

TNO DIANA rapport
2016-DIANA-R155917_V2

**Niet-lineaire Time History Analyse inclusief
versterkingsmaatregelen – ODS De Starter te
Groningen**


TNO DIANA ENGINEERING
TD/E
Vlamoven 34
6826 TN Arnhem
T +31 88 3426224

Head office
TNO DIANA BV
Delftechpark 19a
2628 XJ Delft
Netherlands

www.tnodiana.com

P +31 88 34262 00
F +31 88 34262 99

Datum 9 februari 2016

Auteur(s)  5.1.2e


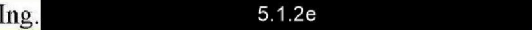
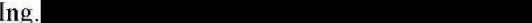
Aantal Pagina's 17

Aantal bijlagen 1.

Opdrachtgever Ingenieursbureau Dijkhuis

Project naam Niet-lineaire Time History Analyse inclusief versterkingsmaatregelen – ODS De Starter te Groningen

Project nummer 2016-DIANA-R155917_V2

	naam	Rev0	Rev1	Rev2	Rev3
datum		0701 2016	1201 2016	1801 2016	
opsteller	Ir 				
verificatie	Ing.  5.1.2e				
autorisatie	Ing. 				

All rights reserved.

No part of this publication may be reproduced and/or published by print, photoprint, microfilm or any other means without the previous written consent of TNO DIANA B.V.

In case this report was drafted on instructions, the rights and obligations of contracting parties are subject to either the General Terms and Conditions for Commissions given to TNO DIANA BV, or the relevant agreement concluded between the contracting parties. Submitting the report for inspection to parties who have a direct interest is permitted.

© TNO DIANA B.V.



INHOUD

1	Inleiding	4
1.1	Achtergrond	4
1.2	Voorgaand werk	4
1.3	Algemene informatie over de constructie	4
1.4	Resultaten van eerdere analyses	4
2	Uitgangspunten	5
2.1	Aangeleverde documenten	5
2.2	Ontwerp	5
2.3	Rekenmodeluitgangspunten	6
2.4	DIANA Modelopbouw	6
3	Resultaten onversterkt model	9
3.1	Onversterkt model	9
4	Resultaten versterkt model	10
4.1	Toegepaste versterkingsmaatregelen	10
4.2	Resultaten versterkte situatie	11
4.2.1	Eigenwaarden analyse	11
4.2.2	Algemene resultaten NLTH	12
4.2.3	Uitgebreide resultaten NLTH	14
5	Description of the seismic action	15
5.1	Input for the NLTH analyses	15
5.2	NLTH analysis including the soil behaviour	15
6	Conclusies en aanbevelingen	17
6.1	Conclusies	17
	Appendix A: krachten overzicht	
	Appendix B: Tekeningen	

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In opdracht van Ingenieursbureau Dijkhuis te Groningen heeft TD/E deze rapportage opgesteld. Een QuickScan naar de aardbevingsbestendigheid van ODS De Starter (aan de Paterswoldeseweg) te Groningen is uitgevoerd door Ingenieursbureau Dijkhuis. De versterkingsmaatregelen die hieruit volgen zijn bekeken door TD/E. Met behulp van een NLTH zal bekeken worden wat daadwerkelijk noodzakelijk is om te voldoen aan de NPR9998.

In deze rapportage wordt het casco getoetst. Glazen gevel en houten ombouw constructie worden niet behandeld. Deze worden beoordeeld door Dijkhuis.

1.2 Voorgaand werk

Ingenieursbureau Dijkhuis heeft een QuickScan naar de aardbevingsbestendigheid van ODS De Starter uitgevoerd. Dit betreft een lineaire toets met behulp van de Lateral Force Method. Tevens is een voorstel gedaan voor versterkingsmaatregelen om te kunnen voldoen aan de maatgevende belastingseis.

1.3 Algemene informatie over de constructie

De Starter betreft een 2-laags gebouw met kelder. De kelder is een betonnen bak gefundeerd op betonnen heipalen. De constructie bestaat uit metselwerk muren (steens en twee keer halfsteens metselwerk). De begane grondvloer en de verdiepingsvloer zijn betonnen vloeren en het dak bestaat uit een houten balklaag.

1.4 Resultaten van eerdere analyses

Zie 2.1: QuickScan aardbevingsbestendigheid De Starter

2 Uitgangspunten

2.1 Aangeleverde documenten

Tabel 2.1: Beschikbare gegevens

Doc. code	omschrijving	datum	(nr)
10139-A	QuickScan aardbevingsbestendigheid De Starter	06-03-15	
10139-A	Voorziening aardbeving de Starter	20-03-15	
10139-A	Tekeningen + opgave krachten van detaillering	24-11-15	
229746_34.0	Memo OBS De Starter (Arup)	22-12-15	
1316-0020-000	Rapportage Geotechnisch Veldwerk ODS	29-01-16	

2.2 Ontwerp

Tabel 2.2: Normuitgangspunten en belastingen

Aspect	omschrijving
Grenstoestand	Near Collapse (NC)
Gevolgsklasse	CC2
Referentie grondversnelling	0.09g
Factor $k_{ag} \cdot \gamma_M$	1.5 · 1.2
Rekenwaarde p_{ga}	0.23g
Gebruikte signalen	Signaal 1–7

Tabel 2.3: Materiaalbeschrijving

Materiaal	Omschrijving
Metselwerk	Zie NAM BfD Rev. 3
Staal	S235 (elastisch-plastisch met $f_y = 235$ MPa)
Beton	Lineair elastisch Beton ($E_{\text{gescheurd}} = 15000$ Mpa)
Hout	C18 (elastisch-plastisch met $f_y = 10$ MPa)

Tabel 2.4: bijbehorende documenten

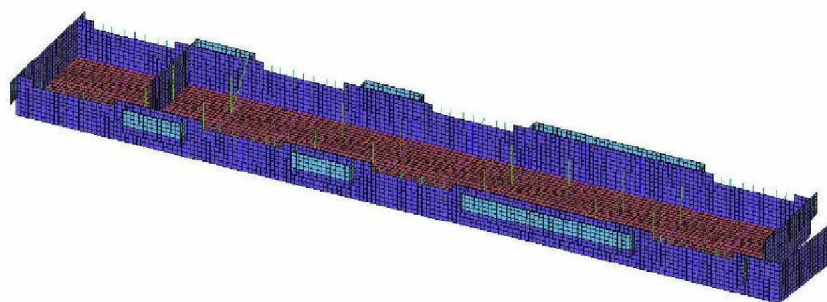
Aspect	omschrijving
Plattegrond	10139-A-BK-1-CONTROLE
Details	10139-A-BK-D1-CONTROLE

2.3 Rekenmodeluitgangspunten

Er is gebruik gemaakt van DIANA 10. Binnen de programmatuur wordt dagelijks een toets gedraaid van internationaal geaccepteerde benchmarks (www.tnodiana.com). DIANA is zeer geschikt voor het uitvoeren van zeer complexe niet-lineaire analyses. DIANA is onder andere in staat alle materialen te beschrijven, geometrisch niet-lineariteiten mee te nemen, statisch/dynamisch te rekenen en zowel grond als constructie te combineren in één berekening.

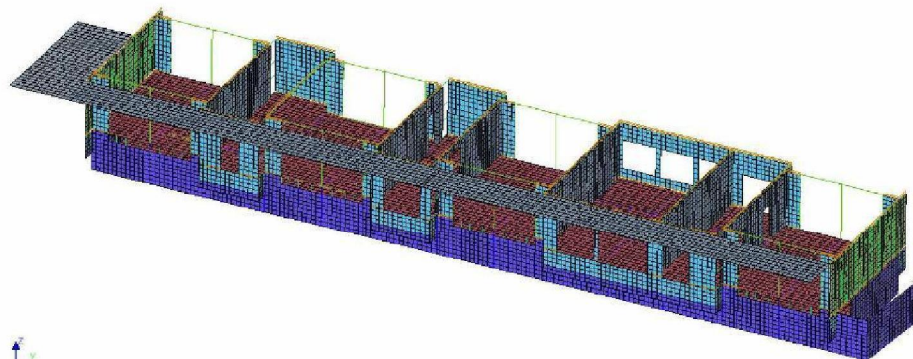
2.4 DIANA Modelopbouw

Het FE-model is opgebouwd met 2D elementen (curved shell elements), 1D elementen (Beam, truss en discrete spring elements), interface elementen en massa elementen.



Betonnen kelder + stalen kolommen

Bovenstaande afbeelding laat de betonnen kelderbak zien met betonnen en stalen kolommen. Het beton is lineair elastisch gehouden.



Begane grondvloer + metselwerkwallen

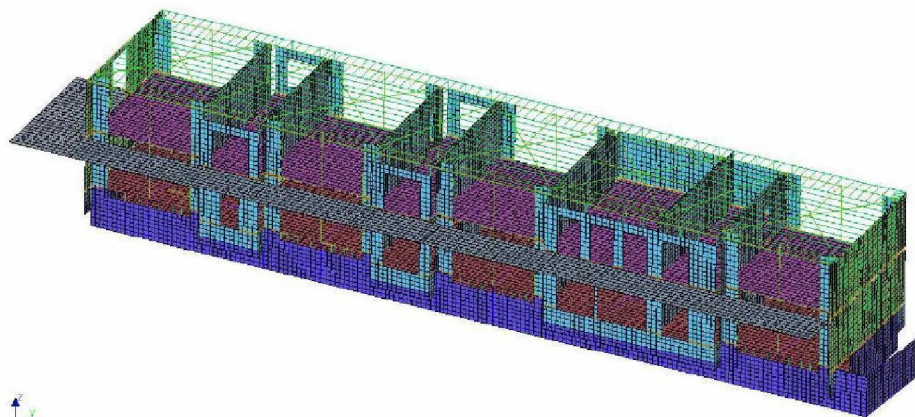
Bovenop de betonnen kelderbak zijn de metselwerkwallen toegevoegd van de begane grond. Van alle metselwerkwallen wordt het volledige niet-lineaire materiaal gedrag meegenomen. De wanden aan beide kopse kanten zijn spouwmuuren. Hiervan is het binnen spouwblad gemodelleerd en het buitenblad is meegenomen als massa die loodrecht op het binnenblad werkt. Deze twee binnenbladen zijn tevens versterkt met houten ribben (gemodelleerd met beam elementen). Voor de houten ribben is uitgegaan van een elastisch-plastisch gedrag met maximale spanning van 10 MPa (C18). (Voor een overzicht van de toegepaste versterkingen zie paragraaf 4.1.)

De verbindingen zijn gemodelleerd met interface elementen of discrete veren, waarbij een niet-lineair gedrag is opgegeven met een maximale capaciteit om verborgen krachten in het model te voorkomen.

Speciale aandacht is besteed aan de interactie van het staal met het metselwerk. De spanten zijn in werkelijkheid niet met het metselwerk verbonden. Dientengevolge zijn deze connecties in het rekenmodel eveneens niet met elkaar verbonden.

Het staalwerk in het gehele model is elastisch-plastisch gemodelleerd (S235).

De houten Kerto vloer is toegevoegd in het model om de massa correct mee te nemen en om te toetsen of de vloer niet afschuift van de ondersteunde “handjes”.

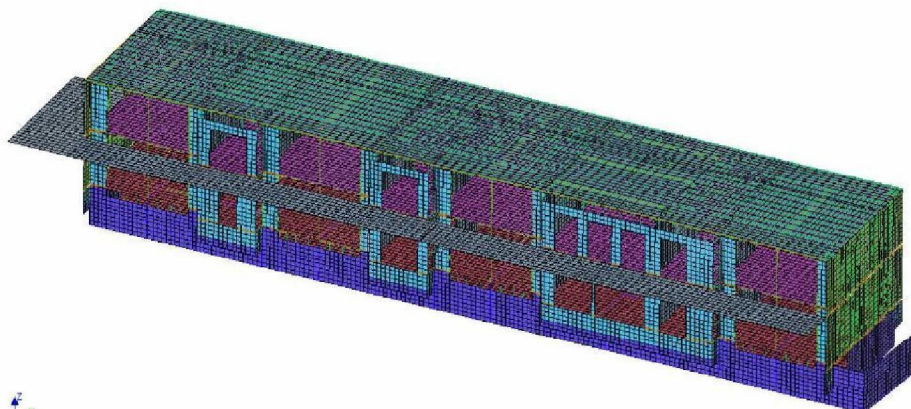


1^o verdiepingsvloer + metselwerkwallen + windverbanden dak

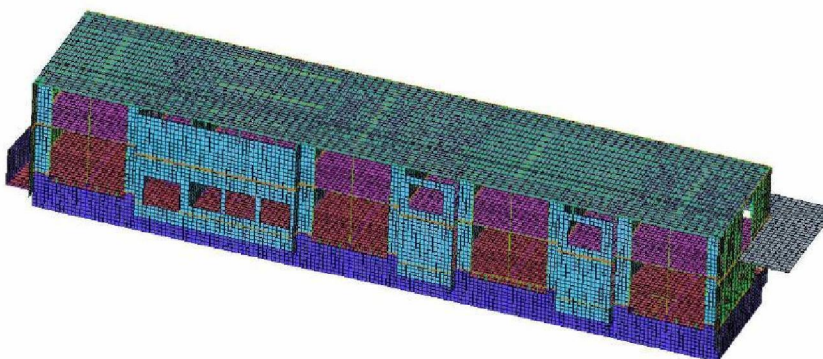
Bovenop de begane grond verdieping zijn de betonnen vloer en de metselwerkwallen toegevoegd. De binnenwallen in y-richting op de 1^o verdieping zijn versterkt met een glasvezelnet aan beide kanten van de wand (dit is gemodelleerd als embedded reinforcement).

Op de wallen ligt een houten balklaag. De stalen kruisverbanden zijn aan de houten balken verbonden via een interface om de koppeling te simuleren. Over de houten balken zijn houten dakplaten geplaatst. De afschuifmodulus van de dakplaten is sterk gereduceerd om een overschatting van de schijfwerking uit het dak te voorkomen.

Het dak van nieuwe aanbouw is in deze berekening niet meegenomen, omdat dit, in tegenstelling tot de Kerto vloer, niet naar beneden kan vallen als de verbinding (“handjes”) bezwijken. Het dak zal bij bezwijken van de verbindingen vrij gaan schuiven over het de ondersteuning maar zal nooit bezwijken.



Volledige constructie voorkant (oostgevel)

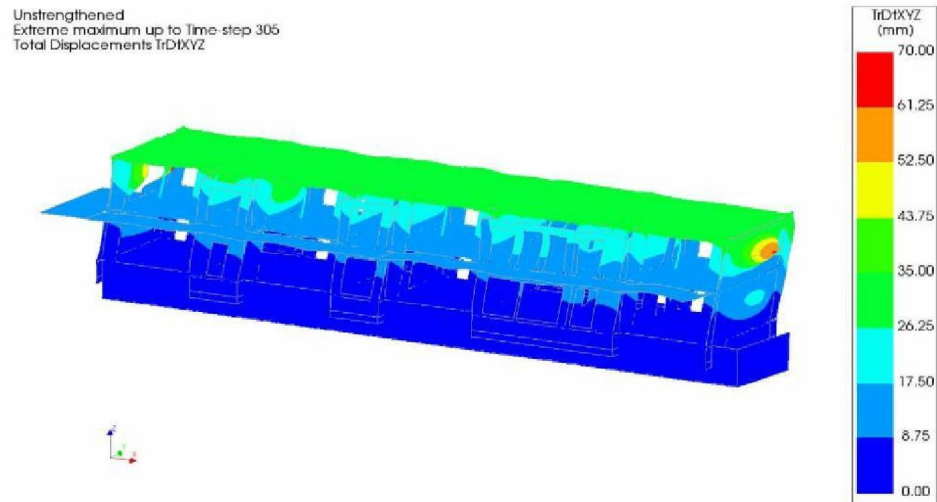


Volledige constructie achterkant (westgevel)

3 Resultaten onversterkt model

3.1 Onversterkt model

Als eerste berekening is het signaal aangebracht op het onversterkt gebouw om inzicht te verkrijgen in het gedrag en bezwijken van het gebouw.



Bovenstaande afbeelding laat de maximale vervorming zien gedurende het tijdssignaal ten opzichte van de grond. Hieruit worden een aantal zaken duidelijk:

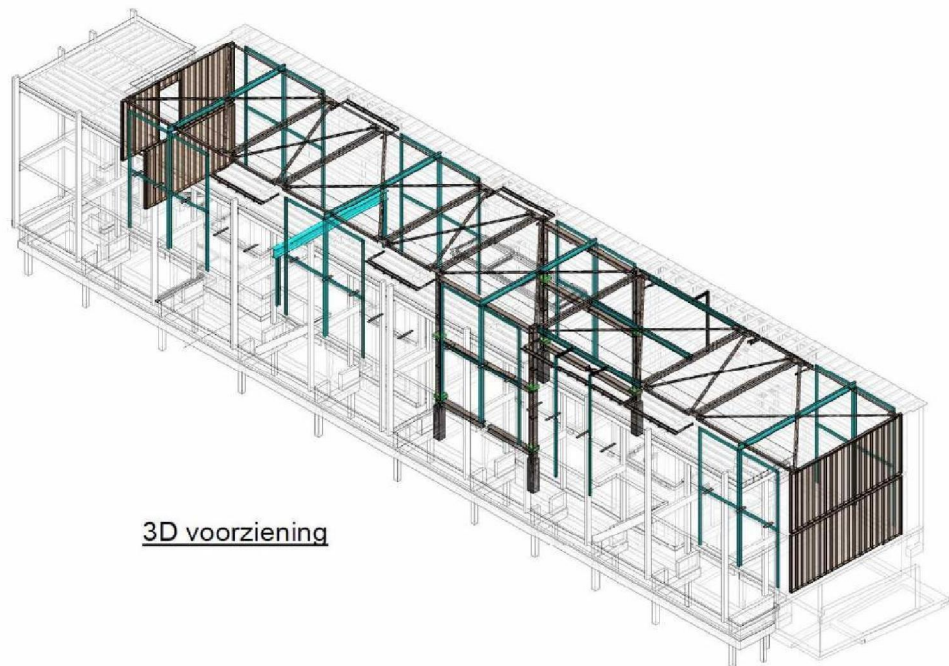
- langsrichting (x richting) van het gebouw is de dominante uitbuigingsvorm.
- de gevels en wanden bezwijken uit het vlak.
- de globale stabiliteit in de langsrichting (x richting) van het gebouw is ruim onvoldoende.

4 Resultaten versterkt model

4.1 Toegepaste versterkingsmaatregelen

Naar aanleiding van de resultaten onversterkt en overige analyses zijn de volgende maatregelen voorgesteld:

- Portaal in de voor en achtergevel van het casco ter plaatse van 1 beuk.
- Glasvezel laag aan beide zijden van de binnenwanden (op de eerste verdieping)
- Houten frame aan de binnenzijde van de linker en rechter buitengevel.
- Kruisverbanden toegevoegd in het dak. Dit dient vertikaal vastgebout te worden op elke balk aansluiting.
- Verbindingen toevoegen en verbeteren



3D voorziening

Een overzicht van de versterkingsmaatregelen is te vinden op bijgevoegde tekeningen in appendix B.

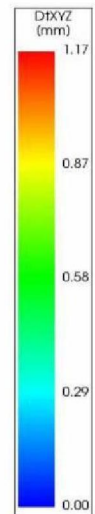
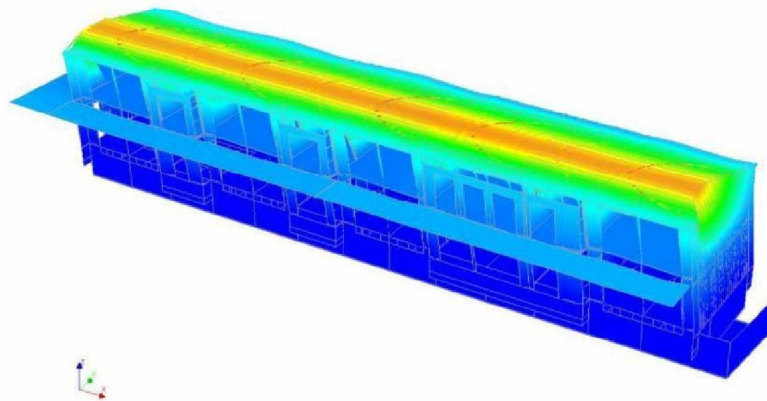
4.2 Resultaten versterkte situatie

4.2.1 Eigenwaarden analyse

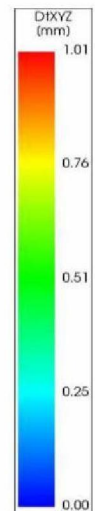
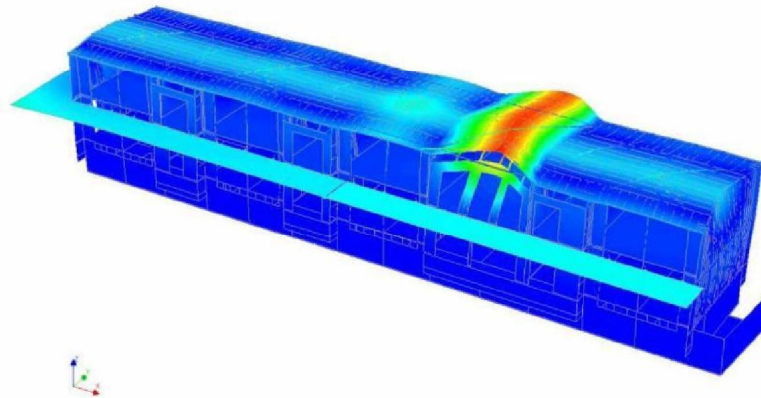
Tabel 2.1: Eigenwaarden

Mode	Frequency [Hz]	Periode [s]
1	3.84	0.261
2	6.17	0.162
3	6.23	0.161
4	6.71	0.149
5	6.86	0.146

Strengthened
Mode 1, Eigen value 3.8372
Total Displacements D1XYZ



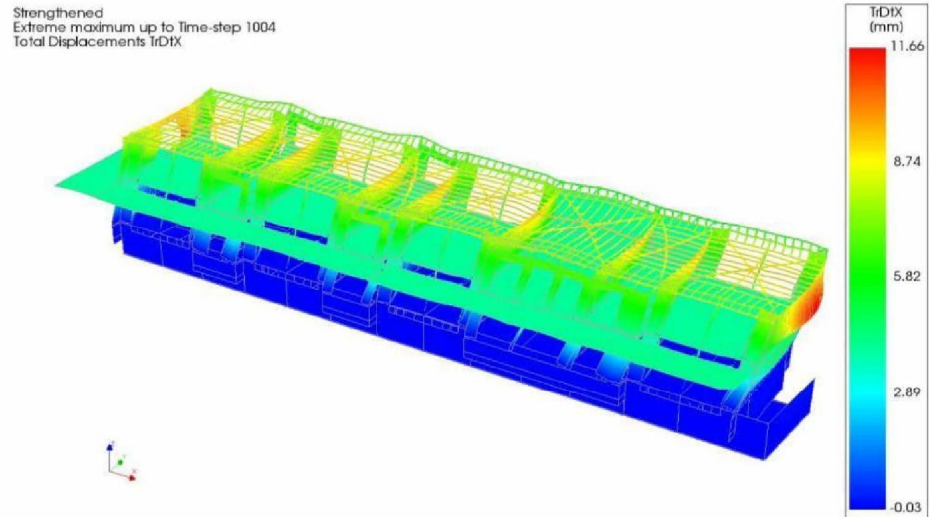
Strengthened
Mode 2, Eigen value 6.1702
Total Displacements D1XYZ



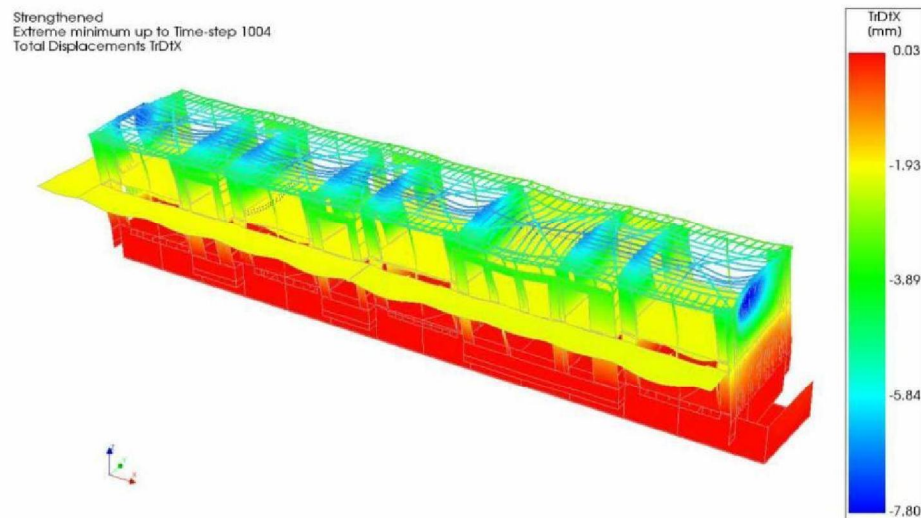
4.2.2 Algemene resultaten NLTH

De resultaten zijn dusdanig gekozen dat maatgevende uitvoer van de verschillende signalen is gepresenteerd. Dat houdt in dat een doorbuiging in een signaal maximaal kan zijn en dat er van bijvoorbeeld scheuren een ander signaal wordt afgebeeld omdat die maatgevend zijn in een ander tijdsignaal.

Maximale verplaatsing x-richting (dakplaten zijn niet getoond)

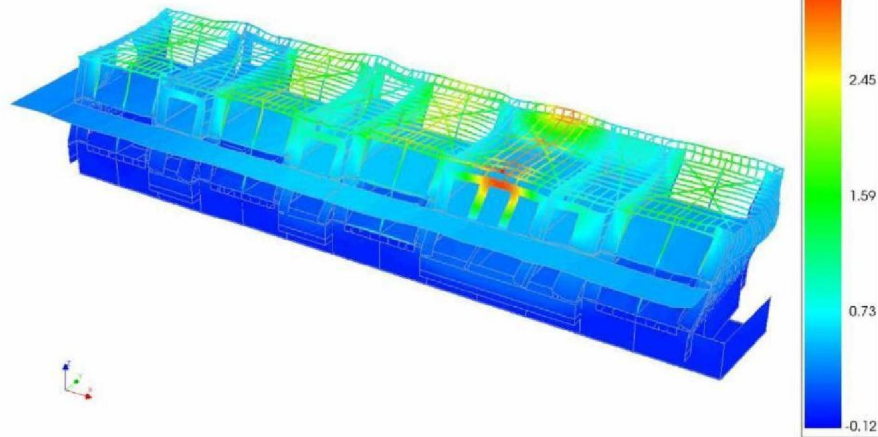


Minimale verplaatsing x-richting (dakplaten zijn niet getoond)



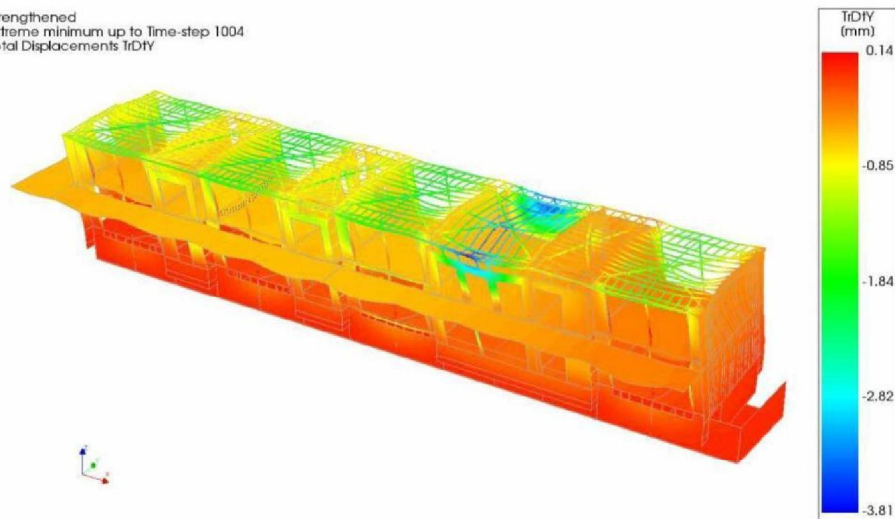
Maximale verplaatsing y-richting (dakplaten zijn niet getoond)

Strengthened
Extreme maximum up to Time-step 1004
Total Displacements TrDY



Minimale verplaatsing y-richting (dakplaten zijn niet getoond)

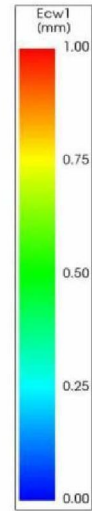
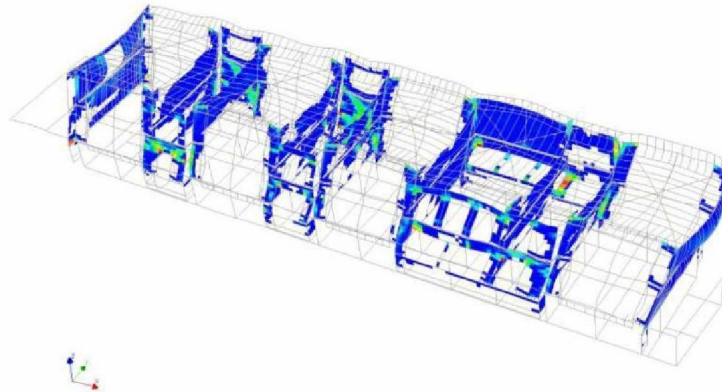
Strengthened
Extreme minimum up to Time-step 1004
Total Displacements TrDY



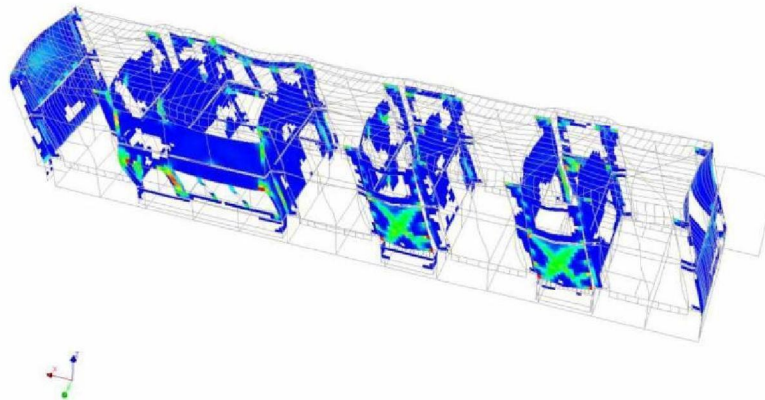
De getoonde verplaatsingen laten duidelijk de eerste twee eigen modes zien in de vervormingen waarbij mode 1 de dominante mode is.

Maximale scheurwijdte

ODS_NLTH
Extreme maximum up to Time-step 501
Crack-widths E_{cr1} layer 1



ODS_NLTH
Extreme maximum up to Time-step 501
Crack-widths E_{cr1} layer 1



4.2.3 Uitgebreide resultaten NLTH

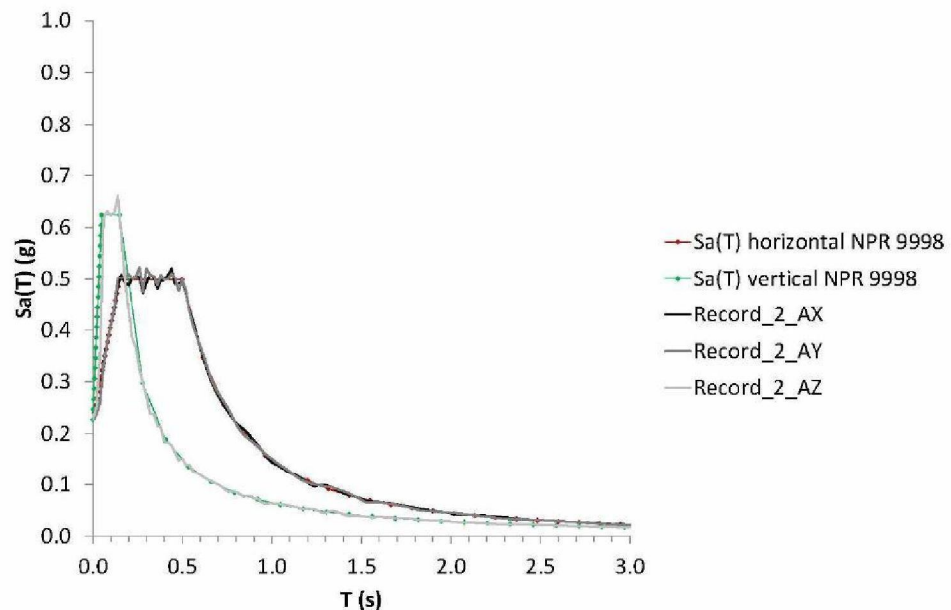
Overige resultaten zijn te vinden in appendix A

5 Description of the seismic action

5.1 Input for the NLTH analyses

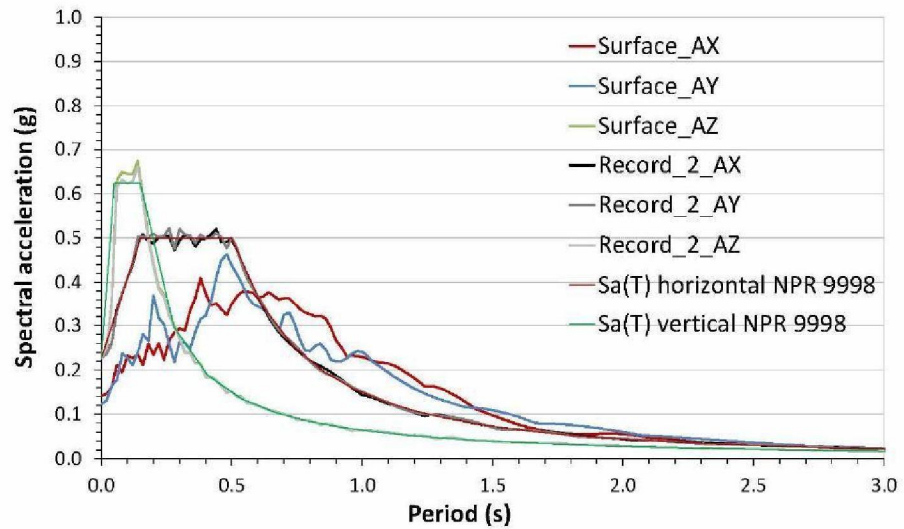
The seismic action is based on the prescriptions provided by the NPR 9998 and it is represented by 7 sets of accelerograms. The employed sets of accelerograms include three components (2 horizontal + 1 vertical direction) and respect the compatibility with the response spectrum described by the code for the case of non-linear time-history analysis of existing buildings.

The elastic response spectra (horizontal and vertical components) employed as a reference for the selected accelerograms are reported in the following figure. In the same graph, the elastic response spectra associated to one of the compatible set of accelerograms is also reported for comparison.

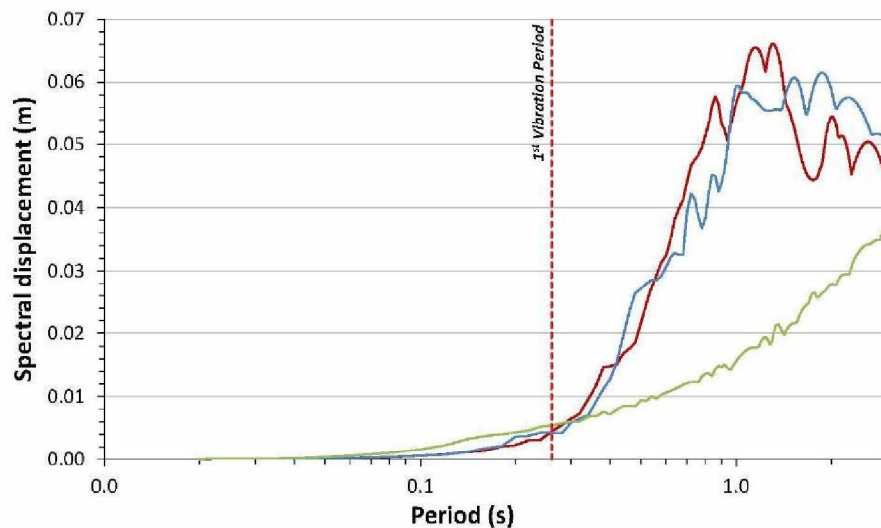


5.2 NLTH analysis including the soil behaviour

The verification of the structure included the effect of the foundational soil, according to the actual ground characteristics provided by in-situ geotechnical investigations. As an example, the response spectra obtained at the surface level are compared to the code-compatible elastic response spectra for one of the accelerogram sets.



The response spectra in terms of displacement are reported in the following plot (periods in logarithmic scale) for the horizontal and vertical components. These spectra provide an idea of the magnitude of displacement imposed by the earthquake to the structure at the base level. For each vibration period, the displacements at different height of the building may result to be amplified (or reduced) with respect to the base spectral displacement depending on the dynamic characteristics of the structure. In the same graph, the value of the 1st vibration period of the building is reported for comparison. The values that can be read from the displacement response spectra for a period of 0.26 s (about 5 mm) reflect the fact the building is characterized by a stiff behaviour.



6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

TD/E heeft in samenwerking met Dijkhuis versterkingen toegepast. Deze zijn doorgerekend en voldoen aan de gestelde eisen.

Speciale aandacht is besteed aan de interactie van het staal met het metselwerk. De spanten zijn in werkelijkheid niet met het metselwerk verbonden. Dientengevolge zijn deze connecties in het rekenmodel eveneens niet met elkaar verbonden.