wordt gepositioneerd.

Doordat niet alle markeringen vanuit één standpunt te zien zijn wordt de theodoliet meerdere malen opgesteld, dan wel boven het zelfde of boven het andere mospunt.



Afbeelding 3.1 De passingsfiguur

3 6 Voorspellen van de maakwaliteit

3.1 Analyse van de deelmaatkenmerken

Het principe van het voorspellen van maakwaliteit wordt behandeld in bijlage D1.

De passingsfiguur voor het bepalen van de afwijking van de koppelbalk, ten opzichte van het hoofdmeetpunt wat buiten het gebouw bevindt, is hiernaast weergegeven.

Daar in dit onderzoek de nadruk ligt op de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie, wordt in het vervolg alleen het oploden en het stellen van de staalconstructie beschouwd.

De kromming van de aarde heeft een zeer beperkte invloed op de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie. Gezien de kleine afwijkingen (zie bijlage D2) is deze invloed achterwege gelaten

In de figuur zijn de volgende handelingen te zien:

- uitzetten van een hoofdmeetpunt (mouspunt) in de kelder vanuit een referentie buiten het gebouw
- oploden vanaf het hoofdmeetpunt
- stellen van de staalconstructie vanaf het opgeloodde mouspunt

Het oploden van het mouspunt kan op twee manieren. De inkepingen in de markeringsplaat worden gebruikt om de plaat te positioneren of in de markeringsplaat wordt een richtmerk aangebracht dat dan dient om de plaat te positioneren.

Voor het oploden van het mouspunt waarbij de inkepingen dienen als referentie voor het positioneren van de plaat geldt de volgende passingsvergelijking:

$a_2 + b_2 + c_2 + h_1 + i_1 + j_1 + k_1 + m + n + a_3 =$ afwijking van markeringsplaat ten opzichte van mouspunt in kelder

a_2	horizontale afwijking ten gevolge van scheefstand van de markeringsplaat
b_2	excentriciteit van richthulpstuk in markeringsplaat
c_2	excentriciteit van richtmerk op richthulpstuk
h_1	afwijking tussen instrument en richtmerk
i_1	onloodheid van de centreerloodlijn
j_1	afwijking tussen 1° as en centreerloodlijn
k_1	onloodheid van de vizierlijn
m	afwijking richtmerk op markeringsplaat t.o.v. vizierlijn
n	afwijking richtmerk op markeringsplaat t.o.v. ring
a_3	scheefstand van de markeringsplaat

Indien een richtmerk gebruikt wordt om de markeringsplaat te positioneren is de passingsvergelijking als volgt:

$a_2 + b_2 + c_2 + h_1 + i_1 + j_1 + k_1 + l + c_3 + b_3 + a_3 =$ afwijking van markeringsplaat ten opzichte van mospunt in kelder

b_3	excentriciteit van richthulpstuk in markeringsplaat
c_3	excentriciteit van richtmerk op richthulpstuk
l	excentriciteit van richtmerk t.o.v. vizierlijn

Voor het stellen van de staalconstructie over verdiepingen $n + 1$ tot en met $n + 3$ vanaf een mospunt op verdieping n geldt de volgende passingsvergelijking:

$b_3 + c_3 + h_2 + i_2 + j_2 + k_2 + o + p + q + r + s + t + u + v + w =$ afwijking van koppelbalk ten opzichte van mospunt op verdieping n .

b_3	excentriciteit van richthulpstuk in markeringsplaat
c_3	excentriciteit van richtmerk op richthulpstuk
h_2	afwijking tussen instrument en richtmerk
i_2	onloodheid van de centreerlijn
j_2	afwijking tussen 1° as en centreerloodlijn
k_2	onloodheid van de vizierlijn
b_4	excentriciteit van richthulpstuk in markeringsplaat
c_4	excentriciteit van richtmerk op richthulpstuk
x	richtafwijking van de kijker op tweede mospunt
y	afwijking van de kijker om de tweede as
o	afwijking tussen centerpunt en vizierlijn
p	afwijking van centerpunt t.o.v. markering op maatlat
q	afwijking in de maatlat
r	afwijking in aanhouden van maatlat
s	afwijkingen in afmeting van gevelkolom
t	afwijking in aanhouden van de koppelbalk (2x UNP-160)
u	afwijkingen in afmeting van UNP-160
v	scheefstand van UNP-160
w	uitwijking van de samengestelde koppelbalk

3.2 Berekening van het 98% betrouwbaarheidsinterval

Door de diverse deelmaatkenmerken te kwantificeren is het mogelijk om de berekening verder uit te werken (zie bijlage D1). Hiervoor wordt s (= schatting voor de standaardafwijking) gebruikt. Voor die deelmaatkenmerken waarvan standaardafwijkingen niet bekend zijn, is deze geschat. Voor het oploden zijn dat de volgende waarden:

Oploden zonder richtmerk:

deelmaatkenmerk	S _{toevallig}	S _{systematisch}	
a ₂	0,00 mm	-	[lit. 10]
b ₂ + c ₂	0,09 mm	-	[lit. 10]
h ₁	0,43 mm	-	[schatting]
i ₁	0,21 mm*	-	[lit. 28]
j ₁	0,02 mm*	-	[schatting]
k ₁	0,64 mm	-	[lit. 28]
m + n	0,21 mm*	-	[schatting]
a ₃	0,00 mm	-	[lit. 28]
	=====		
TOTAAL	0,83 mm	(kwadratisch opgeteld, zie bijlage D1)	

Oploden met richtmerk:

deelmaatkenmerk	S _{toevallig}	S _{systematisch}	
a ₂	0,00 mm	-	[lit. 10]
b ₂ + c ₂	0,09 mm	-	[lit. 10]
h ₁	0,43 mm	-	[schatting]
i ₁	0,21 mm*	-	[lit. 28]
j ₁	0,02 mm*	-	[schatting]
k ₁	0,64 mm	-	[lit. 28]
l	0,21 mm	-	[schatting]
a ₃	0,00 mm	-	[lit. 28]
b ₃ + c ₃	0,09 mm	-	[lit. 10]
	=====		
TOTAAL	0,84 mm		

Stellen vanaf het mouspunt op verdieping n:

deelmaatkenmerk	S _{toevallig}	S _{systematisch}	
a ₃	0,00 mm	-	[lit. 10]
b ₃ + c ₃	0,09 mm	-	[lit. 10]
h ₂	0,43 mm	-	[schatting]
i ₂	0,21 mm*	-	[lit. 28]
j ₂	0,02 mm*	-	[schatting]
k ₂ '	0,95 mm*	-	[berekening]
o	0,64 mm	-	[schatting]
p	0,86 mm	-	[schatting]
q	3,18 mm*	-	[lit. 21]
	-	1,0 mm*	[schatting]
r	0,00 mm	-	[lit. 18]
s	1,72 mm	-	[lit. 12]
t	0,00 mm	-	[schatting]
u	0,69 mm*	-	[lit. 12]
v	0,86 mm*	-	[lit. 12/schatting]
w	2,75 mm*	-	[lit. 12/schatting]
	=====	=====	
TOTAAL	4,91 mm	1,0 mm	

* = zie bijlage D2

3.2.1 Positie van de mospunten

De maximale hoogte waarover in één keer kan worden opgelood is 35 à 40 meter. Voor het uitzetten van een mospunt op de 21^e verdieping (74868 + Peil), moet er dan minimaal drie maal worden opgelood. Dat houdt in dat de schatting voor de standaardafwijking dan is:

$$s_{\text{totaal}} = \sqrt{s_1^2 + s_2^2 + s_3^2} = \sqrt{30,83^2}$$

$$s_{\text{totaal}} = \sqrt{2,07} = 1,43 \text{ mm}$$

Dat houdt in er een kans van 98% is dat een mospunt op de 21^e verdieping een afwijking heeft dat zich tussen de volgende grenzen dat bevindt (zie ook bijlage D1):

$$\mu_l = -2,33 \cdot 1,43 = -3,35 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 2,33 \cdot 1,43 = +3,35 \text{ mm}$$

3.2.2 Positie van de koppelbalk

het 98% betrouwbaarheidsinterval van de positie van de koppelbalk (midden tussen kolommen, vanuit het mospunt op verdieping waar gemeten wordt) is:

$$\mu_l = -2,33 \cdot 4,91 + 1,00 = -12,44 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 2,33 \cdot 4,91 + 1,00 = +12,44 \text{ mm}$$

De te verwachten afwijking vanaf het mospunt in de kelder is dan:

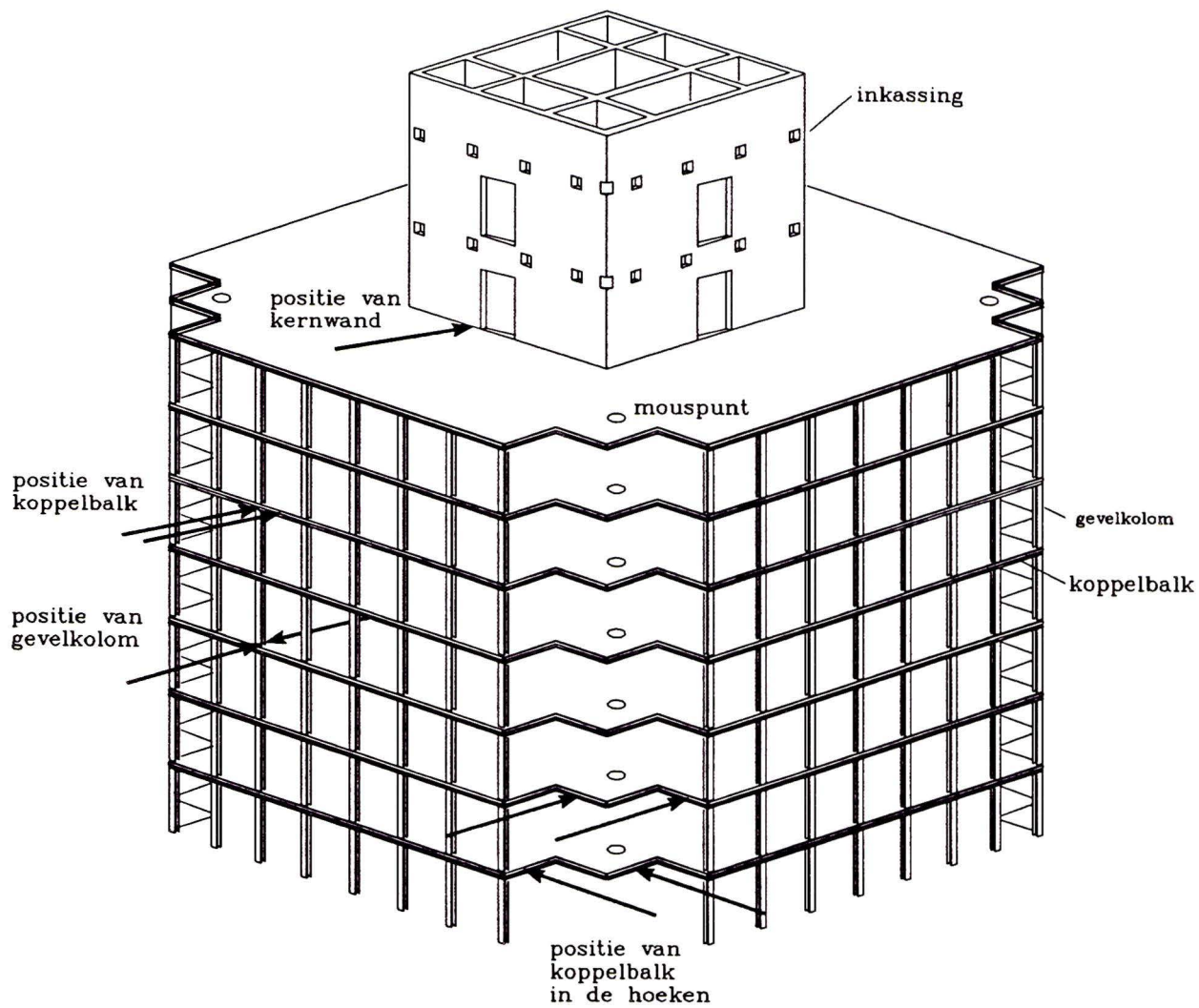
$$\mu_r = -\mu_l = \sqrt{3,35^2 + 11,44^2} + 1,00$$

$$= \sqrt{142,10} + 1,00$$

$$= 11,99 + 1,00 = 12,99 \text{ mm}$$

$$\mu_l = -12,99 \text{ mm}$$

$$\mu_r = +12,99 \text{ mm}$$



Afbeelding 4

Meetpunten in het gebouw

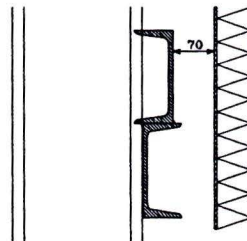
4 Meten van de matekwaliteit

4.1 Wat te meten?

Doel van het praktijkonderzoek is in eerste instantie een uitspraak te kunnen doen omtrent het al dan niet voldoen aan de maatnauwkeurigheidseisen van de gestelde staalconstructie. In tweede instantie is het de bedoeling om inzicht te krijgen in de grootte van de afwijkingen van de diverse deelmaatkenmerken. De meetmethode is hierdoor bepaald.

4.1.1 Positie van de koppelbalk

De positie van de koppelbalk is een maat voor de maatnauwkeurigheid van de totale staalconstructie. Deze koppelbalk is immers het punt dat, bij te grote afwijkingen in de staal- of gevelconstructie, problemen op kan leveren tijdens de montage van de gevel. Op de tekening is niet de maat tussen het meest buitenste punt van de koppelbalk en de binnenzijde van de gevel is gegeven, maar juist de afstand tussen de bovenste UNP-160 en de binnenzijde van de gevel.



Afbeelding 4.1 Ruimte tussen de koppelbalk en de gevel

Gezien de tweede doelstelling van het onderzoek is het toch zinvol om het buitenste punt van de koppelbalk op te meten. Hierdoor bestaat de mogelijkheid om van één of meerdere deelmaatkenmerken (t , u en v) een schatting voor de spreiding te weten te komen.

Door de positie van de koppelbalk op te meten bij iedere kolom en in het midden tussen de kolommen is het mogelijk om een waarde toe te kennen aan de uitwijking van de koppelbalk. (Deelmaatkenmerk w)

4.1.2 Positie en afmeting van de gevelkolom

Om de afwijking van de positie van de gevelkolom te meten is het noodzakelijk om het hart van de kolom te weten. Bij de bewerking in de werkplaats zijn de hartlijnen van de kolommen uitgezet vanaf de buitenzijden van de flenzen.

Indien de posities van de buitenzijden van de flenzen wordt opgemeten kan zowel de afwijking van het hart van het profiel als de afwijking van de afmeting in de z-richting van het profiel (deelmaatkenmerk s) berekend worden.

4.1.3 Positie van de kernwand

Om te beoordelen of de gebruikte montagemethode verbeterd had kunnen worden is de positie van de kern (een ander relevant deelmaatkenmerk van het gebouw) opgemeten. Dit geschiedde ter plaatse van de aansluiting van het staal aan het beton. Indien de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie vergelijkbaar is met die van de betonconstructie dan is het de vraag of gedwongen positioneren van de staalconstructie aan de betonkern niet gunstiger was geweest.

4.1.4 Positie van de centerpunten

De centerpunten dienen als stelpunten voor het stellen van de staalconstructie. Afwijkingen in de plaats van die centerpunten (ten opzichte van de vizierlijn) zijn een maat voor de afwijkingen in de deelmaatkenmerken $a_3, b_3, c_3, h_2, i_2, j_2, k_2$ en o . De afwijking tussen centerpunten op dezelfde balk is een maat voor de deelmaatkenmerken p, q en r .

4.1.5 Positie van de mouspunten

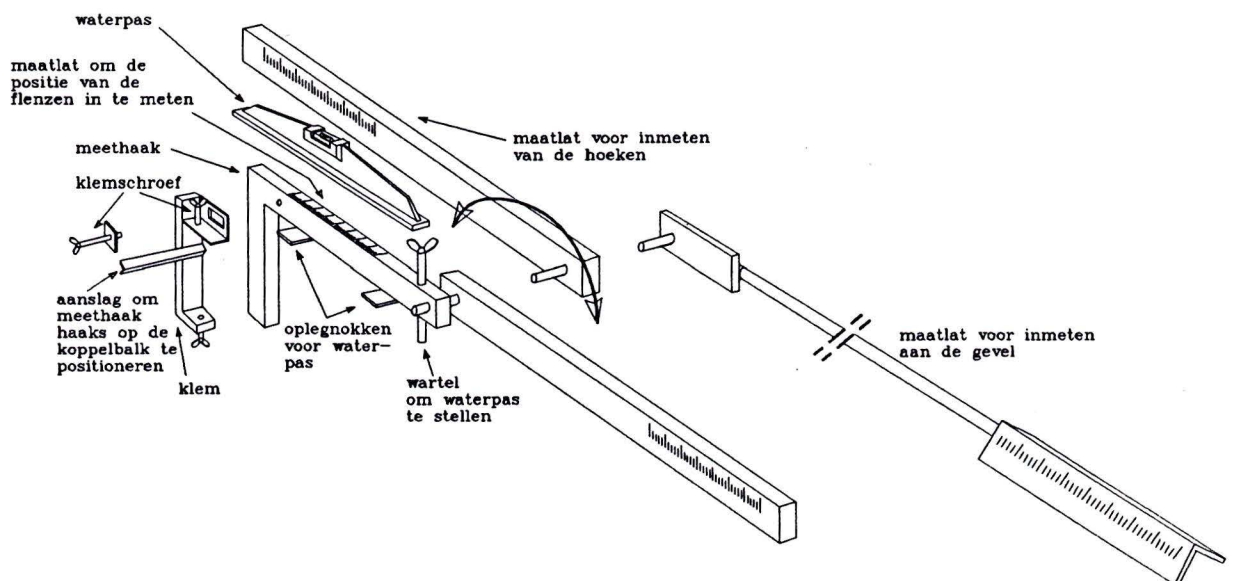
De positie van de diverse onderdelen van de staalconstructie worden opgemeten vanaf mouspunten op de verdieping waar de meetpunten zich bevinden. De afwijking van die mouspunten dient dan bij de afwijking van de staalconstructie te worden opgeteld. Daar waar mogelijk zijn de posities van de mouspunten worden opgemeten. De afwijkingen zijn dan een indicatie voor de waarden van de deelmaatkenmerken $a_2, b_2, c_2, h_1, i_1, j_1, k_1, m$ en n of $a_2, b_2, c_2, h_1, i_1, j_1, k_1, l, c_3$ en b_3 .

De markeringplaten van de mouspunten worden voor het storten van de betonvloer verwijderd (daar waar ze voor de staalannemer aanwezig zijn), en later worden er nieuwe markeringplaten aangebracht.

4.2 De meetmethode

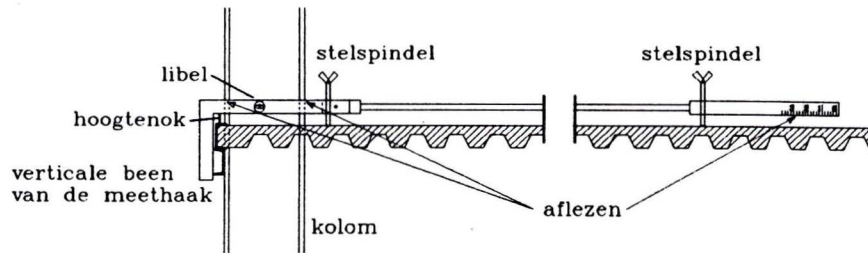
Voor de metingen zijn meerdere hulpmiddelen ontwikkeld. Deze zijn:

- Meethaak om de positie van de koppelbalk (welke zich onder het vloerniveau bevindt) over te brengen naar een meetbare en afleesbare (zodat de kolommen geen obstakels vormen) positie.
- Verlengstukken (maatlatten) om de positie van de meethaak af te kunnen lezen met behulp van een theodoliet die opgesteld is boven een mouspunt wat zich meer dan drie meter van de gevel bevindt.
- Meetlat om de positie van de kern op te meten met behulp van de reeds opgestelde theodoliet. Deze afstand is ca 6 meter.
- Meetbandje (lengte 15 cm) om de positie van de centerpunten (waarmee de constructie is gesteld) op te kunnen meten.



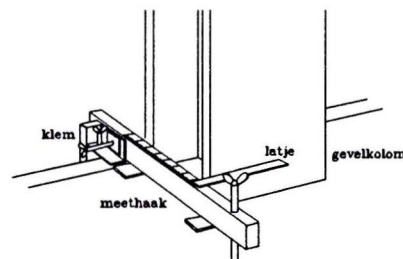
Afbeelding 4.5

De meethaak met meetlatten voor het inmeten van de koppelbalk en de gevelkolom



Afbeelding 4.6 Het gebruik van de meethaak

De meethaak wordt met het verticale been tegen de koppelbalk geschoven. De haak rust dan via een nok op de koppelbalk. Dan wordt met behulp van een spindel het horizontale been van de meethaak horizontaal gesteld (aflezen op een waterpas) waardoor het verticale been verticaal komt te staan. Hierna wordt de meethaak gefixeerd aan de klem (die aan de koppelbalk vast zit) om te voorkomen dat hij beweegt (wind) of naar beneden zou vallen. Nu is de binnenzijde van het verticale been de nul van de meetlat. Door middel van het aanhouden van een latje aan de buitenzijden van de flenzen van de kolom kan de positie van de kolom worden afgelezen ten opzichte van de meetlat die op de bovenzijde van de meethaak is bevestigd.

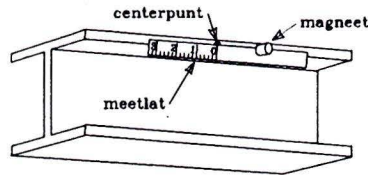


Afbeelding 4.7 Opmeten van de positie en afmeting van de gevelkolom

Door aan de meethaak een verlengstuk te koppelen is het mogelijk om de afstand van de meethaak tot de lijn tussen twee mouspunten op te meten. Door boven het ene mouspunt een theodoliet (Wild T16) op te stellen (statief Wild GST 20) en deze te richten op het tweede mouspunt is een verticaal vlak te creëren (kijker ronddraaien om de 2° as). Hierdoor is de positie van de meethaak (en daarmee de positie van de koppelbalk) in de meetpunten 1 t/m 15 af te lezen (zie bijlage E1).

Op dezelfde manier (alleen met een ander verlengstuk) is de positie van de koppelbalk in de meetpunten a t/m p op te meten.

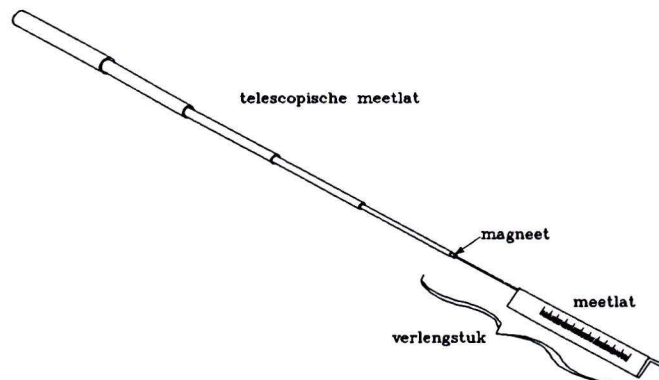
Om de positie van de centerpunten op te meten is ter hoogte van de centerpunt een meetlat aangehouden (bevestigen met een magneet en op het oog op de juiste plaats positioneren).



Afbeelding 4.8 Gebruik van de meetband om de positie van de centerpunten op te meten

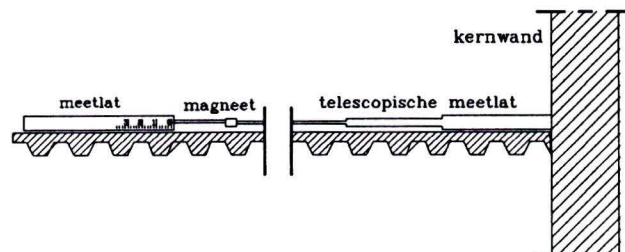
Indien er geen afwijkingen zouden zijn moesten de centerpunten samenvallen met de vizierlijn van de theodoliet. Een meetlat van enkele centimeters voldeed dan ook.

De positie van de kern is opgemeten door een meetlat aan te houden op de kernwand. Deze bestond uit 5 in elkaar te schuiven delen van 1 meter. Daar de meten afstand ca 6050 mm of ca 5800 mm bedroeg moest deze worden verlengt.



Afbeelding 4.9 De telescopische meetlat voor het inmeten van de positie van de kern

Door een verlengstuk met een magneet te koppelen aan de telescopische meetlat was ook het bepalen van de positie van de kernwand met de theodoliet mogelijk.



Afbeelding 4.10 Gebruik van de telescopische meetlat

5 Meetresultaten

5.1 Meetgegevens

Zie bijlage F3, tabel 1 t/m 14.

Aangenomen mag worden dat de populatie waar de meetgegevens uit verkregen zijn verdeeld is als een normale verdeling. Dit houdt tevens in dat de metingen onderling onafhankelijk moeten zijn.

5.2 Absolute afwijkingen

Dit zijn de afwijkingen ten opzichte van de mouspunten op de verdieping waar gemeten wordt. De positie van deze mouspunten hebben invloed op de meetresultaten.

5.2.1 Positie van de koppelbalk

De positie van de koppelbalk is opgemeten op:

- de 21^e en 17^e verdieping
- de westgevel op de verdiepingen 12 t/m 16

(meetpunten 3, 5, 7, 9, 11, 13 en 15, zie bijlage E1 en F3 tabel 1 t/m 14)

Dit leverde de volgende steekproefgegevens op:

$n = 75$	(steekproefgrootte)
$m = 2,95$ mm	(gemiddelde van de steekproef)
$s = 3,30$ mm	(steekproefstandaardafwijking)

Daar binnen deze statistische gegevens ook de meetafwijking zit dient hiervoor te worden gecorrigeerd:

$$s_{\text{totaal}}^2 = s_{\text{staalconstructie}}^2 + s_{\text{meting}}^2 \quad (\text{voor } s_{\text{meting}} \text{ zie bijlage E2})$$

$$3,30^2 = s_{\text{staalconstructie}}^2 + 0,82^2$$

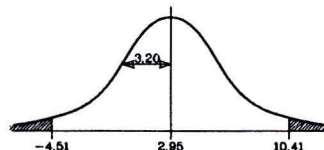
$$s_{\text{staalconstructie}}^2 = 3,20^2$$

Dit geeft de volgende grenzen van het 98% betrouwbaarheidsinterval:

$$\mu_l = 2,95 - 2,33 \cdot 3,20 = -4,51 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 2,95 + 2,33 \cdot 3,20 = +10,41 \text{ mm}$$

De kans op een afwijking van de koppelbalk is grafisch weergegeven de volgende:



Afbeelding 5.1 Kansverdeling van de afwijking van de koppelbalk

Zijn 75 metingen voldoende om met voldoende nauwkeurigheid conclusies te mogen trekken? [lit. 36]

$$2,33 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = \text{precisie}$$

Bij een gewenste precisie van 1,00 mm dienen 56 metingen uitgevoerd te worden. 75 metingen voldoen dus en leveren een precisie van 0,86 mm. Hiermee is dus gezegd dat er 1% kans is dat het 98% betrouwbaarheidsinterval een μ_1 heeft die kleiner is dan $-4,51 - 0,86 = 5,37$ mm en een kans van 1% dat het een μ_r heeft die groter is dan $+10,41 + 0,86 = 11,27$ mm.

Positie van de koppelbalk in de hoeken

De metingen zijn niet onderling onafhankelijk. Vandaar dat er geen statistische gegevens van de steekproef bekend zijn.

5.2.2 Uitbuiging van de koppelbalk

De positie van de koppelbalk is opgemeten op:

- de 21^e verdieping
- de 17^e verdieping
- de westgevel op de verdiepingen 12 t/m 16

(meetpunten 4, 6, 8, 10 en 12: zie bijlage E1 en F4.

$$n = 71$$

$$m = 0,33 \text{ mm}$$

$$s = 2,64 \text{ mm}$$

Corrigeren voor de meetafwijking:

$$s^2_{\text{totaal}} = s^2_{\text{staalconstructie}} + s^2_{\text{meting}} \quad [\text{lit } 10]$$

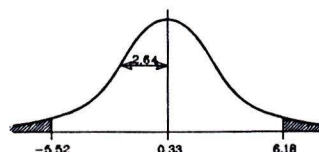
$$s^2_{\text{staalconstructie}} = 2,51^2 \text{ mm}$$

De grenzen van het 98% betrouwbaarheidsinterval zijn dan:

$$\mu_1 = 0,33 - 2,33 \cdot 2,51 = -5,52 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 0,33 + 2,33 \cdot 2,51 = +6,18 \text{ mm}$$

De kans op een afwijking is als volgt verdeeld:



Afbeelding 5.2 kans op uitbuiging van de koppelbalk

De precisie van deze meting is

$$2,33 \cdot \frac{2,51}{\sqrt{71}} = 0,69 \text{ mm}$$

Heeft het storten van de beton invloed op de uitbuiging van de koppelbalk?

Verdieping 17 (reeds beton gestort):

n = 24

m = 1,79 mm

s = 2,43 mm

Verdieping 21 (geen beton gestort):

n = 19

m = -0,33 mm

s = 2,53 mm

Vergelijken met de t-toets:

$$t = \frac{m_{21} - m_{17}}{s \sqrt{\frac{1}{n_{17}} + \frac{1}{n_{21}}}} = -2,02$$

-2,02 > -2,41 (= t_{36}) waaruit geconcludeerd mag worden dat met een betrouwbaarheid van 98% het storten van de beton geen invloed heeft op de uitbuiging van de koppelbalk.

5.2.3 Positie van de kernwand

De positie van de kernwand is opgemeten boven de inkassing tegen de kernwand (meetpunten A, B, C en D, zie bijlage E) en wel op de verdiepingen 21, 17 en de westgevel van de verdiepingen 12 t/m 16. Meetgegevens zie bijlage F3 tabel 2 t/m 14.

n = 52

m = -4,44 mm

s = 5,61 mm

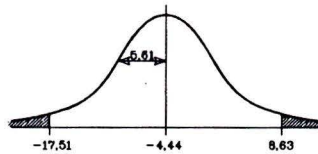
Corrigeren voor de meetafwijking is niet mogelijk omdat hier geen duplicaatmeting voor uitgevoerd is.

Het 98% betrouwbaarheidsinterval is:

$$\mu_l = -4,44 - 2,33 \cdot 5,61 = -17,51 \text{ mm}$$

$$\mu_r = -4,44 + 2,33 \cdot 5,61 = +8,63 \text{ mm}$$

Kans op een afwijking van de kernwand is grafisch de volgende:



Afbeelding 5.3 kansverdeling van de afwijking van de kernwand

De precisie van deze metingen is:

$$precisie = 2,33 \cdot \frac{5,61}{\sqrt{52}} = 1,82 \text{ mm}$$

5.2.4 Afmeting van de kolom

Op de verdiepingen 17 en 21 en aan de westgevel van de verdiepingen 12 t/m 16 zijn de afmetingen van de kolommen opgemeten (meetpunten 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 en 15). Meetgegevens zie bijlage F6,

Vanwege de grote afwijking van de meetresultaten van meting 1 op verdieping 13 en van meting 15 op verdieping 14 zijn deze buiten de statistische verwerking van de gegevens gehouden.

$n = 98$
 $m = 2,83 \text{ mm}$
 $s = 2,01 \text{ mm}$

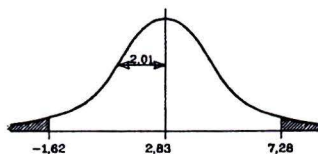
Uit de duplicaatmeting volgt dat de $s_{\text{meting}} = 0,63 \text{ mm}$. De gecorrigeerde $s_{\text{kolomafmeting}} = 1,91 \text{ mm}$.

Het 98% betrouwbaarheidsinterval is dan:

$$\mu_l = 2,83 - 2,33 \cdot 1,91 = -1,62 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 2,83 + 2,33 \cdot 2,01 = +7,28 \text{ mm}$$

De grafische voorstelling van de kansverdeling is:



Afbeelding 5.4 kansverdeling van de afwijking van de kolomafmeting

De precisie van deze meting is 0,46 mm

5.2.5 Positie van de gevelkolom

Gemeten op de verdiepingen 17 en 21, en aan de westzijde van de verdiepingen 12 t/m 16

De posities van de buitenkanten van de flensen zijn opgemeten en daarmee is het midden tussen die posities, wat het hart van de kolom is, ook bekend.

(meetgegevens zie bijlage F3 tabel 2 t/m 14)

Vanwege de grote afwijking van de meetresultaten van meting 1 op verdieping 13 en van meting 15 op verdieping 14 zijn deze buiten de statistische verwerking van de gegevens gehouden.

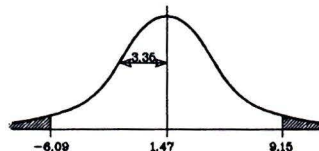
$$\begin{aligned} n &= 75 \\ m &= 1,47 \text{ mm} \\ s &= 3,35 \text{ mm} \end{aligned}$$

De $s_{\text{meting}} = 0,73 \text{ mm}$. Daaruit volgt dat de $s_{\text{gecorrigeerd}} = 3,27 \text{ mm}$

Het 98% betrouwbaarheidsinterval is dan als volgt:

$$\begin{aligned} \mu_l &= 1,53 - 2,33 \cdot 3,27 = -6,09 \text{ mm} \\ \mu_r &= 1,53 + 2,33 \cdot 3,27 = +9,15 \text{ mm} \end{aligned}$$

De kansverdeling ziet er grafisch als volgt uit:



Afbeelding 5.5 kansverdeling van de afwijking van de positie van de gevelkolom

De precisie is 0,88 mm

5.2.6 Afmeting van de koppelbalk

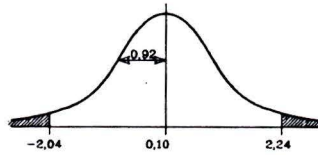
meetgegevens: zie bijlage F3 tabel 2 t/m 14

$$\begin{aligned} n &= 78 \\ m &= 0,10 \text{ mm} \\ s &= 0,92 \text{ mm} \end{aligned}$$

Het 98% betrouwbaarheidsinterval is dan:

$$\begin{aligned} \mu_l &= -2,04 \text{ mm} \\ \mu_r &= +2,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

Grafisch kan de kansverdeling als volgt worden weergegeven:



Afbeelding 5.6 kansverdeling van de afwijking van de afmeting van de koppelbalk

5.2.7 Afwijking bij het plaatsen van de centerpunten

De afwijkingen van de centerpunten ten opzichte van elkaar op dezelfde balk leiden tot de volgende gegevens:

Meetgegevens zie bijlage F5

$$n = 24$$

$$m = 2,42$$

$$s_{\text{verschil}} = 1,91$$

In de spreiding zit twee maal de spreiding van het aanbrengen van de centerpunten:

$$s_{\text{verschil}}^2 = 2 \cdot s_{\text{aanbrengen}}^2$$

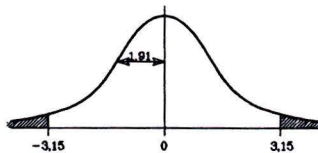
$$s_{\text{aanbrengen}} = 1,35$$

Het 98% betrouwbaarheidsinterval voor het aanbrengen van de centerpunten is dan

$$\mu_l = -2,33 \cdot 1,35 = -3,15 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 2,33 \cdot 1,35 = +3,15 \text{ mm}$$

De kansverdeling ziet er grafisch als volgt uit:



Afbeelding 5.7 kansverdeling van de afwijking in het aanbrengen van de centerpunten

5.2.8 Oploden van de mouspunten

Voor de gevelaannemer zijn de mouspunten die voor het positioneren van de gevel dienen opnieuw aangebracht. De positie van deze mouspunten is nagemeten vanaf de 11^e verdieping. Het is op die manier mogelijk om de posities van de diverse koppelbalken, zoals die eerder was opgemeten, ten opzichte van elkaar te vergelijken.

De mouspunten op de 12^e verdieping zijn voor de stalaannemer aangebracht en zijn niet meer verwijderd tijdens het storten van de betonvloer. Na opmeting van de mouspunten is het dus mogelijk om de posities van de koppelbalken van een volledig portaal terug te rekenen naar het mouspunt van waar daadwerkelijk werd gesteld.

De posities van de mouspunten 1 en 4 zijn opgemeten vanaf de 11^e verdieping, met behulp van een Wild T16 theodoliet met zenit-oculair op een Wild GST 20 statief.

Voor de meetgegevens zie bijlage F3 tabel 1

Er is geen duplicaatmeting gedaan waardoor corrigeren voor de meetafwijking niet mogelijk is.

Doordat een systematische afwijking de afwijkingen van de mouspunten kan beïnvloeden is een statistische verwerking niet toepasbaar. Door een eventuele afwijking in de teloodstand van de vizierlijn bij het aanbrengen van de mouspunten worden de afwijkingen naar boven toe steeds groter, en de posities zijn derhalve niet onderling onafhankelijk.

5.3 Relatieve afwijkingen

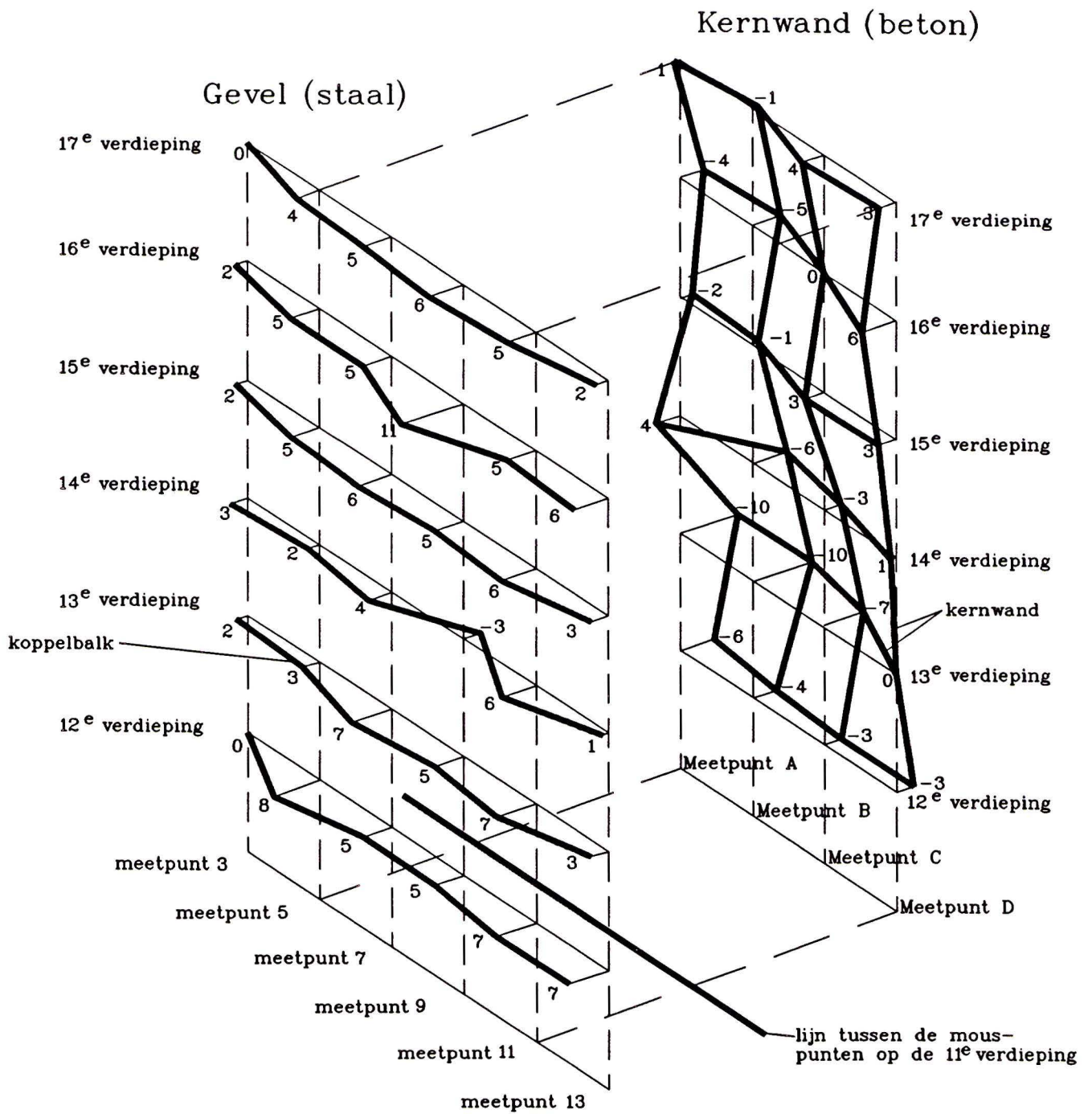
Hierbij zijn de afwijkingen die gevonden zijn op meerdere verdiepingen gerelateerd aan de lijn tussen de mouspunten op verdieping 11. Afwijkingen in de positie van de mouspunten op verdiepingen 12 t/m 17 zijn niet meer van invloed op de afwijkingen.

5.3.1 Positie van de koppelbalk aan de westgevel

Uit de dan ontstane gegevens kunnen gemiddelde en standaardafwijking worden berekend. Het gemiddelde is niet erg interessant omdat een afwijking van de mouspunten op de 11^e verdieping direct een ander gemiddelde geeft. Wel is de standaardafwijking interessant omdat deze kan worden vergeleken met de standaardafwijking genoemd in paragraaf 5.2.1. Wanneer blijkt dat deze standaardafwijkingen significant verschillen kan worden geconcludeerd dat de mouspunten voor C.S.M. nauwkeuriger zijn dan de mouspunten voor Gärtner (zie ook § 4.1.5).

Gebruikt hiervoor zijn de meetgegevens van de westgevels van de verdiepingen 12 t/m 17. Het was de bedoeling om over precies twee portalen te meten maar, zoals in bijlage F1 uiteengezet is, was dat onmogelijk.

n = 36
 m = 4,22 mm (niet bruikbaar)
 s = 2,57 mm



Afbeelding 5.8

Afwijkingen van staal- en betonconstructie in mm

Om te beoordelen of de mospunten die CSM (de stalaannemer) gebruikt een kleinere afwijking hebben dan de mospunten voor Gärtner moeten de s_{relatief} en s_{absoluut} met elkaar worden vergeleken.

De s_{absoluut} mag dan uitsluitend gebaseerd zijn op metingen die verricht zijn vanaf een mospunt wat aangebracht is voor Gärtner. Dat houdt in dat de metingen van verdiepingen 21 en 12 niet mee worden genomen.

$n = 48$
 $m = 2,85 \text{ mm}$
 $s = 3,05 \text{ mm}$

Voor het vergelijken van de spreidingen wordt de F-toets gebruikt [lit 36].

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

Waarin s_1 berekend is uit de grootste steekproef

$$F_{35}^{47} = 1,187$$

$$F_{35}^{47} = 2,09$$

Hieruit blijkt dat de kans dat ze dezelfde standaardafwijking hebben groter is dan 1%. De veronderstelling dat de mospunten voor Gärtner onnauwkeuriger zouden zijn gepositioneerd dan die voor CSM moet worden verworpen.

De positie van de koppelbalk kan dan grafisch worden weergegeven als in afbeelding 5.8 (zie hiernaast)

5.3.2 Positie van de kern aan de westgevel

Net als de positie van de koppelbalk kan de positie van de kernwand worden omgerekend naar een positie ten opzichte van de lijn tussen de mospunten op verdieping 11.

Zie meetgegevens in bijlage F7

Afwijking van de kernwand ten opzichte van de eerder genoemde willekeurige lijn op de 11^e verdieping:

$n = 24$
 $m = -1,67 \text{ mm}$
 $s = 4,38 \text{ mm}$

Een grafische weergave van de positie van de kernwand is te vinden in afbeelding 5.8 (zie hiernaast)

5.4 Samenvatting van de meetresultaten (98% Betrouwbaarheidsintervallen)

Positie koppelbalk aan de rechte gevel
-4,51 tot +10,41 mm

Uitbuiging van de koppelbalk (t.ov. rechte lijn tussen de kolommen)
-5,52 tot +6,18 mm

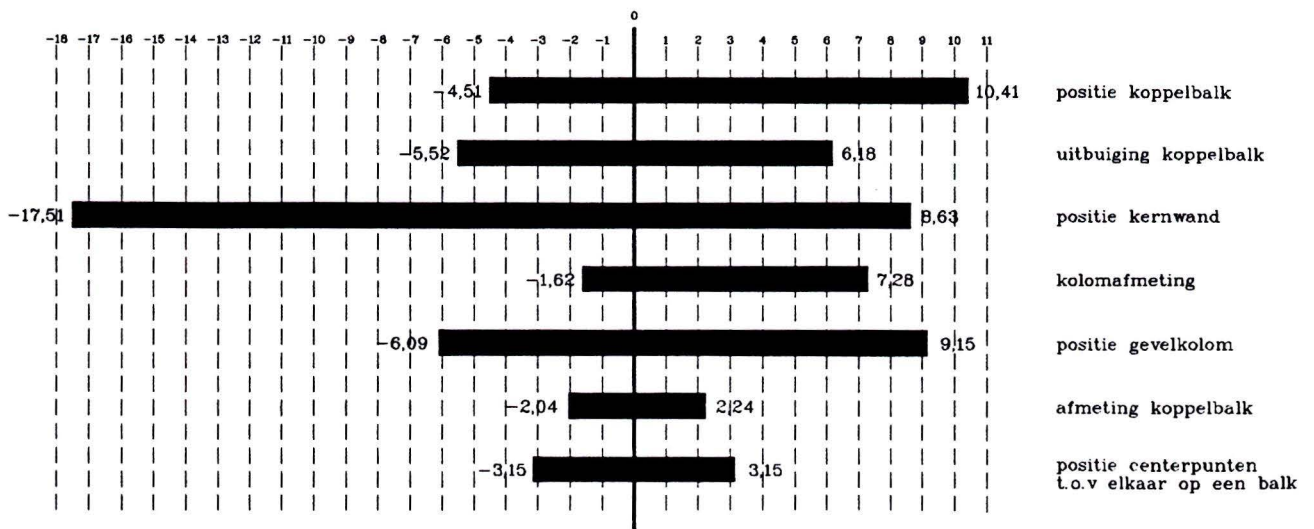
Positie van de kernwand (t.o.v. mouspunten op de verdieping waar gemeten wordt)
-17,51 tot +8,63 mm

Afmeting van de kolom (Z-richting van het profiel)
-1,62 mm tot +7,28 mm

Positie van gevelkolom (t.o.v. mouspunten op de verdieping waar gemeten wordt)
-6,09 mm tot +9,15 mm

Afmeting van de koppelbalk (x-richting van het profiel)
-2,04 tot 2,24 mm

Positie van centerpunten ten opzichte van referentie op maatlat
-3,15 tot +3,15 mm

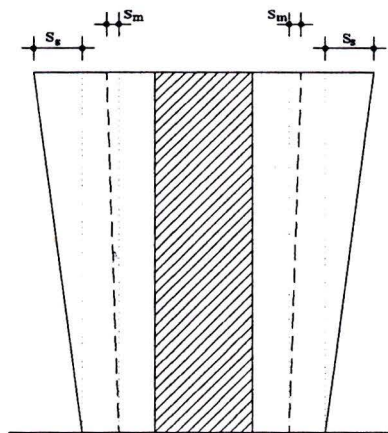


Afbeelding 5.9 98% betrouwbaarheidsintervallen

5.5 Toetsing aan maatnauwkeurigheidseisen

Voldoet de staalconstructie aan de gestelde maatnauwkeurigheidseisen?
Er zijn eisen gesteld voor [lit 6]:

de totale gebouwafmeting : +/- 20 mm
de onloodheid van de gevel : +/- 27 tot +/- 29,7 mm
(afhankelijk van de hoogte)



Afbeelding 5.10 passingsfiguur voor gebouwafmeting

s_g = schatter voor de standaardafwijking van de staalconstructie
= 3,20mm
 s_m = schatter voor de standaardafwijking van de mouspunten
(voorspelling) = $\sqrt{0,84^2 \cdot 5} = 1,88$ mm (bij 5 slagen voor oploden)

De schatter voor de totale gebouwafmeting is:

$$s_{\text{gebouwafmeting}} = \sqrt{2 \cdot (3,20^2) + 2 \cdot (1,88^2)} = 5,25 \text{ mm}$$

Omdat de staalconstructie een systematische afwijking van 2,95 mm naar buiten heeft is het 98% betrouwbaarheidsinterval:

$$\begin{aligned} \mu_l &= 2 \cdot 2,95 - 2,33 \cdot 5,25 = -6,33 \text{ mm} \\ \mu_r &= 2 \cdot 2,95 + 2,33 \cdot 5,25 = +18,13 \text{ mm} \end{aligned}$$

De schatter voor de onloodheid is:

$$s_{\text{onloodheid}} = \sqrt{3,20^2 + 1,88^2} = 3,71 \text{ mm}$$

Hierdoor zijn de grenzen van het 98% betrouwbaarheidsinterval:

$$\mu_l = 2,95 - 2,33 \cdot 3,71 = -5,69 \text{ mm}$$

$$\mu_r = 2,95 + 2,33 \cdot 3,71 = +11,59 \text{ mm}$$

De staalconstructie voldoet aan de gestelde maatnauwkeurigheidseisen, geen van de grenzen van de 98% betrouwbaarheidsinterval zijn kleiner dan -20 of groter dan 20 mm, mits de maat van de constructie aan het verjongen van de kolommen, op verdieping 28 zijn de kolommen 66 mm slanker dan op verdieping 10 (zie bijlage E1), wordt aangepast.

5.6 Kwantificatie van deelmaatkenmerken

Wat zijn de waarden van de deelmaatkenmerken zoals die gemeten zijn?

deelmaatkenmerk	S _{toev.}	S _{sys.}	bron
a	0,00	-	[lit. 10]
h	0,30	-	[ervaring]
l	0,30	-	[ervaring]
p	1,35	-	[dit rapport]
r	0,00	-	[lit. 18]
s	2,01	+2,83	[dit rapport]
t	0,00	-	[lit. 18]
w	2,64	+0,33	[dit rapport]
x	0,30	-	[ervaring]
b+c	0,09	-	[lit. 10]
u+v	0,92	+0,10	[dit rapport]

5.7 Conclusies:

- De staalconstructie voldoet aan de maatnauwkeurigheidseisen
- De maatnauwkeurigheid van de staalconstructie is groter dan de maatnauwkeurigheid van de betonconstructie
- Het storten van beton leidt niet tot een significant grotere uitbuiging van de koppelbalk.
- De mouspunten die voor Gärtner aangebracht zijn hebben geen significant grotere afwijking dan de mouspunten aangebracht voor CSM.
- De meeste relevante deelmaatkenmerken zijn:
 - p afwijking van centerpunt t.o.v. markering op de panlat
 - s afmeting van de gevelkolom
 - w uitbuiging van de koppelbalk
 - u+v afmeting en scheefstand van de koppelbalk

6 Verbeteren van het montageproces

6.1 Verbeteren van het huidige montageprincipe met behoud of verbetering van de nu aanwezige maatnauwkeurigheid.

Uitgangspunt blijven dezelfde constructie-elementen (inkassingen, portaal met drie liggers, kolommen over drie verdiepingen met kop- en voetplaten).

Door verbeteren van handelingen die de maatnauwkeurigheid beïnvloeden, zonder dat dit meer werk oplevert, kunnen afwijkingen worden gereduceerd. Dit leidt ertoe dat een aantal andere deelmaatkenmerken minder nauwkeurig hoeven worden uitgevoerd om toch hetzelfde resultaat wat betreft maatnauwkeurigheid te behalen.

De meest relevante deelmaatkenmerken zijn p (aanbrengen centerpunten), s (afmeting van de gevelkolom in z-richting van het profiel), u + v (afmeting en scheefstand van de koppelbalk) en w (uitbuiging van de koppelbalk).

6.1.1 Kolomafmeting

Met de wetenschap dat de afmeting van de gevelkolommen gemiddeld 2,83 mm groter is dan de opgegeven maat en het feit dat dit voor de volle 100% in de positie van de koppelbalk doorwerkt (er wordt gemeten vanuit de binnenzijde van de kolom om het centerpunt uit te zetten), kan deze afwijking eenvoudig worden geëlimineerd door de centerpunten 2,83 mm (dus 3 mm) verder naar de gevel toe te brengen. De spreiding van de afmeting is niet te reduceren, evenmin als de spreiding in de uitbuiging van de koppelbalk.

6.1.2 Centerpunten

Het aanbrengen van de centerpunten valt mijn inziens wel te verbeteren. Nu wordt een houten panlat als maatlat gebruikt. Deze ligt, beschermt tegen regen maar niet tegen vocht, in een container. Hierop zijn referenties aangebracht met behulp van rolmaat en ballpoint. Het lijkt mij beter om in de constructiewerkplaats de stelpunten aan te brengen. Dit kan op meerdere manieren:

- Met de boorstraat een putje in de flens te boren. Hierdoor wordt de kans op een toevallige afwijking van het stelpunt kleiner, en is een hoop klauterwerk tijdens het samenbouwen niet meer nodig. Nadeel is wel dat na het aanbrengen van de stelpunten de kopplaat nog aan de ligger moet worden gelast. De afstand tussen binnenzijde kolom en stelpunt wordt daarmee nog beïnvloed. De schatting van standaardafwijking voor de positie van de centerpunten gemeten vanaf de buitenzijde van de kopplaat is $s = 0,71$ mm. Dit is in ieder geval beter dan in geval met de panlat. Alleen het overhalen vanaf de markering heeft al $s = 1,35$ mm. Daarbij komt nog de afwijking in de

panlat zelf, welke geschat is op 3,18 mm. Dat levert dan een $s = 3,45$ mm

Nadeel van deze methode is dat voor het aanbrengen van de putjes de balken door de boorstraat moeten. Nu is dat niet nodig omdat er geen gaten inzitten.

- Gebruik maken van een stalen maatlat met een gat waardoor de centerpen wordt gestoken. Hierdoor zijn invloeden van vocht en warmte geëlimineerd, en wordt de toevallige afwijking van het overhalen vanaf de markering verkleind. Te verwachten standaardafwijking: $s = 0,5$ mm.
- Aanbrengen van kraslijnen. Door langs de kopkant van een stalen een kraslijn te trekken is met een standaardafwijking van $\pm 0,5$ mm een stelpunt aan te brengen. Nadeel is dat deze kraslijnen door de vizier van de theodoliet slecht te zien zijn. Door eerst een kleur aan te brengen en dan de kraslijn valt dit te verbeteren.

6.1.3 Theodoliet

Tijdens het stellen staat de theodoliet op de staalplaat van de staalplaatbetonvloer. Deze is niet stijf. Gevolg is dat wanneer de maatvoerder zijn gewicht verplaatst de vizierlijn ook verplaatst omdat de theodoliet niet meer zuiver staat. Dit is te voorkomen door de poten van het statief recht boven de balken te plaatsen maar de vorm van het balkenrooster zo dat dit zeer moeilijk wordt.

Het stellen van de staalconstructie is alleen mogelijk bij rustige weersomstandigheden. En hoe hoger er gemeten moet worden hoe minder dat die voorkomen. Bij een redelijke wind (vanaf 4 Bft) is het zuiver aflezen over een afstand van 25 meter niet meer eenvoudig door het trillen van de theodoliet. Misschien was het verstandig geweest om een statief te ontwikkelen dat rust op het balkenrooster, en zo stijf is dat het weinig hinder heeft van wind.

6.1.4 Inkassing

Het stellen van de constructie gebeurt door de draadeinden in de kopplaat uit te draaien (van de kern af) of de moeren over de draadeinden in de inkassing aan te draaien waarmee de kopplaat naar de kern toegetrokken wordt. Deze stelmechanismen zijn slecht bereikbaar na het positioneren van de staalconstructie. Met veel geweld (slagmoersleutels) worden de moeren en bouten aangedraaid, wat soms maar met moeite lukt. Door draadeinden te gebruiken met een kleinere spoed wordt het stellen eenvoudiger.

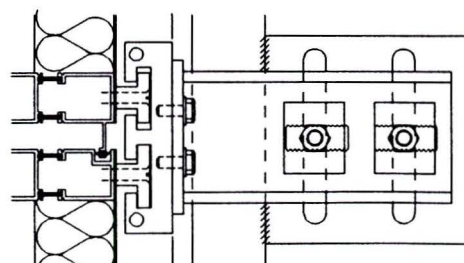
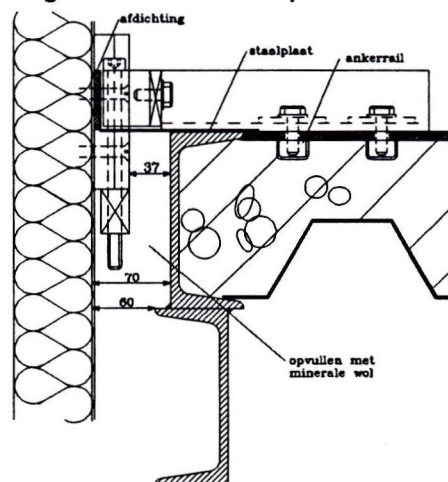
6.2 Optimaliseren van het gehele montageproces met eventueel aanpassen van de maatnauwkeurigheid.

6.2.1 Herformuleren van de maatnauwkeurigheidseisen

Moet de constructie aan zulke strenge maatnauwkeurigheidseisen voldoen? De positie van de koppelbalk heeft een 98% betrouwbaarheidsinterval van -4,51 tot +10,41 mm. Dat geeft voor de totale gebouwfmeting een 98% betrouwbaarheidsinterval van -6,33 tot 18,13 mm. Volgens het kwaliteitshandboek van C.S.M. zijn de montagetoleranties voor de totale gebouwfmeting +/- 20 mm. In de bestaande situatie voldoet de staalconstructie aan de gestelde eisen.

Wel rijst de vraag of de gestelde montagetoleranties niet veel te krap zijn. Er moeten grote inspanningen gedaan worden om deze maatnauwkeurigheid te halen terwijl grotere afwijkingen geen invloed hebben op naburige constructies. Wat zijn functionele maatnauwkeurigheidseisen?

- Ruimte tussen staalconstructie en gevel.
De ruimte tussen het bevestigingssysteem en de koppelbalk is in de ideale situatie 37 mm. De ruimte die open blijft tussen koppelbalk en gevel wordt dichtgezet met een staalplaat.



Afbeelding 6.1 Detail van de gevelbevestiging

De maximaal toelaatbare afwijking naar buiten is 37 mm. In dat geval raken koppelbalk en gevelbevestiging elkaar. Naar binnen toe is een geen grens uit de tekeningen te halen.

- Teloordstand van gevelkolommen loodrecht op de gevel. Maatafwijkingen hebben invloed op de grootte van krachten in de constructie. Indien de kolommen niet centrisc hoven elkaar geplaatst worden, ontstaan momenten in de constructie die kostenverhogend werken. De maximale scheefstand (ingegeven door het krachtenspel in de constructie) is volgens het kwaliteitshandboek voor Amstelhoek:

$$v_h = 0,003 \cdot \Sigma h_1 \cdot \frac{3}{n+2} \quad \text{met } n = \text{aantal verdiepingen}$$

h = hoogte in meters

Voor de 10^e verdieping (de eerste standaardverdieping) geeft dat een maximaal toelaatbare afwijking van +/- 27,7 mm. Voor de 28^e verdieping (de hoogste standaardverdieping) is dat +/- 29,4 mm. Het krachtenspel levert een tolerantie-eis van +/- 27 mm voor de positie loodrecht op de gevel gerechtvaardigd.

- Hoogte van de vloerligger. De staalplaatbetonvloer heeft de mogelijkheid om afwijkingen in de hoogte op te vangen (zolang dit niet ten koste gaat van de sterkte en stijfheid van de vloer) net als de afwerklaag van de betonvloer. Het plafond wordt onafhankelijk van de staalconstructie gepositioneerd. Evenzo de kabelgoten en de ventilatiekanalen. De dikte van de afwerklaag is mij niet bekend, maar gezien de nauwkeurigheid van de ruwe betonvloer (krimpwapening boven het vloeroppervlak, hoogteverschillen tot 15 mm) zal deze 30 à 40 mm bedragen. Afwijkingen tot + 15 mm in de hoogte van de staalconstructie kunnen zonder problemen worden weggewerkt in de afwerkvloer. Negatieve afwijkingen kunnen zowel in staalplaatbetonvloer als in afwerkvloer worden opgenomen. Een dikkere vloer is wel duurder in beton, een 10 mm dikkere vloer kost 7,9 m³ beton (± f1000,-). Er zal dan een afweging plaats moeten vinden tussen de extra kosten van een dikkere vloer en de geringere kosten van een minder nauwkeurige staalconstructie. Toevallige afwijkingen (van één vloerbalk) tot -15 mm kunnen zonder problemen worden opgenomen in de betonvloer.
- Teloordstand van de gevelkolommen in het gevelvlak. De toelaatbare afwijkingen evenwijdig aan de gevel hebben gezien het krachtenspel dezelfde waarden als de toelaatbare afwijkingen loodrecht op de gevel.
- Ter plaatse van de oplegging in de kern geldt dit niet. Hier wordt de positie enkel en alleen bepaald door de overspanning van de staalplaatbetonvloer. Omdat bij het berekenen van de vloer gewerkt wordt met de afstand tussen de hartlijnen van de balken is er een

marge van 280 mm. Omdat de kracht niet op een totaal andere plaats aan mag grijpen in de kern wordt de maat van 280 mm aanzienlijk kleiner. Een tolerantie-eis van +/- 30 mm ter plaatse van de kern lijkt gerechtvaardigd. In de gevel geldt dan +/- 27 mm.

- **Gebouwafmeting.**

Omdat de gevel niet oneindig breder en smaller is te maken dient er ook een eis gesteld te worden aan de totale gebouwafmeting. Per naad tussen de gevelelementen kan +/- 5 mm afwijking opgenomen worden. Voor de totale gebouwbreedte is dat dan 5×23 (= aantal naden) 115 mm. Het is echter onverstandig om de volle stelcapaciteit te gebruiken maar bij een stelruimte van 1 mm per naad kan de totale breedte 23 mm verschillen. Daarbij mag de staalconstructie aan iedere zijde van het gebouw nog een afwijking van 37 mm naar buiten hebben voordat deze de gevel gaat raken. De eis voor gebouwafmeting (afstand tussen de koppelbalken aan noord en zuidgevel) zou dan $37 + 37 + 23 = +/- 97$ mm moeten zijn.

Gevelkolommen in twee richtingen:

teloodstand op verdieping 10 +/- 27 mm

teloodstand op verdieping 28 +/- 29 mm

Vloerligger:

toevallige afwijking in hoogte +/- 15 mm

positie in het vloervlak loodrecht op kernwand +/- 30 mm

positie in het vloervlak loodrecht op gevel +/- 27 mm

Gebouwafmeting: +/- 97 mm

6.3 Is stellen noodzakelijk?

De vloerligger wordt bij de huidige montagemethode in het midden van de inkassing gepositioneerd waarbij een eventuele afwijking in de positie van de inkassing niet wordt gecorrigeerd. Hieruit blijkt dat de maatnauwkeurigheid in deze richting niet groot hoeft te zijn en we hebben al eerder gezien dat het inbouwen van een stelmogelijkheid niet snel noodzakelijk is.

Het windverband waarmee nu per gevel één van de gevelkolommen telood wordt gesteld (evenwijdig aan de gevel) is slechts tijdelijk. Na verharding van de beton wordt de stabiliteit verzorgd door de staalplaatbetonvloer. Het windverband is daarom nu demontabel. Het stellen van de kolommen in het gevelvlak is noodzakelijk omdat de rechte zijden van de gevels afzonderling worden gepositioneerd en later onderling verbonden worden met de koppelbalken en vloerbalken. Gedwongen positioneren zou leiden tot grote afwijkingen waardoor de koppeling tussen de gevels niet meer mogelijk is. Stellen loodrecht op de gevel is binnen dit montagesysteem noodzakelijk.

De hoogte van de gevelkolom wordt nu waar individueel gecorrigeerd daar waar noodzakelijk is. Oorspronkelijk was het de bedoeling om de hoogte te corrigeren voor het begin van de standaardverdiepingen en halverwege (18 of 21). In de praktijk blijkt dat wanneer de hoogte te veel afwijkt het eenvoudiger is om een setje vulplaten te laten maken dan de kolommen een grotere maatnauwkeurigheid te geven. Hier is stellen ook noodzakelijk.

Het stellen loodrecht op het gevelvlak vindt nu plaats door de ligger verder of minder ver in de inkassing in de kern te schuiven. Constructief gezien dient de gevel aan de kern gekoppeld te worden. Deze verbinding kan worden uitgevoerd als gedwongen positioneren van de staalconstructie ten opzichte van de betonconstructie of als vrij positioneren, waarbij de staalconstructie onafhankelijk van de betonconstructie gesteld wordt. Of gedwongen positioneren mogelijk is wordt nagegaan in paragraaf 6.3.1.

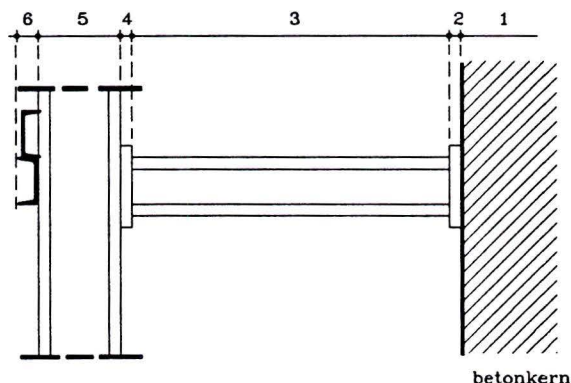
6.3.1 Maatkwaliteit van een alternatieve verbinding

Is het mogelijk om de staalconstructie koud (zonder inkassing) tegen de betonkern te positioneren zodat het stellen loodrecht op de gevel achterwege kan blijven en voldoet hij dan aan de geherformuleerde eisen?

De maatnauwkeurigheid van de kern:

- horizontale maatnauwkeurigheid van het wandoppervlak:
+/- 16 mm [lit. 10]
- horizontale maatnauwkeurigheid van een in te storten voorziening (in het wandvlak):
+/- 14 mm [lit. 10]
- verticale maatnauwkeurigheid van een in te storten voorziening (in het wandvlak):
+/- 41 mm [lit. 10]

De passingsfiguur en het 98% betrouwbaarheidsinterval



Afbeelding 6.2 Passingsfiguur van de alternatieve verbinding

De m_{beton} ($=m_1$) is niet bruikbaar omdat er maar aan één zijde van de kern is gemeten. De gevonden afwijking van het gemiddelde kan bijvoorbeeld ontstaan zijn doordat de referentiepunten voor staal en betonconstructie die afwijking hebben. Gerekend zal er daarom worden met de s_{beton} . deze is 6,87 mm [lit. 10]

$s_1 = 6,87$ mm	$m_1 = 0$	[lit 10]
$s_2 = 0,50$ mm	$m_2 = 0$	[schatting]
$s_3 = 0,80$ mm	$m_3 = 0$	[schatting]
$s_4 = 0,50$ mm	$m_4 = 0$	[schatting]
$s_5 = 2,01$ mm	$m_5 = +2,83$ mm	[dit rapport]
$s_6 = 0,92$ mm	$m_6 = +0,10$ mm	[dit rapport]

De afwijking van de koppelbalk ten opzichte van de bouwmaat zou dan zijn:

$$s_{\text{totaal}} = 7,29 \text{ mm.}$$

$$m_{\text{totaal}} = 2,83 + 0,10 = 2,93 \text{ mm.}$$

Het 98% betrouwbaarheidsinterval is dan:

$$\mu_l = 2,93 - 2,33 \cdot 7,29 = -14,06 \text{ mm.}$$

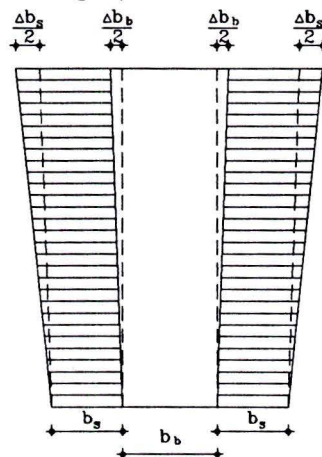
$$\mu_r = 2,93 + 2,33 \cdot 7,29 = +19,92 \text{ mm.}$$

Doordat de systematische afwijkingen van de kolom en de koppelbalk (het gemiddelde) bekend zijn kan hiervoor worden gecorrigeerd. Dit leidt dan tot het volgende 98% betrouwbaarheidsinterval voor de positie van de koppelbalk ter plaatse van de gevelkolom:

$$\mu_l = -2,33 \cdot 7,29 = -16,99 \text{ mm.}$$

$$\mu_r = +2,33 \cdot 7,29 = +16,99 \text{ mm.}$$

Het 98% betrouwbaarheidsinterval voor de teloodstand is $\sqrt{2 \cdot 16,99^2} = 24,03$ mm waarmee dit voldoet aan de eerder gestelde eis van +/- 27 mm voor de onloodheid van de gevel.



b_b = breedte van de betonconstructie
 b_s = breedte van de staalconstructie

Afbeelding 6.3 Passingsfiguur van de totale gebouwafmeting

$$\frac{1}{2}\Delta b_b = s_b = 6,87\text{mm}$$

$$\frac{1}{2}\Delta b_s = s_s = 2,45\text{mm}$$

$$s_{\text{kernafmeting}} = \sqrt{6,87^2 + 6,87^2} = 9,72\text{mm}$$

De totale afmeting van het gebouw voldoet dan aan:

$$s_{\text{gebouwafmeting}} = \sqrt{2 \cdot s_{\text{staalconstructie}}^2 + s_{\text{kernafmeting}}^2} = 10,32\text{mm}$$

Het 98% betrouwbaarheidsinterval van de totale constructie is dan:

$$\begin{aligned} \mu_l &= 2,33 \cdot 10,32 = -24,05 \text{ mm} \\ \mu_r &= 2,33 \cdot 10,32 = +24,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dit voldoet aan de eerder gestelde eis van +/- 97 mm voor de gebouwafmeting.

Conclusie: Stellen loodrecht op de gevel is niet noodzakelijk.

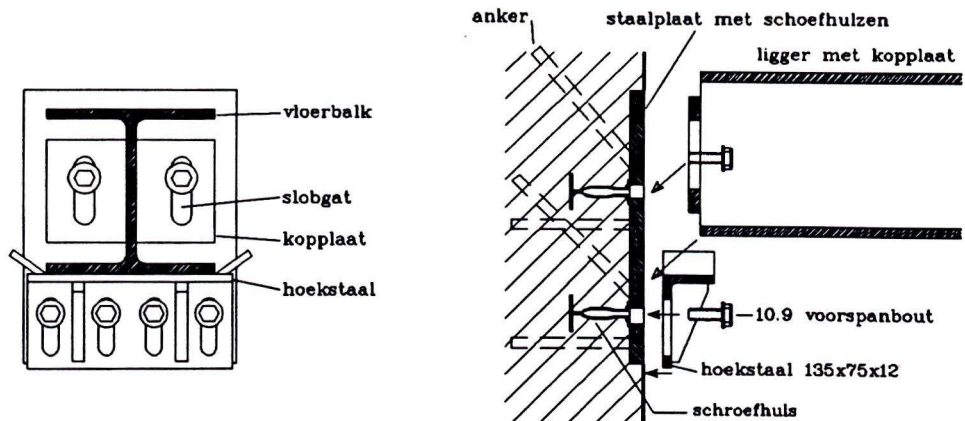
6.3.2 Alternatieve verbindingen

De gebruikte verbinding is nogal ingewikkeld. Voor het positioneren en stellen van de staalconstructie is het een goed bruikbare verbinding, maar het werk dat er voor het aanbrengen van de inkassingen gedaan moet worden is mijn inziens (te) veel.

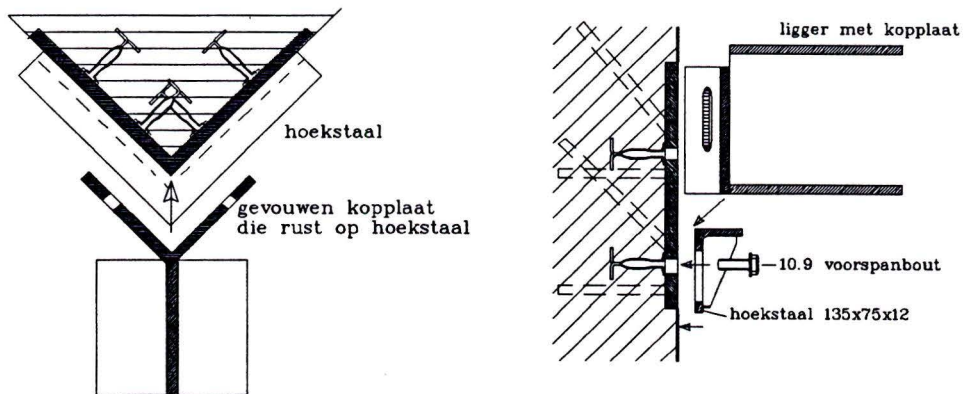
Ten eerste moeten de inkassingen worden gefabriceerd. Voor een beperkt aantal is een ingewikkelde constructie niet zo zwaar wegend, maar voor 320 inkassingen loont het vereenvoudigen.

Ten tweede moeten de inkassingen in de kern worden aangebracht. Het type aan te brengen verankering maakt niet veel uit wat betreft maatvoering, en arbeidstijd, maar juist de aanpassingen aan andere delen van de betonconstructie kunnen nogal wat hoofdbrekens opleveren. Het vlechtwerk dat om de inkassing heen moet en het ontstaan van grindnesten onder de inkassingen tegenaan zijn hiervan voorbeelden.

Alternatieve verbinding 1



Afbeelding 6.4 Alternatieve verbinding 1



Afbeelding 6.5 Hoekoplossing van alternatieve verbinding 1

De stalen plaat met schoefhulzen wordt ingestort in de kern. Deze is eenvoudig te bevestigen door middel van bouten door de bekisting in minimaal twee schoefhulzen. De ankers die aan de plaat zitten worden opgenomen in wapening. Door de geringe dikte van de plaat heeft deze geen invloed op het verloop van de wapening. Het aantal en de lengte van de ankers moet door de constructeur berekend worden.

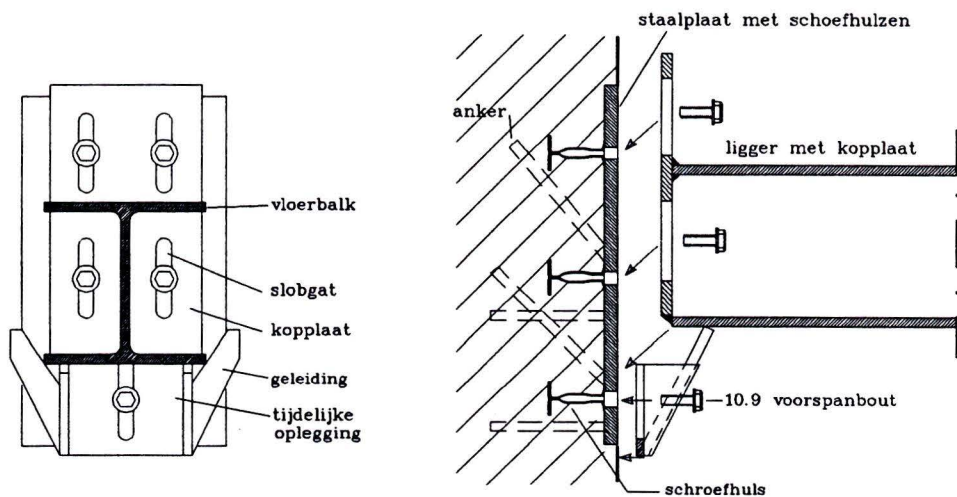
De onderste vier schoefhulzen moeten van een dergelijke kwaliteit zijn dat de 10.9 voorspanbouten volledig aangedraaid kunnen worden. De bovenste twee dienen om de trekkrachten (van de kern af) op te nemen en om de stalen balk tijdens de bouw te fixeren. Na het storten van de betonvloer zit deze balk via de opgelaste deuvells aan de betonvloer vast. De betonvloer is over de totale lengte aan de kern gestort met behulp van stek-einden.

Montagemethode:

Voor het inhijsen van een portaal worden de vier bouten in het hoekstaal aangebracht en wordt het hoekstaal op hoogte gepositioneerd (zoals dat nu met de vulplaten gebeurt) en waterpas gesteld. Alle vier de bouten wordt volledig aangedraaid. De dan beschikbare sterkte is voldoende om de kale ligger + staalplaat betonvloer + 1 kN variabele belasting te dragen. De reactiekracht van de rest van de variabele belasting (nog 2 kN) kan na verharding van de beton door de betonvloer aan de kern afgedragen worden.

De slobgaten in het hoekstaal zijn van een dergelijke afmeting dat er hoogteafwijkingen van +/- 40 mm kunnen worden opgenomen. De slobgaten in de kopplaat hebben dezelfde lengte als die in het hoekstaal, maar hebben een grotere breedte zodat de montage eenvoudiger is.

Alternatieve verbinding 2



Afbeelding 6.6 Alternatieve verbinding 2

Montagemethode:

Deze is vergelijkbaar met de voorgaande verbinding. De oplegnok is tijdelijk en moet weggenomen kunnen worden wanneer de kopplaat aan de kern is vastgebout. Dit is mogelijk door de oplegnok naar beneden weg te schuiven na het losdraaien van de bout. Voor de tijdelijke oplegging is één bout voldoende. Het gewicht van de halve ligger bedraagt ca. 450 kg. Eén bout kan deze belasting makkelijk weerstaan. Hoewel deze verbinding niet veilig lijkt (de oplegging kan naar onderen weggeschoven worden) is dat niet het geval. Doordat tot na het verbinden met de kern de liggers in de kraan blijven hangen is er geen gevaar voor bezwijken van de constructie.

Uitvullen tussen de kern en kopplaat is in tegenstelling tot de andere verbinding niet mogelijk. Dit probleem kan worden omzeild door de positie van de ankerplaten in te meten en de liggerlengte daarvoor te corrigeren.

6.3.4 Voor- en nadelen van de verbindingen.

In de onderstaande tabel staan een aantal aspecten weergegeven die een invloed gehad hebben op het ontwerpen van de alternatieve verbindingen. Omdat het voor mij onmogelijk was om de lijst volledig te krijgen is een definitieve afweging tussen de verschillende verbindingen, zowel per aspect als in het geheel, niet mogelijk. De onderstaande voor- en nadelen dienen dan ook te worden gezien als een hulpmiddel om met behulp van aanvullende informatie een keuze tussen de verbindingen te kunnen maken.

aspect	bestaand (inkassing)	alternatief 1	alternatief 2
montagehandelingen	beperkt	vrij veel	vrij veel
manoeuvreren van de portalen	lastig	eenvoudig	eenvoudig
stelhandelingen loodrecht op de gevel	ja	mogelijk	nee
bewerkingen van kopplaat	veel	weinig	weinig
gewicht in te storten voorziening	hoog	laag	laag
aanpassingen van wapening in kern	veel	weinig	weinig
fabricagekosten van instortvoorziening	hoog	laag	laag
blijvende oplegnok	nee	ja	nee
boutverbinding	na storten niet van belang	kritisch (voorspan-verbinding)	kritisch (voorspan-verbinding)
wijze van krachtenoverdracht van staal naar beton	zeer gunstig	vrij gunstig	vrij gunstig

Op grond van deze gegevens gaat mijn voorkeur uit naar alternatieve verbinding 2 omdat de oplegnok niet in het werk achterblijft, er daardoor minder oplegnokken nodig zijn en daardoor minder kosten hoeven te worden gemaakt.

Literatuurlijst

- 1 Alberda, J.E., *Inleiding landmeetkunde*, 4e gewijzigde druk, Delft, 1990.
- 2 Berenbak, Ir. J., *Dictaat staal 2*, Technische Universiteit Delft, Delft, 1976.
- 3 Berenbak, Ir. J., *Dictaat staal-algemeen 1 Technische Universiteit Delft*, Delft, 1981.
- 4 Bosch, drs A.J. en Kamps, drs H.J.L., *Statistisch compendium*, Uitgave van de faculteit der wiskunde en informatica van de Technische Universiteit Eindhoven. z.jr.
- 5 Brenk, C.G. van, *Teloodstellen met een stelwaterpas*, Afstudeerrapport Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1993.
- 6 C.S.M. N.V., *Kwaliteitshandboek CD2020, projekt: Amstelhoek*, Intern rapport van staalconstructiebedrijf C.S.M. N.V., Hamond-Achel (B)
- 7 C.S.M. N.V., *Tekeningen projekt Amstelhoek*, door staalconstructiebedrijf C.S.M. N.V., Hamond-Achel (B)
- 8 *Dictaat staalconstructies 1*, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1987.
- 9 *Dictaat staalconstructies 1; aanvullingen*, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1987.
- 10 Dorp, H. v, en Tas, J. v.d. *Maatnauwkeurigheid bij het montageproces van klimbekistingen*, Afstudeerrapport Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven 1993
- 11 Drees, O. Prof. Dr.-Ing. Gerard en Scheidler, Dipl.-Ing. Alexander, *Wirtschaftlichkeit von Toleranzvereinbarungen*, Wiesbaden en Berlijn, 1980.
- 12 Galen, R. van, & Ginneken, N. van, *Maattoleranties voor de staalbouw*, T8-rapport Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1992.
- 13 Geraats, Peter, & Weren, Peter, *Positioneren van prefab elementen en bekistingen*, Afstudeerrapport Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1989.

- 14 Heyboer, Piet-Jan, & Suurenbroek, Ynso, *Monteren en vrijheidsgraden*, Afstudeerrapport Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1990.
- 15 Hulshof, R.J. en Heagens, R.W.T., *Nameten in de bouw; Een analyse van nameetmethoden*, Afstudeerrapport Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven 1993
- 16 Hoof, Peter A.J. van, *Bouwmetrologisch onderzoek bij de bouw van het beursgebouw/wtc te Rotterdam*, Geldrop, 1985.
- 17 Hoof, Peter A.J. van, *Notitie Monteren; Cursus inleiding maatbeheersing*, z. pl. 1991.
- 18 Hoof, Peter A.J. van, *Maatbeheersing in de bouw; een ontwikkeling van uitzetmethoden*, z.pl. 1986.
- 19 Hoof, Peter A.J. van, & Asten, Stan van, *Hoge tolerantie-eisen bepalen montagemethode*, Bouwwereld 83, 1987.
- 20 IBBC-TNO, *rapport BI-84-3 3/63.4.3660*, z.pl., 1984.
- 21 Koninklijke PBNA bv, *polytechnisch zakboekje*, 36 geheel gewijzigde druk, z. pl., 1975
- 22 Mann, Allan P., & Morris, Linden J., *Lack of fit in high strength bolted connections*, Journal of Structural Engineering, Vol. 110, no. 6, juni 1984.
- 23 Nederhoed, Peter, *Helder Rapporteren*, 3e druk, Deventer 1986.
- 24 Segers, J.H.G. *Methoden voor de sociale wetenschap 1; inleiding tot de structuur van het onderzoeksproces en tot de methoden van data verzameling*, Assen/Maastricht, 1989.
- 25 Stainsby R., *The new national structural steelwork specification for building structures*, The structural Engineer, vol. 67, no 17, september 1989.
- 26 Stark, Prof. Ir. J.W.B., *Dictaat staalconstructies 1*, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1990.
- 27 Stark, Prof. Ir. J.W.B., *Dictaat staalconstructies 2*, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1992.
- 28 Stichting Bouwresearch, *Lespakket bouwmeten*, Rotterdam, 1987.

- 29 Stichting Bouwresearch, *Maatcontrole in de bouw; Het waarom en hoe*, Rotterdam, 1980.
- 30 Stichting Bouwresearch, *Niet destructieve verkenningmethoden*, Rotterdam, 1989.
- 31 Stichting Bouwresearch, *Rapport B9-4; Toleranties bij bouwen in staal*, Rotterdam, 1976.
- 32 Stichting Bouwresearch, *Rapport 143, Basistermen bouwmetrologie*, z. pl. 1986.
- 33 Stichting Bouwresearch, *Rapport B9-8; Kolommen goed geplaatst*, Rotterdam, 1977.
- 34 Stichting Ratiobouw, *Metingen van onnauwkeurigheden in niet traditioneel gebouwde woningen*, z.pl., 1967
- 35 Wilhelm, P., *Bouwen in staal*, Culemborg, 1985.
- 36 Wijvekate, M.L. *Verklarende statistiek*, Utrecht/Antwerpen, 17^e druk, 1982.
- 37 Zwan, Prof. Dr. A.H. van der, *Organisatie onderzoek; Leerboek voor de praktijk: Het ontwerpen van een onderzoek in organisaties*, Assen/Maastricht, 1990.

Bijlage A

Bijlage A1

Maatafwijkingen bij de fabricage

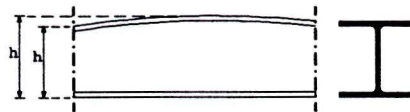
Inhoudsopgave		pagina
A1.1	Walsafwijkingen	B3
A1.1.1	Afmeting	B3
A1.1.2	Hoekzuiverheid	B4
A1.1.3	Rechtheid	B4
A1.1.4	Vlakheid	B5
A1.1.5	Oorzaken van maatafwijkingen door walsen	B5
A1.2	Maatafwijkingen door bewerken	B6
A1.2.1	Afmeting	B6
A1.2.2	Vlakheid van het bewerkte oppervlak	B7
A1.2.3	Hoekzuiverheid van de snede	B7
A1.2.4	Plaats van het boutgat	B7
A1.2.5	Oorzaken van maatafwijkingen door bewerken	B8
A1.3	Maatafwijkingen door samenbouwen	B9
A1.3.1	Plaats van de referentie- en positioneerpunten	B9
A1.3.2	Vormafwijkingen	B10
A1.3.3	Oorzaken van maatafwijkingen door samenbouwen	B10

A1.1 Walsafwijkingen

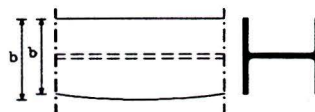
Hoewel voor het construeren in staal uitgegaan wordt van vaste maten van de walsprofielen kunnen er afwijkingen optreden in die maten. De grenzen waarbinnen de walsrijen moeten produceren liggen vast in diverse normen. Voor een voorbeeld hiervan zie bijlage A2. De vorm van de maatafwijkingen die ontstaan door het walsen worden in deze paragraaf besproken. De toegestane grootte niet.

A1.1.1 Afmeting

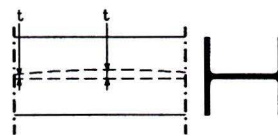
Hoogte en breedte van walsprofielen kunnen afwijken van de ideale maat. Zo kan een HE-300-A een hoogte hebben van 293 mm terwijl de ideale hoogte 290 mm bedraagt [lit. 12]. In de dikte van een plaat kunnen ook afwijkingen optreden. Tevens kunnen delen van walsprofielen afwijkingen in de afmeting vertonen. Zo kunnen de plaatvormige delen van een walsprofiel (lijf of flens) afwijkingen vertonen in de dikte.



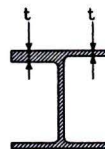
Afbeelding A1.1 Verschuif in hoogte



Afbeelding A1.2 Verschuif in breedte



Afbeelding A1.3 Verschuif in dikte van het lijf.



Afbeelding A1.4 Verschuif in dikte van de flens



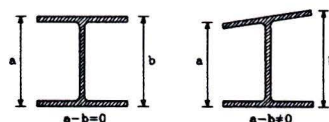
Afbeelding A1.5 Verschuif in de dikte van een plaat

A1.1.2 Hoekzuiverheid

Indien twee lijnen of vlakken onder een andere hoek snijden dan in de ideale situatie, is er een afwijking in de hoekzuiverheid.

Bij walsprofielen, platen en strippen kunnen de volgende afwijkingen in hoekzuiverheid ontstaan:

- evenwijdigheid van de flenzen



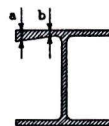
Afbeelding A1.6 Afwijking in de evenwijdigheid van flenzen

- hoekverdraaiing van het lijf

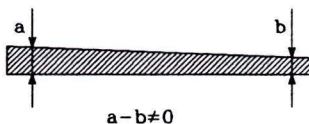


Afbeelding A1.7 Afwijking in haaksheid tussen flens en lijf

- evenwijdigheid van oppervlakken van plaat, plaatvormig onderdeel of strip.



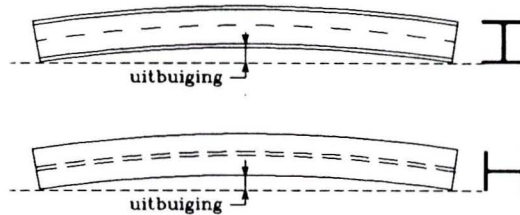
Afbeelding A1.8 Afwijking in de evenwijdigheid van plaatvormige elementen van een profiel



Afbeelding A1.9 Afwijking in de evenwijdigheid van de oppervlakken van een plaat

A1.1.3 Rechtheid

Rechtheid is enkel van toepassing op tweedimensionale elementen, en daardoor niet geschikt om een afwijkingen van een walsprofiel (welke drie dimensies heeft) te beschrijven. In de praktijk gebeurt dat echter wel en dan heeft men het bij afwijkingen in de rechtheid over de volgende afwijkingen [lit. 12]:

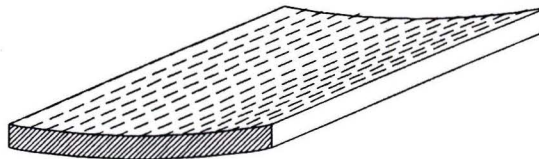


Afbeelding A1.10 Rechtheid van profielen

A1.1.4 Vlakheid

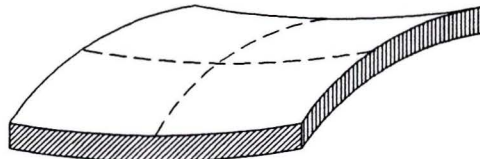
Een oppervlak is vlak indien een lijn in een willekeurige richting over het oppervlak recht is. In de talloze mogelijke afwijkingen van de vlakheid is onderscheid te maken in:

- Afwijkingen in de vlakheid waarbij overal in één richting rechte lijnen lopen (prismatische uitbuiging) [lit. 26]



Afbeelding A1.11 Prismatische uitbuiging van een plaat

- Afwijkingen in de vlakheid waarbij in niet overal in één richting rechte lijnen lopen (niet-prismatische uitbuiging).



Afbeelding A1.12 Niet-prismatische uitbuiging van een plaat

Bij walsprofielen kunnen samenlopen van verschillende afwijkingen tot oneindig veel afwijkingen leiden. Onderscheid is dan te maken in afwijkingen van het lijf, van de flens of van beide.

Nader beschouwd zijn meerdere afwijkingen terug te voeren naar afwijkingen van de vlakheid. Zo kunnen verschillen in hoogte of breedte ook gezien worden als afwijkingen in de vlakheid van de vlakken van een walsprofiel.

A1.1.5 Oorzaken van maatafwijkingen door walsen

In dit rapport is sprake van warmgewalste stalen profielen. Tijdens het afkoelen van gewalste profielen is de temperatuurdaling in het profiel niet overal gelijk. Hierdoor treden vervormingen op. Een gedeelte van die vervormingen zal na gehele afkoeling weer verdwijnen maar een gedeelte

blijft aanwezig. Dit komt omdat door de ongelijkmatige afkoeling de koudere delen van het profiel een grotere stijfheid hebben dan de nog warme delen. De nog warme delen kunnen tijdens het afkoelen hun spanningloze vorm niet meer aannemen (zij worden immers tegengehouden door de reeds afgekoelde stijvere delen). Door deze spanningen ontstaan verschillende vormafwijkingen in de walsprofielen [lit. 27].

Afwijkingen in de walsstraat (walsen niet op de juiste afstand, walsen met een niet correcte vorm, walsen niet in één lijn en dergelijke) zijn ook een oorzaak van afwijkingen in walsprofielen [lit. 8].

Transport en opslag op de walserij kunnen ook vervormingen veroorzaken. Hoewel dit niet direct bij het walsen hoort, maakt het wel deel uit van het productieproces waarbij als eindproduct walsprofielen (gereed voor levering aan een constructiewerkplaats) geproduceerd worden.

A1.2 Maatafwijkingen door bewerken.

A1.2.1 Afmeting

De afmeting van een object (dus ook van een walsprofiel) zal altijd -al is het maar soms maar zeer weinig- afwijken van de ideale maat.

Lengte van profiel, plaat en strip. Breedte van plaat

Bij het afkorten van een profiel zou deze bijvoorbeeld een lengte van 3000 mm moeten hebben maar de werkelijke lengte kan dan 3002 mm zijn. Dit geldt ook voor de te veranderen afmetingen van platen en strippen.

Dikte van plaat en strip

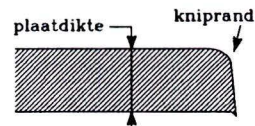
Het is mogelijk de dikte van een plaat of strip aan te passen, daarbij kunnen afwijkingen ontstaan in de afmeting. De dikte kan na bewerking bijvoorbeeld 26 mm zijn terwijl deze 25 mm had moeten zijn. Het aanpassen van de dikte van een plaat of strip wordt, voor de hier besproken staalconstructies, zelden toegepast.

Afmeting van een boutgat

Deze kan afwijken van de ideale maat. Indien de vorm gelijk blijft (een cirkelvormig gat) ontstaat door een grotere of kleinere diameter een afwijking in de afmeting. Een afwijking in de vorm van het gat heeft logischerwijze ook invloed op de afmeting van het gat.

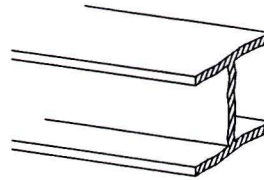
A1.2.2 Vlakheid van het bewerkte oppervlak

Door bewerking ontstaan er nieuwe oppervlakken. In die oppervlakken kunnen afwijkingen ontstaan. Veel voorkomende afwijkingen in de vlakheid ontstaan door knippen. De snede is dan door de grote afschuifkrachten vervormt.



Afbeelding A1.13 afwijking in de vlakheid door knippen

Ook andere manieren van afkorten (bijvoorbeeld afkorten met een snijbrander) kunnen leiden tot afwijkingen in vlakheid in één of twee richtingen



Afbeelding A1.14 afwijkingen in de vlakheid van een snede

Bij een aantal bewerkingen (bijvoorbeeld zagen en slijpen) treden er relatief kleine afwijkingen op. In de regel wordt dit de ruwheid van het oppervlak genoemd. In feite ruwheid hetzelfde als vlakheid op een klein oppervlak.

A1.2.3 Hoekzuiverheid van de snede

Bij het bewerken kan een afwijking hoekverdraaiing ontstaan tussen de gewenste richting van de snede en de werkelijke richting van de snede. (in de meeste gevallen niet haaks of niet evenwijdig)

Dit kan onder andere voorkomen bij afkorten van een walsprofiel, het aanbrengen van gaten, maar ook bij het frezen van oppervlakken.



Afbeelding A1.15 hoekzuiverheid van een snede

A1.2.4 Plaats van het boutgat

De plaats (bij een rond gat is dat het centrum van het gat) van een boutgat kan afwijken van de ideale plaats. Die afwijking kan zo zijn dat de plaats van een boutgatengroep niet veranderd, maar ook zo dat deze plaats juist wèl veranderd.



Afbeelding A1.16 plaatsafwijkingen van boutgatengroep als gevolg van plaatsafwijking van afzonderlijke boutgaten

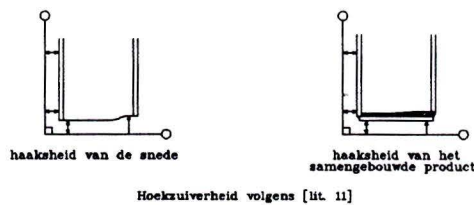
A1.2.5 Oorzaken van maatafwijkingen door bewerken

Menselijk handelen

De mens heeft niet het vermogen om zonder afwijkingen iets te doen. De mens beïnvloedt daardoor de maatnauwkeurigheid van de door hem uitgevoerde handelingen [lit. 18].

Meetproces

Door afwijkingen in de gebruikte meetapparatuur treden er afwijkingen op in meethandelingen [lit. 30]. Ook door onduidelijkheid over de wijze waarop gemeten moet worden kunnen oorzaak zijn van afwijkingen. De vorm van een snede kan zo zijn dat volgens de meetmethode een afwijking in de hoekzuiverheid wordt geconstateerd. Na samenbouwen blijkt dat die afwijking niet meer voorkomt.



Afbeelding A1.17 onduidelijkheid in de meetmethode

Machines

Afwijkingen in machines leiden tot afwijkingen in de bewerkte produkten. Denk hierbij aan een zaagblad dat op een andere plaats staat dan vanuit gegaan wordt, een hete of botte cirkelzaag die fladdert of een boor die verloopt.

De oorzaken die bij de verschillende machines tot maatafwijkingen leiden zijn terug te vinden in bijlage A3.

Opslag

Door een slechte manier van opslaan kunnen vervormingen ontstaan. Hierdoor kunnen andere vervormingen ontstaan dan die in de bovenstaande paragrafen genoemd zijn, echter de diversiteit van mogelijke vervormingen en afwijkingen is zo groot dat een overzicht geven niet mogelijk is.

Transport

In een constructiewerkplaats worden de elementen die niet met de hand kunnen worden verplaats met behulp van takels, kranen en lopende banden verplaats. Bij het aanpikken van de last in de kraan wordt niet altijd rekening gehouden met het mogelijk optreden van vervormingen. Zo kunnen lange lichte walsprofielen doorbuigen bij hijsen. Net als bij de opslag is het ook hier ondoenlijk om alle mogelijke vervormingen te benoemen.

A1.3 Maatafwijkingen door samenbouwen

Het is onmogelijk bij samenbouwen de produkten onderling zo te positioneren dat er geen maatafwijkingen optreden. Bij samenbouwen worden krachten in de produkten geïntroduceerd welke dus leiden tot vervormingen. Ook afwijkingen in de plaats van de referentie- en positioneerpunten en afwijkingen in de relatie tussen die twee zijn niet te vermijden.

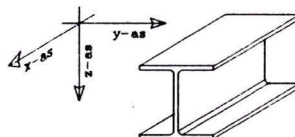
A1.3.1 Plaats van de referentie- en positioneerpunten

Bij het samenbouwen worden de delen onderling op maat of gedwongen gepositioneerd. De referenties die hiervoor gebruikt worden kunnen bestaan uit punten op het oppervlak van de samen te bouwen delen, uitgezette markeringen op of voorzieningen in de samen te bouwen delen. Er wordt als volgt samengebouwd:

- Dicht bij de plaats waar twee bewerkte halfprodukten worden samengevoegd worden referenties en positioneerpunten gezocht. Dat kan een punt op het oppervlak zijn (voor H- of I- profielen kunnen dat onder andere zijn: Een punt op het oppervlak van de flens zowel aan de binnenkant als aan de buitenkant van het profiel, een punt op de zijkant van een flens of een punt op het lijf) Ook een uitgezette markering kan dienen als referentie of positioneerpunt. (voor H- of I- profielen zijn veel voorkomende referentie of positioneerpunten: Het midden van breedte of hoogte, het midden tussen de flenzen of het midden oftewel het hart van het lijf) Soms dienen voorzieningen als referentie of positioneerpunt voor samenbouwen. Denk hierbij aan boutgaten in een halfprodukt welke een positie moeten hebben ten opzichte van een ander halfprodukt. Door gebruik te maken van plaatselijke referenties en positioneerpunten wordt er geen of maar op beperkte schaal rekening gehouden met mogelijke afwijkingen van de halfprodukten.

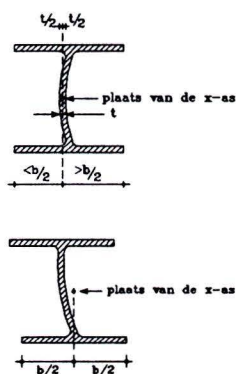
- Op het element waarop of waarin de referenties worden gevonden, worden assen uitgezet om afwijkingen in het element te omzeilen. Deze assen dienen dan als referentie voor de positionering van de samen te bouwen halfprodukten.

Bij samenbouwen met als referentie een assenstelsel wordt uitgegaan van een assenstelsel zoals dat in NEN 6770 gebruikt wordt [lit. 27]:



Afbeelding A1.18 Assen volgens NEN 6770

Diverse afwijkingen in de samen te bouwen delen (ontstaan tijdens walsen en bewerken) hebben invloed op de maatnauwkeurigheid van het samengebouwde produkt. Maar het zijn ook juist deze afwijkingen die het bepalen van een goede plaats van de assen tot een gecompliceerd geheel maakt. Al deze afwijkingen kunnen invloed hebben op de plaats van een uitgezette as. Voor het bepalen van het midden van de breedte kan bijvoorbeeld de uitbuiging van het lijf invloed hebben.



afbeelding A1.19 invloed van walsafwijkingen op de plaats van de x-as

Andere afwijkingen die invloed kunnen hebben op de plaatsbepaling van de assen zijn te vinden in bijlage B.

A1.3.2 Vormafwijkingen

Bij bijvoorbeeld laswerkzaamheden kunnen er aanzienlijke vervormingen optreden. De vorm en grootte van de vervormingen is afhankelijk van de vorm van de te lassen produkten, de hoeveelheid toegevoerde warmte en de mate waarin het staal gelijkmatig verwarmt wordt. Gelijkmatige verwarming levert geringere blijvende vervormingen op dan ongelijkmatige verwarming [lit. 8].

A1.3.3 Oorzaken van maatafwijkingen door samenbouwen

Menselijk handelen

Het onvermogen van de mens om handelingen zonder afwijkingen uit te voeren speelt een belangrijke rol in het ontstaan van afwijkingen bij het samenbouwen [lit. 18].

Meetgereedschap

Afwijkingen in de meetapparatuur, meetgereedschap of onduidelijkheid in de meetmethode kunnen leiden ook tot afwijkingen in samengebouwde elementen [lit. 30].

Opslag en Transport

Zoals reeds genoemd kunnen opslag en transport ten maatafwijkingen leiden.

Krachtenintroductie

Door krachten in de constructie in te voeren ontstaan spanningen. De krachten kunnen ontstaan door bijvoorbeeld het op de juiste plaats brengen van bewerkte halfprodukten, het aandraaien van boutverbindingen of door lassen. De grootte van die krachten in combinatie met de stijfheid van het de samen te bouwen produkten bepalen hoe groot de vormafwijkingen worden.

Bijlage A2

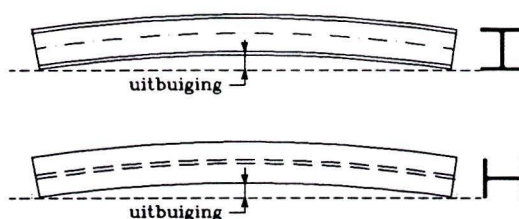
Wals-toleranties van HE-A profielen

[lit. 12]

Inhoudsopgave		pagina
A2.1	Rechtheid van het profiel	B13
A2.2	Uitbuiging van het lijf	B13
A2.3	Evenwijdigheid van de flenzen	B14
A2.4	Plaats van het lijf	B15
A2.5	Afwijkingen van de flenzen	B15
A2.6	Afwijkingen in de dikte van het lijf	B16
A2.7	Scheefstand van het lijf	B16

A2.1 Rechtheid van het profiel

Voor wat in de normen de rechtheid van het profiel genoemd wordt, wordt de vlakheid van één van de zijvlakken van de flens genomen



Afbeelding A2-1 Rechtheid van een walsprofiel

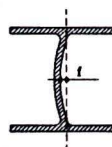
De maximale uitbuiging is dan de afwijking van een rechte lijn getrokken door het hart van de profieluiteinden. Aan de maximale uitbuiging (f_h) van de vlakheid van de flensrand zijn door verschillende instanties eisen gesteld.

Deze zijn:

$h \leq 400$ mm	0,0015 profiellengte	Euronorm 34-62
$400 < h$	0,0010 profiellengte	
	0,0010 profiellengte	IBBC-TNO BI-84-3
$h < 400$ mm	0,0015 profiellengte	DIN 1025
$400 < h < 1008$	0,0010 profiellengte	
$80 < h < 360$ mm	0,0015 profiellengte	CEN/TC 135
$300 < h < 600$	0,0010 profiellengte	

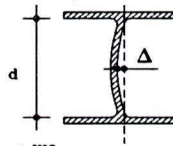
A2.2 Uitbuiging van het lijf

Afwijkingen van de vlakheid van het lijf worden in de normen als uitbuigingen aangeduid.



Afbeelding A2-2 uitbuiging van het lijf

hoogte < 450 mm	f < 1,5 mm	DIN 1025
hoogte > 450 en < 700 mm	f < 2,0 mm	en
hoogte > 700 en < 1008 mm	f < 3,0 mm	euronorm 34-62



Afbeelding A2-3 uitbuiging van het lijf

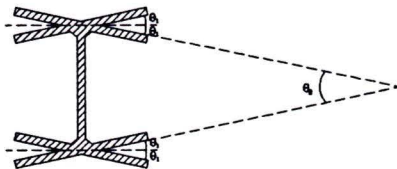
$$\Delta \leq d/150 \text{ of } 3\text{mm} \quad \text{CEN/TC 135}$$

geen norm IBBC/TNO BI 84-3

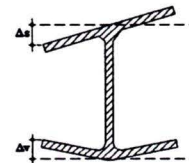
A2.3 Evenwijdigheid van de flenzen

Afwijkingen in de evenwijdigheid van de flenzen wordt de haaksheidfout genoemd

- Θ_1 Maximale hoekverdraaiing van één flens.
- Θ_2 Maximale hoekverdraaiing van beide flenzen
- Δs Scheefstand van de flens in mm
- Δv Bolling van de flens in mm



Afbeelding A2-4 Evenwijdigheid van flenzen



IBBC/TNO BI 84-3

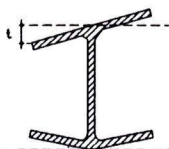
CEN/TC 135

Θ_1	$\Theta_1 = \frac{1}{75}$	$\Delta s = \frac{b}{100} \leq 5\text{mm}$
Δs		

Θ_2	$\Theta_2 = \frac{1}{50}$	--
------------	---------------------------	----

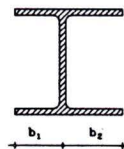
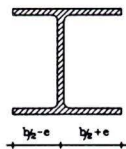
Δv	--	$\Delta v = \frac{b}{150} \leq 5\text{mm}$
------------	----	--

Afbeelding A2-5 Evenwijdigheid van flenzen



$h \leq 240$	$t \leq 1\%$ van b	Euronorm 43-62
$240 < h \leq 1000$	$t \leq 1,2\%$ van b	
$h \leq 240$	$t \leq 1\%$ van b	DIN 1025
$240 < h \leq 1008$	$t \leq 1,2\%$ van b	

A2.4 Plaats van het lijf



Afbekleding A2-6

plaats van het lijf

	$e = \pm 5$ mm	IBBC-TNO BI 84-3
	$e = \pm 5$ mm	CEN/TC 135
	$s = \frac{b_1 - b_2}{2}$	
$h < 300$	$s \leq 2,5$ mm	Euronorm 34-62
$300 < h \leq 500$	$s \leq 3$ of $s \leq 3,5$ mm	
$500 < h \leq 1000$	$s \leq 3$ of $s \leq 5$ mm	
$h \leq 300$	$s \leq 2,5$ mm	DIN 1025
$300 < h \leq 990$	$s \leq 3,0$ mm	

A2.5 Afwijking in dikte van de flenzen

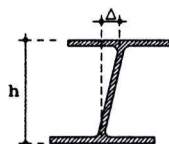
$h \leq 220$	$\pm 1,5$ of ± 2 mm	Euronorm 34-62
$220 < h \leq 300$	± 2	
$300 < h \leq 500$	± 2 of $\pm 2,5$ mm	
$500 < h \leq 1000$	± 2 of ± 3 mm	

$h \leq 220$	$\pm 1,5 \text{ mm}$	DIN 1025
$220 < h \leq 1000$	$\pm 2 \text{ mm}$	
	geen norm	IBBC/TNO BI 84-3
	geen norm	CEN/TC 135

B1.6 Afwijking in dikte van het lijf

	geen norm	CEN/TC 135
	geen norm	IBBC/TNO BI 84-3
$h \leq 220$	$\pm 1,5$ of $\pm 2 \text{ mm}$	Euronorm 34-62
$220 < h \leq 300$	$\pm 2 \text{ mm}$	
$300 < h \leq 500$	± 2 of $\pm 2,5 \text{ mm}$	
$500 < h \leq 1000$	± 2 of $\pm 3 \text{ mm}$	
$h \leq 260$	$\pm 1 \text{ mm}$	DIN 1025
$260 < h \leq 700$	$\pm 1,5 \text{ mm}$	
$700 < h \leq 1000$	$\pm 2 \text{ mm}$	

A2.7 Scheefstand van het lijf



Afbeelding A2-7

scheefstand van het lijf

geen norm	IBBC/TNO 84-3
geen norm	Euronorm 34-62
geen norm	DIN 1025
$\Delta =$ maximum van $h/300$ of 3mm	CEN/TC 135

Bijlage A3

Maatafwijkingen door afwijkingen in machines

[lit. 3, 8]

Inhoudopgave		pagina
A3.1	Zagen	B18
A2.3	Snijden of branden	B18
A3.3	Knippen	B19
A3.4	Schaven	B19
A3.5	Kotteren	B19
A3.6	Draaien	B19
A3.7	Frezen	B19
A3.8	Ponsen of stansen	B19
A3.9	Boren	B20
A3.10	Stoken	B21
A3.11	Persen	B21
A3.12	Walsen	B21

A3.1 Zagen

Algemeen gebruikt voor het afkorten van profielen maar ook bruikbaar voor smal plaatmateriaal.

Hierbij wordt het te bewerken halfprodukt in een zaagstelling vastgeklemd, waarna het met een langzaam draaiende cirkelzaag wordt doorgezaagd. In walsen wordt vaak gebruik gemaakt van een brandzaag. Dat is een snel draaiende plaat. Door wrijving van de plaat met het profiel ontstaat een grote warmte-ontwikkeling. Daardoor smelt de plaat door het walsprofiel heen.

Door het zaagproces kunnen afwijkingen ontstaan in de afmeting van het profiel, de vlakheid van de snede en de hoekzuiverheid van de snede. Afwijkingen in de lengte kunnen ontstaan door een niet correcte maatvoering bij het stellen van de aanslag.

Door onvoldoende koeling kan een zaag gaan 'fladderen' waardoor de zaagsnede niet meer op de juiste plaats komt, wat tot een andere afmeting van het profiel leidt maar ook een afwijking in de hoekzuiverheid tot gevolg kan hebben. Ook een botte zaag kan hiertoe leiden. Afwijkingen in de zaagmachine (hoek tussen inkleminrichting en zaag) kunnen ook leiden tot een afwijking in de hoekzuiverheid

Een botte zaag kan in het oppervlak van de snede grotere afwijkingen laten zien. Zo ook een te warm geworden (fladderende) zaag. Bij gebruik van een brandzaag zal het oppervlak niet vlak zijn vanwege het niet gelijkmatig wegsmelten van het profiel.

A3.2 Snijden of branden.

Met name bij plaatmateriaal is dit een veel gebruikte methode. Met behulp van een snijbrander (verbranding van acetylene gas) wordt het plaatmateriaal doorgesmolten. De vorm van het uit te snijden element wordt verkregen door:

- Het aftasten van een mal
- Computergestuurd snijden
- Snijden "uit de hand"

Snijbranden wordt ook toegepast bij het afkorten van walsprofielen en dan met name wanneer de snede niet vlak moet zijn. Op deze manier is het aanbrengen van lasvoorbewerkingen eenvoudig met het afkorten te integreren.

Bij snijden, ontstaat er een licht onregelmatig oppervlak dat vergeleken met het oppervlak dat ontstaat bij zagen grotere afwijkingen vertoont. De besturing van de snijbrander heeft in combinatie met de afstelling van de vlam invloed op de vlakheid van de snede. Afhankelijk van de gebruikte geleiding voor de snijbrander kunnen er kleine of grotere afwijkingen optreden.

A3.3 Knippen

Dit wordt evenals snijden veelal bij plaatmateriaal gebruikt. Door middel van afschuiving worden de delen gescheiden. Dit levert een relatief grote vervorming vlakbij de kniprand op.

De vorm van de messen van de knipinstallatie hebben invloed op de vlakheid van de snede. Niet rechte of slecht sluitende scharen geven een vervormd oppervlak. Door de grote krachten treden er altijd zichtbare vervormingen op bij de kniprand

A3.4 Schaven

Bij schaven wordt een niet-draaiende beitels langs het werkstuk bewogen, waarbij spanen van het werkstuk worden genomen. Dit gebeurt met behulp van een schaaftank waar het werkstuk wordt ingeklemd, en waar zich de beitels bevinden.

Schaven werd vroeger gebruikt om lasvoorbewerkingen aan te brengen maar dit gebeurt nu meestal met een haakse slijper of een snijbrander.

A3.5 Kotteren

Kotteren is het cirkelvormig bewegen van een niet om zijn eigen as draaiende beitels om zo grote gaten met een kleine afwijking te verkrijgen. Net als bij schaven wordt het werkstuk in een tank ingespannen.

A3.6 Draaien

Dit is de omgekeerde methode van kotteren. Het werkstuk draait en de stilstaande beitels wordt tegen het oppervlak geplaatst.

A3.7 Frezen

Bij frezen wordt een om zijn eigen as draaiende beitels langs het werkstuk bewogen. Deze techniek wordt gebruikt om vlakken een geringere afwijking ten opzichte van de vlakheid te geven

A3.8 Ponsen of stansen

Door een hardstalen stempel door het materiaal heen te drukken kunnen gaten in het werkstuk worden aangebracht. In feite is ponsen een equivalent van knippen. Enkel de vorm van de kniprand is anders van vorm. Ponsen mag alleen indien de doorsnede van het gat groter of gelijk is aan de dikte van het te bewerken materiaal.

In veel gevallen zal een computergestuurde ponsmachine gebruikt worden. Hierbij wordt een tafel met daarin het werkstuk vastgeklemd onder de ponsstempels bewogen. De besturing van de tafel en stempels geschiedt geheel automatisch.

Afwijkingen kunnen optreden doordat het werkstuk niet goed ingeklemd wordt of door afwijkingen in de besturing.

Door de grote kracht waarmee de stempel door het materiaal wordt gedrukt treden er vervormingen op rond het gat.

Indien een werkstuk op het oog onder de stempel moet worden gebracht dekt de ponsstempel het merkteken voor een groot gedeelte af waardoor directe controle van de plaats van de stempel moeilijker wordt. Afwijkingen kunnen dus groter worden.

Door afwijkingen in de vorm van de stempel treden er ook afwijkingen in de vorm van het gat op.

A3.9 Boren

Hierbij wordt een spiraalboor met een constante snelheid (zowel in rotatie als in axiale beweging) door het materiaal gedrukt. Bruikbaar voor gaten met een kleine en middelgrote diameter (tot ca 50 mm). Voor grotere gaten wordt overgestapt naar snijden of boren met een voorsnijder. Dat heeft als voordeel dat er grote gaten kunnen worden gemaakt met relatief weinig slijp-afval.

Er wordt gebruik gemaakt van twee soorten boorstellingen

- Werkstuk én boor zijn star verbonden zodat er geen verplaatsingen tijdens het boren mogelijk zijn
- Werkstuk en boor zijn niet star met elkaar verbonden. (boren uit de hand)

In de eerste categorie vallen boorstraten maar ook verplaatsbare machines die door middel van een elektromagneet aan het werkstuk vastgezet worden.

Bij boren uit de hand of met een verplaatsbare boormachine kunnen afwijkingen ontstaan doordat een boor verloopt. Dit is te voorkomen door eerst voor te boren. Machines die met magnetisme worden vastgezet aan het werkstuk kunnen leiden tot afwijkingen in de hoekzuiverheid tussen gatwand en plaatoppervlak doordat door de grote krachten tijdens het boren de machine gaat trillen en schudden. Bij boren uit de hand treden deze afwijkingen ook op maar zij kunnen dan aanzienlijk groter zijn. Door verlopen van de boor kan de afmeting in de ene richting groter zijn dan in de andere richting. Vanzelfsprekend is het gat dan ook niet meer rond.



Afbeelding A3-1

Veranderingen van de afmeting van het gat

De plaats van een rond gat wordt op tekening (en vaak op het werkstuk) aangegeven door middel van een kruis. Indien het middelpunt van de cirkel samenvalt met het kruis bevindt het gat zich op de ideale plaats indien het niet samenvalt is er een afwijking in de plaats van het gat. Bij boren is bij de aanzet van de boor te zien of het middelpunt van het te boren gat samenvalt met de kruislijnen.

A3.10 Stoken

Door plaatselijk warmstoken van staal kunnen vervormingen worden aangebracht. Op deze manier kunnen afwijkingen in walsprofielen worden gereduceerd of juist vervormingen worden aangebracht.

A3.11 Persen

Door het profiel op twee plaatsen af te steunen en op een derde plaats te belasten kunnen er blijvende vervormingen worden aangebracht in profielen. Door op meerdere plaatsen een knik aan te brengen kan bijvoorbeeld een zeeg aangebracht worden.

A3.12 Walsen

Profielen of platen kunnen rechtgewalst (indien zij niet recht zijn en dat wel gewenst is) of cirkelvormig gewalst worden. Voor het vlakken of rechten worden zij door een walsstraat met vele walsrollen in één lijn gevoerd, voor walsen in cirkelvorm zijn drie walsrollen voldoende.

Bijlage B

Bijlage B

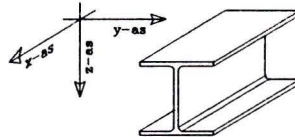
Aanbrengen van referentie-assen

Inhoudsopgave

	pagina
B	Referentie-assen B24
B.1	Uitzetten van de x-as B24
B.1.1.	Lijf als referentie B24
B.1.2	Zijkanten van de flenzen als referentie B25
B.2	Uitzetten van de y-as B26
B.3	Uitzetten van de z-as B27
B.4	Plaats van meten (in lengte van het profiel) B28

B Referentie-assen

Uitgaande van een orthogonaal assenstelsel zijn voor een driedimensionaal element 3 assen nodig. Uitgaande van de in NEN 6770 gebruikte assen moeten de volgende assen op een walsprofiel uitgezet kunnen worden [lit. 27]:

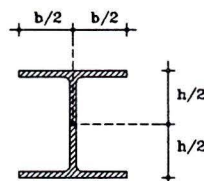


Afbeelding B-1 Assen volgens NEN 6770

Een as wordt uitgezet door op twee plaatsen op het walsprofiel punten uit te zetten. De rechte lijn die door deze punten loopt vormt de as. Deze as wordt gebruikt om vormafwijkingen in de profielen te omzeilen. De uitgezette as dient dan als referentie voor assemblage, eventuele bewerking en montage. Doel is dus om maatafwijkingen in de gereede constructie te verminderen.

B.1 Uitzetten van de x-as

Bij een ideaal walsprofiel bevindt de x-as zich in het midden van het profiel.



Afbeelding B-2 Ideale plaats van de x-as

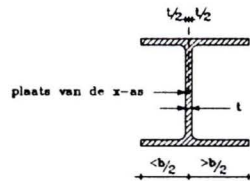
Echter wanneer mogelijke maatafwijkingen, ontstaan bij walsen of bewerken, worden meegenomen wordt het bepalen van een goede plaats moeilijk.

Punten op het lijf en op de flenzen van een walsprofiel kunnen dienen als referentie voor het uitzetten in de y-richting van de x-as

B.1.1 Lijf als referentie

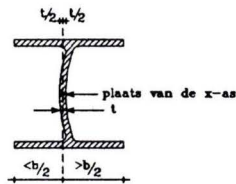
Met het lijf als referentie wordt het midden van het lijf aangenomen als plaats van de x-as. Er zijn er een aantal afwijkingen (ontstaan bij het walsen of richten) die invloed hebben op de plaats van de x-as ten opzichte van andere delen van het walsprofiel.

- De plaats van het lijf.



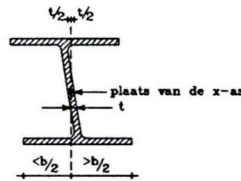
Afbeelding B-3 Invloed van plaatsafwijking van het lijf op de plaats van de x-as

- Vlakheid van het lijf



Afbeelding B-4 Invloed van afwijking in de vlakheid van het lijf op de plaats van de x-as

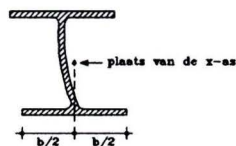
- Hoekverdraaiing van het lijf



Afbeelding B-5 Invloed van de hoekverdraaiing van het lijf op de plaats van de x-as

B.1.2 Zijkanten van de flenzen als referentie

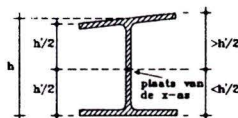
De x-as bevindt zich op de halve breedte van de flens. De x-as kan daardoor (ten opzichte van het lijf) van plaats veranderen.



Afbeelding B-6 Invloed van de positie van de flenzen op de plaats van de x-as

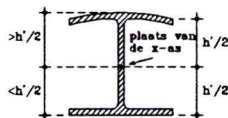
Voor de plaats in de z-richting wordt het midden bepaald van de hoogte van het profiel. Afwijkingen die invloed kunnen hebben op de plaats van de x-as zijn:

- Paralleliteit van de flenzen



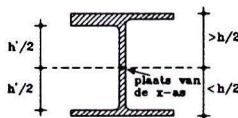
Afbeelding B-7 Invloed van paralleliteit van de flenzen op de plaats van de x-as

- Vlakheid van de flenzen



Afbeelding B-8 Invloed van de vlakheid van de flenzen op de plaats van de x-as

- dikte van de flenzen
Indien de referentiepunten zich aan de binnenzijde van de flenzen liggen heeft de dikte van de flens invloed op de plaats van de x-as.



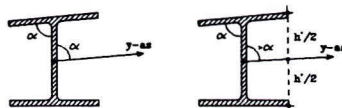
Afbeelding B-9 Invloed van de dikte van de flenzen op de plaats van de x-as

B.2 Uitzetten van de y-as

De y-as staat loodrecht op de x-as en is, in de ideale situatie, evenwijdig aan de flenzen van het walsprofiel.

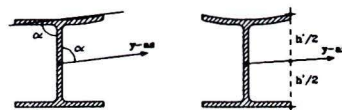
Buiten alle afwijkingen die kunnen leiden tot een plaatsafwijking van de x-as in de z-richting, zijn de volgende afwijking van invloed op de plaats (en richting) van de y-as

- Paralleliteit van de flenzen



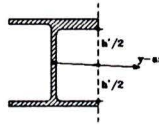
Afbeelding B-10 Invloed van afwijkingen in paralleliteit van de flenzen op de plaats en richting van de y-as

- Vlakheid van de flenzen



Afbeelding B-11 Invloed van afwijkingen in vlakheid van de flenzen op de plaats en richting van de y-as

- Dikte van de flenzen



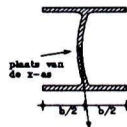
Afbeelding B-12 Invloed van afwijkingen in dikte van de flenzen op de plaats en richting van de y-as

Indien de y-as wordt uitgezet met als referentie de z-as -de hoek tussen de y- en z-as dient dan 90° te zijn- dan hebben afwijkingen genoemd in paragraaf B3 invloed op de plaats en richting van de y-as.

B.3 Uitzetten van de z-as

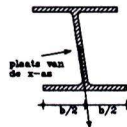
De z-as staat loodrecht op de x- en y-as. In de ideale situatie loopt de z-as evenwijdig aan het lijf. Afwijkingen in de volgende maatkenmerken kunnen invloed hebben op de plaats en richting van de z-as:

- Vlakheid van het lijf



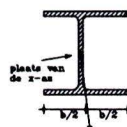
Afbeelding B-13 Invloed van afwijkingen in de vlakheid van het lijf op de plaats en richting van de z-as

- Hoekverdraaiing van het lijf



Afbeelding B-14 Invloed van afwijkingen in de hoekverdraaiing van het lijf op de plaats en richting van de z-as

- Plaats van het lijf

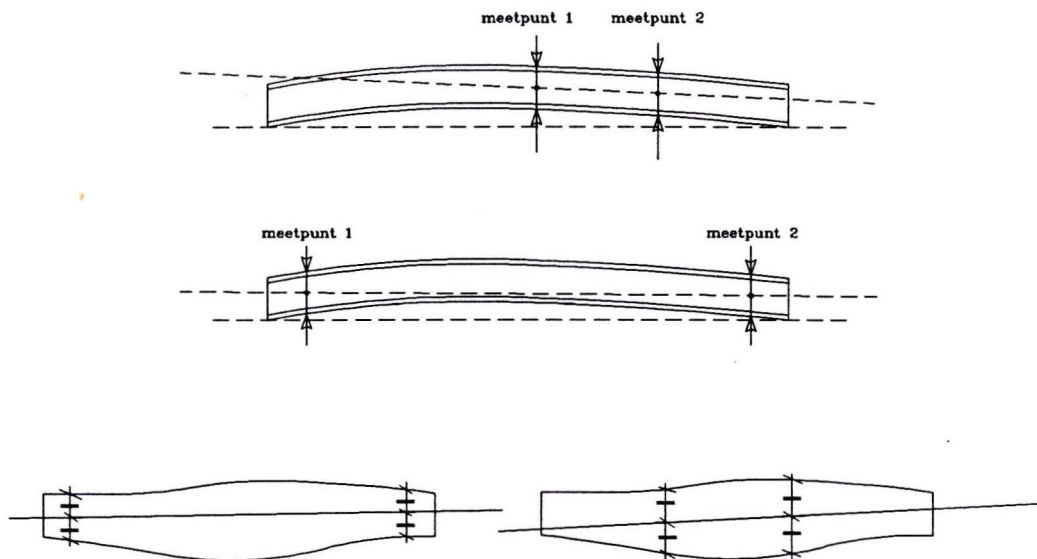


Afbeelding B-15 Invloed van plaatsafwijkingen van het lijf op de plaats en richting van de z-as

Indien de y-as als referentie dient voor de richting van de z-as zijn afwijkingen genoemd in paragraaf B2 van invloed op de plaats en richting van de z-as

B.4 Plaats van meten (in de lengte van het profiel)

De plaats waar het midden van het profiel wordt bepaald is ook van invloed op de ligging van de x-as. Indien de meetpunten dicht bij elkaar liggen (t.o.v. de profiellengte) kan de afwijking zowel groter als kleiner worden dan indien de meetpunten op de uiteinden van het profiel zijn gesitueerd. Of de afwijking groter dan wel kleiner wordt hangt af van de relatieve afstand van de meetpunten in combinatie met de vorm en grootte van de kromming van het profiel.



Afbeelding B-16 Invloed van de meetplaats op de positie van de x-as

Bijlage C

Bijlage C1

Monteren

[lit. 5, 13, 14, 17, 18]

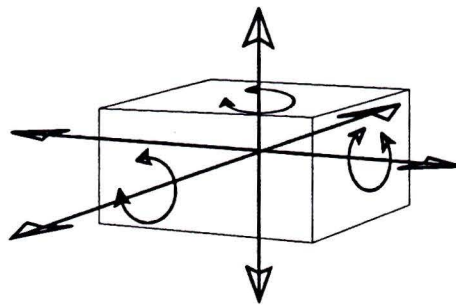
Inhoudsopgave		pagina
C1	Monteren	B31
C1.1	Positioneren	B31
C1.1.1	Positioneerpunten	B31
C1.1.2	Referentiepunten	B32
C1.2	Positioneertypen	B32
C1.2.1	Vrij positioneren	B32
C1.2.2	Gedwongen positioneren	B32
C1.3	Bevestigen	B34

C1 Monteren

Monteren is het positioneren en bevestigen. Positioneren is het geven van een positie ten opzichte van referenties, bevestigen is het handhaven van die positie.

C1.1 Positioneren

De positie van een object kan worden beschreven door een waarde en grootte toe te kennen aan iedere vrijheidsgraad die een star object heeft. Een object kan verplaatst worden in drie translaties en drie rotaties. Iedere richting heeft een positieve en negatieve waarde.



afbeelding C1.1 mogelijke translaties en rotaties van een star lichaam

Indien bij het positie geven van het element in één richting niet kan transleren of roteren, spreekt men van gedwongen positioneren in die specifieke richting. Indien de translatie of rotatie in een richting wel mogelijk is spreekt men van vrij positioneren in die richting.

Bij het positioneren van een element wordt niet het element gepositioneerd, maar een aantal punten van het element krijgen een plaats ten opzichte van referentiepunten. De positioneerpunten zijn die punten op een element die dienen om het element te positioneren.

C1.1.1 Positioneerpunten

Positioneerpunten zijn die punten van een element die een positie krijgen ten opzichte van referentiepunten. Positioneerpunten kunnen bestaan uit:

- Een punt op het oppervlak van het element.
Het punt is aanwezig op het element en behoeft geen aanpassingen of bewerkingen om dienst te doen als positioneerpunt.
- Een voorziening op of in het element.
Door aanpassingen of bewerkingen is een punt op het oppervlak ontstaan wat dienst doet als positioneerpunt.
- Een markering uitgezet op het element.
Een aangebrachte (kras)lijn, centerpunt welke uitsluitend of mede dient om het element te positioneren.

C1.1.2 Referentiepunten

Dit zijn de punten van waaruit een positioneerpunt positie gegeven wordt. Het is altijd een punt op een reeds bestaande constructie. Een referentie kan bestaan uit:

- Een markering, resultaat van uitzetwerk
- Een aanslag, gesteld al dan niet nastelbaar
- De aangrenzende constructie
- Het eigen oppervlak bij telood of waterpas stellen.

Een positioneerpunt wordt direct in verband gebracht met een referentiepunt, door een afstand uit te zetten vanaf het referentiepunt of door het positioneerpunt in het lood-, waterpas- of referentievlak door het referentiepunt te brengen.

C1.2 Positioneertypen

C1.2.1 Vrij positioneren

Vrij positioneren is een proces van herhaaldelijk meten en verplaatsen waarbij het element wordt gefixeerd op het moment dat het een acceptabele positie heeft bereikt.

Zowel het oppervlak van het element als markeringen en voorzieningen op of in het element kunnen dienen als positioneerpunt. Denk hierbij aan uitgezette hartlijnen op het element, het oppervlak van het element en/of gaten in het element.

Men kan onderscheid maken in:

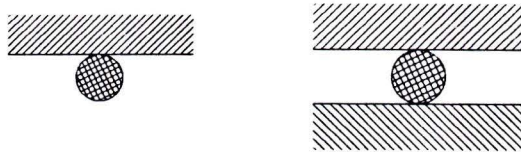
- op maat stellen
Het positioneerpunt wordt op een bepaalde afstand gebracht van het referentiepunt. Voorwaarde is dat in het positioneerpunt en het referentiepunten een stuk meetgereedschap moet kunnen worden aangehouden waarmee de afstand tussen het referentiepunt en het positioneerpunt kan worden bepaald.
- waterpas/telood stellen
Het ene positioneerpunt wordt met behulp van een stuk meetgereedschap in hetzelfde horizontaal-/loodvlak gebracht als een ander positioneerpunt.

C1.2.2 Gedwongen positioneren

Bij gedwongen positioneren wordt een element gedwongen een plaats in te nemen ten opzichte van een ander object. Hoewel de aanslagen waar een element tegen geplaatst wordt kunnen worden gesteld, gebeurt het positioneren van het element dan toch gedwongen.

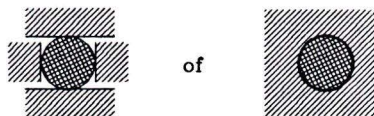
Het positioneerpunt is dan dat punt waar het te stellen element contact maakt met de aanslag.

Hoewel een enkele aanslag de verplaatsing van het element slechts in één waarde van één richting kan een dubbele aanslag zowel positieve als negatieve verplaatsing in één richting verhinderen.



Afbeelding C1.2 Enkele en dubbele aanslag

Bij centreringen worden zowel positieve als negatieve verplaatsingen in richtingen die loodrecht op elkaar staan verhinderd.



Afbeelding C1.3 Centrerings

Het referentiepunt is bij gedwongen positioneren altijd een punt op het oppervlak van de aanslag. Deze referentie kan ontstaan zijn door stelwerk of door een optelling van deel- of eindmaatkenmerken. Bij stelwerk wordt de aanslag gesteld en is de plaats van het element direct resultaat van stelwerk, bij optelling van deel- of eindmaatkenmerken bepalen de deel- of eindmaatkenmerken van de reeds gerealiseerde constructie de plaats van het dwingend te positioneren element.

Bij het positioneren van een element is het mogelijk om een combinatie van gedwongen en vrij positioneren toe te passen.

Bij ieder van de zes vrijheidsgraden kan een keuze gemaakt worden tussen vrij of gedwongen positioneren echter zo dat in één waarde (dus positief of negatief) van één richting moet verplaatsing mogelijk is omdat anders plaatsing niet mogelijk is.

C1.3 Bevestigen

Om een element in een verkregen positie te houden zijn er op of in het element plaatsen waarmee het element wordt gekoppeld aan de reeds gerealiseerde constructie. Deze punten noemen we de bevestigingspunten. Ze kunnen de verplaatsing van het element in één of meerdere richtingen verhinderen.

Tijdens het monteren zijn er drie fasen in bevestigen te onderscheiden:

- Tijdelijk bevestigen in de globale positie
- Tijdelijk bevestigen in de definitieve positie
- Definitief bevestigen in de definitieve positie

Tijdelijk bevestigen in de globale positie komt alleen voor bij vrij positioneren. Daar kan het element zich op ongeveer de juiste plaats bevinden maar moet het door verplaatsing nog in de definitieve positie worden gebracht. Tijdens dit stellen moet worden voorkomen dat het element een andere dan de gewenste positie in neemt en moet daartoe worden bevestigd aan de reeds gereed gekomen constructie.

Bijlage C2

Maatafwijkingen door monteren

Inhoudsopgave	pagina	
C2	Maatafwijkingen door monteren	B36
C2.1	Maatnauwkeurigheid van een willekeurig punt op het element	B36
C2.1.1	Maatnauwkeurigheid van de referentiepunten	B36
C2.1.2	Maatnauwkeurigheid van de relatie tussen referentie- en positioneerpunt	B37
C2.1.3	Maatnauwkeurigheid van het positioneerpunt op het element	B38
C2.1.4	Afwijkingen door spanningen	B38
C2.1.5	Stelmaatcorrectie	B38
C2.2	Montage van staalconstructie-elementen	B38
C2.2.1	Eéndimensionale elementen	B39
C2.2.2	Tweedimensionale elementen	B40
C2.2.3	Driedimensionale elementen	B40
C2.2.4	Handelingen	B40
C2.3	Montage van een kolom met voet- en kopplaat	B43

C2 Maatafwijkingen door monteren

Maatafwijkingen die ontstaan zijn tijdens het monteren zijn plaatsafwijkingen van bepaalde punten van de geplaatste elementen. Die punten die voor de plaatsbepaling van het element zelf of voor aansluitende elementen van belang zijn moeten een juiste plaats krijgen ten opzichte van de aangrenzende constructie. Het positie geven ten opzichte van referenties (punten op of in de aangrenzende constructie) wordt positioneren genoemd. Het handhaven van die positie wordt bevestigen genoemd [lit. 17. Een uitgebreide uiteenzetting van het montage-proces is te vinden in bijlage C1.

C2.1 Maatnauwkeurigheid van een willekeurig punt op het element

De maatnauwkeurigheid van een willekeurig punt op het element is afhankelijk van de maatnauwkeurigheid van de positioneerpunten ten opzichte van andere punten op dat element en van maatnauwkeurigheid van de positioneerpunten ten opzichte van de reeds gerealiseerde constructie.

Maatafwijkingen van de positioneerpunten ten opzichte van de overige punten van het element kunnen ontstaan door een slechte keuze van de positioneerpunten en door maatafwijkingen in het element.

Maatafwijkingen van de positioneerpunten ten opzichte van de reeds gerealiseerde constructie kunnen ontstaan door afwijkingen in de referentiepunten en door afwijkingen in de relatie tussen referentiepunt en positioneerpunt.

Verder kunnen spanningen in de constructie zowel afwijkingen in de maatnauwkeurigheid van het positioneerpunt t.o.v. de rest van de constructie als wel in de maatnauwkeurigheid van de positioneerpunten ten opzichten van punten op het element tot gevolg hebben

C2.1.1 Maatnauwkeurigheid van de referentiepunten

Indien het referentiepunt zich niet op de ideale plaats bevindt zal (indien het positioneren van het element vanaf het referentiepunt zonder afwijkingen zal gebeuren) het element zich ook niet in de ideale positie bevinden. Dat een referentiepunt niet op de ideale plaats gesitueerd is kan onder andere liggen aan afwijkingen in de apparatuur waarmee de referentiepunten worden uitgezet, door een slechte keuze van de plaats, verplaatsing of verstoring van het referentiepunt.

Maatnauwkeurigheid van een markering

Een markering is altijd resultaat van uitzetwerk [lit. 17]. Verschillende afwijkingen in het gehele uitzetwerk zijn daarom van invloed op de maatnauwkeurigheid van een referentiepunt.

Maatnauwkeurigheid van een aanslag

Een aanslag kan het resultaat zijn van stelwerk zodat in dat geval wat betreft de maatnauwkeurigheid hetzelfde geldt als voor de maatnauwkeurigheid van een markering. Een aanslag kan eveneens het resultaat van uitzetwerk plus een optelling van deelmaatkenmerken zijn.

In dat geval zijn het de maatafwijkingen in de deelmaatkenmerken die samen met de maatnauwkeurigheid van het uitzetwerk de maatnauwkeurigheid van de aanslag bepalen. Iedere aanslag is indirect afhankelijk van de maatnauwkeurigheid van een referentie. Bij het positioneren van het eerste element, of de aanslag daarvoor, moet immers altijd gemeten worden.

Maatnauwkeurigheid van het oppervlak van de aangrenzende constructie

Afwijkingen van de maatnauwkeurigheid van een punt op het oppervlak van de constructie ontstaan door maatafwijkingen in de deelmaatkenmerken van de reeds constructie en afwijkingen in het uitzetwerk wat nodig was om de constructie tot zover te realiseren.

C2.1.2 Maatnauwkeurigheid van de relatie tussen referentiepunt en positioneerpunt

De relatie tussen referentiepunt en positioneerpunt kan er een zijn van afstand. Dit kan een vaste of variabele afstand zijn. Een andere relatie tussen referentiepunt en positioneerpunt kan zijn dat het positioneerpunt in een vlak of lijn wordt gebracht dat ook door het referentiepunt gaat.

Bij vrij positioneren wordt de afstand tussen positioneerpunt en referentiepunt gemeten en indien de afstand niet voldoet aan de vastgestelde maat wordt het element verplaatst zodat het positioneerpunt zich wel op de juiste plaats bevindt.

Bij gedwongen positioneren is de afstand tussen referentiepunt en positioneerpunt een vaste. In sommige gevallen gelijk aan nul. Indien de afstand groter is dan nul zal een afstandhouder gebruikt moeten worden om van gedwongen positioneren te kunnen spreken.

Afwijkingen kunnen ontstaan door een afwijking in de afmeting van de afstandhouder of als de aanslag niet "aan" zit.

Het positioneren van het positioneerpunt in een vlak door het referentiepunt kan zowel vrij als gedwongen gebeuren. Afwijkingen die daarbij ontstaan zijn dan ook dezelfde als genoemd bij vrij en gedwongen positioneren.

C2.1.3 Maatnauwkeurigheid van het positioneerpunt op het element.

De plaats van het positioneerpunt zo gekozen zijn dat er een duidelijke en eenduidige relatie is tussen het positioneerpunt en de kritieke punten van het element [lit. 17]. Kritieke punten zijn bijvoorbeeld aansluitingen op andere bouwdelen of punten die duidelijk "in het zicht" komen. De keuze van een positioneerpunt kan dus niet willekeurig zijn.

Afwijkingen kunnen ontstaan doordat de keuze van de positioneerpunten niet goed is of doordat de vorm van het element een positioneerpunt dat voor alle kritieke punten geldig is niet toelaat.

C2.1.4 Afwijkingen door spanningen.

Door spanningen in de reeds gerealiseerde constructie kunnen maatafwijkingen optreden. Mogelijke oorzaken van die spanningen kunnen zijn:

- temperatuurverschillen.
- windbelasting.
- belasting door bouwwerkzaamheden (plaatsen van lasten op de constructie).
- krachten nodig voor het fixeren van een geplaatst element
- eigen gewicht van de constructie.

C2.1.5 Stelmaatcorrectie

Indien afwijkingen (zowel in de plaats van het referentiepunt, de maat tussen referentiepunt en positioneerpunt, en de plaats van het positioneerpunt) bekend zijn, bestaat de mogelijkheid om voor die afwijking(en) te corrigeren [lit. 17].

C2.2 Montage van staalconstructie-elementen

De vorm van de te monteren elementen is van invloed op de manier waarop gepositioneerd en gesteld wordt. Welke vormen er zijn en in welke mate deze het montageproces beïnvloeden wordt in deze paragraaf behandeld.

C2.2.1 Eéndimensionale elementen

Dit zijn elementen waarbij één afmeting vele malen groter is dan de andere twee. Een veelvoorkomende vorm van een constructie bestaande uit dergelijke elementen is de portaalconstructie welke bestaat uit kolommen en balken in de regel uitgevoerd in een orthogonaal systeem.

In dit soort constructies valt onderscheid te maken in constructies waar de stijfheid en stabiliteit uit de momentvaste verbindingen komt en in constructies waarbij een stijf en stabiel gedeelte van de constructie zorgt voor de stijfheid en stabiliteit. Dit kan een kern zijn maar ook een door stabiliteitsverbanden (windverbanden) stabiel gemaakt gedeelte van de staalconstructie.

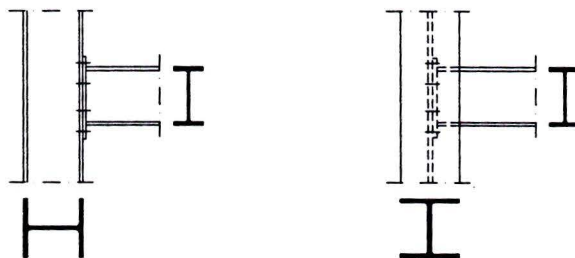
Dit soort constructies is meestal uitgevoerd in:

- kolommen over één of meerdere verdiepingen waarbij tussen de kolommen balken worden aangebracht.
- balken over meerdere kolommen met op die balken verdiepingshoge kolommen.

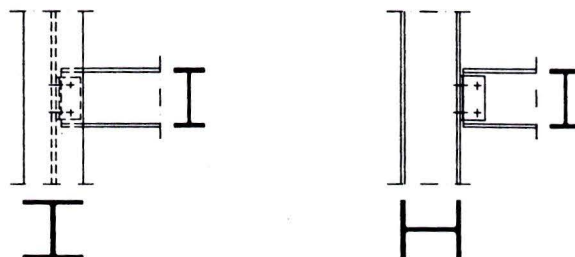
De verbindingen worden dan als volgt uitgevoerd:



afbeelding C2.1 verbindingen van kolommen



afbeelding C2.2 balk-kolom verbindingen met schetsplaat



afbeelding C2.3 balk-kolom verbinding met hoekstalen

C2.2.2 Tweedimensionale elementen

Direct uit de walserij afkomstige tweedimensionale elementen zijn platen, strips en hoge H- en I-profielen. Andere tweedimensionale elementen worden in de constructiewerkplaats door samenbouwen van lineaire (ééndimensionale) elementen gemaakt.

Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillende mogelijke maatafwijkingen (afwijkingen in rechtheid, haaksheid e.d.). Voorbeelden van dit soort elementen zijn raatliggers, vakwerkliggers en vierendeelliggers maar ook niet-vormvaste ruimtelijke constructies. Door de grote stijfheid in meerdere richtingen worden deze elementen en grotere afmeting in de andere richting wordt een dergelijk element tijdens het monteren anders behandeld. Er dient aandacht te worden besteed aan de rotatie en vervorming om de x-as. In de praktijk spreekt men dan van de teloodstand van het liggers of spanten.

Doordat veel tweedimensionale elementen niet vormvast zijn in alle richtingen, moet er op meerdere plaatsen de teloodstand gecontroleerd worden, dit in tegenstelling tot lage walsprofielen (lineair element) waarbij in de regel geen rekening gehouden wordt met de rotatie om de x-as. De verbindingen zijn gelijk aan of hebben een sterke gelijkenis met de hierboven getoonde verbindingen.

C2.2.3 Driedimensionale elementen

Een constructie bestaande meerdere ééndimensionale en/of tweedimensionale elementen. Denk hierbij aan ruimtevakwerken of voorgemonteerde/samengebouwde driedimensionale structuren. Door de grote stijfheid drie richtingen dient tijdens fabricage en montage met alle rotaties en translaties rekening gehouden te worden. De verbindingen zijn al eerder genoemd met toevoeging van speciaal ontworpen verbindingen, waar de vormvastheid van de elementen dat verlangt.

C2.4.2 Handelingen

Handeling	1-dimensionaal		2- & 3-dimensionaal
	Niet vormvast	Wel vormvast	Wel vormvast
Vervoer Vervoer van staalconstructie-elementen gebeurt meestal met vrachtwagens (al dan niet uitzonderlijk vervoer) en indien noodzakelijk kan ook gebruik gemaakt worden van een boot	Tijdens het vervoer dienen extra maatregelen genomen te worden om vervormingen van de elementen te voorkomen. Dergelijke vervormingen kunnen de maatnauwkeurigheid van de constructie beïnvloeden.	Vormvaste elementen zullen tijdens het vervoer geen vervormingen ondergaan die van invloed zijn op de maatnauwkeurigheid van de totale constructie.	Vormvaste elementen zullen tijdens het vervoer geen vervormingen ondergaan die van invloed zijn op de maatnauwkeurigheid van de totale constructie.
Lossen van lading Lossen van de elementen gebeurt in de regel met behulp van een kraan.	Evenals bij het vervoer dient er rekening mee gehouden te worden dat er geen vervormingen optreden die invloed hebben op de maatnauwkeurigheid van de constructie	Lossen heeft in principe geen invloed op de maatnauwkeurigheid van de elementen en daarmee evenmin op de maatnauwkeurigheid van de totale constructie	Lossen heeft in principe geen invloed op de maatnauwkeurigheid van de elementen en daarmee evenmin op de maatnauwkeurigheid van de totale constructie.

positioneren

Het positie geven van enkele punten van het te plaatsen element ten opzichte van referenties

Doordat het element niet star is zijn er meer positioneerpunten noodzakelijk dan bij een star element.

Doordat de rotatie van het element om de eigen as niet verhinderd hoeft te worden zijn er in plaats van de normale 6 positioneer-richtingen slechts 5 relevant. Omdat het een star element betreft zijn er slechts 5 positioneerpunten nodig.

Een star driedimensionaal element moet worden gepositioneerd in zes richtingen (drie translaties en drie rotaties) en daarvoor zijn minimaal 3 en maximaal 6 positioneerpunten nodig.

**positioneren:
vrij of gedwongen**

In veruit de meeste gevallen zal de hoogte van een te positioneren element bepaald worden door gedwongen positioneren. Wel kan de aanslag waarop dit element wordt gepositioneerd

Doordat een niet-star element vervormt zal het op meerdere plaatsen een juiste plaats moeten krijgen. Hier blijft ook de keuze tussen gedwongen of vrij positioneren afhankelijk van de omstandigheden en de gebruikte verbindingen.

Keuze voor gedwongen of vrij positioneren is geheel afhankelijk van de vorm en afmetingen van het te plaatsen element, de wijze van verbinden en omstandigheden op de bouwplaats.

Keuze voor gedwongen of vrij positioneren is geheel afhankelijk van de vorm en afmetingen van het te plaatsen element, de wijze van verbinden en omstandigheden op de bouwplaats.

globale positie

Indien het positioneren vrij gebeurt zal het element in eerste instantie niet op de definitieve positie gepositioneerd worden. Het wordt dan gepositioneerd in de globale positie. Door middel van stellen zal in een later stadium de definitieve positie worden bereikt.

Indien het positioneren vrij gebeurt zal de positie vóór stellen een globale positie zijn.

Indien het positioneren vrij gebeurt zal de positie vóór stellen een globale positie zijn.

Indien het positioneren vrij gebeurt zal de positie vóór stellen een globale positie zijn.

tijdelijk bevestigen

Voor alle geldt dat de elementen zullen worden bevestigd zodat het element stabiel en sterk genoeg bevestigd is om tijdens de bouw (voor het stellen) te voldoen aan eisen van stabiliteit en sterkte.

Indien de beperkte stijfheid van dit nodig maakt zullen meer bevestigingspunten dan voor een star element aangebracht en gebruikt moeten worden. Omdat in de meeste gevallen die bevestigingspunten bij het stellen en definitief bevestigen nodig zijn, is het speciaal aanbrengen van bevestigingspunten meestal niet noodzakelijk.

Bij de tijdelijke bevestiging worden meestal de verbindingsmogelijkheden die later gebruikt zullen worden voor de definitieve bevestiging gebruikt. Indien die niet mogelijk is worden extra (tijdelijke) voorzieningen getroffen.

Bij de tijdelijke bevestiging worden meestal de verbindingsmogelijkheden die later gebruikt zullen worden voor de definitieve bevestiging gebruikt. Indien die niet mogelijk is worden extra (tijdelijke) voorzieningen getroffen.

stellen

Door gebruik te maken van eenvoudig gereedschap (koevoet, hamer, vijzel, tire-fort, schroefschoren e.d.) kunnen de gepositioneerde elementen worden verplaatst. Voor de plaatsbepaling van de positioneerpunten worden onder andere theodolieten, waterpassen, schietloden, draden en meetbanden gebruikt. Van het element waarmee de positie in de richting van de x-as wordt bepaald achterwege gelaten. Aan de andere zijde van het element wordt in de twee overgebleven richtingen gesteld.

Stellen: Op maat, telood of horizontaal

Bij stellen wordt door middel van herhaaldelijk verplaatsen en meten een punt van het te positioneren element op een acceptabele positie gebracht. Het feit dat er gemeten wordt geeft aan dat stellen altijd op maat gebeurt. Bij teloodstellen wordt ook op maat gesteld waarbij de maat geen afstand is maar een loodvlak. Bij horizontaal stellen is dat een vlak loodrecht op een loodvlak.

definitief bevestigen

Na het stellen van de elementen of de totale constructie of -indien er niet gesteld wordt- direct (d.w.z. zonder dat er handelingen aan het element plaatsvinden die de maatnauwkeurigheid kunnen beïnvloeden) na positioneren worden de elementen in de definitieve positie definitief bevestigd. Dit gebeurt met de daarvoor bedoelde verbindingsmiddelen eventueel aangevuld met een tijdelijke bevestiging.

Vanwege de vervormingen van de elementen is stellen op meer dan drie tot zes (vijf of zes richtingen. vijf bij een niet vormvast één-dimensionaal element, zes bij alle andere elementen) plaatsen noodzakelijk.

Teloodstellen is (indien het element in die richting niet vormvast is) alleen bruikbaar als de positioneerpunten ook bevestigingspunten zijn. De positioneerpunten die in één loodvlak worden gebracht geven door de vervorming van het element geen betrouwbare informatie over de teloodstand van het hele element. In dat geval wordt het op maat stellen van zoveel als positioneerpunten als nodig is gebruikt.

Volgende verbindingen moeten zorg dragen voor een acceptabele definitieve positie van een niet star element.

Er zijn drie tot vijf punten (vijf richtingen) die kunnen worden gesteld. Gewoonlijk echter wordt stellen aan de zijde van het element waarmee de positie in de x-richting wordt bepaald achterwege gelaten. Aan de andere zijde van het element wordt gesteld in twee richtingen

Zowel op maat als telood en horizontaal stellen is een bruikbare methode bij vormvaste elementen. Welke methode gebruik wordt hangt onder andere af van de gewenste nauwkeurigheid, de bereikbaarheid en de inzetbaarheid van meetapparatuur.

Indien bevestiging aan één zijde van het element niet voldoende is kan met een tijdelijke bevestiging zowel de tijdelijke als definitieve positie worden gehandhaaft

Er zijn drie tot zes punten (zes richtingen) die moeten of kunnen worden gesteld. Bij vormvaste elementen kan een verplaatsing in de ene richting een ongewenste verplaatsing van een ander punt veroorzaken en, indien de stelmethode niet correct is.

Zowel op maat als telood en horizontaal stellen is een bruikbare methode bij vormvaste elementen. Welke methode gebruik wordt hangt onder andere af van de gewenste nauwkeurigheid, de bereikbaarheid en de inzetbaarheid van meetapparatuur.

Gezien de driedimensionale vorm van de te bevestigen elementen levert dit in het algemeen geen problemen op met zowel de tijdelijke als de definitieve bevestiging

Verplaatsing van de constructie onder invloed van andere dan stelbelasting

Als voorbeeld kunnen hiervan gelden: belasting van opgeslagen materialen en klimatologische invloeden.

Doordat de elementen niet vormvast zijn heeft een belasting op het element direct invloed op de maatnauwkeurigheid van dat element. Door de niet vormvaste elementen onderling te verbinden ontstaat een vormvaste constructie waarbij belasting op de verbindingen niet tot vervorming leidt.

Dergelijke elementen hebben slechts een grote stijfheid in één richting (evenwijdig aan de x-as). De stijfheid in de andere richtingen is tijdens het positioneren wel groot genoeg, maar kan niet alle belastingen tijdens de bouw opnemen zonder dat dat invloed heeft op de maatnauwkeurigheid

De twee-dimensionale elementen kunnen gemakkelijk vervormingen ondergaan (in één richting) door belastingen tijdens de bouw. In mindere mate kunnen ook vervormingen in de andere richting optreden en kunnen driedimensionale elementen vervormen indien de spanningen in de constructie groot genoeg worden

C2.3 montage van een kolom met voet- en kopplaat

vervoer

kolommen hebben nooit dergelijke afmetingen dat vervoer met een vrachtwagens onmogelijk is.

globaal positioneren

Met een kraan wordt de kolom van de vrachtwagen (of soms een boot) gelicht.

globaal positioneren

Afhankelijk van de vorm van de kolom moet gelet worden op de globale positie. Voor ronde kolommen is de rotatie om de x-as in het geheel niet van belang (indien de verbindingen maar blijven passen) voor H- en I-profielen kunnen voorzieningen en bevestigingspunten bepalen of de kolom 90° of 180° gedraaid moet worden.

positioneren vrij of gedwongen

De hoogte van een kolom (verplaatsing in de x-richting) wordt in het algemeen gedwongen gepositioneerd. Dit doet men door het op hoogte stellen van één moer indien de kolom wordt geplaatst op draadeinden of door middel van vulplaatjes indien er een stabiel oppervlak onder de voetplaat van de kolom aanwezig is.

De horizontale positie van de kolomvoet (y- en z-richting) kan worden gesteld, maar daar de gebruikelijke overmaat van de boutgaten slechts 2 of 3 mm is, is maar een beperkte stelruimte aanwezig en wordt stellen veelal achterwege gelaten. Dit kan worden aangepast door boutgaten met een grotere overmaat aan te brengen, maar dat wordt slechts in weinig gevallen gedaan. Bij montage op draadeinden is vaak (ondanks de overmaat van de boutgaten) geen stelruimte meer aanwezig omdat de ankers tijdens het storten van de beton wat weggedreven zijn. Het positioneren van de kolom over de draadeinden (soms met grof geweld) gebeurt dan in feite gedwongen terwijl dat niet de bedoeling was.

gedwongen

Daar de hoogte wordt bepaald door één positioneerpunt (één moer of één setje vulplaatjes) dienen andere moeren of setjes vulplaatjes voor de horizontale positie van de voetplaat.

De positie van de top van de kolom kan zowel gedwongen als vrij worden gepositioneerd. Gedwongen positioneren kan bijvoorbeeld door koppeling met liggers met een star gedeelte (betonkern of een gedeelte met stabiliteits-verbanden) van de constructie. De liggers worden dan "koud" tegen zowel star gedeelte als kolom gemonteerd. Indien de kolomtoppen vrij worden gepositioneerd wordt door middel van stellen een acceptabele positie bereikt van de positioneerpunten aan de top van de kolom.

Indien een kolom op draadeinden staat worden de moeren op die draadeinden gebruikt voor de tijdelijke bevestiging.

Als de kolom op vulplaatjes staat kan als tijdelijke bevestiging de (eventueel aangepaste) boutverbinding dienst doen als tijdelijke bevestiging. In de meeste gevallen zal een aanvullende bevestiging gebruikt worden in de vorm van koppeling aan een star gedeelte van de constructie of door gebruikmaking van (schroef)stempels.

vrij

Afhankelijk van het vorm en gewicht van de kolom kunnen verschillende methoden gebruikt worden voor het stellen. Bij stellen moet worden gemeten en verplaatst. Voor het meten kan men diverse meetapparatuur zoals draad, meetband, duimstok timmermanswaterpas, waterpasinstrument, theodoliet gebruiken. Voor de horizontale positie van de onderzijde van de kolom wordt meestal gemeten vanuit een lijn. Dit kan onder andere een vizierlijn, smetlijn, draad of potloodlijn zijn. Deze kan uitgezet zijn met diverse meetapparatuur.

Verplaatsen van de kolom kan door middel van een tirefort, vijzel, koevoet of speciaal aangebrachte stelmechanismen.

Bij een kolom met voetplaat die over draadeinden staat wordt de bovenzijde in het algemeen gesteld door de moeren op de juiste hoogte te draaien.

**stellen:
op maat of
telood**

De bovenzijde van de kolom kan een positie krijgen door teloodstellen of door op maat stellen.

Teloodstellen gebeurt in veel gevallen met een lang timmermanswaterpas wat tegen het oppervlak van de kolom wordt aangehouden. Meestal op de plaats waar men er het gemakkelijkst bij kan komen of waar men de libel af te lezen.

Indien met een theodoliet wordt gesteld kan men door het richten van de kruisdraad een referentiepunt aan de onderzijde een positioneerpunt aan de bovenzijde van de kolom in een loodvlak door het referentiepunt brengen. Op deze manier kan ook op maat gesteld worden. Dan wordt een positioneerpunt boven een referentiepunt (wat onafhankelijk van de positie van de kolomvoet is) gebracht.

tijdelijk/definitief bevestigingen in de definitieve positie

Gebeurt met de bouten die in de constructie blijven en die constructief dan wel montage technisch noodzakelijk zijn. Indien de kolom de definitieve positie heeft bereikt, worden de bouten aangetrokken en hoeven (als het goed is) niet meer los. Bij hoge kolommen kan het nodig zijn om de definitieve positie met hulp te handhaven. Hoewel dan de bouten van de voetplaat zijn aangetrokken zijn schoren nodig om de definitieve positie van de top te handhaven. Deze tijdelijke voorzieningen verdwijnen indien de top niet meer van zijn definitieve positie kan wijken.

verplaatsing van de constructie door andere dan stelbelasting

Door belasting op een aan de kolom momentvast gekoppelde ligger kan de kolom vervormen onder invloed van het dan in de kolom optredende moment. Ook grote temperatuurverschillen en wind kunnen de constructie een verplaatsing geven, waardoor de maatnauwkeurigheid beïnvloed wordt.

Bijlage D

Bijlage D1

Het principe van voorspellen

Inhoudsopgave

		pagina
D1.1	Het principe van voorspellen	B48
D1.1.1	De passingsfiguur	B48
D1.1.2	De passingsvergelijking	B48
D1.2	De statistische benadering	B49

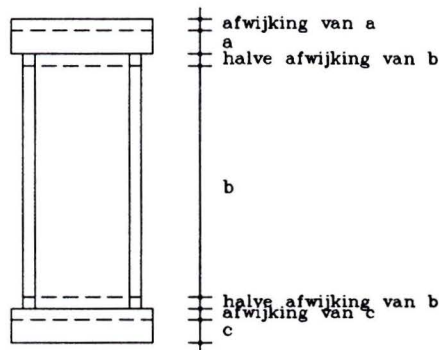
D1.1 Het principe van voorspellen

Door aan alle deelmaatkenmerken van een eindmaatkenmerk een waarde voor de te verwachten afwijking toe te kennen is door middel van optelling van deze waarden een voorspelling te geven voor de afwijking van het eindmaatkenmerk.

D1.1.1 De passingsfiguur

Om alle deelmaatkenmerken inzichtelijk te maken wordt een passingsfiguur gebruikt. Hierin worden alle relevante deelmaatkenmerken weergegeven. Deelmaatkenmerken met een ideale waarde ongelijk aan nul (afmetingen, afstanden) worden op een willekeurige schaal weergegeven, deelmaatkenmerken waarvan de ideale waarde gelijk aan nul kan zijn (afwijkingen) worden met afwijking weergegeven. Ook deze afwijkingen worden op een willekeurige schaal weergegeven. [lit. 18]

Een voorbeeld van een passingsfiguur met de deelmaatkenmerken dikte van voet- en kopplaat en lengte van walsprofiel is hieronder weergegeven.



Afbeelding D1.1 Voorbeeld van een passingsfiguur

D1.1.2 De passingsvergelijking

Door de afwijkingen van de deelmaatkenmerken bij elkaar op te tellen is het mogelijk om de afwijking van het eindmaatkenmerk te bepalen. In het voorbeeld van daarnet $a + b + c =$ afwijking van eindmaatkenmerk. Indien de afwijking van de voet- en kopplaat $+2$ mm is en de lengte van het walsprofiel een afwijking van -6 mm heeft, is de afwijking van het eindmaatkenmerk $2 + 2 - 6 = -2$ mm.

Indien de individuele afwijkingen van ieder element onbekend zijn is het niet mogelijk om de afwijking van het eindmaatkenmerk te bepalen. Echter indien van ieder deelmaatkenmerk de gemiddelde afwijking en de spreiding van de individuele afwijkingen bekend is kan met behulp van de statistiek toch een voorspelling worden gedaan wat betreft de grootte van de afwijking van het eindmaatkenmerk.

D1.2 De statistische benadering.

Indien van alle deelmaatkenmerken die relevant zijn voor het eindmaatkenmerk de gemiddelde afwijking en de spreiding van de afwijkingen bekend is kunnen dit gemiddelde en deze spreiding worden gebruikt om, met een bepaalde zekerheid, de grenzen te voorspellen waarbinnen de afwijking van het eindmaatkenmerk zich bevindt.

De deelmaatkenmerken kunnen een toevallige of systematische afwijkingen hebben. Bij systematische afwijkingen ligt het gemiddelde van de afwijkingen niet bij nul, bij toevallige afwijkingen wel. Systematische afwijkingen zijn onder te verdelen in variabele systematische afwijkingen en constante systematische afwijkingen. De constante systematische afwijking is de maat voor het verschuiven van het gemiddelde van de totale variabele systematische afwijkingen. [lit. 18]

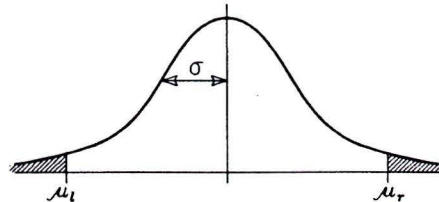
Van de deelmaatkenmerken met toevallige afwijkingen mogen de standaardafwijkingen (σ) opgeteld worden volgens de volgende formule:

$$\sigma_{\text{eindmaatkenmerk}} = \sqrt{\sigma_{\text{deelmaatkenmerk 1}}^2 + \sigma_{\text{deelmaatkenmerk 2}}^2 + \dots + \sigma_{\text{deelmaatkenmerk n}}^2}$$

Van een systematische afwijking waarvan de richting bekend is mag de afwijking van het gemiddelde bij het -uit de toevallige afwijkingen-berekende afwijking worden opgeteld. De spreiding moet worden meegenomen zoals in de bovenstaande formule.

Indien de richting van de systematische afwijking niet bekend is moet deze worden beschouwd als een toevallige afwijking.

Wanneer de spreiding van het eindmaatkenmerk bekend is kunnen de grenzen worden berekend waarbinnen een bepaald percentage van die afwijkingen valt. In het vervolg verder aangeduid met het betrouwbaarheidsinterval. Om de grenzen van het betrouwbaarheidsgebied te berekenen waarbinnen 98% van de afwijking valt moet de standaardafwijking van het eindmaatkenmerk worden vermenigvuldigd met 2,33. Bij een standaardafwijking van 2,0 mm is het 98% betrouwbaarheidsinterval dan $2,33 \cdot 2,0 = \pm 4,66$ mm.



Afbeelding D1.2 Grafische voorstelling van de kansverdeling (Gausz-kromme)

$$\mu_l = -4,66$$

$$\mu_r = +4,66$$

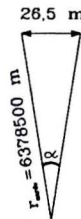
Bijlage D2

Kwantificatie van deelmaatkenmerken

Inhoudsopgave		pagina
D2.1	Aardkromming	B51
D2.2	Andere deelmaatkenmerken	B52

D2.1 Aardkromming

Is de kromming van de aarde een relevant deelmaatkenmerken (afstand tussen de mouspunten)



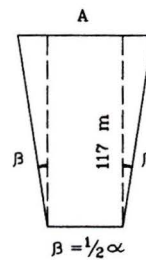
Afbeelding D2.1 De hoek tussen de loodlijnen

Omtrek van de aarde $2\pi R = 2\pi \cdot 6.378.500 = 40.077.297$ meter

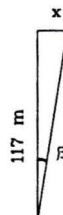
$26,5 \text{ m} \equiv 1/1.512.350,8$ deel van de omtrek

$\alpha = 1/1.512.350,8 \cdot 360^\circ = 2,3804 \times 10^{-4}^\circ$

Bij oploden tot de 33^e verdieping is het hoogteverschil 116,881 meter vanaf P=0. Neem hoogteverschil 117 m.



$$\beta = \frac{1}{2}\alpha$$



Afbeelding D2.2 Afwijking van de positie van de mouspunten t.g.v. de aardkromming

$$\tan \beta = x/117$$

$$\tan \frac{1}{2}\alpha = 2,07729 \times 10^{-6}$$

$$x = 2,07729 \times 10^{-6} \cdot 117 = 2,4 \times 10^{-4} \text{ meter}$$

$$A = 26,5 \times 10^3 + 2 \cdot 2,4 \times 10^{-4}$$

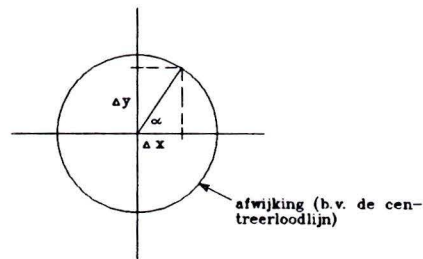
$$= 26,5 \times 10^3 + 0,49 \text{ mm}$$

De mouspunten bevinden zich op 117 meter boven peil 0,49 mm verder uit elkaar dan op P=0

Deze afwijking is klein ten opzichte van de te verwachten afwijkingen van de mouspunten en wordt derhalve achterwege gelaten.

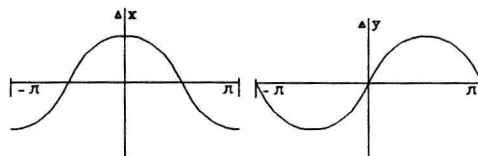
D2.2 Andere deelmaatkenmerken:

ad i+j: Dit is geen zuivere toevallige verdeling. Wel voldoet deze kansverdeling aan $2 \cdot \cos \alpha$



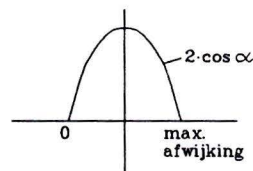
Afbeelding D2.3 Afwijkingen van de centreerloodlijn in een orthogonaal assenstelsel (afhankelijk van de hoek α)

Indien de afwijking cirkelvormig is (zoals bij de centreerloodlijn van de theodoliet) geldt voor de x- en y-waarden de volgende verdeling:



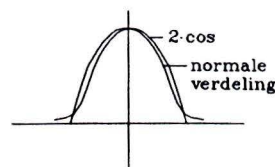
Afbeelding B6.4 Afwijkingen van de centreerloodlijn ten opzichte van een hoek

Omdat de kans $P(-\pi, \pi)$ rechthoekig verdeeld is geldt dat de kans $P(\text{maximale afwijking})$ als volgt is verdeeld:



Afbeelding D2.6 Kans op een afwijking ten gevolge van onloodheid in de centreerloodlijn

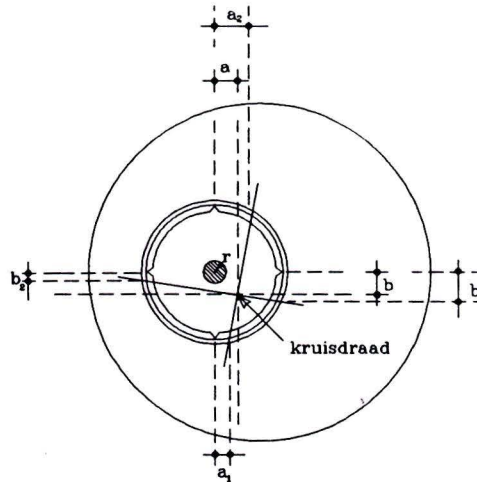
Deze verdeling mag benaderd worden met een normale verdeling met $\mu_r = 1/2$ maximale afwijking.



Afbeelding D2.7 Vergelijking van de gevonden kansverdeling met de normale kansverdeling

Hieruit mag worden afgeleid dat het gaat om toevallige afwijkingen die voor de berekening als normaal verdeeld mogen worden aangenomen.

ad m+n: Doordat afwijkingen in twee richtingen voor kunnen komen, en er aan twee zijden van de markeringsplaat geïmplementeerd moet worden, is het gebied waarbinnen 98% van de afwijkingen vallen (r) als volgt te bepalen



Afbeelding D2.8 Afwijkingen bij het inrichten van een markeringsplaat

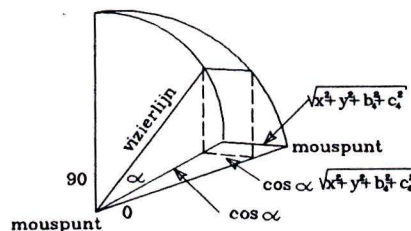
$$a = 1 / \sqrt{\left(\frac{1}{a_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{a_2}\right)^2}$$

$$b = 1 / \sqrt{\left(\frac{1}{b_1}\right)^2 + \left(\frac{1}{b_2}\right)^2}$$

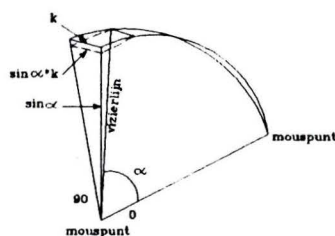
$$r = 1 / \sqrt{\left(\frac{1}{a}\right)^2 + \left(\frac{1}{b}\right)^2}$$

Indien voor b_1 , b_2 , a_1 , a_2 1 mm als grenswaarde wordt genomen, volgt daaruit dat $r = 0,5$ mm ($s_r = 0,21$ mm)

ad k' - De grootte van de afwijkingen van de deelmaatkenmerken b_4 , c_4 , k_2 , x en y wordt ook bepaald door de hoek die de vizierlijn maakt met de verticaal. In een drie-dimensionale figuur ziet deze afhankelijkheid er als volgt uit:



Afbeelding D2.8 Invloed van de afwijkingen van het richtpunt



Afbeelding D2.9 Invloed van de onloodheid van de eerste as van de theodoliet

De combinatie van deze twee is dan als volgt:

$$\text{afwijking} = \sqrt{(\cos \alpha \cdot \sqrt{(x^2 + y^2 + c_4^2 + b_4^2)})^2 + (\sin \alpha \cdot k_2)^2}$$

welke in het vervolg z genoemd zal worden. Z moet daarna nog worden vermenigvuldigd met de verhouding (afstand theodoliet-positioneerpunt):(afstand theodoliet-richtpunt). Deze is voor ieder in te meten positioneerpunt een andere. De afstand tussen theodoliet en richtpunt is ca. 27100 resp. 26400 mm bij een opstelhoogte van de theodoliet van 1500 mm. Bij andere opstelhoogten veranderen deze afstanden. De afstand tussen de mouspunten is 27060 resp. 26360 mm.

$$\sqrt{\{(\cos \alpha \cdot \sqrt{(x^2 + y^2 + b_4^2 + c_4^2)})^2 + (\sin \alpha \cdot k_2)^2\}}$$

Waarin:

α	hellingshoek van t.o.v. horizontaal vizierlijn in °		
x	1,5 mm	toevallig	[schatting]
y	1,5 mm	toevallig	[schatting]
$b_4 + c_4$	0,2 mm	toevallig	[lit. 10]

met hellingshoek van 30° geeft dit 2,2 mm ($s_k = 0,95$)

- ad q: - Uit proefneming bepaald wat betreft de uitzetting ten gevolge van vochtopname. (2% uitzetting vanuit ca. 11% droog vuren hout naar 100% natte omgeving) De lengteverandering bij normaallengte van 3085 mm is dan 6,2 mm
De lengteverandering ten gevolge van 50°C temperatuurverschil bedraagt (ten opzichte van staal) $12 \times 10^{-6} - 4 \times 10^{-6} = 8 \times 10^{-6} \text{ m/m}^\circ\text{C}$
 $50,8 \times 10^{-6} \cdot 3,085 = 1,2 \times 10^{-3} \text{ meter (1,2 mm)}$
($s_q = 3,18$)
- Hoewel het mogelijk is om de afwijking in de lat te elimineren aan de hand van vochtigheidsgraad en temperatuur van de lat geldt voor de totale constructie een toevallige afwijking. Bij nameting is namelijk niet meer na te gaan hoe de omstandigheden waren, en daarom geldt voor een willekeurig punt op de constructie dat de afwijking van de maatlat een toevallige is.

- Hoewel er zorgvuldig zal zijn gewerkt bij het afschrijven van de maatlat zal daar toch een constante systematische afwijking van ca 1,0 mm in zitten. (afwijking in de gebruikte rolmaat, de onmogelijkheid om de maat zonder afwijking over te halen op de lat en de dikte van de podloodstreep)
De richting van die afwijking is onbekend

ad u: Walstoleranties van UNP-160 profiel:
Breedte: $\pm 1,5$ mm
Uitbuiging van het lijf: $\pm 0,5$ mm [lit. 12]
Indien aangenomen 98% van de afwijkingen in de profielen binnen deze walstoleranties valt geldt voor het deelmaatkenmerk u:
 $\sqrt{(1,5^2 + 0,5^2)} = 1,6$ mm ($s_u = 0,69$)

ad v: De uitbuiging van het lijf van een UNP-160 mag 0,5 mm zijn. [lit. 12] Indien aangenomen wordt dat het profiel op $\frac{1}{4}$ van de hoogte raakt aan de gevelkolom kan de afstand tussen kolomflens en UNP-flens ca 2 mm bedragen.



Afbeelding D2.10 Verplaatsing door kromming van het lijf
($s_v = 0,86$)

ad w: De walstoleranties van UNP-160 wat betreft rechtheid (vlakheid van een vlak van het profiel) $0,15\%$ lengte [lit. 12]. Bij een overspanning van 3600 mm geeft dat een maximale uitbuiging van 5,4 mm. Indien aangenomen 98% van de afwijkingen in de profielen binnen deze walstoleranties valt geldt dat dan ook voor de afwijking van deelmaatkenmerk 'w'. Doordat de koppelbalk bestaat uit twee aan elkaar gelaste UNP-160 zal door las-spanningen deze afwijking toenemen. Naar schatting met 1 mm.
($s_w = 2,75$ mm)

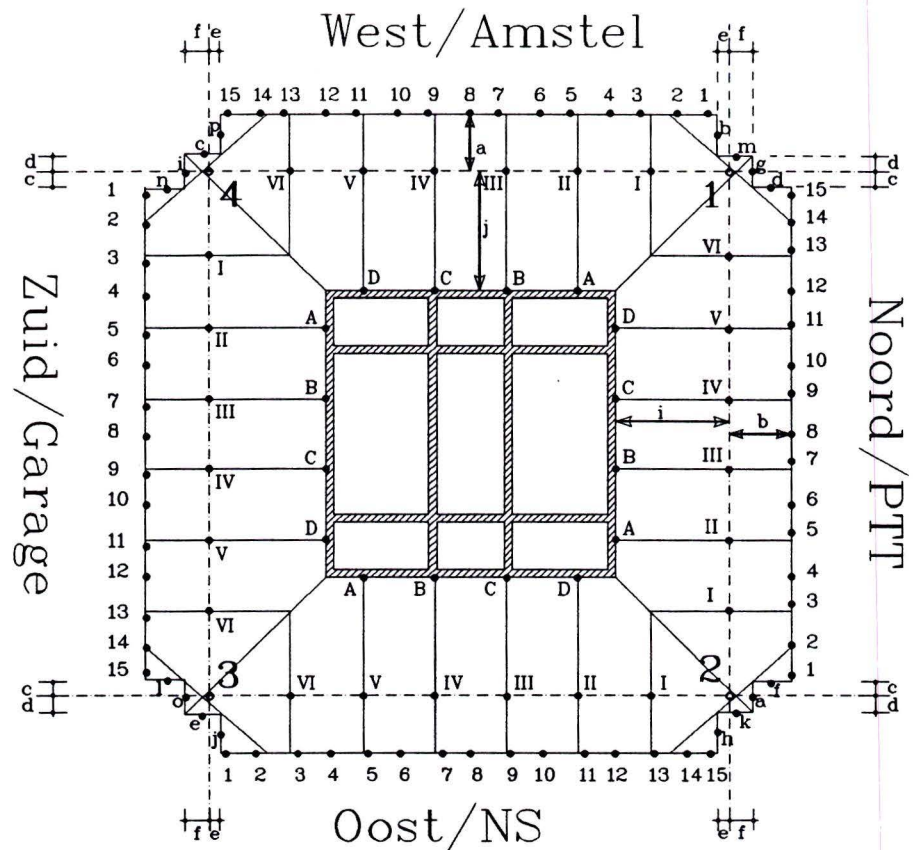
Bijlage E

Bijlage E1

Waar te meten

E1.2 Waar te meten

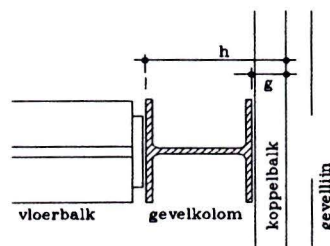
De meting zullen plaatsvinden aan één of meerdere standaardverdiepingen. In plattegrond ziet zo'n verdieping er als volgt uit:



Afbeelding E1.2 De meetpunten op de standaardverdieping

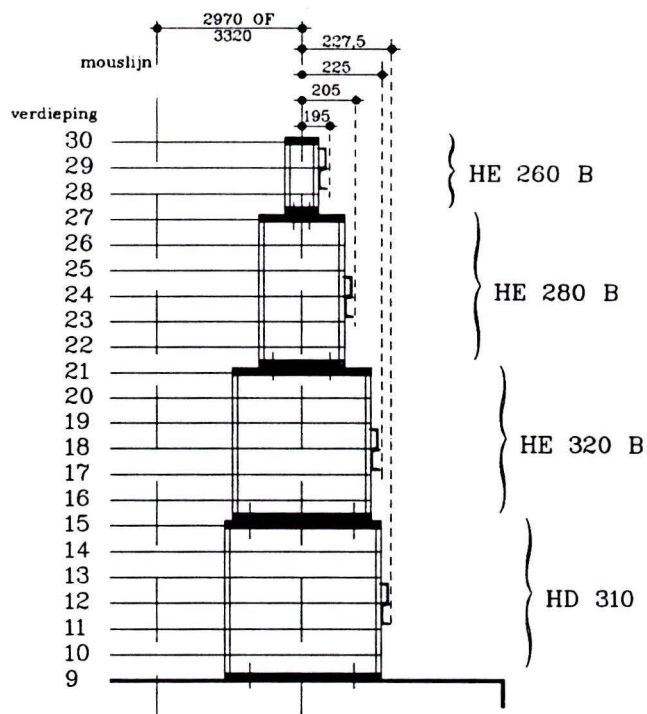
De punten waar metingen plaats gaan vinden zijn aangegeven met een stip.

De positie van de gevelkolom wordt als volgt opgemeten:



Afbeelding E1.3 Opmeten van de gevelkolom

Doordat de gevelkolommen naar boven toe verjongen wordt de afstand tussen koppelbalk en het hart van de kolom steeds kleiner. Hiervoor wordt niet gecorrigeerd waardoor de te meten afstand per verdieping anders is.



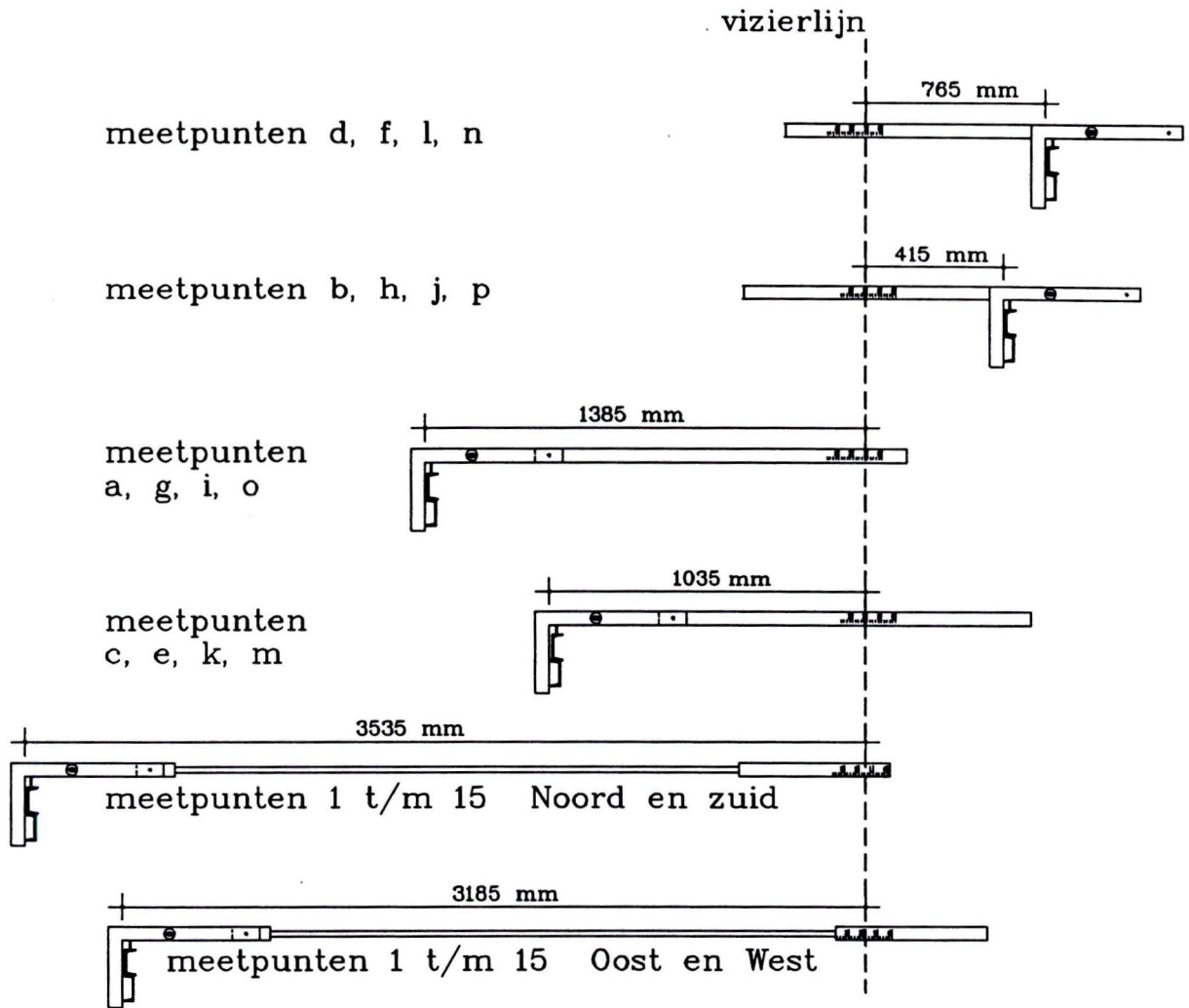
Afbeelding E1.4 Invloed van het verjongen van de gevelkolommen op de positie van de koppelbalk

Hierdoor zouden de volgende maten gemeten moeten worden:

Verdieping	Oost en West	Noord en Zuid
10 tot 15	3198	3548
16 tot 21	3195	3545
22 tot 27	3175	3525
28 tot 31	3165	3515

Hieruit blijkt al dat indien de afwijkingen ten opzichte van de bouwmaat nul zijn, de afstand tussen koppelbalk en binnenzijde van de gevel op de bovenste drie verdiepingen 33 mm groter is dan op de onderste zes verdiepingen van de standaardverdieping.

Indien er geen afwijkingen van de staalconstructie (geen verjonging) ten opzichte van de mouspunten zijn moeten met de meethaak de volgende afstanden worden gemeten:



Afbeelding E1.5 Te meten afstanden

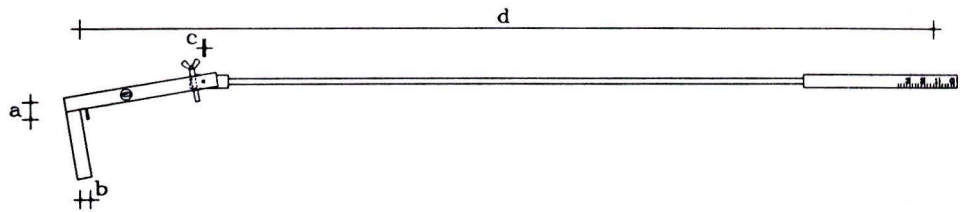
bijlage E2

Nauwkeurigheid van de meetmethode

Inhoudsopgave		pagina
E2.1	Nauwkeurigheid van de meetmethode (voorspelling)	B62
E2.2	Nauwkeurigheid van de meting	B63
E2.2.1	Nauwkeurigheid van het opmeten van de positie van de koppelbalk	B63
E2.2.2	Nauwkeurigheid van het opmeten van de buitenzijden van de kolom	B64
E2.2.3	Nauwkeurigheid van het opmeten van de afmeting van de gevelkolom	B64
E2.2.4	Nauwkeurigheid van het opmeten van de positie van de gevelkolom	B65

E2.3.2 Nauwkeurigheid van de meetmethode (voorspellen)

Zoals een voorspelling te doen is voor wat betreft de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie is het ook mogelijk de nauwkeurigheid van de nameting te voorspellen.



Afbeelding E2.10 De passingsfiguur van de meethaak

- a = Afwijking in horizontaliteit van de meethaak. inspelen op $\frac{1}{4}$ slag van de spindel is goed mogelijk. Dat houdt in de er een hoogteverschil kan ontstaan tussen nok en spindel van $\frac{1}{4} \times 1,88 = 0,47$ mm (1,88 mm per slag van de spindel) kan ontstaan.
- b_1 = Afwijking in de verticaliteit van de meethaak. De verhouding hoogte/lengte van meethaak is 320/504. De afwijking in verticaliteit door afwijking in horizontaliteit is $320/504 \times 0,47 = 0,30$ mm (grens van 98% betrouwbaarheidsinterval)
Dus $s_{b_1} = 0,3/2,33 = 0,13$ mm
- b_2 = Afwijking in de haaksheid van de meethaak is op de hoogte van 320 mm 0,1 mm (constant systematisch).
- c = Speling tussen pen en gat 0,1 mm (98% BI) (toevallig) $s_c = 0,09$ mm
- d = Afwijking in calibreren 0,2 mm te lang (niet lineair) (constant systematisch).
- e = Afleesafwijking. Aflezing geschied in hele mm. De afleesafwijking bedraagt 0,7 mm indien in 2% van het aantal metingen de fout wordt gemaakt dat 4,3 mm afgelezen wordt als 5 mm of 4,7 mm als 4 mm. $s_e = 0,30$ mm (toevallig)
- f = Centreerafwijking van de theodoliet $s_f = 0,30$ mm (toevallig)
- g = Richtafwijking van de vizierlijn $s_g = 0,30$ mm

dit levert als nauwkeurigheidsvergelijking voor de meetmethode op:

$$b_1 + b_2 + c + d + e + f + g$$

De schatter voor de standaardafwijking is dan:

$$s = \sqrt{0,13^2 + 0,04^2 + 0,30^2 + 0,30 \cdot 0,30^2 + 0,1 + 0,2}$$

$$s = \sqrt{0,2885} + 0,3$$

$$s = 0,84 \text{ mm}$$

Nauwkeurigheid van de meting

Ter beoordeling van de nauwkeurigheid van de meting is een serie metingen hermeten. Op de noordgevel op de 17^e verdieping zijn de punten 1 t/m 15 opnieuw opgemeten. De verschillen tussen de eerste meting en de duplicaatmeting is een maat voor de nauwkeurigheid van de meting. Zie bijlage E4 tabel 1 en 2 en bijlage F3 tabel 3.

Nauwkeurigheid van het opmeten van de positie van de koppelbalk

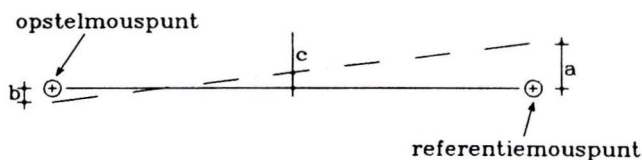
meting [mm]	nameting [mm]	verschil [mm]
1552	1550	-2
1549	1549	+0
1545	1546	+1
1548	1547	-1
1551	1550	-1
1558	1556	-2
1550	1549	-1
1547	1548	+1
1551	1551	+0
1551	1550	-1
1549	1548	-1
1550	1549	-1
1548	1546	-2
1548	1548	+0

$$n = 14$$

$$s = 0,99 \text{ mm}$$

$$m = -0,71 \text{ mm}$$

Berekening van de schatter voor de standaardafwijking in het midden tussen de mouspunten:



Afbeelding 7.1 Passingsfiguur van de nameting

$$2s^2 = 0,99^2$$

$$s_{\text{verschil}} = \sqrt{0,49} = 0,70$$

$$s_{\text{nameting, c}} = \sqrt{(s_{\text{verschil}}^2 + s_{\text{centreren theodoliet}}^2 + s_{\text{richten vizierlijn}}^2)}$$

$$s_{\text{nameting, c}} = \sqrt{(0,70^2 + 0,30^2 + 0,30^2)} = 0,82 \text{ mm}$$

Schatter voor de standaardafwijking bij het mouspunt

$$s_{\text{nameting, a en b}} = \sqrt{(0,70^2 + 0,30^2)} = 0,76 \text{ mm}$$

Bij het voorspellen van de nauwkeurigheid van de nameting is gerekend met 0,84 mm.

Nauwkeurigheid van het opmeten van de buitenzijden van de kolom

Voor de meetgegevens zie bijlage E4 tabel 2

$$n = 8$$

$$m = 0,00 \text{ mm}$$

$$s_{\text{verschil}} = 0,53 \text{ mm}$$

$$2s_{\text{nameting}}^2 = s_{\text{verschil}}^2$$

$$s_{\text{nameting}} = 0,38 \text{ mm}$$

Nauwkeurigheid van het opmeten van de afmeting van de gevelkolom

Meetgegevens zie bijlage E4 tabel 2

$$n = 8$$

$$m = -0,25 \text{ mm}$$

$$s = 0,87 \text{ mm}$$

$$2s_{\text{nameting}}^2 = s_{\text{verschil}}^2$$

$$s_{\text{nameting}} = 0,63 \text{ mm}$$

Nauwkeurigheid van het opmeten van de positie van de gevelkolom

Meetgegevens zie bijlage E4 tabel 2:

$$n = 6$$

$$m = -0,33 \text{ mm}$$

$$s = 1,03 \text{ mm}$$

$$2s^2_{\text{nameting}} = s^2_{\text{verschil}}$$

$$s_{\text{nameting}} = 0,73 \text{ mm}$$

Bijlage E3

Bepaling van de steekproefgrootte

Steekproefgrootte

Het aantal metingen dat dan nodig is om met een nauwkeurigheid van 1,0 mm uitspraken te kunnen doen over de maatnauwkeurigheid van de staalconstructie is dan [lit. 36]

$$2,33 \cdot \frac{s}{\sqrt{n}} = \text{precisie}$$

$$2,33 \cdot \frac{\sqrt{4,91^2 + 0,84^2}}{\sqrt{n}} = 1,0$$

$$\frac{11,61}{\sqrt{n}} = 1,0$$

n = 135 metingen

Bijlage E4

Meetgegevens van de duplicaatmeting

Tabel 1

POSITIE THEODOLIET:			1		
VERDIEPING:			17		
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt		
			afwijking meetpunt		
			afwijking meetpunt		
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1550	3550	15	5
	binnenzijde kolom	1360	3190	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1097	3453	2	2
2	koppelbalk	1549	3549	14	4
3	koppelbalk	1546	3546	11	1
	binnenzijde kolom	1386	3160	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3480	0	0
4	koppelbalk	1547	3547	12	2
5	koppelbalk	1550	3550	15	5
	binnenzijde kolom	1389	3161	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3485	3	3
6	koppelbalk	1556	3556	21	11
7	koppelbalk	1549	3549	14	4
	binnenzijde kolom	1386	3163	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3483	3	3
8	koppelbalk	1548	3548	13	3
9	koppelbalk	1551	3551	16	6
	binnenzijde kolom	1387	3164	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3486	5	5
10	koppelbalk	1550	3550	15	5
11	koppelbalk	1548	3548	13	3
	binnenzijde kolom	1386	3162	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3482	2	2
12	koppelbalk	1549	3549	14	4
13	koppelbalk	1546	3546	11	1
	binnenzijde kolom	1387	3159	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3481	0	0
14	koppelbalk	1548	3548	13	3
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1359	-	-	-
	buitenzijde kolom	1096	-	-	-

Tabel 2

Meetpunt	binnenzijde van kolom	buitenzijde van kolom	binnenzijde van kolom	buitenzijde van kolom	buitenzijde van kolom	afmeting van kolom
	normale meting	normale meting	nameting	nameting	verschil in mm	verschil in mm
1	1360	1097	1360	1097	0	0
3	1386	1066	1386	1066	0	0
5	1390	1065	1389	1065	0	-1
7	1386	1066	1386	1066	0	0
9	1389	1065	1387	1065	0	-2
11	1387	1066	1386	1066	0	0
13	1388	1066	1387	1065	-1	0
15	1358	1096	1359	1096	1	1

Bijlage F

Bijlage F1

Problemen bij het meten

F1 Problemen tijdens het meten

Tijdens het meten stuitte ik op diverse problemen. Verdieping 21 was de hoogste verdieping waar een mouspunt aanwezig was. De daarboven liggende verdiepingen waren wel uitgevoerd in staalplaat (dus beloopbaar), maar voor het plaatsen en stellen van de staalconstructie is slechts een mouspunt op de reeds gerealiseerde verdieping noodzakelijk (dus om de drie verdiepingen). Daardoor was de volgende verdieping met een mouspunt verdieping 19. Deze verdieping had opgemeten kunnen worden ware het niet dat hier op 05-05-94 beton gestort zou worden. De verdieping lag daarom vol met wapening en was niet of nauwelijks goed beloopbaar. Op verdieping 18 was enkele dagen eerder beton gestort waardoor de mouspunten verwijderd waren.

Op de verdiepingen 10 t/m 17 waren op alle hoeken mouspunten aanwezig. Deze zijn (met uitzondering van de mouspunten op de 12^e verdieping) uitgezet voor de gevelaannemer. Het mouspunt op de 12^e verdieping is uitgezet voor de staalconstructieaannemer, en is blijven zitten tijdens de verdere bouw. Op alle andere verdiepingen heeft men deze mouspunten verwijderd, en in een later stadium opnieuw aangebracht.

Er is niet gemeten aan de verdiepingen 10 t/m 12 (m.u.v één gevel op verdieping 12) omdat op deze verdiepingen de centerpunten op een andere manier zijn aangebracht. Het aanbrengen geschiedde hier door in het werk de centerpunten in de zijkanten van de flenzen te slaan. Door de slechte bereikbaarheid van de balken zijn hierdoor grotere afwijkingen te verwachten. Tevens lag de lat die gebruikt werd om de centerpunten aan te brengen in weer en wind terwijl deze bij de opvolgende verdiepingen in een container werd bewaard. Doordat tot en met de 17^e verdieping de vloerbalken reeds brandvertragend bekleed waren was nameten van de centerpunten op die verdiepingen niet meer mogelijk. Daardoor was het ook onmogelijk om na te gaan of de 10^e t/m 12^e verdieping werkelijk grotere afwijkingen vertoonden.

De controle van één gevel over meerdere verdiepingen diende bij voorkeur te geschieden over zes verdiepingen waardij de bovenste drie andere gevelkolommen hadden dan de onderste drie. Tevens moeten de onderste drie verdiepingen worden vermeden om de zojuist vermelde reden. Omdat op verdiepingen 18 t/m 20 geen mouspunten aanwezig waren, kon de nameting van de mouspunten slechts geschieden over de verdiepingen 12 t/m 17 met de theodoliet opgesteld op de 11^e. Daar er op de verschillende verdiepingen materiaal lag opgeslagen (vewarmingspijpen aan de Noordgevel, luchtbehandeling aan de Oostgevel en kabelgoten aan de zuidgevel) bleef de Westgevel over om de nameting van de mouspunten op uit te voeren.

Op een aantal meetpunten kon door verschillende oorzaken geen meting uitgevoerd worden.

Verdieping 17

Alle gevels:

- Meetpunt 15

Niet afleesbaar omdat de kijker niet scherp te stellen is.

Verdieping 21

Gevels Oost, Zuid en West

- Meetpunt 15

Niet afleesbaar omdat de kijker niet scherp te stellen is.

Noordgevel

- Meetpunt 5

Opgeslagen betonstaalmatten lagen in de weg

Oostgevel

- Meetpunten 7 en 8

Opgeslagen betonstaalmatten lagen in de weg

Zuidgevel

- Meetpunten 12, 13 en 14

Opgeslagen betonstaalmatten lagen in de weg

Verdieping 16, 15, 14, 13 en 12

Westgevel

- Meetpunt 15

Niet afleesbaar omdat de kijker niet scherp te stellen is.

Verdieping 15 en 12

Westgevel

- Meetpunt 1

Onmogelijk om de meethaak te plaatsen door een achtergebleven hulpconstructie die diende als borging voor de veiligheidskooi van C.S.M.

Bijlage F2

Verwerkingmethode van de meetgegevens

F2 Statistische verwerking van de meetgegevens

De meetgegevens zullen met behulp van statistiek worden verwerkt, zodat er uitspraken kunnen worden gedaan die meer algemeen geldend zijn.

De statistische benadering is alleen bruikbaar indien de meetgegevens onderling onafhankelijk zijn. In dit geval houdt dat in dat een aantal meetgegevens niet bruikbaar zijn binnen de statistische benadering.

De meetpunten op de koppelbalk die tussen de kolommen liggen kunnen niet meegenomen worden omdat die positie onder andere afhangt van de positie van de kolommen. Wel zijn deze metingen te gebruiken om de uitbuiging van de koppelbalk ten opzichte van de kolommen te bepalen. De meetpunten 1 en 15 zijn niet onafhankelijk omdat de positie wordt beïnvloed door de positie van de kolommen op de aangrenzende gevel.

De meetgegevens van de centerpunten zijn evenmin bruikbaar omdat niet bekend is welke centerpunten gebruikt zijn bij het stellen. De balken hebben centerpunten aan beide zijden. De positie van het ene centerpunt is dus afhankelijk van de positie van de andere en zijn derhalve niet onderling onafhankelijk.

Bijlage F3

Meetresultaten

Positieve waarden zijn verplaatsingen van de meetpunten naar het centrum van de kern toe, negatieve waarden zijn verplaatsingen van het centrum van de kern af.

Waarden tussen haakjes of met een min-teken zijn negatieve waarden

Tabel 1

OPSTELMOUSPUNT			
OPSTELPUNT	OP VERDIEPING: 11		
THEODOLIET: 4			
	in de richting loodrecht op de west-gevel		
	afleeswaarde	afleeswaarde	
	in mm	in mm	afwijking
meetpunt	normaal	180° gedraaid	mospunt
17	4,8	4,5	4,7
16	3,2	2,9	3,1
15	2,7	2,5	2,6
14	(0,6)	(0,4)	(0,5)
13	(0,2)	(0,1)	(0,2)
12	2,0	1,6	1,8
11	-	-	0,0
REFERENTIEMOUSPUNT			
OPSTELPUNT	OP VERDIEPING: 11		
THEODOLIET: 1			
	in de richting loodrecht op de west-gevel		
	afleeswaarde	afleeswaarde	
	in mm	in mm	afwijking
meetpunt	normaal	180° gedraaid	mospunt
17	1,7	1,4	1,6
16	0,8	1,4	1,1
15	0,7	0,9	0,8
14	1,3	1,8	1,6
13	0,9	0,9	0,9
12	1,0	1,1	1,1
11	-	-	0,0
N.B. positief is van de kern af,			
negatief is naar de kern toe.			
Mospunten op verdiepingen 11, 13, 14, 15, 16 en 17 zijn aangebracht door/voor de gevelleverancier (Gärtner). Het mospunt op verdieping 12 is in een eerder stadium aangebracht door/voor de staalbouwaannemer (C.S.M.)			

Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, zwakke tot matige W-wind, 15°C

Meetdatum: 05-05-94

Tabel 2

POSITIE THEODOLIET:			2		
VERDIEPING:			17		GEVEL: Oost/Spoor
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1205	3.205	20	10
	binnenzijde kolom	1360	2.845	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1098	3.107	6	6
2	koppelbalk	1202	3.202	17	7
3	koppelbalk	1191	3.191	6	(4)
	binnenzijde kolom	1386	2.805	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.125	(5)	(5)
4	koppelbalk	1194	3.194	9	(1)
5	koppelbalk	1197	3.197	12	2
	binnenzijde kolom	1388	2.809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.132	1	1
6	koppelbalk	1199	3.199	14	4
7	koppelbalk	1195	3.195	10	0
	binnenzijde kolom	1387	2.808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.130	(1)	(1)
8	koppelbalk	1196	3.196	11	1
9	koppelbalk	1197	3.197	12	2
	binnenzijde kolom	1387	2.810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.132	1	1
10	koppelbalk	1199	3.199	14	4
11	koppelbalk	1201	3.201	16	6
	binnenzijde kolom	1386	2.815	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.136	6	6
12	koppelbalk	1197	3.197	12	2
13	koppelbalk	1187	3.187	2	(8)
	binnenzijde kolom	1388	2.799	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.122	(10)	(10)
14	koppelbalk	1190	3.190	5	(5)
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1356	-	-	-
	buitenzijde kolom	1095	-	-	-
g	koppelbalk	1384	1.384	(1)	
h	koppelbalk	412	412	3	
e	koppelbalk	1029	1.029	(6)	
f	koppelbalk	766	766	(1)	
A	kernwand	1063	6.063	(13)	
B	kernwand	1062	6.062	(12)	
C	kernwand	1068	6.068	(18)	
D	kernwand	1064	6.064	(14)	
Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, matige tot vrij krachtige ZW-wind, 15 °C					
Meetdatum: 04-05-94					

tabel 3					
POSITIE THEODOLIET:			1		
VERDIEPING:			17	GEVEL:	Noord/Postbank
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1552	3.552	17	7
	binnenzijde kolom	1360	3.192	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1097	3.455	4	4
2	koppelbalk	1549	3.549	14	4
3	koppelbalk	1545	3.545	10	0
	binnenzijde kolom	1386	3.159	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.479	(1)	(1)
4	koppelbalk	1548	3.548	13	3
5	koppelbalk	1551	3.551	16	6
	binnenzijde kolom	1390	3.161	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.486	4	4
6	koppelbalk	1558	3.558	23	13
7	koppelbalk	1550	3.550	15	5
	binnenzijde kolom	1386	3.164	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.484	4	4
8	koppelbalk	1547	3.547	12	2
9	koppelbalk	1551	3.551	16	6
	binnenzijde kolom	1389	3.162	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.486	4	4
10	koppelbalk	1551	3.551	16	6
11	koppelbalk	1549	3.549	14	4
	binnenzijde kolom	1387	3.162	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.483	3	3
12	koppelbalk	1550	3.550	15	5
13	koppelbalk	1548	3.548	13	3
	binnenzijde kolom	1388	3.160	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.482	1	1
14	koppelbalk	1548	3.548	13	3
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1358	-	-	-
	buitenzijde kolom	1096	-	-	-
a	koppelbalk	1382	1.382	(3)	
b	koppelbalk	408	408	7	
c	koppelbalk	1032	1.032	(3)	
d	koppelbalk	765	765	0	
A	kernwand	704	5.704	(4)	
B	kernwand	699	5.699	1	
C	kernwand	693	5.693	7	
D	kernwand	706	5.706	(6)	

Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, matige tot vrij krachtige ZW-wind, 15 °C

Meetdatum: 04-05-94

Tabel 4

POSITIE THEODOLIET:			4		
VERDIEPING:			17	GEVEL:	West/Amstel
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1201	3.201	16	6
	binnenzijde kolom	1358	2.843	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1096	3.105	4	4
2	koppelbalk	1200	3.200	15	5
3	koppelbalk	1193	3.193	8	(2)
	binnenzijde kolom	1386	2.807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.127	(3)	(3)
4	koppelbalk	1195	3.195	10	0
5	koppelbalk	1196	3.196	11	1
	binnenzijde kolom	1386	2.810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.131	1	1
6	koppelbalk	1202	3.202	17	7
7	koppelbalk	1197	3.197	12	2
	binnenzijde kolom	1387	2.810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.132	1	1
8	koppelbalk	1197	3.197	12	2
9	koppelbalk	1198	3.198	13	3
	binnenzijde kolom	1387	2.811	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.132	2	2
10	koppelbalk	1199	3.199	14	4
11	koppelbalk	1196	3.196	11	1
	binnenzijde kolom	1386	2.810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.131	1	1
12	koppelbalk	1196	3.196	11	1
13	koppelbalk	1193	3.193	8	(2)
	binnenzijde kolom	1388	2.805	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.128	(4)	(4)
14	koppelbalk	1193	3.193	8	(2)
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1356	-	-	-
	buitenzijde kolom	1095	-	-	-
o	koppelbalk	1389	1.389	4	
p	koppelbalk	n.m.	n.m.	415	
m	koppelbalk	1035	1.035	0	
n	koppelbalk	767	767	(2)	
A	kernwand	1052	6.052	(2)	
B	kernwand	1054	6.054	(4)	
C	kernwand	1049	6.049	1	
D	kernwand	1051	6.051	(1)	
Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, zwakke tot matige ZW-wind, 15 °C					
Meetdatum: 05-05-94					

Tabel 5					
POSITIE THEODOLIET:			3		
VERDIEPING:			17	GEVEL:	Zuid/Garage
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1548	3.548	13	3
	binnenzijde kolom	1361	3.187	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1098	3.450	(2)	(2)
2	koppelbalk	1552	3.552	17	7
3	koppelbalk	1545	3.545	10	0
	binnenzijde kolom	1386	3.159	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.479	(1)	(1)
4	koppelbalk	1546	3.546	11	1
5	koppelbalk	1551	3.551	16	6
	binnenzijde kolom	1389	3.162	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1067	3.484	3	3
6	koppelbalk	1552	3.552	17	7
7	koppelbalk	1550	3.550	15	5
	binnenzijde kolom	1385	3.165	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.485	5	5
8	koppelbalk	1550	3.550	15	5
9	koppelbalk	1552	3.552	17	7
	binnenzijde kolom	1389	3.163	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.487	5	5
10	koppelbalk	1556	3.556	21	11
11	koppelbalk	1551	3.551	16	6
	binnenzijde kolom	1387	3.164	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3.486	5	5
12	koppelbalk	1551	3.551	16	6
13	koppelbalk	1546	3.546	11	1
	binnenzijde kolom	1387	3.159	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3.480	(1)	(1)
14	koppelbalk	1545	3.545	10	0
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1360	-	-	-
	buitenzijde kolom	1096	-	-	-
i	koppelbalk	1380	1.380	(5)	
j	koppelbalk	417	417	(2)	
k	koppelbalk	1029	1.029	(6)	
l	koppelbalk	772	772	(7)	
A	kernwand	702	5.702	(2)	
B	kernwand	699	5.699	1	
C	kernwand	702	5.702	(2)	
D	kernwand	698	5.698	2	

Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, zwakke tot matige ZW-wind, 15 °C

Meetdatum: 05-05-94

Tabel 6

POSITIE THEODOLIET:			2		
VERDIEPING:			21	GEVEL:	Oost/Spoor
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1200	3200	15	5
	binnenzijde kolom	1360	2840	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1094	3106	3	3
2	koppelbalk	1194	3194	9	(1)
3	koppelbalk	1195	3195	10	0
	binnenzijde kolom	1388	2807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3130	(2)	(2)
4	koppelbalk	n.m.	-	-	-
5	koppelbalk	1199	3199	14	4
	binnenzijde kolom	1389	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3133	2	2
6	koppelbalk	1199	3199	14	4
7	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1388	-	-	-
	buitenzijde kolom	1065	-	-	-
8	koppelbalk	n.m.	-	-	-
9	koppelbalk	1196	3196	11	1
	binnenzijde kolom	1389	2807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1064	3132	(1)	(1)
10	koppelbalk	1197	3197	12	2
11	koppelbalk	1199	3199	14	4
	binnenzijde kolom	1388	2811	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1064	3135	3	3
12	koppelbalk	1195	3195	10	0
13	koppelbalk	1190	3190	5	(5)
	binnenzijde kolom	1389	2801	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3125	(7)	(7)
14	koppelbalk	1189	3189	4	(6)
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1359	-	-	-
	buitenzijde kolom	1095	-	-	-
g	koppelbalk	1381	1381	(4)	
h	koppelbalk	411	411	4	
e	koppelbalk	1035	1035	0	
f	koppelbalk	766	766	(1)	
A	kernwand	1064	6064	(14)	
B	kernwand	1058	6058	(8)	
C	kernwand	1058	6058	(8)	
D	kernwand	1064	6064	(14)	
I	centerpunt	1704	-4	(4)	
II	centerpunt	1702	-2	(2)	
III	centerpunt	1704	-4	(4)	
IV	centerpunt	1703	-3	(3)	
V	centerpunt	1703	-3	(3)	
VI	centerpunt	1700	0	0	
VII	centerpunt	1696	4	4	
V	centerpunt	1696	4	4	
IV	centerpunt	1698	2	2	
III	centerpunt	1699	1	1	
II	centerpunt	1696	4	4	
I	centerpunt	1699	1	1	
Meetomstandigheden:		Zonnig, 18 °C,	matige O-wind		
Meetdatum:		03-05-94			

Tabel 7					
POSITIE THEODOLIET:			1		
VERDIEPING:			21	GEVEL:	...
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	positie meetpunt tov vizierlijn	afwijking meetpunt tov tekeningmaat	afwijking meetpunt tov bouwmaat
1	koppelbalk	1549	3549	14	4
	binnenzijde kolom	1358	3191	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1094	3455	3	3
2	koppelbalk	1548	3548	13	3
3	koppelbalk	1548	3548	13	3
	binnenzijde kolom	1389	3159	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1067	3481	0	0
4	koppelbalk	1554	3554	19	9
5	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1390	-	-	-
	buitenzijde kolom	1064	-	-	-
6	koppelbalk	1551	3551	16	6
7	koppelbalk	1549	3549	14	4
	binnenzijde kolom	1389	3160	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1064	3485	3	3
8	koppelbalk	1549	3549	14	4
9	koppelbalk	1550	3550	15	5
	binnenzijde kolom	1389	3161	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3485	3	3
10	koppelbalk	1552	3552	17	7
11	koppelbalk	1550	3550	15	5
	binnenzijde kolom	1390	3160	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3484	2	2
12	koppelbalk	1549	3549	14	4
13	koppelbalk	1547	3547	12	2
	binnenzijde kolom	1389	3158	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3482	0	0
14	koppelbalk	1548	3548	13	3
15	koppelbalk	1546	3546	11	1
	binnenzijde kolom	1359	3187	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1095	3451	(1)	(1)
a	koppelbalk	1387	1387	2	
b	koppelbalk	420	420	(5)	
c	koppelbalk	1026	1026	(9)	
d	koppelbalk	776	776	(11)	
A	kernwand	698	5698	2	
B	kernwand	708	5708	(8)	
C	kernwand	698	5698	2	
D	kernwand	696	5696	4	
I	centerpunt	1701	-1	(1)	
II	centerpunt	1700	0	0	
III	centerpunt	1701	-1	(1)	
IV	centerpunt	1704	-4	(4)	
V	centerpunt	1702	-2	(2)	
VI	centerpunt	1702	-2	(2)	
VI	centerpunt	1701	-1	(1)	
V	centerpunt	1700	0	0	
IV	centerpunt	1701	-1	(1)	
III	centerpunt	1703	-3	(3)	
II	centerpunt	1701	-1	(1)	
I	centerpunt	1702	-2	(2)	

Meetomstandigheden: Zonnig, matige O-wind, 18 °C

Meetdatum: 03-05-94

Tabel 8

POSITIE THEODOLIET:				4		
VERDIEPING:				21	GEVEL:	West/Amstel
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:				320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:				400		
				positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	toezichtlijn	toezichtlijn	toezichtlijn	toezichtlijn
1	koppelbalk	1197	3197	12	2	
	binnenzijde kolom	1360	2837	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1096	3101	(1)	(1)	
2	koppelbalk	1194	3194	9	(1)	
3	koppelbalk	1198	3198	13	3	
	binnenzijde kolom	1391	2807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1067	3131	(1)	(1)	
4	koppelbalk	1198	3198	13	3	
5	koppelbalk	1201	3201	16	6	
	binnenzijde kolom	1390	2811	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1064	3137	4	4	
6	koppelbalk	1201	3201	16	6	
7	koppelbalk	1201	3201	16	6	
	binnenzijde kolom	1389	2812	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1063	3138	5	5	
8	koppelbalk	1201	3201	16	6	
9	koppelbalk	1200	3200	15	5	
	binnenzijde kolom	1387	2813	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1064	3136	5	5	
10	koppelbalk	1200	3200	15	5	
11	koppelbalk	1201	3201	16	6	
	binnenzijde kolom	1389	2812	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1062	3139	6	6	
12	koppelbalk	1197	3197	12	2	
13	koppelbalk	1192	3192	7	(3)	
	binnenzijde kolom	1389	2803	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1064	3128	(5)	(5)	
14	koppelbalk	1190	3190	5	(5)	
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-	
	binnenzijde kolom	1364	-	-	-	
	buitenzijde kolom	1096	-	-	-	
o	koppelbalk	1379	1379	(6)		
p	koppelbalk	415	415	0		
m	koppelbalk	1035	1035	0		
n	koppelbalk	770	770	(5)		
A	kernwand	1060	6060	(10)		
B	kernwand	1052	6052	(2)		
C	kernwand	1051	6051	(1)		
D	kernwand	1052	6052	(2)		
I	centerpunt	1700	0	0		
II	centerpunt	1700	0	0		
III	centerpunt	1701	-1	(1)		
IV	centerpunt	1701	-1	(1)		
V	centerpunt	1700	0	0		
VI	centerpunt	1703	-3	(3)		
VI	centerpunt	1701	-1	(1)		
V	centerpunt	1698	2	2		
IV	centerpunt	1698	2	2		
III	centerpunt	1700	0	0		
II	centerpunt	1700	0	0		
I	centerpunt	1700	0	0		
Meetomstandigheden:		Wisselend	bewolkt, Matige	tot vrij krachtige ZW-	wind 15°C	
Meetdatum		04-05-94				

Tabel 9					
POSITIE THEODOLIET:			3		
VERDIEPING:			21	GEVEL:	Zuid/Garage
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1550	3550	15	5
	binnenzijde kolom	1363	3187	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1098	3452	(1)	(1)
2	koppelbalk	1550	3550	15	5
3	koppelbalk	1558	3558	23	13
	binnenzijde kolom	1389	3169	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3493	11	11
4	koppelbalk	1547	3547	12	2
5	koppelbalk	1546	3546	11	1
	binnenzijde kolom	1390	3156	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1063	3483	(1)	(1)
6	koppelbalk	1550	3550	15	5
7	koppelbalk	1542	3542	7	(3)
	binnenzijde kolom	1388	3154	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1064	3478	(4)	(4)
8	koppelbalk	1543	3543	8	(2)
9	koppelbalk	1545	3545	10	0
	binnenzijde kolom	1390	3155	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3480	(3)	(3)
10	koppelbalk	1548	3548	13	3
11	koppelbalk	1547	3547	12	2
	binnenzijde kolom	1390	3157	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1064	3483	0	0
12	koppelbalk	n.m.	-	-	-
13	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1388	-	-	-
	buitenzijde kolom	1064	-	-	-
14	koppelbalk	1548	-	-	-
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1361	-	-	-
	buitenzijde kolom	1094	-	-	-
i	koppelbalk	1387	1387	2	
j	koppelbalk	418	418	(3)	
k	koppelbalk	1024	1024	(11)	
l	koppelbalk	775	765	0	
A	kernwand	704	5704	(4)	
B	kernwand	713	5713	(13)	
C	kernwand	710	5710	(10)	
D	kernwand	709	5709	(9)	
I	centerpunt	1701	-1	(1)	
II	centerpunt	1702	-2	(2)	
III	centerpunt	1703	-3	(3)	
IV	centerpunt	1702	-2	(2)	
V	centerpunt	1702	-2	(2)	
VI	centerpunt	1704	-4	(4)	
VI	centerpunt	1701	-1	(1)	
V	centerpunt	1700	0	0	
IV	centerpunt	1700	0	0	
III	centerpunt	1700	0	0	
II	centerpunt	1701	-1	(1)	
I	centerpunt	1702	-2	(2)	

Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, matige tot vrij krachtige ZW-wind, 15°C

Meetdatum: 04-05-94

Tabel 10

POSITIE THEODOLIET:				4		
VERDIEPING:				12	GEVEL:	West/Amstel
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:				325		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:				400		
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	positie meetpunt tov vizierlijn	afwijking meetpunt tov tekeningmaat	afwijking meetpunt tov bouwmaat	
1	koppelbalk	n.m.	-	-	-	-
	binnenzijde kolom	n.m.	-	-	-	-
	buitenzijde kolom	n.m.	-	-	-	-
2	koppelbalk	1.200	3.200	15	3	
3	koppelbalk	1.196	3.196	11	(2)	
	binnenzijde kolom	1.392	2.804	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1.064	3.132	(2)	(2)	
4	koppelbalk	1.196	3.196	11	(2)	
5	koppelbalk	1.204	3.204	19	7	
	binnenzijde kolom	1.395	2.809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1.065	3.139	4	4	
6	koppelbalk	1.205	3.205	20	8	
7	koppelbalk	1.201	3.201	16	4	
	binnenzijde kolom	1.393	2.808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1.065	3.136	2	2	
8	koppelbalk	1.198	3.198	13	1	
9	koppelbalk	1.201	3.201	16	4	
	binnenzijde kolom	1.393	2.808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1.063	3.138	3	3	
10	koppelbalk	1.205	3.205	20	8	
11	koppelbalk	1.203	3.203	18	6	
	binnenzijde kolom	1.396	2.807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1.065	3.138	3	3	
12	koppelbalk	1.202	3.202	17	5	
13	koppelbalk	1.203	3.203	18	6	
	binnenzijde kolom	1.396	2.807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1.066	3.137	2	2	
14	koppelbalk	1.204	3.204	19	7	
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-	-
	binnenzijde kolom	n.m.	-	-	-	-
	buitenzijde kolom	n.m.	-	-	-	-
A	kernwand	1.057	6.057	(7)		
B	kernwand	1.055	6.055	(5)		
C	kernwand	1.054	6.054	(4)		
D	kernwand	1.055	6.055	(5)		

Meetomstandigheden: Motregen, zwakke ZW-wind, 12°C

Meetdatum: 06-05-94

Tabel 11

POSITIE THEODOLIET:			4		
VERDIEPING:			13 GEVEL:		
			West/Amstel		
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			325		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat
1	koppelbalk	1206	3206	21	9
	binnenzijde kolom	1398	2808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3141	5	5
2	koppelbalk	1203	3203	18	6
3	koppelbalk	1199	3199	14	2
	binnenzijde kolom	1390	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3134	2	2
4	koppelbalk	1200	3200	15	3
5	koppelbalk	1200	3200	15	3
	binnenzijde kolom	1390	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3134	2	2
6	koppelbalk	1199	3199	14	2
7	koppelbalk	1204	3204	19	7
	binnenzijde kolom	1395	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3139	4	4
8	koppelbalk	1207	3207	22	10
9	koppelbalk	1202	3202	17	5
	binnenzijde kolom	1390	2812	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3137	5	5
10	koppelbalk	1202	3202	17	5
11	koppelbalk	1204	3204	19	7
	binnenzijde kolom	1391	2813	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3138	6	6
12	koppelbalk	1201	3201	16	4
13	koppelbalk	1201	3201	16	4
	binnenzijde kolom	1392	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3136	3	3
14	koppelbalk	1202	3202	17	5
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1359	-	-	-
	buitenzijde kolom	1096	-	-	-
A	kernwand	1061	6061	-11	
B	kernwand	1060	6060	-10	
C	kernwand	1057	6057	-7	
D	kernwand	1050	6050	0	

Meetomstandigheden: Motregen, zwakke ZW-wind, 12°C

Meetdatum: 06-05-94

Tabel 12

POSITIE THEODOLIET:			4		
VERDIEPING:			14		GEVEL
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			325		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt		afwijking meetpunt
			afwijking meetpunt		afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tot vizierlijn	tot tekeningmaat	tot bouwmaat
1	koppelbalk	1199	3199	14	2
	binnenzijde kolom	1360	2839	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1096	3103	1	1
2	koppelbalk	1200	3200	15	3
3	koppelbalk	1199	3199	14	2
	binnenzijde kolom	1391	2808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3133	1	1
4	koppelbalk	1196	3196	11	(2)
5	koppelbalk	1199	3199	14	2
	binnenzijde kolom	1390	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3134	2	2
6	koppelbalk	1197	3197	12	(1)
7	koppelbalk	1201	3201	16	4
	binnenzijde kolom	1393	2808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3136	2	2
8	koppelbalk	1202	3202	17	5
9	koppelbalk	1199	3199	14	2
	binnenzijde kolom	1390	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3134	2	2
10	koppelbalk	1201	3201	16	4
11	koppelbalk	1203	3203	18	6
	binnenzijde kolom	1391	2812	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3138	5	5
12	koppelbalk	1199	3199	14	2
13	koppelbalk	1199	3199	14	2
	binnenzijde kolom	1392	2807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3134	1	1
14	koppelbalk	1205	3205	20	8
15	koppelbalk	n.m.	-	-	-
	binnenzijde kolom	1361	-	-	-
	buitenzijde kolom	1065	-	-	-
A	kernwand	1047	6047	3	
B	kernwand	1057	6057	-7	
C	kernwand	1053	6053	-3	
D	kernwand	1049	6049	1	

Meetomstandigheden: Motregen, zwakke ZW-wind, 12°C

Meetdatum: 06-05-94

Tabel 13

POSITIE THEODOLIET:			4		
VERDIEPING:			15		
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			325		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400		
			positie meetpunt		
			afwijking meetpunt		afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tot vizierlijn	tot tekeningmaat	tot bouwmaat
1	koppelbalk	n.m.	2000	-	-
	binnenzijde kolom	n.m.	3000	-	-
	buitenzijde kolom	n.m.	3000	-	-
2	koppelbalk	1200	3200	15	3
3	koppelbalk	1198	3198	13	1
	binnenzijde kolom	1391	2807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3132	(1)	(1)
4	koppelbalk	1200	3200	15	3
5	koppelbalk	1201	3201	16	4
	binnenzijde kolom	1392	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3135	2	2
6	koppelbalk	1200	3200	15	3
7	koppelbalk	1202	3202	17	5
	binnenzijde kolom	1394	2808	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3136	2	2
8	koppelbalk	1204	3204	19	7
9	koppelbalk	1201	3201	16	4
	binnenzijde kolom	1392	2809	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3136	3	3
10	koppelbalk	1201	3201	16	4
11	koppelbalk	1201	3201	16	4
	binnenzijde kolom	1395	2806	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1066	3135	1	1
12	koppelbalk	1201	3201	16	4
13	koppelbalk	1198	3198	13	1
	binnenzijde kolom	1394	2804	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:
	buitenzijde kolom	1065	3133	(2)	(2)
14	koppelbalk	1201	3201	16	4
15	koppelbalk	n.m.	2000	-	-
	binnenzijde kolom	n.m.	3000	-	-
	buitenzijde kolom	n.m.	3000	-	-
A	kernwand	1053	6053	-3	
B	kernwand	1053	6053	-3	
C	kernwand	1049	6049	1	
D	kernwand	1049	6049	1	

Meetomstandigheden: Zonnige perioden, matige W-wind, 15°C

Meetdatum: 05-05-94

Tabel 14

POSITIE THEODOLIET:			4			
VERDIEPING:			16		GEVEL:	West/Amstel
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:			320			
NOMINALE AFMETING KERNWAND:			400			
			positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt	
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	tov vizierlijn	tov tekeningmaat	tov bouwmaat	
1	koppelbalk	1199	3199	14	4	
	binnenzijde kolom	1358	2841	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1097	3102	2	2	
2	koppelbalk	1198	3198	13	3	
3	koppelbalk	1196	3196	11	1	
	binnenzijde kolom	1386	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1066	3130	0	0	
4	koppelbalk	1197	3197	12	2	
5	koppelbalk	1198	3198	13	3	
	binnenzijde kolom	1386	2812	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3133	3	3	
6	koppelbalk	1202	3202	17	7	
7	koppelbalk	1198	3198	13	3	
	binnenzijde kolom	1388	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3133	2	2	
8	koppelbalk	1199	3199	14	4	
9	koppelbalk	1204	3204	19	9	
	binnenzijde kolom	1387	2817	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1066	3138	8	8	
10	koppelbalk	1196	3196	11	1	
11	koppelbalk	1198	3198	13	3	
	binnenzijde kolom	1387	2811	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1066	3132	2	2	
12	koppelbalk	1198	3198	13	3	
13	koppelbalk	1198	3198	13	3	
	binnenzijde kolom	1388	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3133	2	2	
14	koppelbalk	1197	3197	12	2	
15	koppelbalk	n.m.				
	binnenzijde kolom	1360				
	buitenzijde kolom	1097				
A	kernwand	1056	6056	-6		
B	kernwand	1057	6057	-7		
C	kernwand	1052	6052	-2		
D	kernwand	1046	6046	4		

Meetomstandigheden: Zonnige perioden, matige W-wind, 15°C

Meetdatum: 05-05-94

Tabel 15

POSITIE THEODOLIET:				4		
VERDIEPING:				17	GEVEL:	West/Amstel
NOMINALE AFMETING GEVELKOLOM:				320		
NOMINALE AFMETING KERNWAND:				400		
				positie meetpunt	afwijking meetpunt	afwijking meetpunt
meetpunt	wat te meten?	afleeswaarde	toev. vizerlijn	toev. tekeningmaat	toev. bouwmaat	
1	koppelbalk	1201	3201	16	6	
	binnenzijde kolom	1358	2843	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1096	3105	4	4	
2	koppelbalk	1200	3200	15	5	
3	koppelbalk	1193	3193	8	(2)	
	binnenzijde kolom	1386	2807	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1066	3127	(3)	(3)	
4	koppelbalk	1195	3195	10	0	
5	koppelbalk	1196	3196	11	1	
	binnenzijde kolom	1386	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3131	1	1	
6	koppelbalk	1202	3202	17	7	
7	koppelbalk	1197	3197	12	2	
	binnenzijde kolom	1387	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3132	1	1	
8	koppelbalk	1197	3197	12	2	
9	koppelbalk	1198	3198	13	3	
	binnenzijde kolom	1387	2811	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1066	3132	2	2	
10	koppelbalk	1199	3199	14	4	
11	koppelbalk	1196	3196	11	1	
	binnenzijde kolom	1386	2810	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3131	1	1	
12	koppelbalk	1196	3196	11	1	
13	koppelbalk	1193	3193	8	(2)	
	binnenzijde kolom	1388	2805	afw. hart kolom:	afw. hart kolom:	
	buitenzijde kolom	1065	3128	(4)	(4)	
14	koppelbalk	1193	3193	8	(2)	
15	koppelbalk	n.m.				
	binnenzijde kolom	1356				
	buitenzijde kolom	1095				
A	kernwand	1052	6052	(2)		
B	kernwand	1054	6054	(4)		
C	kernwand	1049	6049	1		
D	kernwand	1051	6051	(1)		

Meetomstandigheden: Wisselend bewolkt, matige tot vrij krachtige ZW-wind, 15 °C

Meetdatum: 04-05-94

N.B. Deze meetgegevens zijn ook terug te vinden in tabel 4

Bijlage F4

**Afwijking van de
koppelbalk ten opzichte
van de rechte lijn tussen
de buitenzijden van de
kolommen.**

Verdieping 17					
meetpunt	noord	oost	zuid	west	
2	0,5	4	5,5	3	
4	0	0	2	1,5	
6	7,5	3	1,5	5,5	
8	-3,5	0	-2	0,5	
10	1	0	4,5	2	
12	1,5	1	2,5	1,5	
14	-	-	-	-	
Verdieping 17					
meetpunt	noord	oost	zuid	west	
2	-0,5	-3,5	-4	-3,5	
4	-	-	-5	-1,5	
6	-	-	6	0	
8	-0,5	-	-0,5	0,5	
10	2	-1,5	2	-0,5	
12	0,5	0,5	-	0,5	
14	1,5	-	-	-	
Westgevel					
	verdieping				
meetpunt	12	13	14	15	16
2	-	0,5	1	-	0,5
4	-4,5	0,5	-4	0,5	0
6	2,5	-3	-4	-1,5	4
8	-3	4	2	1,5	-2
10	3	-4	0	0	-5
12	-1	-1,5	-2	1,5	0
14	-	-	-	-	-

N.B. De halve mm zijn niet afgerond naar hele mm omdat dit invloed zou hebben op de statistische verwerking.

Bijlage F5

Afwijking tussen de centerpunten op dezelfde balk

afwijking tussen centerpunten op dezelfde balk			
tussen 1 en 2	tussen 2 en 3	tussen 3 en 4	tussen 4 en 1
2	2	1	2
4	1	2	1
2	4	3	2
6	3	0	0
6	3	0	0
6	1	5	2

Bijlage F6

Afwijking van de kolomafmeting (In z- richting van profiel)

verdieping 21					
meetpunt	noord	oost	zuid	west	
1	4	6	5	4	
3	2	3	4	4	
5	4	3	7	6	
7	5	3	4	6	
9	4	5	5	3	
11	4	4	6	7	
13	4	4	4	5	
15	4	4	7	8	
Verdieping 17					
meetpunt	noord	oost	zuid	west	
1	3	2	3	2	
3	0	0	0	0	
5	5	3	2	0	
7	0	2	0	2	
9	4	2	4	1	
11	1	1	2	0	
13	2	3	1	3	
15	2	1	4	1	
Westgevel					
verdieping					
meetpunt	12	13	14	15	16
1	-	53	4	-	1
3	3	0	0	0	0
5	5	-1	0	1	1
7	3	5	3	3	3
9	5	0	0	2	1
11	6	0	1	4	1
13	5	2	2	4	3
15	-	3	36	-	3

N.B. De meetgegevens van meting 1 op verdieping 13 en van meting 15 op verdieping 14 zijn gezien de grote afwijkingen ten opzichte van de rest van de meetgegevens meetfouten.

Bijlage F7

**Positie van kernwand en
koppelbalk ten opzichte
van een rechte lijn tussen
de mouspunten op
verdieping 11**

VERDIEPING 12		11 = n		POSITIE THEODOLIET:	
GEVEL: West				MOUSPUNT No 4	
				afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt
				op verdieping x	kernwand
	afstand			loodrecht op	tov mouspunten
	meetpunt		aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n
	tot op-		waarde	referentielij	
meetpunt	stelpunt		in mm	op verdieping n	
A	19.080	1.057		1,3	(6)
B	15.480	1.055		1,4	(4)
C	11.880	1.054		1,5	(3)
D	8.280	1.055		1,6	(3)
positie referentiemouspunt op verdieping x					
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					
positie opstelouspunt op verdieping n					
tov positie opstelouspunt op verdieping n					
positief is van de kern af					
negatief is naar de kern toe					

VERDIEPING 13		11 = n		POSITIE THEODOLIET:	
GEVEL: West				MOUSPUNT No 4	
				afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt
				op verdieping x	kernwand
	afstand			loodrecht op	tov mouspunten
	meetpunt		aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n
	tot op-		waarde	referentielij	
meetpunt	stelpunt		in mm	op verdieping n	
A	19.080	1.061		0,6	(10)
B	15.480	1.060		0,4	(10)
C	11.880	1.057		0,3	(7)
D	8.280	1.050		0,1	0
positie referentiemouspunt op verdieping x					
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					
positie opstelouspunt op verdieping n					
tov positie opstelouspunt op verdieping n					
positief is van de kern af					
negatief is naar de kern toe					

VERDIEPING 14		11 = n	POSITIE THEODOLIET:	
GEVEL: West			MOUSPUNT No 4	
			afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt
			op verdieping x	kernwand
	afstand		loodrecht op	tov mouspunten
	meetpunt	aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n
	tot op-	waarde	referentielij	
meetpunt	stelpunt	in mm	op verdieping n	
A	19.080	1.047	1,0	4
B	15.480	1.057	0,7	(6)
C	11.880	1.053	0,4	(3)
D	8.280	1.049	0,1	1
positie referentiemouspunt op verdieping x				
tov positie referentiemouspunt op verdieping n				1,6
positie opstelouspunt op verdieping n				
tov positie opstelouspunt op verdieping n				(0,5)
positief is van de kern af				
negatief is naar de kern toe				

VERDIEPING 15		11 = n	POSITIE THEODOLIET:	
GEVEL: West			MOUSPUNT No 4	
			afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt
			op verdieping x	kernwand
	afstand		loodrecht op	tov mouspunten
	meetpunt	aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n
	tot op-	waarde	referentielij	
meetpunt	stelpunt	in mm	op verdieping n	
A	19.080	1.053	1,3	(2)
B	15.480	1.053	1,6	(1)
C	11.880	1.049	1,8	3
D	8.280	1.049	2,0	3
positie referentiemouspunt op verdieping x				
tov positie referentiemouspunt op verdieping n				0,8
positie opstelouspunt op verdieping n				
tov positie opstelouspunt op verdieping n				2,6
positief is van de kern af				
negatief is naar de kern toe				

VERDIEPING 16		11 = n		POSITIE THEODOLIET:	
GEVEL: West				MOUSPUNT No 4	
				afwijking van referentielijn	afwijking van buitenste punt
				op verdieping x	kernwand
	afstand			loodrecht op	tov mouspunten
	meetpunt		aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n
	tot op-		waarde	referentielijn	
meetpunt	steipunt		in mm	op verdieping n	
A	19.080		1.056	1,7	(4)
B	15.480		1.057	2,0	(5)
C	11.880		1.052	2,2	0
D	8.280		1.046	2,5	6
positie referentiemouspunt op verdieping x					
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					1,1
positie opstel-mouspunt op verdieping n					
tov positie opstel-mouspunt op verdieping n					3,1
positief is van de kern af					
negatief is naar de kern toe					

VERDIEPING 17		11 = n		POSITIE THEODOLIET:	
GEVEL: West				MOUSPUNT No 4	
				afwijking van referentielijn	afwijking van buitenste punt
				op verdieping x	kernwand
	afstand			loodrecht op	tov mouspunten
	meetpunt		aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n
	tot op-		waarde	referentielijn	
meetpunt	stelpunt		in mm	op verdieping n	
A	19.080		1.052	2,5	1
B	15.480		1.054	2,9	(1)
C	11.880		1.049	3,3	4
D	8.280		1.051	3,8	3
positie referentiemouspunt op verdieping x					
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					1,6
positie opstel-mouspunt op verdieping n					
tov positie opstel-mouspunt op verdieping n					4,7
positief is van de kern af					
negatief is naar de kern toe					

VERDIEPING 12			11 = n	POSITIE THEODOLIET:		
GEVEL: West/Amstel				MOUSPUNT No 4		
NOMINALE AFM. KOLOM:			325			
				afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt	afwijking van buitenste punt
				op verdieping x	koppelbalk	koppelbalk
	afstand			loodrecht op	tov mouspunten	tov mouspunten
	meetpunt	aflees		gevel, t.o.v.	op verdieping n	op verdieping n
	tot op-	waarde		referentielij		
meetpunt	stelpunt		in mm	op verdieping n	tekeningmaat	bouwmaat
1	26.280		n.m.	1,1	-	-
2	24.630		1.200	1,2	16	4
3	22.680		1.196	1,2	12	0
4	21.030		1.196	1,3	12	0
5	19.080		1.204	1,3	20	8
6	17.430		1.203	1,3	19	7
7	15.480		1.201	1,4	17	5
8	13.830		1.198	1,4	14	2
9	11.880		1.201	1,5	17	5
10	10.230		1.205	1,5	22	9
11	8.280		1.203	1,6	20	7
12	6.630		1.202	1,6	19	6
13	4.680		1.203	1,7	20	7
14	3.030		1.204	1,7	21	8
15	1.080		n.m.	1,8	-	-
positie referentiemouspunt op verdieping x						
tov positie referentiemouspunt op verdieping n						
1,1						
positie opstelouspunt op verdieping n						
tov positie opstelouspunt op verdieping n						
1,8						
positief is van de kern af						
negatief is naar de kern toe						

VERDIEPING 13		11 = n	POSITIE THEODOLIET:		
GEVEL: West/Amstel			MOUSPUNT No 4		
NOMINALE AFM. KOLOM:		325			
			afwijking van referentielijn op verdieping x	afwijking van buitenste punt koppelbalk tov mouspunten op verdieping n	afwijking van buitenste punt koppelbalk tov mouspunten op verdieping n
afstand	meetpunt	aflees waarde	loodrecht op gevel, t.o.v. referentielijn op verdieping n	tov mouspunten op verdieping n	tov mouspunten op verdieping n
meetpunt	stelpunt	in mm	op verdieping n	tekeningmaat	bouwmaat
1	26.280	1.208	0,9	22	9
2	24.630	1.203	0,8	19	6
3	22.680	1.199	0,7	15	2
4	21.030	1.200	0,7	16	3
5	19.080	1.200	0,6	16	3
6	17.430	1.199	0,5	15	2
7	15.480	1.204	0,4	19	7
8	13.830	1.207	0,4	22	10
9	11.880	1.202	0,3	17	5
10	10.230	1.202	0,2	17	5
11	8.280	1.204	0,1	19	7
12	6.630	1.201	0,1	16	4
13	4.680	1.201	0,0	16	3
14	3.030	1.202	(0,1)	17	4
15	1.080	n.m.	(0,2)	-	-
positie referentiemouspunt op verdieping x					
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					0,9
positie opstel-mouspunt op verdieping n					
tov positie opstel-mouspunt op verdieping n					(0,2)
positief is van de kern af					
negatief is naar de kern toe					

VERDIEPING 14			11 = n	POSITIE THEODOLIET:		
GEVEL: West/Amstel				MOUSPUNT No 4		
NOMINALE AFM. KOLOM:			325			
			afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt	afwijking van buitenste punt	
			op verdieping x	koppelbalk	koppelbalk	
	afstand		loodrecht op	tov mouspunten	tov mouspunten	
	meetpunt	aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n	op verdieping n	
	tot op-	waarde	referentielij			
meetpunt	stelpunt	in mm	op verdieping n	tekeningmaat	bouwmaat	
1	26.280	1.199	1,5	16	3	
2	24.630	1.200	1,4	16	4	
3	22.680	1.199	1,3	15	3	
4	21.030	1.196	1,1	12	0	
5	19.080	1.199	1,0	15	2	
6	17.430	1.197	0,9	13	0	
7	15.480	1.201	0,7	17	4	
8	13.830	1.202	0,6	18	5	
9	11.880	1.194	0,4	9	(3)	
10	10.230	1.201	0,3	16	4	
11	8.280	1.203	0,1	18	6	
12	6.630	1.199	0,0	14	2	
13	4.680	1.199	(0,1)	14	1	
14	3.030	1.205	(0,3)	20	7	
15	1.080	n.m.	(0,4)	-	-	
positie referentiemouspunt op verdieping x						
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					1,6	
positie opstelouspunt op verdieping n						
tov positie opstelouspunt op verdieping n					(0,5)	
positief is van de kern af						
negatief is naar de kern toe						

VERDIEPING 15		11 = n	POSITIE THEODOLIET:		
GEVEL: West/Amstel			MOUSPUNT No 4		
NOMINALE AFM. KOLOM:		325			
			afwijking van referentielij op verdieping x	afwijking van buitenste punt koppelbalk	afwijking van buitenste punt koppelbalk
	afstand		loodrecht op	toV mouspunten	toV mouspunten
	meetpunt	aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n	op verdieping n
	tot op-	waarde	referentielij		
meetpunt	stelpunt	in mm	op verdieping n	tekeningmaat	bouwmaat
1	26.280	n.m.	0,9	-	-
2	24.630	1.200	1,0	16	3
3	22.680	1.198	1,1	14	2
4	21.030	1.200	1,2	16	4
5	19.080	1.201	1,3	17	5
6	17.430	1.200	1,4	16	4
7	15.480	1.202	1,6	19	6
8	13.830	1.204	1,7	21	8
9	11.880	1.201	1,8	18	5
10	10.230	1.201	1,9	18	5
11	8.280	1.201	2,0	18	6
12	6.630	1.201	2,2	18	6
13	4.680	1.198	2,3	15	3
14	3.030	1.201	2,4	18	6
15	1.080	n.m.	2,5	-	-
positie referentiemouspunt op verdieping x					
toV positie referentiemouspunt op verdieping n					0,8
positie opstelouspunt op verdieping n					
toV positie opstelouspunt op verdieping n					2,6
positief is van de kern af					
negatief is naar de kern toe					

VERDIEPING 16			11 = n	POSITIE THEODOLIET:		
GEVEL: West/Amstel				MOUSPUNT No 4		
NOMINALE AFM. KOLOM:			320,0			
			afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt	afwijking van buitenste punt	
			op verdieping x	koppelbalk	koppelbalk	
afstand			loodrecht op	tov mouspunten	tov mouspunten	
meetpunt			aflees	op verdieping n	op verdieping n	
tot op-			waarde	referentielij		
meetpunt	stelpunt		in mm	op verdieping n	tekeningmaat	bouwmaat
1	26.280,0		1199,0	1,2	15	5
2	24.630,0		1198,0	1,3	14	4
3	22.680,0		1196,0	1,4	12	2
4	21.030,0		1197,0	1,5	14	4
5	19.080,0		1198,0	1,7	15	5
6	17.430,0		1202,0	1,8	19	9
7	15.480,0		1198,0	2,0	15	5
8	13.830,0		1199,0	2,1	16	6
9	11.880,0		1204,0	2,2	21	11
10	10.230,0		1196,0	2,3	13	3
11	8.280,0		1198,0	2,5	15	5
12	6.630,0		1198,0	2,8	16	6
13	4.680,0		1198,0	2,8	16	6
14	3.030,0		1197,0	2,9	15	5
15	1.080,0		n.m.	3,0	-	-
positie referentiemouspunt op verdieping x						
tov positie referentiemouspunt op verdieping n						1,1
positie opstelouspunt op verdieping n						
tov positie opstelouspunt op verdieping n						3,1
positief is van de kern af						
negatief is naar de kern toe						

VERDIEPING 17			11 = n	POSITIE THEODOLIET:		
GEVEL: West/Amstel				MOUSPUNT No 4		
NOMINALE AFM. KOLOM:			320			
				afwijking van referentielij	afwijking van buitenste punt	afwijking van buitenste punt
				op verdieping x	koppelbalk	koppelbalk
afstand				loodrecht op	tov mouspunten	tov mouspunten
meetpunt			aflees	gevel, t.o.v.	op verdieping n	op verdieping n
tot op-			waarde	referentielij		
meetpunt	stelpunt		in mm	op verdieping n	tekeningmaat	bouwmaat
1	26.280	1.201	1,7	18	8	
2	24.630	1.200	1,9	17	7	
3	22.680	1.193	2,1	10	0	
4	21.030	1.195	2,3	12	2	
5	19.080	1.198	2,5	14	4	
6	17.430	1.202	2,7	20	10	
7	15.480	1.197	2,9	15	5	
8	13.830	1.197	3,1	15	5	
9	11.880	1.198	3,3	16	6	
10	10.230	1.199	3,5	18	8	
11	8.280	1.196	3,8	15	5	
12	6.630	1.196	3,9	15	5	
13	4.680	1.193	4,2	12	2	
14	3.030	1.193	4,4	12	2	
15	1.080	n.m.	4,6	-	-	
positie referentiemouspunt op verdieping x						
tov positie referentiemouspunt op verdieping n					1,6	
positie opstelouspunt op verdieping n						
tov positie opstelouspunt op verdieping n					4,7	
positief is van de kern af						
negatief is naar de kern toe						