

KWALITEITSRAPPORTAGE

GROLSCHE VESTE

Projectnummer: 8012-0016-000

Opdrachtgever : De Onderzoeksraad voor Veiligheid
T.a.v. Mevr. Konijn

Datum : 9 maart 2012
Opgesteld door : ir. R.J. Wienia / ing. T. Westmaas

INHOUDSOPGAVE

1. Introductie	2
2. Projectomschrijving	3
3. Uitgevoerde werkzaamheden	4
3.1. Data-Inwinning	4
3.2. Dataverwerking	5
3.2.1. Overzicht gebruikte parameters toetsing en vereffening	6
3.2.2. Kwaliteitscontrole Detailpunten	7
3.2.3. Bijzonderheden	8
3.2.4. Bepaling afstand	8
3.2.5. Schatten van vlakken door punten	8
4. Index geleverde digitale documenten	10
BIJLAGE A: Schets te bepalen punten t.o.v. gemeten vlakken	11
BIJLAGE B: foto met de punten X en Y	12
BIJLAGE C: ingekorte move rapportage	13

1. INTRODUCTIE

De door Fugro GeoServices B.V. uit te voeren opdracht bestaat uit het inmeten van de betonconstructie voor de dakconstructie van de "De Grolsch Veste" te Enschede. Deze opdracht is verstrekt naar aanleiding van het instorten van een deel van de in aanbouw zijnde dakconstructie op 7 juli 2011. Het doel van de werkzaamheden is om de Onderzoeksraad voor Veiligheid van gegevens te voorzien om een toetsing van de maatvoering te kunnen uitvoeren van de betonconstructie van de Grolsch Veste.

2. PROJECTOMSCHRIJVING

Het doel van het project is om afstanden te bepalen tussen 36 kolommen. Hiervoor worden met een zo groot mogelijke precisie en betrouwbaarheid de hoekpunten van 36 kolommen in X-, Y- en Z-positie bepaald.

Omdat het direct aanmeten van de gewenste punten niet altijd mogelijk is doordat een vellingrand aangebracht is, zijn deze betreffende fictieve punten achteraf geconstrueerd. Hiertoe zijn op elk vlakdeel van iedere kolom punten gemeten waardoor een best-passend vlak bepaald kan worden. Het snijpunt van drie vlakken correspondeert dan met het te bepalen fictieve punt.

De voor dit project uitgevoerde werkzaamheden zijn:

- De in te meten punten op de vlakken zijn met behulp van reflectoren en reflectorloze metingen vanuit een hoogwerker, driedimensionaal (XYZ) ingemeten in een lokaal assenstelsel, dat niet onderhevig is aan vervormingen van kaartprojecties, zoals het Rijksdriehoeksstelsel.
- Voor de volledigheid, betrouwbaarheid en precisie zijn vanuit meerdere standplaatsen dezelfde punten op de vlakken ingemeten. Ter garantie van de nauwkeurigheid van het netwerk is hierbij gebruik gemaakt van dwangcentrering zodat de centreerfouten worden geminimaliseerd. Hoogteverschillen van het referentiestelsel zijn bepaald d.m.v een nauwkeurigheidswaterpassing. De betrouwbaarheid van de metingen is gecontroleerd met behulp van een toetsing in MOVE3.
- Op basis van de berekende punten op de vlakken zijn alle mogelijke afstanden naar alle andere berekende (snij-)punten bepaald.

3. UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

3.1. Data-Inwinning

Na de voorbereidende werkzaamheden heeft de data-inwinning (metingen) met behulp van een hoogwerker plaatsgevonden van 20-02-2012 t/m 23-02-2012. Hierbij is gebruik gemaakt van het volgende gekalibreerde meetinstrumentarium:

- Tachymeter:
Leica TCRP 1201+
Hz, V: 1" (0.3 mgon)
Afstandmeter: 1 mm + 1.5 ppm
Reflectorloos: < 500 m. 2mm + 2 ppm
Toestellen: TD51, serienummer 236565
TD52, serienummer 241528

- Waterpasinstrument:
Leica DNA03
nauwkeurigheid per km heen en terug digitaal met invarbaak $\pm 0,3$ mm
Toestel: DW13, serienummer 332890

De kalibratierapporten van bovengenoemde instrumenten zijn als separaat document opgeleverd.

Meetopzet

Er is een lokaal grondslagnetwerk gelegd rondom het projectgebied. Dit grondslagnetwerk is verzekerd d.m.v. bronzen bouten in beton. Het grondslagnetwerk is bepaald d.m.v. tachymetrie en nauwkeurigheidswaterpassing met bovengenoemd instrumentarium. De waterpassing is uitgevoerd als extra controle op de hoogte van het grondslagnetwerk. Tijdens elke vrije opstelling is de atmosferische correctie (ppm) bepaald en toegepast op de afstandmeting. De gemiddelde buitentemperatuur ten tijde van uitvoerwerkzaamheden is rond de 7° C. De weersomstandigheden waren alle dagen bewolkt zonder grote schommelingen.

Het inmeten van de punten in XYZ op de vlakken is uitgevoerd m.b.v. twee tachymeters, waarbij de punten gelijktijdig met beide toestellen zijn aangeschoten. Dit is gebeurd in twee kijkerstanden, zodat elk meetpunt in totaal 4 maal is ingewonnen. Dit zorgt voor voldoende overtuiging en betrouwbare resultaten.

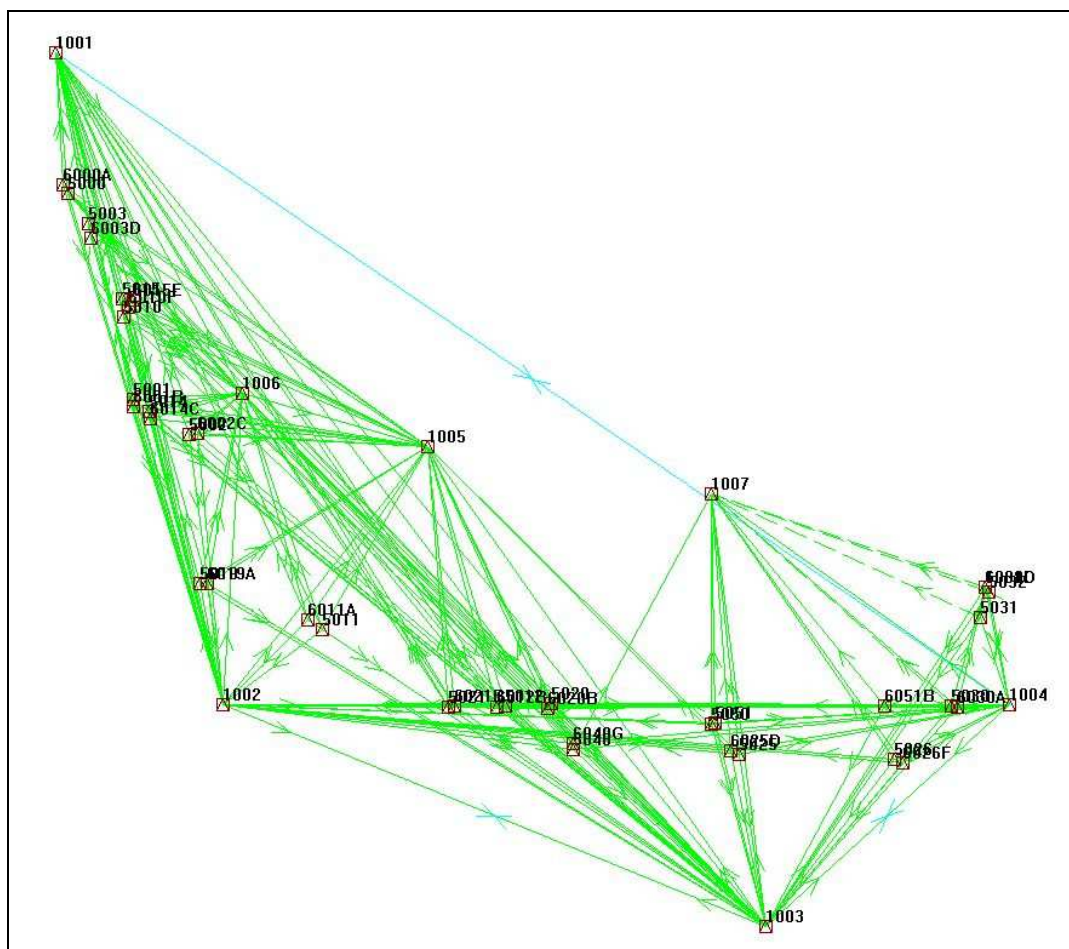
De volgende puntnummering wordt aangehouden:

- 1000-nummers -> Grondslag
- 5000-nummers -> Vrije Opstelling toestel 1 (onderdeel Grondslag)
- 6000-nummers -> Vrije Opstelling toestel 2 (onderdeel Grondslag)
- A1000 -> Detailpunt vlak A kolom 1

De nummering van de detailpunten zijn opgebouwd uit een letter en een cijfer. De letter duidt het vlak aan en het cijfer geeft aan welke pilaar het betreft (bv B9000 = is vlak B van pilaar 9).

3.2. Dataverwerking

De metingen zijn in MOVE3* gecontroleerd en vereffend. Dit is een rekenstap waarin de tegenspraken tussen de waarnemingsgrootheden worden weggewerkt (vereffend) en de onbekenden worden berekend (geschat). In MOVE3 zijn alle ingewonnen waarnemingen ingevoerd, waarna eerst het grondslagnetwerk is berekend en daarna de punten op de vlakken.



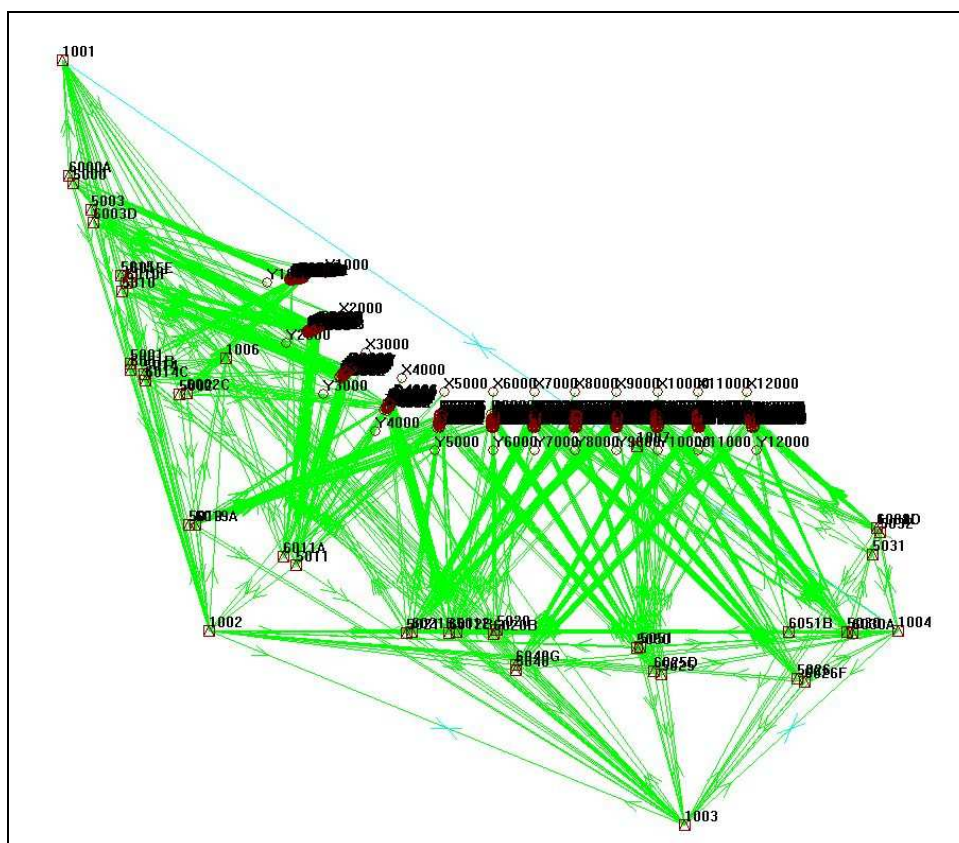
Move3 Grondslagnetwerk "Grosch Veste"

Het grondslagnetwerk dat bestaat uit de 1000-, 5000- en 6000-punten is eerst in een lokaal stelsel in XYZ bepaald. Voor de gebruikte basis zijn de punten 1002 en 1004 als uitgangspunt gebruikt. Voor het bepalen van de basis 1002-1004 zijn de coördinaten zo gekozen dat de schaalfactor nagenoeg 1 is. Hierna is de schaalfactor vastgezet op 1.

Nadat de grondslagpunten (1000-, 5000- en 6000-serie) in XYZ bepaald zijn, zijn deze coördinaten vastgezet.

Punt	X	Y	Z
1002	2000.0000	5000.0000	10.0000
1004	2181.0885	5000.0000	9.3816

Vanuit bovengenoemd grondslagnetwerk zijn alle punten op de vlakken in XYZ bepaald. Deze punten zijn veelal reflectorloos gemeten, omdat deze niet toegankelijk zijn met reflectoren. Het reflectorloos meten is iets minder nauwkeurig dan het meten met een reflector, echter is dit de beste oplossing gebleken om deze situatie zo nauwkeurig mogelijk in beeld te brengen. Bij het reflectorloos aanmeten van punten onder scherpe hoeken kan een zogenaamd 'ovaal' punt ontstaan, wat een afstandsverschil veroorzaakt tussen kijkerstand 1 en 2. Dit is opgelost door de standaardafwijking van de afstandsmeting voor de reflectorloze metingen in MOVE3* op 7mm te zetten, waardoor de metingen toch goed vereffend konden worden.



Move3 Totaal Grondslagnetwerk "Grolsch Veste"

3.2.1. Overzicht gebruikte parameters toetsing en vereffening

Voor de berekening van het grondslagnetwerk en de detailpunten is gebruik gemaakt van onderstaande standaardafwijkingen en parameters voor toetsing en vereffening.

Voor zowel de XY- als de Z-berekening worden aangegeven:

- Het kansmodel voor de gebruikte stations.
- Het kansmodel voor de waarnemingen.
- De standaardafwijkingen voor de centrering.
- De parameters voor toetsing en vereffening.

XYZ-meting:

- Kansmodel stations:
 - X Oost en Y Noord: $\delta = 1,0 \text{ mm}$
 - Hoogte: $\delta = 1.0 \text{ mm}$
- Kansmodel waarnemingen
 - Richting :
 - Absoluut: $\delta = 0,6 \text{ mgon}$
 - Relatief: $\delta = 0,3 \text{ dmgon}$
 - Afstand :
 - Absoluut
 - $\delta = 1 \text{ mm. (grondslag 1000-,5000-,6000-punten)}$
 - $\delta = 2 \text{ mm. (detailpunten met reflector gemeten)}$
 - $\delta = 7 \text{ mm. (detailpunten reflectorloos gemeten)}$
 - Relatief: $\delta = 2 \text{ ppm.}$
 - Centreerafwijking: $\delta = 2 \text{ mm.}$
 - Instrument hoogte afwijking: $\delta = 2 \text{ mm}$
 - Enkel hoogteverschil : $\delta = 1,00 \text{ mm./}\sqrt{\text{km.}}$
 - Schaal: vast in 2e fase berekening
 - Toetsing en vereffening:
 - Fase : Aansluiting pseudo
 - Onbetrouwbaarheidsdrempel : Alfa = 5%
 - Onderscheidingsvermogen : Beta = 80%

3.2.2. Kwaliteitscontrole Detailpunten

- Resultaat van de XYZ-coördinaatberekening:
 - 98% Detailpunten Standaardafwijking XYZ-coördinaat: $\leq 3,5 \text{ mm.}$
 - 2% Detailpunten Standaardafwijking XYZ-coördinaat: $\leq 6,5 \text{ mm.}$

De resultaten van de MOVE3 berekening zijn deels in Bijlage C weergegeven. De volledige MOVE3 rapportage is als separaat bestand (8012-0016-000 Grondslag Twente Stadion TOTAAL.out2) aan de opdrachtgever geleverd.

* MOVE3 is een software pakket voor de verkenning en vereffening van 3D, 2D en 1D geodetische netwerken. MOVE3 voldoet volledig aan de eisen en specificaties van de Delftse puntsbepalingstheorie. Deze theorie wordt algemeen aanvaard als het meest efficiënte middel voor de verwerking van kwaliteitscontrole van landmeetkundige gegevens. MOVE3 handelt alle complexe wiskundige vraagstukken van 3D netwerken op een correcte wijze af. 3D vereffeningen worden in een zuiver 3D wiskundig model uitgevoerd, zonder vereenvoudigingen of compromissen. Wanneer de waarnemingen een 3D oplossing mogelijk maken zal deze software positie en hoogte bepalen.

3.2.3. Bijzonderheden

Er zijn 15 detailpunten die vanaf 1 standplaats i.p.v. 2 standplaatsen zijn bepaald. Verder zijn 5 detailpunten wel vanaf 2 standplaatsen gemeten, echter zijn een aantal hoeken en/of afstanden gedeselecteerd. Waardoor deze punten in principe vanaf 1 standplaats zijn bepaald.

3.2.4. Bepaling afstand

Tussen de ingemeten en/of berekende punten kan de rechte afstand pythagoreïsch bepaald worden door:

$$D_{1,2} = ((x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2)^{1/2}$$

Met $D_{1,2}$ de afstand tussen punt 1 en 2 en (x_1, y_1, z_1) en (x_2, y_2, z_2) de coördinaten van punt 1 en 2 respectievelijk.

De precisie (standaarddeviatie) van de afstand wordt verkregen door toepassen van de voortplantingswetten van de variantie. In geval van bovenstaande vergelijking wordt deze gegeven door:

$$\sigma_{1,2} = \{((x_2 - x_1)^2 * (\sigma_{x1}^2 + \sigma_{x2}^2) + (y_2 - y_1)^2 * (\sigma_{y1}^2 + \sigma_{y2}^2) + (z_2 - z_1)^2 * (\sigma_{z1}^2 + \sigma_{z2}^2))^{1/2}\} / D_{1,2}$$

Met de $\sigma_{1,2}$ de standaarddeviatie van de afstand $D_{1,2}$ en $(\sigma_{x1}, \sigma_{y1}, \sigma_{z1})$ en $(\sigma_{x2}, \sigma_{y2}, \sigma_{z2})$ de standaarddeviaties van de coördinaten van punt 1 en 2 respectievelijk.

Alle mogelijk afstanden en bijbehorende standaarddeviaties zijn tussen de bepaalde en ingemeten punten berekend.

3.2.5. Schatten van vlakken door punten

Omdat het direct aanmeten van de gewenste punten niet mogelijk is zijn deze achteraf bepaald. Het theoretisch te bepalen punt correspondeert met het snijpunt van de vlakken van de kolom. Het is echter wel mogelijk om punten op deze vlakken te meten en daar een best-passend vlak doorheen te schatten.

De procedure is als volgt:

1. Inmeten punten op kolom
2. Construeren van een best-passend vlak door ingemeten punten
3. Bepaling snijpunt van drie opgestelde vlakken

Het best-passend vlak is met de kleinste-kwadraten methode bepaald: de som van alle gekwadrateerde afstanden van het punt loodrecht op het te bepalen vlak, wordt hierbij geminimaliseerd.

Dit is equivalent met het bepalen van de eigenwaarden en eigenvectoren van het vlak, waarna de vlakvergelijking opgesteld kan worden:

$$a*x + b*y + c*z = d \quad \text{met:} \quad d = a*x_0 + b*y_0 + c*z_0$$

waarbij (x_0, y_0, z_0) het gemiddelde punt is in x-, y- en z-coördinaat.

De standaarddeviatie van het snijpunt wordt gevonden door de standaarddeviaties van de metingen voort te planten in de vlakvergelijking en vervolgens naar het snijpunt.

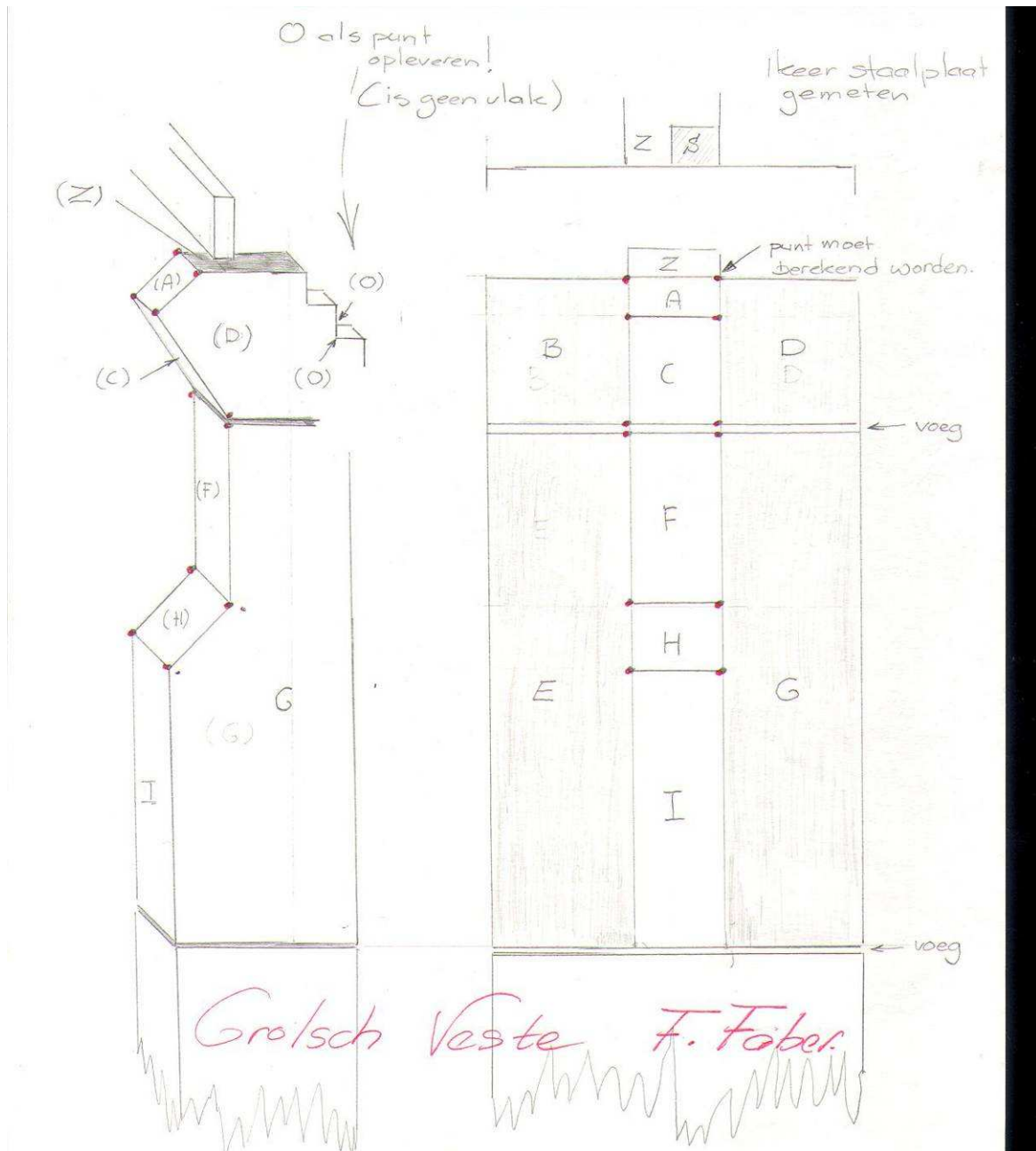
Opmerkingen t.b.v. uitvoering afstandbepaling:

- Bij pilaar 70 zijn er drie O-punten gemeten, waarvan twee op het B-vlak, ter controle afstand, zie foto's daarvan. Deze twee punten (O7000 en O7002) zijn apart gehouden daar zij niet overeenkomen met het te meten punt. De onderlinge afstand is wel bepaald met de bijbehorende standaarddeviatie.
- Bij pilaar 120 zijn de beide O-punten (5 en 6) niet op dezelfde hoogte gemeten.

4. INDEX GELEVERDE DIGITALE DOCUMENTEN

01. Ruwe meetdata: dit zijn de ruwe, onbewerkte meetbestanden.
02. Move3: dit is het berekende grondslagennetwerk en de berekende detailpunten, in het formaat van de software Move3.
03. Berekening vlakken en afstanden: dit is een Excel bestand met daarin de gevraagde coördinaten, waaronder punten bepaald door het snijden van gemeten vlakken, en de tussenafstanden tussen gemeten en bepaalde punten.
04. Rapportage: deze rapportage inclusief kalibratierapporten meetinstrumentarium

BIJLAGE A: SCHETS TE BEPALEN PUNTEN T.O.V. GEMETEN VLAKKEN



BIJLAGE B: FOTO MET DE PUNTEN X EN Y



BIJLAGE C: INGEKORTE MOVE RAPPORTAGE

MOVE3 Versie 4.0.5

Verkenning en Vereffening van Geodetische Netwerken

www.MOVE3.nl

(c) 1993-2011 Grontmij

8012-0016-000 Grondslag Twente Stadion

01-03-2012 15:29:45

3D pseudo kleinste kwadraten netwerk -- Projectie : Lokaal (Stereografisch) -- Ellipsoïde : Bessel 1841

PROJECT

G:\80\8012-0016-000\Tech\03 Move3 Grondslagmeting\02 Grondslagmeting Definitief\ENKEL sa 7mm reflectorloos
DEFINITIEF\8012-0016-000 Grondslag Twente Stadion TOTAAL.prj

STATIONS

Aantal (gedeeltelijk) bekende stations	47
Aantal onbekende stations	767
Totaal	814

WAARNEMINGEN

Richtingen	3495
Afstanden	3454
Zenithoeken	3509
Hoogteverschillen	6
Bekende coördinaten	141
Totaal	10605

ONBEKENDEN

Coördinaten	2442
Oriënteringen	96
Totaal	2538

Aantal voorwaarden 8067

VEREFFENING

Aantal iteraties	1
Max coord correctie in laatste iteratie	0.0000 m

TOETSING

Alfa (meer dimensionaal)	0.7824
Alfa 0 (een dimensionaal)	0.0500
Beta	0.80
Kritieke waarde W-toets	1.96
Kritieke waarde T-toets (3 dimensionaal)	1.89
Kritieke waarde T-toets (2 dimensionaal)	2.42
Kritieke waarde F-toets	0.99

F-toets 0.377 geaccepteerd

VARIANTIE COMPONENT ANALYSE

	Variantie Redundantie	
Terrestrisch	0.379	7977.7
Richtingen	0.370	2602.6
Afstanden	0.491	2660.6
Zenithoeken	0.276	2710.3
Hoogteverschillen	1.401	4.2
Bekende coördinaten	0.227	89.3

PROJECTIE EN ELLIPSOÏDE CONSTANTEN

Projectie Lokaal (Stereografisch)

Lengte oorsprong/centrale meridiaan	0 00 00.00000 O
Breedte oorsprong	0 00 00.00000 N
Projectie schaalfactor	1.000000000
Translatie Oost	2060.4167 m
Translatie Noord	5034.8630 m
Ellipsoïde	Bessel 1841
Halve lange as	6377397.1550 m
Inverse afplatting	299.152812800