

ing. Willem Blokdijk,
ing. Tim Schuurmans
Bouwadviesbureau
Strackee

Toelichting op schade aan funderingen en het nodige herstel van jaren 70-woningen



Herstel funderingen Naardense woningen

1 Voorbeeld van een van de woningen in het Jac. P. Thijsssepark

In het voorjaar van 2014 werd in een woning in Naarden ernstige schade aan de fundering geconstateerd. Ook in andere woningen bleek de fundering flinke gebreken te vertonen. Op enkele plaatsen waren urgente maatregelen noodzakelijk. In totaal worden 118 woningen hersteld.

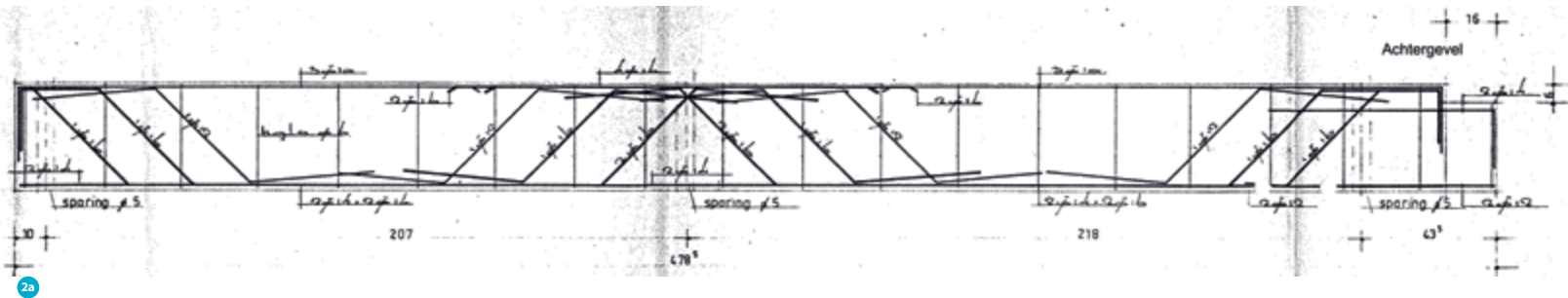
De betreffende woning bevindt zich in het Jac. P. Thijsssepark in Naarden en is onderdeel van een nieuwbouwplan uit 1974. Dit plan bestaat uit geschakelde, twee-onder-een-kapwoningen met twee woonlagen en een kapverdieping (foto 1).

Constructie bestaande woningen

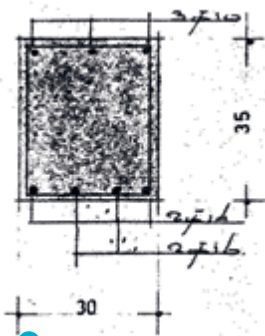
De fundering van de woningen bestaat uit een ter plaatse gestort betonnen balkenraster op korte palen. De voorgevelbalken (gevelschermen) spannen evenwijdig aan de vloer en zijn in prefab beton uitgevoerd. De beganegrondvloer is een combinatievloer, een zogenoemde balken-broodjesvloer. De eerste en tweede verdiepingvloer zijn prefab-betonvloeren. De kap is opgebouwd uit houten gordingen en dakplaten.

Van de woningen was in de archieven voldoende informatie beschikbaar (fig. 6). Daaruit bleek een voorgeschreven betonkwaliteit van K300, een gebruikelijke kwaliteit voor de periode waarin de woningen zijn gebouwd. Bij de voorgeschreven kwaliteit van de langswapening en opgebogen wapening is FeB 400 aangehouden. Deze wapening zou een profilering moeten hebben (fig. 3a).

- 2 Wapeningstekening funderingsbalk op drie palen, uit het archief
- 3 Vorm van wapening FeB 400, met profilering



2a



2b

Tabel 1 gegevens archief

staal FeB 400				
beton K 300				
cementsoort PC klasse A				
cement 325 kg/m ³				
betondekking	vloeren	wanden	balken	kolom
binnen	1,0	1,5	2,0	2,5
buiten	1,5	2,0	2,5	3,0
onzichtbaar	2,0	2,5	3,0	3,5

lijk was. Dit hoge chloridegehalte heeft in de geconstateerde (put) corrosie geresulteerd. Opvallend was dat dit met name bij de in het werk gestorte delen het geval was. De corrosie en het chloridegehalte van de prefab gevelschermen waren significant minder.

Beoordeling

Na de eerste inspecties is voorrang gegeven aan het inzichtelijk maken van de meest aangetaste woningen om een beeld van de veiligheid te krijgen. Binnen acht weken beoordeelde een onderzoeksteam van Bouwadviesbureau Strackee alle woningen, zowel visueel als op basis van berekeningen. Op basis hiervan is de urgentie van de verschillende woningen vastgelegd (fig. 7 en 8). Het gaat hierbij om in totaal 118 woningen. Er is onderscheid gemaakt tussen urgente en minder urgente woningen. De verslaglegging is gecompleteerd met foto's en een korte beschrijving van de aangetroffen situatie in de kruipruimte. Zaken als aanwezigheid van folie, leidingen, gebreken in de beganegrondvloer zijn hierbij vermeld.

Bij wapening van een lagere kwaliteit is geen profilering aanwezig. Voor de beugels is kwaliteit FeB 220 toegepast.

Schade

In hetzelfde project is al in 2008 – 2009 onderzoek uitgevoerd en zijn de funderingen van enkele woningen gerenoveerd. In 2014 moest de staat van de fundering opnieuw worden onderzocht. Hierbij is Bouwadviesbureau Strackee gevraagd door stichting Dudok Wonen om de fundering van één woning te inspecteren.

Direct na deze inspectie is het onderzoek opgeschaald naar meerdere woningen. De fundering van enkele geïnspecteerde woningen bleek van zeer slechte kwaliteit (foto's 4, 5, 6). Plaatselijk waren schollen beton van de balk afgedrukt. Bij sommige woningen was er sprake van 90% reductie van de wapeningsdoorsnede door corrosie. Soms werd forse aantasting geconstateerd vlakbij de oplegging op de paalkop van de balk.

Bij onderzoek naar de betonsamenstelling bleek het chloridegehalte te hoog, namelijk meer dan 0,4% van de cementmassa. Vermoedelijk is dit veroorzaakt door toevoeging van calciumchloride aan het beton als versneller, hetgeen in die tijd gebruikelijk was.

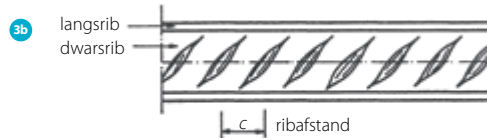
Urgente maatregelen

De urgente woningen waarvan niet via berekeningen kon worden aangetoond dat ze voldoende reservecapaciteit hadden, moesten direct worden versterkt. Hiertoe zijn stempels aangebracht naast de palen. Om de kracht van de stempels af te dragen, is een stempelstrook gestort tussen de palen. Uit een sondering met grondboring bleek dat de grond voldoende draagkrachtig was.

Bij vijf woningen moesten de balken direct worden versterkt. Hiertoe zijn de bestaande balken verbreed door aan de balken extra beton te storten, voorzien van nieuwe wapening. Daarvoor is een randkist geplaatst die kon worden afgesteund op de stempelstrook. Hierbij is ook gebruikgemaakt van kathodische bescherming.



getordeerd geribd betonstaal feb 400 HK



warmgewalst geribd betonstaal FeB 400 HWL



4



5



6

De bewoners hoefden voor deze maatregelen de woning niet te verlaten, waarmee de overlast zo veel mogelijk is beperkt. Alle werkzaamheden vonden plaats vanuit de kruipruimte

Constructie

Bij de eerste inspectie is nagegaan wat het bezwijkmechanisme van de funderingsbalk was, wanneer de onderwapening voor het grootste gedeelte loslag van de balk (dus vóór het saneren) en welke aspecten een rol speelden bij het afdragen van de belastingen naar de paalfundering.

Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de volgende funderingsbalken:

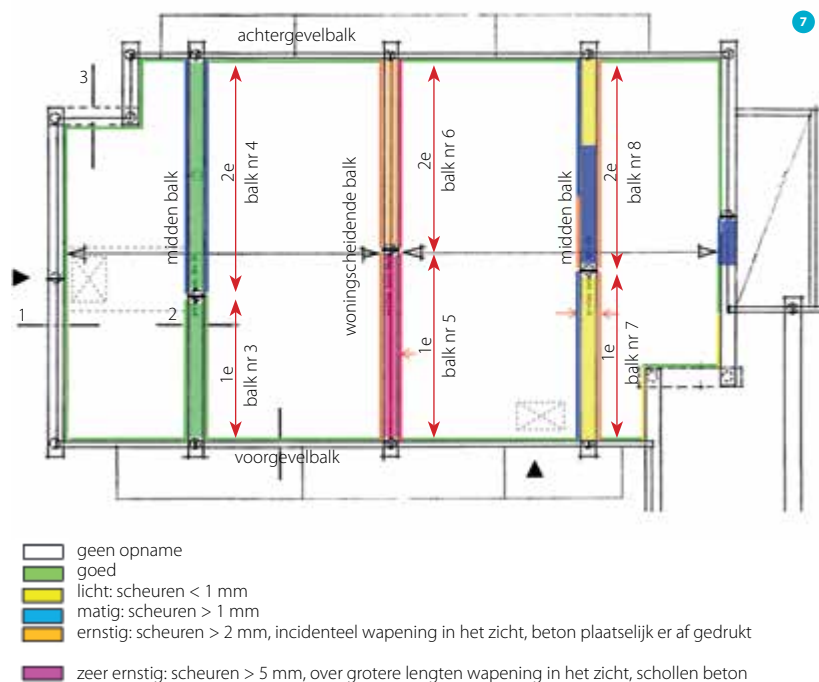
- De funderingsbalk van de kopgevel met veel dichte delen, een in verhouding lage belasting, en over het algemeen minder aangetaste delen.
- De funderingsbalk van de tussenmuur, waarbij de belasting via penanten naar de palen wordt afgedragen. Hierbij speelt dus dwarskracht, naast het veldmoment, een belangrijke rol.
- De funderingsbalk van de woningscheidende wand, waarbij de balk met name is gewapend op de uitvoeringsfase (1974) en waarin dus meer reserve aanwezig is. Voorwaarde hiervoor is wel dat er geen scheurvorming in de huidige toestand mag voorkomen in de woningscheidende wanden.

Minder urgente woningen

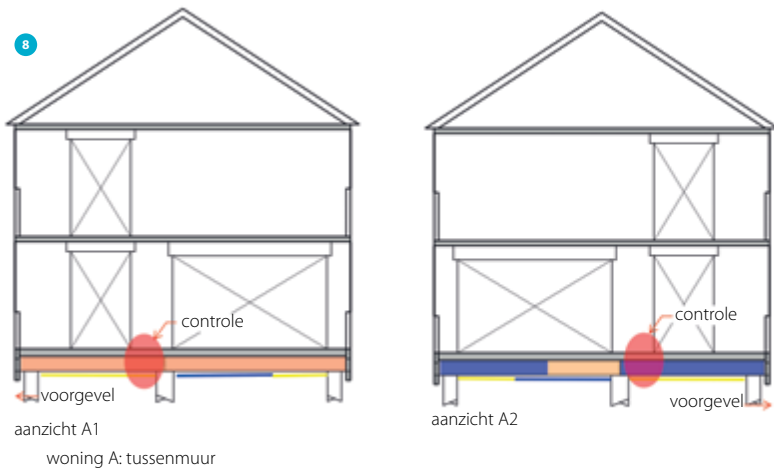
Nadat de meest urgente risico's waren weggenomen, kon in 2015 worden gestart met het herstel van de minder urgente woningen. Deze werkzaamheden zijn, conform het aanbestedingsbeleid van de stichting, meervoudig onderhands aanbesteed. Net als bij de urgente woningen was deskundigheid uit de markt inzake de uitvoering van het betonherstel gewenst. Er zijn vijf specialistische partijen geselecteerd om deel te nemen aan de aanbesteding. In de aanvraag werd verzocht de balken na herstel kathodisch te beschermen met een opofferingsanode voor een termijn van 25 jaar (fig. 15).

Het herstel van de balken (dat op moment van schrijven nog

altijd bezig is) bestaat uit het saneren van de bestaande betonbalken (fig. 13), vervolgens het aanbrengen van beugels en langswapening en het aanbrengen van de rolanode op de wape-ning. Vervolgens wordt de randkist gesteld en het beton gestort. Er zijn overzichten gemaakt van de mate van aantasting van de balkdelen en de wapening die moet worden bijgelegd (fig. 9). Hierin zijn alle balkdelen gekleurd en samengevat op basis van aantasting. Omcirkeld zijn de balkdelen die gestempeld moeten worden. De percentages in de vakjes is de geschatte aantasting. Om de hoeveelheid bijlegwapening te bepalen, is eerst archiefonderzoek uitgevoerd en zijn de oorspronkelijke dimensies en wapeningsconfiguratie bepaald. Vervolgens is de restwapening ingemeten om het schadepercentage vast te stellen (fig. 14). Op basis hiervan zijn de belastingen en optredende momenten en dwarskrachten berekend (foto's. 10, 11 en 12).



8



- 8 Resultaten beoordeling van een van de woningen. Bij de locaties waar controle staat aangegeven, is visueel geïnspecteerd en rekenkundig gecontroleerd
- 9 Aantasting funderingsbalken onderzochte balken

WONING		FUNDERINGSBALK															
Type	nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
B	229	1	1	4	20	3	0	4	30	3	35	3	0	4	20		
A	231																
B	235	1	1	4	15	3		6	60	7	70	4	15	3	1	1	
A	235																
B	237	1	1	4	9	3		2	1	4	9	3	2	1	1		
A	239																
B	241	1	1	1	1	2		4	20	4	30	3	4	5			
A	243																
B	245	1	1	1	1	3		4	15	4	15	4	20	3	1	1	
A	247																
B	249	2	1	1	1	3		3	1	4	20	2	2	2	1		
A	251																
B	253	2	1	1	4	20		4	50	3	4	45	4	20	2	1	
A	255																
B	257	1	1	1	4	20	2	4	30	4	30	4	25	4	25	1	1
A	259																
B	261	2	1	1	3	3		3	50	3	50	4	45	1			
A	263																
B	265	1	2	2	4	45		8	80	3	3	3	1	2	1		
A	267																
B	269	1	1	2	4	40	1	4	30	4	35	1	1	1	1		
A	271																
B	309	1	1	4	20	3		4	30	3	3	3	3	1	1		
A	311																
B	313	1	2	4	20	4	25	4	50	3	3	4	20	2	1		
A	315																
B	317	1	1	4	15	4	25	3	1	3	3	3	1	2	1		
A	319																
B	321	1	1	4	40	4	35	3	1								
A	323																
B	325	1	1	4	4	20	4	30	4	35	3	4	25	1	1		
A	327																
B	329	1	2	3	4	35	4	50	4	40	3	3	1	1	1		
A	331																
B	333	1	1	4	40	4	30	4	30	4	15	3	3	2	2		
A	335																
B	337	1	2	4	30	3	4	25	4	25	4	25	3	1	1		
A	339																
B	341	1	2	4	4	4	20	4	25	4	4	25	2	1			
A	343																
B	345	1	1	4	10	4	70	3	4	30	3	4	25	2	1		
A	347																
B	349	1	1	2	3	3		3	35	3	4	20	1	2			
A	351																

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAAL
Herstel/ KB	1	18	17	0	5	1	3	2	3	10	36
	2	3	5	3	1	1	2	0	1	2	27
Volledig herstel	3	0	0	3	5	5	4	11	7	0	35
	4	0	0	0	10	10	14	3	9	0	59
	5	0	0	1	1	4	1	0	0	0	7

9

Tabel 2

artikel	titel artikel	cat. ¹⁾	opmerking	voorstel voor NEN 8702
9.2.2 (1)	Dwarskrachtwapening	3	Toepassingsgebied dwarskrachtwapening beperkt tot alfa is 45 tot 90 graden.	Verruimen toepassingsgebied met bijbehorende aanvullende eisen.
9.2.2 (4)	Dwarskrachtwapening	3	Bestaande constructies hebben soms alleen opgebogen wapening als dwarskrachtwapening. Volgens hier vermelde eis mag dat niet.	Voor bestaande bouw eisen laten vervallen of aanvullende eisen geven.
9.2.2 (5)	Dwarskrachtwapening	3	Eis voor pw,min laten vervallen en via aanvullende rekenregels voor dwarskracht invulling geven aan eisen.	Voor bestaande bouw eisen laten vervallen.

¹⁾ categorie 3: invulling anders voor bestaand (bijv. bestaan van alleen opgebogen wapening als dwarskrachtwapening)

NEN 8702

Na de eerste fase is een aangepast uitvoeringsvoorstel ingebracht (voorbereid door ABT). Hierbij werd duidelijk dat de bestaande wapening niet voldeed aan de huidige detailleringregels volgens NEN-EN 1992-1-1. Het ging daarbij om:

- Artikel 9.2.2 (4) Ten minste de helft van de dwarskrachtwapening dient uit beugels te bestaan. In dit geval bestaat de dwarskrachtwapening uit opgebogen wapening.
- Artikel 9.2.2 (5) De eis wat betreft de minimumdwarskrachtwapening.
- Artikel 9.2.2 (7) De toegepaste h.o.h.-afstand van de beugels is in de bestaande toestand groter dan vereist.

Bij constructieve delen van de betonfundering waarvan beugels zijn gecorrodeerd, en conform de detailleringregels feitelijk moesten worden vervangen, is gebruikgemaakt van de informatie die in NEN 8702 zal verschijnen. Deze norm moet op het moment van schrijven van dit artikel echter nog voor commentaar worden gepubliceerd. De basis voor het inzicht is een brief van TNO aan TGB constructies met een inventarisatie van knelpunten uit NEN-EN 1992-1-1 en NEN-EN 1992-2 voor bestaande bouw. Een deel van die voorstellen staat in tabel 1. Aangezien de informatie uit NEN 8702 nog geen formele status heeft en het nog geen onderdeel van het Bouwbesluit betreft, zijn aanpassing in overleg en na goedkeuring door de gemeente Naarden doorgevoerd.

Er zijn afspraken gemaakt wanneer extra beugels wel of niet noodzakelijk waren. Op de plaatsen waar de dwarskracht laag is, maar de wapeningsdetaillering van de beugels niet conform het Bouwbesluit is, is besloten geen beugels bij te plaatsen. Op de locaties waar dwarskracht een rol speelt in de krachtsafdracht, zoals naast de penanten richting de afdracht van de palen, moesten wel extra beugels worden toegevoegd.

Voorbeeldberekening

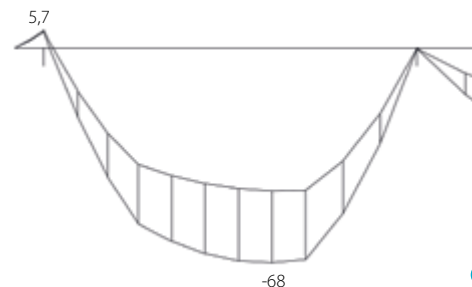
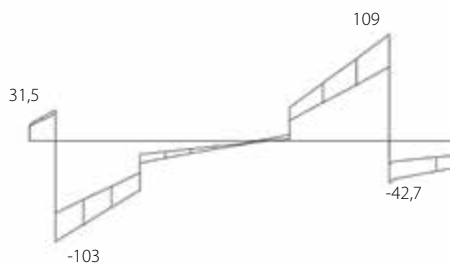
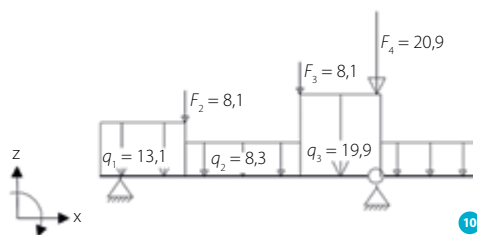
Als voorbeeld is een berekening van één van de balken nader uitgewerkt.

Uitgangspunten ten behoeve van opneembaar moment

- b = breedte doorsnede = 300 mm
- h = hoogte = 350 mm
- c = dekking = 20 mm
- \varnothing_{bgl} = diameter beugels = 6 mm

- 10 Extreme veranderlijke belasting van een berekende balk (in kN/m en kN)
 11 Dwarskrachtenlijn van een berekende balk in kN
 12 Momentenlijn van een berekende balk (in kNm)

- 13 Gesaneerde balk
 14 Inmeten restwapening
 15 Plakanode op funderingsbalk



13

14

15

- \varnothing_{ow} = diameter hoofdwapening onder = 24 mm
- d = nuttige hoogte = $h - c - \varnothing_{bglk} - \frac{1}{2} \varnothing_{ow} = 312$ mm
- f_{ck} = karakteristieke cilinderdruksterkte = 20 N/mm²
- $A_{s,l}$ = oppervlakte doorsnede langwapening, volgens archief $2 \times \varnothing 22 + 2 \times \varnothing 24 = 1665$ mm²
- $A_{s,l-60\%}$ = oppervlakte doorsnede langwapening na sanering = $1 \times \varnothing 14 + 1 \times \varnothing 14 + 1 \times \varnothing 16 + 1 \times \varnothing 14$ (60% van wapening aangetast) = 663 mm²
- f_{yd} = rekenwaarde vloeigrens betonstaal = 348 N/mm²
- f_{cd} = rekenwaarde druksterkte beton = 13,3 N/mm²

met:

$$x_u = A_s \frac{f_{yd}}{0,75} b f_{cd} = 77 \text{ mm}$$

$$N_s = N_c$$

$$A_s f_{yd} = 0,75 x_u f_{cd} b$$

$$z = d - \frac{7}{18} x_u = 282 \text{ mm}$$

wordt:

$$M_{rd} = z A_s F_{yd} \cdot 10^{-6} = 65,21 \text{ kNm} [F_{yd} \cdot 10^{-6}]$$

- waarin:
- x_u = hoogte betondrukzone
 - N_s = kracht in betonstaal
 - N_c = kracht in betondrukzone
 - M_{Rd} = buigendmomentweerstand

Het berekende optredende buigend moment is 68,0 kNm. Hierbij is de UC dus $68,0/65,21 = 1,04$ en voldoet de vloer dus niet.

Met bijlegwapening

Met bijlegwapening van 2 staven $\varnothing 12$ (226 mm²):

- d = 312 mm (staven worden in dit geval op dezelfde hoogte gelegd)
- $A_{s,l}$ = 664 + 226 = 890 mm²
- x_u = 77 mm
- z = 282 mm
- M_{rd} = 87,41 kNm
- UC = $\frac{68}{87,41} = 0,78$

Hiermee voldoet de constructie dus.

Overlast beperkt

Een te hoog chloridegehalte in funderingen, een probleem dat in jaren 70-woningen nogal eens voorkwam, kan leiden tot flinke schade en de noodzaak tot ingrijpend herstel. Voor de onderhavige 118 woningen is dat herstel op het moment van schrijven nog altijd bezig. Toch is gebleken dat, mede dankzij nieuwe inzichten en normen, de overlast kan worden beperkt. ☒

PROJECTGEGEVENS

- opdrachtgever Dudok Wonen
- constructieadvies Bouwadviesbureau Strackee
- uitvoeringsadvies ABT
- aannemer herstel urgente woningen Ervas International B.V.
- aannemer herstel minder urgente woningen Vogel BV