

Productspecificatie Deformatiemetingen Drechtsteden



Inhoud

1. Versiebeheer	5
2. Productomschrijving	6
a. Nulmeting en herhalingsmeting.....	6
b. Typen deformatiemeting	6
3. Producteisen.....	8
a. Algemeen.....	8
i. Algemene eisen precisie.....	8
ii. Eisen betrouwbaarheid	8
iii. Wijze van uitvoering van de X,Y en Z-meting.....	9
b. Overzicht uit te voeren werkzaamheden.....	9
i. Uitvoering van een nulmeting.....	9
ii. Uitvoering van een herhalingsmeting.....	9
c. Producteisen m.b.t. uitvoering.....	10
i. Bijlage B : Eisen ontwerp en inrichting meetnet.....	10
ii. Bijlage C : Eisen waterpassing	10
iii. Bijlage D : Eisen XY-meting	10
iv. Bijlage E : Eisen t.a.v. presentatie deformatiemetingen	11
4. Aanlevering.....	11
a. Aangeleverd materiaal	11
5. Aflevering	12
a. Kwaliteitsrapportage	12
b. Het product	12
c. Aflevering resultaat ontwerp/controle meetnet	12
i. Levering resultaten ontwerp meetnet.....	12
ii. Levering resultaten controle meetnet bij vastgestelde verstoring.....	12
d. Aflevering resultaat toetsing meetopzet	13
e. Aflevering resultaat deformatiemeting	13
i. Levering meetrapport en zettingsgrafieken.....	13
ii. Data-overdracht	13
6. Bijlage A: Eisen Kwaliteitsrapportage.....	15
7. Bijlage B: Eisen ontwerp en inrichting meetnet.....	16
a. Richtlijnen voor het plaatsen van deformatiemeetpunten	16

b.	Ontwerp meetnet en plaatsing van deformatiemeetpunten	16
i.	Algemeen.....	16
ii.	Coördinaten deformatiemeetpunt	16
iii.	Plaats en type meting deformatiemeetpunten op vaste bruggen/viaducten	18
iv.	Plaats en type meting deformatiemeetpunten bij tunnels, open bakken.....	19
v.	Plaats en type meting deformatiemeetpunten bij sluizen/stuwen.....	19
vi.	Plaats en type meting deformatiemeetpunten bij beweegbare constructies.....	19
vii.	Plaatsing deformatiemeetpunten bij overige objecten	20
c.	Nummering deformatiemeetpunten	20
d.	Verzekering van de deformatiemeetpunten.....	20
i.	Standaardtype deformatiebouten	20
ii.	Standaardtype meetbout voor plaatsing in verticale wanden	21
iii.	Deformatiemeetpunten ter bepaling van verticale deformatie	22
iv.	Deformatiemeetpunten ter bepaling van horizontale deformatie.....	22
v.	Deformatiemeetpunten ter bepaling van scheefstand van pijlers.....	22
e.	Controle meetnet.....	22
i.	Verstoring van een deformatiemeetpunt	22
ii.	Verstoring van een reeks deformatiemeetpunten	23
iii.	Wijziging van het meetnetontwerp en aanmaak vastmeetschetsen.....	23
8.	Bijlage C : Waterpassing	24
a.	Inleiding.....	24
b.	Doel waterpassing.....	24
c.	Meetopzet deformatiewaterpassing	24
i.	Aansluiting nulmeting op N.A.P.	24
ii.	Richtlijnen toepassing N.A.P.-peilmerken.....	25
iii.	Aansluiting herhalingsmeting.....	25
iv.	Meetopzet	25
d.	Nauwkeurigheidseisen instrumentarium.....	25
i.	Standaardafwijking waterpassing	26
ii.	Instrument- en baakkwaliteit.....	26
iii.	Uitvoering van de waterpassing	27
iv.	Toegestane meettoleranties per sectie.....	27
v.	Vastlegging meteogegevens.....	28
vi.	Meetverslag waterpassing.....	28

e.	Toetsing, berekening en analyse van waterpassing.....	28
i.	Verwerking	28
f.	Kwaliteitseis.....	29
g.	Analyse van berekeningen	29
9.	Bijlage D : XY meting.....	30
a.	Inleiding.....	30
i.	Toelichting doel XY-meting	30
b.	Meetopzet XY-Meting	30
i.	Aansluiting van de XY-meting.....	31
ii.	Meetopzet voor relatieve XY-metingen	31
c.	Nauwkeurigheidseisen instrumentarium.....	33
d.	Voorschrift voor XY-Metingen.....	33
i.	Uitvoering van de XY-meting.....	33
ii.	Vastlegging meteogegevens.....	34
iii.	Meetverslag XY-meting	35
e.	Toetsing, berekening en analyse van de XY-meting	35
i.	Toetsing meetopzet.....	35
ii.	Netwerkvereffening	35
iii.	Voorschrift verwerking relatieve XY-metingen	36
iv.	Voorwaarden basispunten en uitgangspunten bij een relatieve XY-meting	37
f.	Kwaliteitseis.....	38
g.	Analyse van berekeningen	38
10.	Bijlage E : Presentatie deformatiemetingen.....	39
a.	Inleiding.....	39
b.	Verwerking XY- en Z-coördinaten in Excel-map.....	39
c.	Presentatie deformatiemetingen.....	40
d.	Liggingsplan en vastmeetschetsen.....	40
e.	Meetrapport.....	40

1. Versiebeheer

Auteur	onderwerp	datum	versie
Gerard Brouwers	Opstellen productspecificatie	24-06-2024	0.9.1

2. Productomschrijving

Deformatiemetingen leveren informatie over de plaats en vorm van objecten door de tijd heen en zijn een instrument om de toestand van een object in de tijd te kunnen voorspellen. De meting begint met de vastlegging van de uitgangssituatie (nulmeting), waarna periodieke herhalingsmetingen volgen.

De deformatiemetingen van kunstwerken zijn voor de deelnemende Drechtsteden gemeente van belang om te kunnen beoordelen of het kunstwerk zich gedraagt, zoals dat tijdens het ontwerp is berekend, dan wel om verplaatsingen van het kunstwerk vast te kunnen stellen ten gevolge van verticale of horizontale deformaties.

Op grond van (de ontwikkeling van) de meetresultaten, kan de deelnemende Drechtsteden gemeente tijdig maatregelen treffen om gevaarlijke situaties en schade te voorkomen. Deformatiemetingen ondersteunen de visuele inspecties en leveren de beheerder basisinformatie voor een zorgvuldig beheer en onderhoud van die kunstwerken.

Deformatiemetingen ondersteunen de visuele inspecties en leveren de deelnemende Drechtsteden informatie voor een zorgvuldig beheer en onderhoud van de objecten.

Voor het opstellen van de productspecificatie deformatiemetingen Drechtsteden is gebruik gemaakt van de productspecificaties van Rijkswaterstaat en gemeente Amsterdam.

a. Nulmeting en herhalingsmeting

Deformatiemetingen worden uitgevoerd ten behoeve van het vastleggen en, gedurende een bepaalde periode, controleren van een kunstwerk in het driedimensionale vlak.

Een deformatie-meetcyclus bestaat uit een **nulmeting** en **herhalingsmetingen**.

Na de oplevering van het kunstwerk wordt een nulmeting uitgevoerd. Deze nulmeting heeft tot doel om de beginsituatie vast te leggen. In de herhalingsmeting wordt gecontroleerd of het kunstwerk onderhevig is aan vervorming.

b. Typen deformatiemeting

Bij een deformatiemeting zal sprake zijn van een **absolute** of van een **relatieve** meting.

Bij de absolute deformatiemeting zal het object worden vastgelegd aan stabiel veronderstelde referentiepunten die zich buiten het object bevinden. In de toetsing, vereffening en coördinaatbepaling van een dergelijke meting zullen voor de aansluiting twee of meer van deze referentiepunten dienen als uitgangspunt.

Bij een relatieve meting gaat het om de vormverandering van het object. Er wordt geen gebruik gemaakt van buiten het kunstwerk gelegen punten. De meting wordt aangesloten aan deformatiemeetpunten die aangewezen zijn als uitgangspunt, omdat deze naar verwachting over de gehele meetcyclus stabiel zullen zijn.

De deformatiemetingen op kunstwerken zijn in beginsel **relatieve** metingen. Uitzondering hierop is de Z-nulmeting waarbij aangesloten wordt op een extern NAP-referentiepunt. Indien een absolute deformatiemeting gewenst is, wordt dat in de projectspecificaties aangegeven.

3. Producteisen

a. Algemeen

De onderhavige “**Productspecificatie deformatiemeting Kunstwerken**” beschrijft het standaardproduct. Indien in een project afgeweken wordt van de standaard is een nadere omschrijving van de betreffende wijziging opgenomen in de projectspecificaties.

De kwaliteit van het eindproduct wordt onder meer beoordeeld naar precisie en rekenkundige betrouwbaarheid. Het resultaat van de berekening van de deformatiemeting moet voldoen aan de onderstaande voorwaarden.

i. Algemene eisen precisie

- Wanneer geen nadere nauwkeurigheidseisen ten aanzien van de deformatiemeting aangegeven worden, dan gelden de volgende algemene nauwkeurigheidseisen:
 - Bij verticale deformatie geldt een deformatiedrempel van 5 mm.
 - Bij horizontale deformatie geldt (voor X of Y) een deformatiedrempel van 10 mm.
 - Bij scheefstand geldt een deformatiedrempel van 5 mm.
- De op te leveren coördinaten moeten voldoen aan de volgende voorwaarden:
 - precisie Z-coördinaat: $\sigma_Z \leq 1.25 \text{ mm}$
 - precisie X- en Y-coördinaat: $\sigma_X \text{ en } \sigma_Y \leq 2.5 \text{ mm}$

ii. Eisen betrouwbaarheid

- In de vereffening komen geen verwerpingen van waarnemingen meer voor.
- Redundantie: het percentage dat de redundantie aangeeft, is groter dan 25.
- BNR (Bias to Noise Ratio): de waarden voor BNR zijn van dezelfde orde van grootte.
- De BNR-waarde is niet groter dan 10.
- MDB (Minimal Detectable Bias): De grenswaarde is maximaal 10 maal de berekende standaardafwijking.
- In de meting komen geen slecht gecontroleerde of ongecontroleerde waarnemingen (ook wel aangeduid als “**vrije waarnemingen**”) voor.

iii. Wijze van uitvoering van de X,Y en Z-meting

- De standaardwijze van uitvoering van deformatiemetingen is als volgt:

	Nulmeting	Herhalingsmeting
X,Y-meting	relatief	relatief
Z-meting	absoluut	relatief

- Alleen in uitzonderingsgevallen zal worden afgeweken van de standaardwijze van uitvoering van XY- en Z-metingen.

b. Overzicht uit te voeren werkzaamheden

i. Uitvoering van een nulmeting

De volgende werkzaamheden dienen uitgevoerd te worden:

- Inrichten van het meetnet;
- Uitvoeren van een verkenningsberekening (i.g.v. een complexe geometrische constructie);
- Opzetten, uitvoeren en berekenen van een deformatiewaterpassing;
- Opzetten, uitvoeren en berekenen van een X,Y-meting, voegmetingen en scheefstandmetingen;
- Levering van meetrapport met liggingsplan en vastmeetschetsen, alle meetgegevens, invoerbestanden en berekeningsrapportages.

ii. Uitvoering van een herhalingsmeting

De volgende werkzaamheden dienen uitgevoerd te worden:

- Controle van het meetnet;
- Uitvoeren en berekenen van een deformatiewaterpassing;
- Uitvoeren en berekenen van een XY-meting, voegmetingen en scheefstandmetingen;
- Levering van het meetrapport met liggingsplan en vastmeetschetsen, zettingsgrafieken en het bovenaanzicht X Y deformatie op de voegovergangen. Daarnaast worden alle meetgegevens, invoerbestanden en berekeningsrapportages meegeleverd.

c. Producteisen m.b.t. uitvoering

In de onderstaande paragrafen wordt in beknopte vorm beschreven aan welke voorwaarden de meetopzet, de meting, de berekening en de presentatie van de resultaten moeten voldoen. De volledige beschrijving van de voorwaarden is vastgelegd in bijlagen.

i. Bijlage B : Eisen ontwerp en inrichting meetnet

In bijlage **B** staan de voorwaarden beschreven met betrekking tot:

- Ontwerp van het meetnet;
- Het plaatsen van de deformatiebouten, resp. meetreflectoren;
- Nummering van deformatiemeetpunten;
- Verzekering van deformatiemeetpunten;
- Controle van het meetnet (bij herhalingsmetingen).

ii. Bijlage C : Eisen waterpassing

Bijlage **C** beschrijft de voorwaarden ten aanzien van:

- Meetopzet voor deformatiewaterpassingen;
- Nauwkeurigheidseisen;
- Voorschrift voor uitvoering deformatiewaterpassingen;
- Digitaal waterpassen;
- Toetsing, berekening en analyse van de waterpassing;
- Kwaliteitscontrole;
- Analyse van berekende Z-verschillen.

iii. Bijlage D : Eisen XY-meting

In bijlage **D** wordt nader ingegaan op:

- Meetopzet voor relatieve XY-metingen;
- Nauwkeurigheidseisen;
- Voorschrift voor uitvoering XY-metingen;
- Toetsing, berekening en analyse van de XY-meting;
- Kwaliteitscontrole;
- Analyse van berekende X- en Y-verschillen.

iv. Bijlage E : Eisen t.a.v. presentatie deformatiemetingen

In bijlage E staat beschreven hoe de resultaten van de deformatiemeting worden gepresenteerd. De presentatie van een deformatiemeting bestaat onder andere uit:

- Het liggingsplan met de vastmeetschetsen;
- XY-zettingsgrafieken;
- Z-zettingsgrafieken;
- Het bovenaanzicht van de XY-deformatie op voegovergangen;
- Een meetrapport.

4. Aanlevering

a. Aangeleverd materiaal

Ten behoeve van de inrichting van het meetnet zal de opdrachtgever enkele voorbereidingen treffen en (indien beschikbaar) de benodigde basisgegevens en materialen aanleveren.

- Projectspecificaties;
- Kunstwerkgegevens:
 - Basisgegevens kunstwerk van opdracht gevende instantie;
 - Bestekstekening;
 - Resultaten van veldverkenning en daarbij gemaakte digitale foto's (optioneel);
 - Gebruiksrecht
- Landmeetkundige gegevens:
 - Basisgegevens, waaronder NAP-peilmerken, XY-gegevens, BGT, etc;
 - Meetopzet (van voorgaande meting);
- Ten behoeve van de verwerking gegevens:
 - Sjabloon t.b.v. opstellen meetrapport.

In geval van uitvoering van een herhalingsmeting;

- AutoCAD bestand liggingsplan;
- Beeldmateriaal (vastleggingen, deformatieboutjes ed.)
- Resultaten van alle voorgaande metingen (indien beschikbaar als Excel-bestand);
- Meetrapporten van de voorgaande metingen (indien beschikbaar);

5. Aflevering

a. Kwaliteitsrapportage

Een kwaliteitsrapportage dient te worden geleverd volgens bijlage A.

b. Het product

Doel: Gefaseerde aflevering van resultaten.
Procedure: - Afleveren resultaten verkenningsberekening.
- Levering meetrapport en zettingsgrafieken.
- Data-overdracht.
Resultaat: Alle invoer- en uitvoerbestanden, meetrapport en grafieken.

c. Aflevering resultaat ontwerp/controle meetnet

De ontwerptekening en de vastmeetschetsen van het meetnet worden voorgelegd aan de opdrachtgever.

i. Levering resultaten ontwerp meetnet

- Bij een nulmeting en bij een herhalingsmeting zonder historie wordt het meetnet vastgelegd. De levering bestaat uit:
 - Het ontwerp van het meetnet;
 - De vastmeetschetsen.
- Bij de nulmeting volgt na goedkeuring van het meetnetontwerp de plaatsing van de deformatiebouten.

ii. Levering resultaten controle meetnet bij vastgestelde verstoring

- Aangepast ontwerp meetnet;
- Vastmeetschetsen herplaatste punten.

d. Aflevering resultaat toetsing meetopzet

- Indien sprake is van een geometrisch complexe constructie wordt voor de uitvoering van de meting de kwaliteit van de meetopzet getoetst d.m.v. van een verkenning-berekening. De resultaten van de verkenningberekening worden aan de opdrachtgever overhandigd.
- Indien gewenst zal aan de opdrachtnemer gevraagd worden een invoerfile voor MOVE3 aan te leveren.

e. Aflevering resultaat deformatiemeting

i. Levering meetrapport en zettingsgrafieken

Nulmeting:

- Het digitale meetrapport. In het meetrapport zijn opgenomen:
 - Liggingsplan en vastmeetschetsen

Herhalingsmeting:

- Het digitale meetrapport. In het meetrapport zijn opgenomen:
 - Liggingsplan en vastmeetschetsen;
 - De XY-deformatiegrafieken;
 - De Z-deformatiegrafieken.

ii. Data-overdracht

Bij de levering worden tevens alle onderstaande meet- en rekengegevens overhandigd.

- Invoer- en uitvoerbestanden Z-meting:
 - Overzicht van de meetopzet;
 - Originele meetdata zonder correcties, waarin opgenomen de controle op de hoofdvoorwaarde;
 - Digitale resumtiestaat;
 - Het invoerbestand van de Z-meting, inclusief alle correcties;
 - De rekenrapportages van de 1e en 2e fase vereffening van Z-meting; aangevuld met een toelichting op de verworpen en gedeselecteerde waarnemingen;

- Invoer- en uitvoerbestanden XY-meting:
 - Overzicht van de meetopzet;
 - Originele hoek- en lengtemeting zonder correcties (als ASCII-bestand);
 - Rapportage van de verwerking van de meetgegevens;
 - Het invoerbestand van de XY-meting, inclusief alle correcties;
 - De rekenrapportages van:
 - de 1e fase vereffening;
 - alleen bij herhalingsmetingen, de toetsing op de stabiliteit van de gekozen uitgangspunten van de X, Y, meting (2e fase vereffening);
 - de definitieve coördinaatberekening van de XY-meting (2e fase vereffening); aangevuld met een toelichting op de verworpen en gedeselecteerde waarnemingen en/of coördinaten;
- Invoer- en uitvoerbestanden t.b.v. opstellen meetrapport:
 - Het meetrapport als MSWord-bestand en als pdfbestand;
 - Het liggingsplan en de vastmeetschetsen als DWG-file en als pdf-bestand;
 - De zettingsgrafieken als DWG-file en als pdf-bestand;
 - Archiefbestanden:
 - Een aangepast Excel-bestand met de verzamelde metingen;
 - De gecompleteerde set CSV-files;
 - De gecompleteerde file met meteo-gegevens.
- De bestanden dienen te worden aangeleverd per mail;
- Voor de filenamen van de geleverde bestanden geldt dat gebruik wordt gemaakt van de naam van de constructie;
- Op verzoek van de Opdrachtgever worden de invoerbestanden voor de XY- en de Z-meting aangeleverd als MOVE3-invoerbestanden;
- Voor de levering van bestanden uit de applicaties AUTOCAD, MOVE3, WORD en EXCEL is het vereist dat de opdrachtnemer gebruik maakt van dezelfde applicatieversie als die van de Opdrachtgever;
- In de projectspecificaties moet voor elke applicatie het actuele versienummer aangegeven zijn, eventueel aangevuld met vermelding van de toegestane oudere versies van de genoemde applicaties.

6. Bijlage A: Eisen Kwaliteitsrapportage

De kwaliteitsrapportage beschrijft het resultaat van het doorlopen van het bij de offerte ingediende project- en kwaliteitsplan en maakt richting de opdrachtgever aantoonbaar dat het geleverde product voldoet aan de productspecificaties.

De kwaliteitsrapportage bevat ten minste de volgende onderdelen:

Inhoudsopgave;

- Afwijkingen ten opzichte van het project- en kwaliteitsplan, inclusief de beschrijving van de gevolgen en maatregelen;
- Kwaliteit van het geleverde product;
Een beschrijving in hoeverre het product voldoet aan de in de productspecificatie gespecificeerde eisen inclusief de onderbouwing.
Ten aanzien van de wijze van rapporteren geldt dat voor elke eis uit de productspecificatie het volgende moet zijn aangegeven:
 - Een beknopte beschrijving van de product- en/of proceseis dat is gecontroleerd;
 - Een beknopte beschrijving op welke wijze er op de betreffende eis is gecontroleerd (desgewenst mag worden volstaan met een gerichte verwijzing naar het kwaliteitsplan);
 - Een vermelding welke toetsingscriteria bij de beoordeling zijn gehanteerd (desgewenst mag worden volstaan met een gerichte verwijzing naar het kwaliteitsplan);
 - Een vermelding van hetgeen tijdens de controle is geconstateerd;
 - Een uitspraak of aan de betreffende product- of proceseis wordt voldaan;
 - Indien van toepassing, een vermelding van afwijkingen, inclusief argumentatie en een vermelding hoe hier mee is omgegaan.
- Een eindconclusie over de kwaliteit van het product.

7. Bijlage B: Eisen ontwerp en inrichting meetnet

a. Richtlijnen voor het plaatsen van deformatiemeetpunten

Doel: Opzetten / controleren van een netwerk van deformatiemeetpunten.
Procedure: - Ontwerp / controle van het meetnet.
- Na goedkeuring van het ontwerp door de opdrachtgever volgt plaatsing van deformatieboutjes.
Resultaat: Netwerk van deformatiemeetpunten en evt. referentiepunten.

- De inrichting van het meetnet bestaat onder meer uit:
 - Het ontwerp van een meetnet van deformatiemeetpunten op voorgeschreven posities op het kunstwerk, waarmee een goed inzicht in de stabiliteit van het object verkregen wordt.
 - Het plaatsen van de deformatieboutjes.
 - De inrichting van een meetnet vindt plaats zowel bij een nulmeting als bij een herhalingsmeting zonder historie.
 - De controle van het meetnet wordt nader toegelicht in paragraaf 'Controle meetnet'.

b. Ontwerp meetnet en plaatsing van deformatiemeetpunten

i. Algemeen

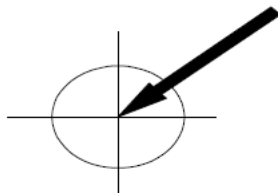
Deformatiemeetpunten worden geplaatst conform de onderstaande richtlijnen.

- Het aanbrengen van meetreflectoren is alleen nodig wanneer in de projectspecificaties is aangegeven dat pijlers e.d. gecontroleerd moeten worden op verdraaiing of scheefstand;
- Het is niet toegestaan deformatiemeetpunten aan de buitenzijde van de leuningen te plaatsen. Afwijking van deze regel is alleen mogelijk na goedkeuring van de opdrachtgever;
- Deformatiemeetpunten bij voorkeur niet plaatsen op/in onderdelen met een kortere levensduur dan die van de hoofdconstructie;

ii. Coördinaten deformatiemeetpunt

- De XY-coördinaat van het deformatiemeetpunt betreft het hart van de kop van de deformatiebout. Het hart van de deformatiebout is gemarkeerd met een centreerpunt, zie figuur B.1;
- Bij deformatiemeetpunten in verticale wanden geldt dat de te leveren coördinaten, de positie van het hart van de voorzijde (=kop) van de deformatiebout weergeven, om

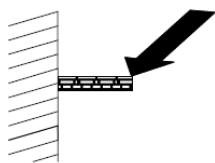
verwarring naar aanleiding van het gebruik van verschillende instrumenten of accessoires uit te sluiten.



**XY-maat van het
deformatiemeetpunt**

Figuur B.1

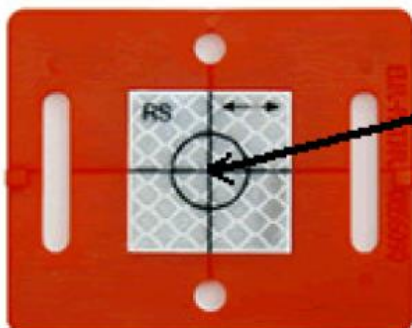
- Van deformatiemeetpunten, geplaatst in verticale wanden, wordt de hoogte bepaald van de bovenzijde van de deformatiebout, zie figuur B.2



**Hoogte van het deformatiemeetpunt betreft
bovenzijde van de deformatiebout**

Figuur B.2

- Bij gebruik van meetreflectoren wordt de XYZ-positie van het meetpunt bepaald door het hart van de roos, zie figuur B.3



**XY- en Z-maat betreft het hart
van het richtmerk**

Figuur B.3

iii. Plaats en type meting deformatiemeetpunten op vaste bruggen/viaducten

XYZ-meting

- Meetpunten aan het begin en het eind van grondkerende muren (bijv. vleugelmuren). Als er aansluitend lange grondkerende constructies zijn, worden om de 20 m. tussenpunten gekozen.

XYZ-meting /scheefstandmeting

- Bij risicovolle constructies aan beide buitenzijden van de steunpunten een punt (meetreflector) bovenin en (loodrecht daaronder) onderop.

Z-meting

- Boven de steunpunten in de as van de opleglijn;
- In het midden tussen twee steunpunten;
- Tussen het meetpunt in het midden en het naastliggend steunpunt (=Lengte L) extra meetpunten aanbrengen. Aantal extra punten = $L / 20$; afgerond naar beneden.

Z-meting / meting voegafstand*

- Op het landhoofd dicht bij de rij-overgang;
- Indien van toepassing, altijd aan beide zijden van verder aanwezige rijovergangen, deuvels, voegen enz. Deze dienen wel representatief te zijn namelijk:
 - alle voegen (rijijzers) die zichtbaar over het wegdek lopen
 - daarnaast ook alle voegen boven de pijlers ook indien deze niet zichtbaar zijn in het wegdek.

* De voegafstand (= de afstand tussen de twee deformatiemeetpunten aan weerszijde van de voeg) kan met een meetband bepaald worden. Soms is het praktischer om de voegafstand af te leiden van de XY-gegevens. Vermeldt in het meetrapport welke methode is gebruikt. In de huidige deformatiemetingen kademuren Dordrecht is di niet van toepassing.

iv. Plaats en type meting deformatiemeetpunten bij tunnels, open bakken

XYZ-meting

- aan het begin en het eind van elk element;
- aan beide zijden van dilatatievoegen, indien mogelijk en voor zover te bereiken, boven op de wanden en onder in de wanden, zodat constatering van inwendige vervorming van de constructie mogelijk is.

v. Plaats en type meting deformatiemeetpunten bij sluizen/stuwen

XYZ-meting

- Door het ontbreken van eenvormigheid bij genoemde kunstwerken een algemeen advies: De deformatiemeetpunten bij voorkeur plaatsen in de directe omgeving van vitale delen van genoemde objecten, zoals bewegingswerken, waarbij dan met name gedacht moet worden aan draaiassen van deuren en het begin en eind van (sluis)hoofden en in wanddelen aan weerszijden van de dilatatievoegen.

vi. Plaats en type meting deformatiemeetpunten bij beweegbare constructies

Z-meting

- Bij de uiteinden (4 hoeken) van de val/klap, ter hoogte van de draaiassen, ter hoogte van de hameistijlen, heftorens;
- Alle vitale onderdelen van de objecten worden in de meting betrokken.

XYZ-meting /scheefstandmeting

- Meetreflector boven in hameistijl, heftoren e.d., deze afloden naar zo laag mogelijk niveau en onderin eveneens een meetreflector aanbrengen.

vii. Plaatsing deformatiemeetpunten bij overige objecten

- Bij deze categorie zijn de deformatiemeetpunten te kiezen, in overleg met de constructeur, aan de hand van de van vitaal belang zijnde delen van de objecten.

c. Nummering deformatiemeetpunten

Als het bij de huidige deformatiemetingen nodig is om punten bij te plaatsen gaat dit in overleg met de opdrachtgever. Dit geldt ook voor de nummering bij nieuw op te zetten deformatiemetingen.

d. Verzekering van de deformatiemeetpunten

i. Standaardtype deformatiebouten

- Standaard wordt gebruik gemaakt van messing meetbouten met een lengte van 6 cm en een doorsnede van 10 mm;
- Deze bout is voorzien van een gefreesde ring ten behoeve van een goede hechting in de ondergrond;
- De bout is voorzien van een cilindrisch centergat van 2 mm breed en minimaal 5 mm diep ten behoeve van plaatsing van de punt van een centreerstaf;
- In de ondergrond wordt een gat geboord waarin de bout duurzaam wordt verlijmd met een watervaste lijmsoort met een hoge temperatuurbestendigheid;
- In bijzondere gevallen wordt gebruik gemaakt van andere typen meetbouten of van kunststof meetreflectoren; dit is in de projectspecificaties aangegeven;
- Bij herhalingsmetingen wordt, in geval van herplaatsing van bouten, hetzelfde type bout als de reeds aanwezige bouten gebruikt.



ii. Standaardtype meetbout voor plaatsing in verticale wanden

- Standaard wordt gebruik gemaakt van een Hilti slaganker M8 met een lengte van 3 cm;
- Het slaganker dient afgesloten te worden met een plastic borgschroef;
- Daarop komt een 40 mm RVS adapter M8 met Leica-passing;
- De lengte van de adapter wordt gemeten van de kop tot aan het punt waar de adapter aansluit op het Hiltiboutje;
- De aanslag van de Hilti moet samenvallen met het muurvlak of er een fractie uitsteken, zodat de adapter altijd goed aansluit op de aanslag van de Hilti (controleren bij monteren);
- De XY-positie van een deformatiemeetpunt, dat op bovenstaande wijze is verzekerd, komt overeen met het hart van het prisma. Dit houdt in dat voor nul- en herhalingsmetingen prisma's van hetzelfde type moeten worden gebruikt.

Prisma adapter RVS, M8 Leica passing

- lengte 40 mm art. nr. 209 15 0129



40 mm = van de kop van de adapter tot de aanslag van het Hilti-slaganker

Hilti slaganker met kraag M8 inwendig, lengte 3 cm

- geen beschadiging van de draad bij het inkloppen van het anker
 - gemakkelijk te spreiden
 - visuele controle op de volledige spreiding
 - 10 mm boren
- art. nr. 235 09 0105

Hilti plaatsingshulpstuk voor M8-30 slagankers

- voor een perfecte expansie
- art. nr. 235 09 0106



iii. Deformatiemeetpunten ter bepaling van verticale deformatie

- De meetbouten zijn zo verticaal mogelijk geplaatst;
- De bouten steken tussen de 5 en 10 mm boven de ondergrond uit;
- Indien de bouten, in verband met de situatie in een verticaal vlak moet worden geplaatst, dan wijst het uiteinde van de meetbout zoveel mogelijk omhoog, zodat de baak op het hoogste punt staat.

iv. Deformatiemeetpunten ter bepaling van horizontale deformatie

- Er wordt gebruik gemaakt van standaard messing bouten;
- De bouten zijn zoveel mogelijk verticaal geplaatst;
- De bouten steken tussen de 5 en 10 mm boven de ondergrond uit;
- De aan te leveren coördinaten hebben betrekking op het hart van de kop van de deformatiebout.

v. Deformatiemeetpunten ter bepaling van scheefstand van pijlers

- Bij scheefstandmetingen wordt gebruik gemaakt van kunststof meetreflectoren.

e. Controle meetnet

- Voorafgaand aan de uitvoering van de herhalingsmeting wordt gecontroleerd of het meetnet nog intact is. De Opdrachtnemer voert een terreinverkenning uit;
- Wanneer tijdens de terreinverkenning vastgesteld wordt dat er sprake is van verstoring van het meetnet of onbereikbaarheid van deformatiemeetpunten dan wordt het meetnet hersteld.

i. Verstoring van een deformatiemeetpunt

- Bij verstoring van een punt wordt een nieuwe deformatiebout geplaatst in de directe nabijheid van het oorspronkelijke punt, zodanig dat het herplaatste punt op gelijkwaardige wijze representatief is voor het kunnen aantonen van deformatie;
- Dit punt krijgt het nummer van het oorspronkelijke punt, gevolgd door een lettercode. Bij verstoring van punt 402 krijgt het herplaatste punt het nummer 402A. Raakt dit punt wederom verstoord dan zal bij een volgende herplaatsing het puntnummer wijzigen in 402B.

ii. Verstoring van een reeks deformatiemeetpunten

- Wanneer een (reeks) punt(en) onbereikbaar geworden is dan volgt overleg met de opdrachtgever. In overleg wordt besloten welke aanpassingen volgen op de nieuw ontstane situatie.

iii. Wijziging van het meetnetontwerp en aanmaak vastmeetschetsen

- Correcties in het meetnet op grond van verstoring die tijdens de terreinverkenning zijn vastgesteld, worden vastgelegd door aanpassing van het meetnetontwerp / liggingsplan en vastmeetschetsen.

8. Bijlage C : Waterpassing

a. Inleiding

Doel:

- Bepalen van de meetopzet (nulmeting) en uitvoering van de waterpassing.

Procedure:

- Vanuit het meetnetontwerp en de instrumentkeuze de meetopzet vaststellen.
- Uitvoeren waterpassing.

Resultaat:

- Beschrijving van het instrument, de accessoires, meetmethode en meetopzet t.b.v. de uitvoering van de waterpassing.
- Waterpassing + meetverslag.

b. Doel waterpassing

Bij de nulmeting wordt onder andere gecontroleerd of het object op de juiste hoogte is aangelegd. Daartoe wordt het meetnet aangesloten op het N.A.P.

Een herhalingsmeting is een relatieve meting. Bij herhalingsmetingen wordt nagegaan of het object onderhevig is aan verticale bewegingen t.o.v. de in de nulmeting berekende hoogte van het uitgangspunt.

- De Z-waarden worden zo nauwkeurig mogelijk bepaald; deze nauwkeurigheid is in overeenstemming met de in paragraaf 'genoemde kwaliteitseisen'.

c. Meetopzet deformatiewaterpassing

- Voor aanvang van de nulmeting wordt de meetopzet bepaald;
- De meetopzet geldt bij voorkeur voor alle navolgende herhalingsmetingen, met dit verschil dat voor de aansluiting van het meetnet andere condities gesteld worden.

i. Aansluiting nulmeting op N.A.P.

- Bij uitvoering van een nulmeting wordt het meetnet over het kunstwerk aangesloten aan N.A.P-peilmerken van het de Drechtsteden gemeente. Peilmerken worden aangeleverd door de opdrachtgever.

ii. Richtlijnen toepassing N.A.P.-peilmerken

Bij het toepassen van N.A.P.-peilmerken voor de hoogteoverbrenging worden de onderstaande richtlijnen aangehouden:

- Voor de aansluiting van een object aan N.A.P. wordt gebruik gemaakt van minimaal 2 peilmerken van het secundair netwerk van het N.A.P.;
- Het meetnet bestaande uit peilmerken t.b.v. de aansluiting en deformatie meetpunten van het te monitoren object is homogeen;
- De gebruikte peilmerken zijn gemeten in de meest recente en éénzelfde secundaire waterpassing t.b.v. de bijhouding van het N.A.P.
- De standaardafwijking van de hoogte van een uitgangspunt wordt in de toetsing en vereffening op 0.0000 meter gehouden.

iii. Aansluiting herhalingsmeting

Bij herhalingsmetingen wordt onderzoek gedaan naar relatieve deformaties; het N.A.P.-vlak wordt niet meer gebruikt als referentie. De onderstaande richtlijnen worden aangehouden:

- In de herhalingsmeting wordt een stabiel deformatiemeetpunt aangewezen als uitgangspunt voor de aansluiting van het meetnet en de berekening van de overige deformatiemeetpunten. Indien voor het object tevens een X,Y-meting wordt uitgevoerd dan dient bij voorkeur één van de twee basispunten van de X,Y-meting ook als uitgangspunt voor de aansluiting van de hoogtemeting gekozen te worden;
- De hoogte van het uitgangspunt komt voort uit de berekening van de nulmeting. In alle navolgende herhalingsmetingen zal hetzelfde deformatiemeetpunt aangehouden worden als uitgangspunt;

iv. Meetopzet

- Ieder object wordt, indien mogelijk, rondom gemeten, zowel in heen als teruggang;
- Ieder deformatiemeetpunt wordt 2 keer onafhankelijk aangemeten;
- In de herhalingsmetingen wordt, met inachtneming van de specifieke wijze van aansluiting, gebruik gemaakt van dezelfde meetopzet, meetmethode en van kwalitatief gelijkwaardig instrumentarium;
- De meetopzet uit de voorgaande meting behoort tot de aangeleverde gegevens;
- Wanneer de oorspronkelijke gegevens ontbreken, wordt in de herhalingsmeting alsnog een meetopzet bepaald.

d. Nauwkeurigheidseisen instrumentarium

i. Standaardafwijking waterpassing

- Het instrumentarium dat bij de deformatiemeting wordt ingezet en de opstelling van instrumenten voldoet (minimaal) aan de onderstaande nauwkeurigheidseisen. Deze nauwkeurigheidseisen zijn afgeleid van de toegestane meettoleranties.

Digitale waterpassing (Invarbaak)
(σ = standaardafwijking)

$$\sigma_{\text{Gem. Hoogteverschil}} = 1.00 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$$

- De genoemde standaardafwijkingen zijn gerelateerd aan toetsing en vereffening van de uit de heen- en teruggang afgeleide gemiddelde hoogteverschillen;
- Wanneer in de toetsing en vereffening de enkele hoogteverschillen van zowel de heen- als de teruggang worden gebruikt, dan kunnen de bovengenoemde nauwkeurigheidseisen worden herleid tot:

Digitale waterpassing (Invarbaak)
(σ = standaardafwijking)

$$\sigma_{\text{Enkel Hoogteverschil}} = 1.41 \text{ mm}/\sqrt{\text{km}}$$

- De genoemde standaardafwijkingen zijn gebaseerd op een Alpha_0 van 0.1%. Een andere veelgebruikte benaming voor Alpha_0 is de onbetrouwbaarheidsdrempel.

ii. Instrument- en baakkwaliteit

- Het instrumentarium dat ingezet wordt voor de uitvoering van de waterpassingen dient aantoonbaar gecontroleerd te zijn volgens de normen, zoals hieronder vermeld. Indien dit niet aantoonbaar het geval is, moet rekening worden gehouden met het uitvoeren van controles vóór de start van het project. Deze controles worden voorafgaand aan het meetwerk uitgevoerd als de Opdrachtgever hier om vraagt. De Opdrachtgever verstrekt dan de gegevens van de betreffende instanties waarbij de controles uitgevoerd moeten worden.

Instrument:

barcode-instrument Het waterpasinstrument is een barcodeinstrument.

$\leq 1.5''/15'$, onbalans	Maximaal toegestane richtingsverandering van de vizierlijn ($1.5''$) bij hellingsverandering van het instrument van 0 tot $15'$.
$\leq 0.4''$, spronggrootte	Maximaal toegestane spronggrootte van de vizierlijn bij stevig schudden uit de hand. ($0.4'' = +$ of $- 0.1 \text{ mm}/50 \text{ m}$).
$\leq 0.3''$, naijlen	Maximaal toegestaan naijleffect van de vizierlijn in de eerste minuut direct na stevig schudden uit de hand. ($0.3'' = +$ of $- 0.07 \text{ mm}/50 \text{ m}$).
$\leq 5''$, temperatuur	Maximaal toegestaan vizierlijnverloop bij een temperatuurverloop van $+45$ graden Celsius naar $+20$ graden Celsius. ($5'' = +$ of $- 1.2 \text{ mm}/50 \text{ m}$).
gem. aflezing	De gemiddelde aflezing bij de compensator in trilling komt overeen met de gemiddelde aflezing bij de compensator in rust.

Baak:

Barcode-baak De kunststof barcode-baken zijn voorzien van een identificatiecode.

$\leq (20+20L)$	Maximaal toegestane schalfout in microns (0.001 mm) bij de baakaflezing L , waarbij L in meters.
± 0.05 scheefstand	Maximale baakvoetscheefstand in mm t.o.v. het midden (= o) van de voet.
± 0.1 nulpuntsfout	Maximaal toegestane baakvoet-nulpuntsfout in mm .

iii. Uitvoering van de waterpassing

- De aflezingen worden geregistreerd in 0.1 millimeter en bij iedere aflezing wordt, wanneer er sprake is van verschillen in nulpuntsfouten groter dan 0.2 mm , door middel van de identificatiecode aangegeven op welke baak deze verricht is;
- De secties worden in heengang en teruggang gemeten. Daarbij geldt het volgende:
 - Twee heengangen of twee teruggangen worden niet gecombineerd;
 - Een teruggang wordt niet gelijktijdig gemeten met de heengang;

iv. Toegestane meettoleranties per sectie

De onderstaande toleranties mogen niet overschreden worden:

50 m (baakafstand)	Maximale afstand tussen instrument en baak
3 m (afstandverschil)	Maximaal verschil tussen de afstand voor en de afstand achter.
3 m (som afstandverschillen)	Maximale waarde van de som van de afstandverschillen per slag in een sectie.

v. Vastlegging meteogegevens

- Gedurende de meting worden de meteogegevens bijgehouden;
- De gemiddelde temperatuur in graden Celsius van de constructie wordt gemeten. Als de meting bestaat uit meerdere opnamedagen of als tijdens de meting de meteoromstandigheden aanmerkelijk veranderen, dan worden per periode de meteogegevens en de temperatuur van de constructie vastgelegd en tevens welke punten onder de betreffende omstandigheden zijn gemeten.
- De meteogegevens bestaan uit:
 - Windrichting N, NO, O, ZO, Z, ZW, W of NW
 - Windsterkte Windstil, zwak, matig of hard
 - Bewolking Onbewolkt, half bewolkt, bewolkt, e.d.
 - Temp. Constr. Temperatuur in °C
 - Temp. Lucht Temperatuur in °C
- De meteogegevens zijn van belang bij de interpretatie van de berekeningsresultaten. De gegevens worden als verklarende tekst toegevoegd aan de zettingsgrafieken.

vi. Meetverslag waterpassing

- In het meetverslag wordt de aanvullende informatie vastgelegd die van belang kan zijn voor de verwerking van de meetgegevens en de interpretatie van de meet- en berekeningsresultaten.

e. Toetsing, berekening en analyse van waterpassing

i. Verwerking

- De gekozen meetopzet zal, in samenhang met het gekozen instrumentarium en de gevolgde meetmethode, een resultaat opleveren dat voldoet aan de gestelde kwaliteitseisen;
- In het geval dat binnen de meetopdracht geen specifieke kwaliteitseisen genoemd zijn, wordt uitgegaan van de in de projecteisen genoemde algemene kwaliteitseisen;
- Voor de toetsing en berekening van de meetgegevens gelden de volgende parameters:

- 1-Dimensionale toets: α_0 = 0.001 of 0.1 %
- Onderscheidingsvermogen: β = 0.80 of 80.0 %

α_0 = [onbetrouwbaarheidsdrempel](#) (Alpha_0)

β = [onderscheidingsvermogen](#) (Bèta)

f. Kwaliteitseis

Het resultaat van de berekening van de deformatiemeting voldoet aan de producteisen zoals beschreven in hoofdstuk 2 'Producteisen'.

g. Analyse van berekeningen

De vergelijking van een herhalingsmeting t.o.v. de voorgaande metingen moet inzicht geven in het deformatiegedrag van het object. Aan de opdrachtgever wordt informatie verstrekt over de aard en omvang van de deformatie en het deformatieverloop.

- Alle bijzonderheden die tijdens de meting en de verwerking zijn geconstateerd en die van invloed kunnen zijn op de grootte van de berekende verschillen en de beoordeling daarvan moeten worden vermeld in het meetrapport;
- In het meetrapport wordt een toelichting gegeven op de resultaten van de onderhavige deformatiemeting;
- Indien van toepassing wordt melding gemaakt van oorzakelijke verbanden, overeenkomstige patronen in raaien bij vervormingen en verplaatsingen, trends en verwachtingen.

9. Bijlage D : XY meting

a. Inleiding

Doel:

Bepalen van de meetopzet en uitvoering van de XYmeting.

Procedure:

- Vanuit het meetnet-ontwerp, de instrumentkeuze en de meetmethode de meetopzet vaststellen;
- Toetsen van de meetopzet door uitvoering van een verkenningsberekening;
- Uitvoeren XY-meting.

Resultaat:

- Beschrijving van het instrument, prisma's en overige accessoires en de meetopzet t.b.v. de uitvoering van de XY-meting;
- Bij het gebruik van Hilti slagankers is het belangrijk dat de combinatie van adapter en prisma bij de nulmeting en herhalingsmetingen dezelfde zijn. Daarvoor moet in het meetrapport het prisma goed worden beschreven. De beschrijving van het prisma moet worden aangevuld met een foto;
- Verkenningsberekening;
- Meting + meetverslag.

i. Toelichting doel XY-meting

De XY-meting is gericht op het vaststellen van relatieve deformatie. Met andere woorden: er wordt onderzoek gedaan naar vormveranderingen van het te monitoren object.

- De XY-waarden worden zo nauwkeurig mogelijk bepaald;
- Deze nauwkeurigheid is in overeenstemming met de in paragraaf 'Algemene eisen precisie' genoemde kwaliteitseisen.

b. Meetopzet XY-Meting

- Voor aanvang van de nulmeting wordt de meetopzet bepaald. Indien in de projectspecificaties staat aangegeven dat er sprake is van een geometrisch complexe constructie, dan wordt de meetopzet getoetst door het uitvoeren van een verkenningsberekening;
- Er wordt gebruik gemaakt van een plaatselijk coördinatenstelsel. De ligging van het assenstelsel is conform hetgeen in bijlage B is voorgeschreven;

- Wanneer de oorspronkelijke gegevens ontbreken wordt in de herhalingsmeting alsnog een meetopzet bepaald;
- In de herhalingsmetingen wordt, bij voorkeur, gebruik gemaakt van dezelfde meetopzet, meetmethode en van kwalitatief gelijkwaardig instrumentarium;
- De meetopzet uit de voorgaande meting behoort tot de aangeleverde gegevens;
- Indien wordt afgeweken van de aangeleverde meetopzet wordt dit in overleg met de opdrachtnemer gedaan

i. Aansluiting van de XY-meting

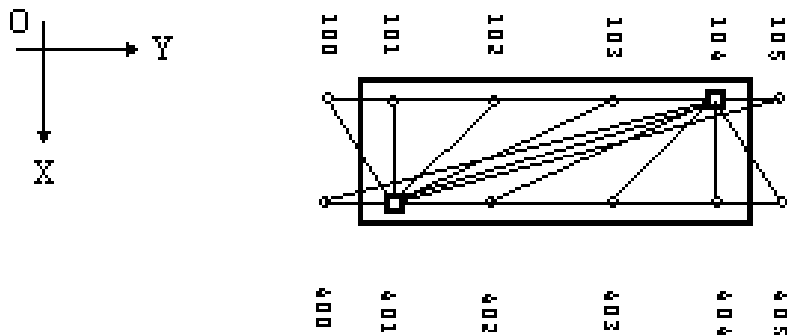
- Bij relatieve XY-metingen worden twee deformatiemeetpunten aangehouden als uitgangspunt voor de aansluiting en vereffening van de meting. In dit geval zijn de uitgangspunten tevens basispunten;
- Voor de keuze van de uitgangspunten gelden strikte voorwaarden. Deze voorwaarden staan beschreven in de paragraaf 'Voorwaarden basispunten en uitgangspunten bij een relatieve XY-meting'.
- Bij een herhalingsmeting moet voor de definitieve berekening van de coördinaten van de deformatiemeetpunten een toets op de stabiliteit van de gekozen uitgangspunten worden uitgevoerd zie paragraaf 'Voorschrift verwerking relatieve XY-metingen'

ii. Meetopzet voor relatieve XY-metingen

Bij relatieve deformatiemetingen zal het netwerk bestaan uit deformatiemeetpunten, al dan niet aangevuld met standplaatsen voor vrije opstellingen.

- In een relatieve deformatiemeting wordt géén gebruik gemaakt van buiten het object gelegen referentiepunten;
- Voor de ligging van de opstelpunten worden de volgende eisen gesteld:
 - Bij voorkeur wordt opgesteld boven een deformatiemeetpunt;
 - Opstelpunten worden zodanig gekozen dat zoveel mogelijk in XY te bepalen deformatiemeetpunten kunnen worden ingemeten;
 - Vanaf de opstelpunten moeten de deformatiemeetpunten zo laag mogelijk kunnen worden ingemeten.

Voorbeeld 1: Meetopzet relatieve XY-meting

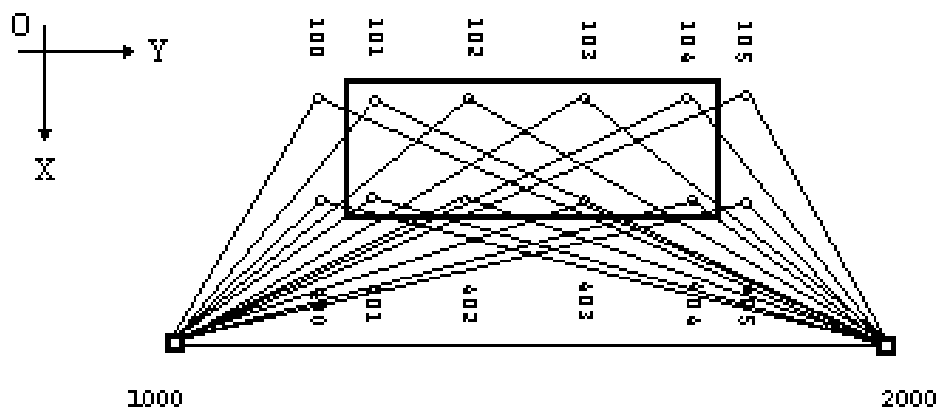


Figuur D.1

Relatieve XY-meting met opstellingen op de deformatiemeetpunten 104 en 401.

- Als opstellen boven een deformatiemeetpunt niet mogelijk is dan gelden als aanvullende eisen:
 - Kies een opstelpunt in de nabijheid van het object (vrije opstelling);
 - Er wordt bij voorkeur opgesteld op een harde ondergrond;
 - Het opstelpunt wordt verzekerd door middel van een spijker of een piket;

Voorbeeld 2: Meetopzet relatieve XY-meting met vrije opstellingen



Figuur D.2

Relatieve XY-meting met vrije opstellingen op de punten 1000 en 2000

c. Nauwkeurigheidseisen instrumentarium

- Het instrumentarium dat bij de XY-deformatiemeting wordt ingezet, voldoet aan de volgende nauwkeurigheidseisen.

○ Richtingen:	$\sigma_{R\text{-vast}}$	$\leq 0.6 \text{ mg}$
	$\sigma_{R\text{-variabel}}$	$\leq 0.03 \text{ mg}\cdot\text{km}$
○ Afstanden:	$\sigma_{S\text{-vast}}$	$\leq 0.3 \text{ cm}$
	$\sigma_{S\text{-variabel}}$	$\leq 0.3 \text{ cm/km}$

- T.a.v. het positioneren van het instrument en het prisma geldt (bij voorkeur) de nauwkeurigheidseis:

○ Centrering: (σ = standaardafwijking)	$\sigma_{\text{Centrering}}$	$\leq 0.1 \text{ cm}$
---	------------------------------	-----------------------

d. Voorschrift voor XY-Metingen

i. Uitvoering van de XY-meting

Instrumentopstelling

- Indien gekozen wordt voor vrije opstellingen, dan is vereist dat de instrumentopstellingen uitgevoerd worden volgens het principe van gedwongen centrering;
- Bij opstellingen boven referentiepunten geldt gedwongen centrering als aanbeveling;
- Centrering van het instrument vindt gecontroleerd plaats; bij voorkeur met een geijkt laserlood;
- De ligging van tenminste twee van de gebruikte opstelpunten, moet zodanig gekozen zijn dat ze het te meten object (gezien in lengterichting) zo goed mogelijk overspannen. Dit om een optimale insnijding van waarnemingen te verkrijgen. Deze opstelpunten liggen zoveel mogelijk in de nabijheid van het uiteinde van het object of langs de diagonaal over het object, zie figuur D.1 en D.2.

Richting- en Afstandmeting

- Elk deformatiemeetpunt wordt vanuit tenminste drie onafhankelijke opstellingen in 2 kijkerstanden aangemeten. Daarbij wordt gebruik gemaakt van tenminste twee opstelpunten;
- De richting- en afstandmeting vindt in minimaal een dubbelserie plaats. De gemiddelde waarde van de waarneming in kijkerstand 1 en kijkerstand 2 vormt de invoer voor de toetsing en vereffening van het meetnet;
- De meting wordt afgesloten op het eerst gemeten punt;
- Voor de richtingmeting wordt de oriënteringsonbekende R0 berekend;
- Voor het meten van richtingen wordt gebruik gemaakt van het centesimale gradenstelsel (gon);
- Afstanden worden gepresenteerd in meters en in 4 decimalen;
- Wanneer een richtingmeting op een opstelpunt later wordt uitgebreid, wordt voor elke extra richtingsmeting een aparte oriënteringsonbekende berekend;

Nauwkeurigheid XY-coördinaat deformatiemeetpunten

- De te leveren XY-coördinaat dient betrekking te hebben op het hart van de kop van de deformatiebout;
- Bij gebruik van reflectoren heeft de XY-coördinaat betrekking op het hart van het richtmerk;
- Bij gebruik van Hilti slagankers in combinatie met de prisma adapter, M8 Leica passing zie B.4.2 en prisma heeft de XY-coördinaat betrekking op het hart van het prisma. Het is dus van belang dat in nul en herhalingsmetingen hetzelfde type prisma wordt gebruikt;
- De nauwkeurigheid van de berekende XY-coördinaat is in overeenstemming met de door de Opdrachtgever gestelde kwaliteitseisen.

ii. Vastlegging meteogegevens

- Gedurende de meting worden de meteogegevens bijgehouden;
- Tevens dient de gemiddelde temperatuur in graden Celsius van de constructie te worden gemeten;
- Als de meting bestaat uit meerdere opnamedagen of als tijdens de meting de meteoromstandigheden aanmerkelijk veranderen, dan worden per periode de meteogegevens en de temperatuur van de constructie vastgelegd en tevens welke punten onder de betreffende omstandigheden zijn gemeten.
- De meteogegevens bestaan uit:

- Windrichting N, NO, O, ZO, Z, ZW, W of NW;
 - Windsterkte Windstil, zwak, matig of hard;
 - Bewolking Onbewolkt, half bewolkt, bewolkt, e.d.;
 - Temp. Constr. Temperatuur in °C;
 - Temp. Lucht Temperatuur in °C
- De meteogegevens zijn van belang bij de interpretatie van de berekeningsresultaten. De gegevens worden als verklarende tekst toegevoegd aan de zettingsgrafieken.

iii. Meetverslag XY-meting

- In het meetverslag wordt de aanvullende informatie vastgelegd die van belang kan zijn voor de verwerking van de meetgegevens en de interpretatie van de meet- en berekeningsresultaten.

e. Toetsing, berekening en analyse van de XY-meting

i. Toetsing meetopzet

- Indien het kunstwerk is aangemerkt als geometrisch complexe constructie, dan wordt voorafgaand aan de nulmeting de voorgenomen meetopzet getoetst door het uitvoeren van een verkenningsberekening in een daartoe geschikt netwerkvereffeningspakket.
- Deze toetsing moet uitwijzen dat met de beoogde meetopzet, de meetmethode en het gekozen instrumentarium, de vereiste kwaliteit gehaald kan worden;
- Het resultaat van de verkenningsberekening wordt ter beoordeling voorgelegd aan de opdrachtgever.

ii. Netwerkvereffening

- De verkenning en de berekening van het meetnet worden uitgevoerd volgens de B-methode van toetsen. In de toetsing van het meetnet gelden de volgende parameters:

Voor XY-metingen:
1-dimensionale toets: α_0 = 0.05 of 5 %
Onderscheidingsvermogen: β = 0.80 of 80.0 %

α_0 = onbetrouwbaarheidsdrempel (Alpha_0)
 β = onderscheidingsvermogen (Bèta)

Het kansmodel dat bij de toetsing en de vereffening gebruikt wordt, is opgebouwd uit het stochastisch karakter van de waarnemingen en de standaardafwijkingen m.b.t. het positioneren van de meetapparatuur en de prisma's.

iii. Voorschrift verwerking relatieve XY-metingen

Verwerking Nulmeting bestaat uit:

- Uitvoeren van een vrije netwerkvereffening;
- Vaststellen van de coördinaten en precisie van de basispunten in de rekenbasis na eliminatie van de schaalfactor;
- 2e Fase vereffening aan rekenbasis volgens de pseudo kleinste kwadratenmethode, ook wel genoemd: berekeningsmethode “aansluiting pseudo”. De basispunten fungeren als uitgangspunten voor de berekening van het meetnet.

Verwerking Herhalingsmetingen bestaat uit het:

- Uitvoeren van een vrije netwerkvereffening, schaal vrij en standaardafwijking basispunten 0.0001 m. De berekende schaalfactor is een indicatie van het passen van de meting op de berekende coördinaten uit de nulmeting. Deze zou 1 moeten zijn maar is dit vrijwel nooit. Indien de absolute waarde van $1 - \text{berekende schaalfactor}$ 50 wordt vermenigvuldigd met de lengte van het kunstwerk in kilometers wordt een indruk verkregen van de verschillen tussen de coördinaten uit de nulmeting van de basispunten en de herhalingsmeting. In principe geldt: $(|1 - S_0|) \times \text{lkunstwerk in km} < 5 \text{ mm}$. Indien het een 2e of latere herhalingsmeting betreft kan de berekende schaalfactor ook worden vergeleken met de schaalfactor uit voorgaande herhalingsmetingen. Voor verdere analyse van eventuele deformatie van de basispunten wordt de volgende toets uitgevoerd.
- Toetsen van de uitgangspunten op deformatie. Daarbij worden alle deformatie meetpunten op het niet vervormbare deel van de constructie als uitgangspunt voor de aansluiting en vereffening van de meting volgens de pseudo kleinste kwadratenmethode aangehouden, ook wel genoemd: berekeningsmethode “aansluiting pseudo”. De schaalfactor wordt in deze berekening vast op 1 gezet. Indien in de voorgaande metingen nadrukkelijk een schaalfactor geconstateerd is, dan wordt deze nu vast ingevoerd in de huidige berekening. De X,Y-coördinaten van de uitgangspunten voor aansluiting krijgen allen een standaardafwijking van 1.5 mm. Indien bijv. bij grotere complexen de deformatiemeetpunten in voorgaande berekeningen en in de eerste fase van de huidige meting berekend zijn met een standaardafwijking groter dan 1.5 mm dan kan in de toetsing ongeveer deze waarde voor de aansluitingspunten worden aangehouden. De uitgangspunten voor aansluiting die als basispunten voor de definitieve berekening van de coördinaten van de deformatiemeetpunten gaan dienen mogen in deze toetsing niet worden verworpen. Indien het een eerste herhalingsmeting betreft kan in de definitieve

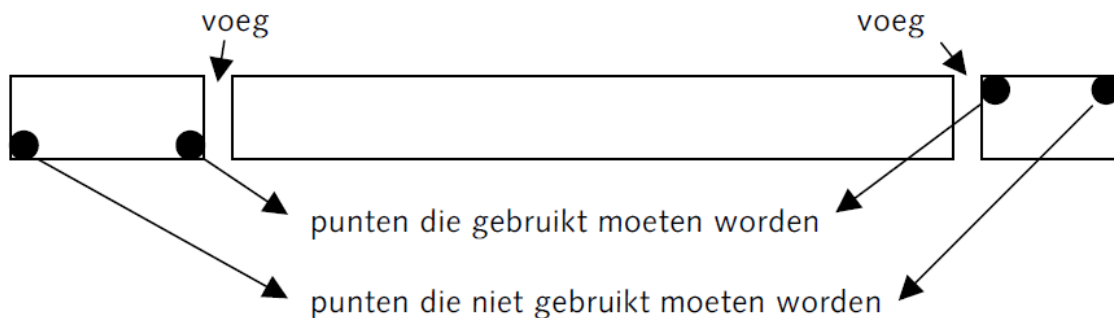
berekening van de X,Y-coördinaten een basis worden gekozen uit de uitgangspunten met de kleinste toetswaarden. De gekozen punten mogen niet in deze toetsing verworpen zijn. Bij de keuze van de basispunten moeten tevens de voorwaarden van D.5.4 in acht worden gehouden. Neem contact op met de Opdrachtgever indien in een 2e of latere herhalingsmeting de basispunten, die in de nul- en 1e herhalingsmeting zijn gebruikt, in de huidige toetsing worden verworpen.

- Uitvoeren van een berekening van de X,Y-coördinaten van de deformatiemeetpunten in een 2e fase vereffening aan een rekenbasis volgens de pseudo kleinste kwadratenmethode. De schaalfactor wordt in deze berekening vast op 1 gezet. Alleen indien in de voorgaande metingen nadrukkelijk een schaalfactor geconstateerd is, dan wordt deze nu vast ingevoerd in de huidige berekening. De X,Y van de uitgangspunten die als basispunten dienen krijgen een standaardafwijking van 1.5 mm. Indien bijv. bij grotere complexen de deformatiemeetpunten in berekeningen van voorgaande metingen en in de eerste fase berekening van de huidige meting berekend zijn met een standaardafwijking groter dan 1.5 mm dan kan in de toetsing ongeveer deze waarde voor de aansluitingspunten worden aangehouden. De standaardafwijkingen van de berekende X,Y-coördinaten van de deformatiemeetpunten mogen de eis uit paragraaf 'Uitvoering van een nulmeting' en 'Uitvoering van een herhalingsmeting' niet overschrijden.

iv. Voorwaarden basispunten en uitgangspunten bij een relatieve XY-meting

T.a.v. de ligging van basispunten bij een relatieve meting worden de volgende eisen gesteld:

- De basispunten zijn twee op het niet vervormbare deel van de constructie gelegen deformatiemeetpunten;
- In een langwerpig gevormd meetnet liggen de basispunten zoveel mogelijk op de uiteinden van het niet vervormbare deel van de constructie;
- In een rechthoekig gevormd meetnet liggen de basispunten zoveel mogelijk aan de uiteinden van de langste diagonaal over het niet vervormbare deel van de constructie;
- *Voor de hiervoor genoemde punten geldt dat de te gebruiken punten zo dicht mogelijk bij de voegovergangen moeten zitten zoals in onderstaande figuur schematisch is weergegeven;



- Beide basispunten worden in elk van de minimaal vereiste opstellingen meegenomen (als opstelpunt+richtpunt, of als 2 richtpunten);
- De prioriteiten in de keuze van de basispunten zijn:
 - Deformatiemeetpunten die gebruikt zijn als opstelpunt voor metingen.
 - Deformatiemeetpunten waarop geen opstelling mogelijk is, maar die vanuit minimaal 3 onafhankelijke opstellingen vanuit minimaal 2 verschillende opstelpunten zijn ingemeten.
- Basispunten zijn tevens de aansluitpunten voor de 2e fase vereffening;
- Uitzondering: In de nulmeting mag, in geval van vrije opstellingen, een rekenbasis gekozen worden tussen 2 opstelpunten. Voorwaarde is dat de rekenbasis het meetnet zo goed mogelijk overspant. In de daaropvolgende herhalingsmetingen zal een rekenbasis gekozen moeten worden die voldoet aan bovengenoemde eisen.

f. Kwaliteitseis

- Het resultaat van de berekening van de deformatiemeting voldoet aan de producteisen zoals beschreven in hoofdstuk 2.

g. Analyse van berekeningen

De vergelijking van een herhalingsmeting t.o.v. de voorgaande metingen moet inzicht geven in het deformatiegedrag van het object. Aan de opdrachtgever wordt informatie verstrekt over de aard en omvang van de deformatie en het deformatieverloop.

- Alle bijzonderheden die tijdens de meting en de verwerking zijn geconstateerd en die van invloed kunnen zijn op de grootte van de berekende verschillen en de beoordeling daarvan moeten worden vermeld in het meetrapport;
- In het meetrapport wordt een toelichting gegeven op de resultaten van de onderhavige deformatiemeting. Indien van toepassing wordt melding gemaakt van oorzakelijke verbanden, overeenkomstige patronen in raaien bij vervormingen en verplaatsingen, trends en verwachtingen.

10. Bijlage E : Presentatie deformatiemetingen

a. Inleiding

Doel:

Verwerking resultaten van berekening en analyse tot meetrapport en zettingsgrafieken.

Procedure:

- Aanmaken van een liggingsplan met vastmeetschetsen.
- Verwerking van de XY- en Z-coördinaten in een Excelbestand.
- Conversie van XY- en Z-gegevens tot CSV-files.
- Verwerking CSV-files in AutoCAD tot zettingsgrafieken en bovenaanzicht XY-deformatie op voegovergangen.
- Aanmaken van een meetrapport.

Resultaat:

Meetrapport met liggingsplan en zettingsgrafieken.

In de onderstaande paragrafen wordt beschreven hoe de presentatie van deformatie metingen opgebouwd wordt.

- Van belang in de presentatie van de deformatiemeting zijn de administratieve gegevens van het kunstwerk (bijv. naamgeving, identificatie, etc.); deze gegevens worden aangeleverd door de opdrachtgever.
- Bij aanduidingen van te gebruiken kleuren voor lijnen, teksten en symbolen wordt uitgegaan van de standaardkleuren van AutoCAD.
- Zodra een niet-standaardkleur wordt aangegeven, dan wordt bij de kleurnaam tussen () het kleurnummer zoals dat in AutoCAD gebruikt wordt vermeld;
- Het is niet toegestaan gegevens van meerdere kunstwerken in één tekening te verwerken;

b. Verwerking XY- en Z-coördinaten in Excel-map

- De X-, Y- en Z-gegevens van de meting worden opgeslagen in een Excel-map;
- Elke meting wordt in een afzonderlijk blad opgeslagen in de bij het project behorende Excelmap;
- De gegevens worden vervolgens gebruikt om de coördinaatverschillen te berekenen;
- Voor de opbouw van de Excelmap levert opdrachtgever het format

c. Presentatie deformatiemetingen

De presentatie van een deformatiemeting bestaat onder andere uit:

- het liggingsplan met de vastmeetschetsen;
- de XY-deformatiegrafieken;
- de Z-deformatiegrafieken;
- een bovenaanzicht XY-deformatie op voegovergangen;
- een meetrapport.

d. Liggingsplan en vastmeetschetsen

Liggingsplan.

- Het liggingsplan wordt opgemaakt vanuit de bestekstekening van het kunstwerk, welke door de opdrachtgever wordt verstrekt;
- De bestekstekening wordt tijdens de terreinwerkzaamheden aan de werkelijkheid getoetst en eventueel schetsmatig aangepast;
- Indien de onderliggende infrastructuur niet vermeld staat op de bestekstekening, worden deze ook in de vorm van schetsen opgenomen;
- Het liggingsplan wordt horizontaal georiënteerd met de noordpijl naar boven gericht;

Vastmeetschetsen:

- De vastmeetschetsen van de verschillende deformatiemeetpunten worden onder het liggingsplan van het kunstwerk geplaatst;
- De maatvoering wordt gepresenteerd in meters met 2 decimalen;
- De deformatiemeetpunten worden aangemeten aan voegen, geleiderailstijlen, leuningstijlen, rand weg, etc.;
- De deformatiemeetpunten worden ook t.o.v. elkaar gemeten;
- Coördinaten van de deformatiemeetpunten kunnen eventueel ook in de vorm van een lijst vermeld worden;
- Info over de plaats van de deformatiemeetpunten, zoals randbalk, schampkant en inspectiepad, worden in de vastmeetschetsen vermeld.

e. Meetrapport

- Per kunstwerk wordt een (digitaal) meetrapport afgeleverd op A4-formaat in WORD.

Het format (WORD) voor het opstellen van het meetrapport wordt aangeleverd door de opdrachtgever.