



Aan de Merwedestraat in Arnhem stond een oude textielfabriek uit 1937. Door een brand medio 2012 is de bovenbouw geheel verwoest. Alleen de beganegrondvloer en fundering zijn behouden gebleven. De vraag rees of de fundering kon worden hergebruikt voor een nieuw te bouwen stalen hal.

Hergebruik fundering van oud fabriekspand in Arnhem onderzocht

Proefbelasting textielfabriek

De beoogde nieuwe hal bestaat uit drie kleine bedrijfsunits met een licht industriële functie. De ontwerpers van de bestaande fundering is, dat deze de belasting van de nieuwe hal moet kunnen dragen plus een variabele vloerbelasting van 3 kN/m^2 . De capaciteit van de bestaande vloer bleek te moeten worden versterkt met een druklaag. De capaciteit van de funderingsbalken en de funderingspalen is nader onderzocht om na te gaan of deze kon worden hergebruikt.

Bestaande situatie

De oude textielfabriek is gefundeerd op palen en was oorspronkelijk niet onderkelderd. In de Tweede Wereldoorlog is een kelder onder de beganegrondvloer gegraven ten behoeve van champignonenteelt. Bijzonder is dat er gebruik is gemaakt van prefab funderingspalen, wat in die tijd niet gebruikelijk was. Bij het zien van de 'overblijfselen' van het pand zou de conclusie kunnen worden getrokken, dat sloop de beste optie zou zijn. Een troosteloze aanblik van een donkere, natte kelder, waar de gevolgen van de brand nog duidelijk zichtbaar zijn (foto 1).

Van het pand zijn geen gegevens meer beschikbaar. Van de oorspronkelijke liggers (funderingsbalken) kon slechts de onderwapening met zekerheid worden bepaald, omdat deze alleen zijn te benaderen vanuit de kelder. De dwarskrachtwapening was zeer grillig verdeeld. Wat betreft het draagvermogen van de funderingspalen was er nog meer onzekerheid. Wat is het draagvermogen? Wat is het paalpuntniveau? Is er een verzwaarde voet toegepast (wat niet ongebruikelijk was voor die tijd)?

Bij een verkennende berekening, gemaakt volgens NEN 6702 en conservatieve aannamen van staalkwaliteit en betonsterkteklasse (FeB220 en B25), was de conclusie dat er anderhalf keer zoveel hoofdwapening dan nu aanwezig moest worden toegepast om de liggers te laten voldoen. Slopen zou in dat geval een betere optie zijn.

Plan van aanpak

Om na te gaan of sloop kon worden voorkomen, is onderzocht wat de mogelijkheden waren de fundering te hergebruiken. Er is een plan van aanpak opgesteld dat erop was gericht ter plaatse onderzoek te doen naar de materiaalkundige eigenschappen van de liggers. Op grond van de gemeten materiaal-eigenschappen zijn nieuwe controleberekeningen gemaakt. Voor de constructieve controleberekeningen is NEN 8700 (Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur – Grondslagen) toegepast in combinatie met de Eurocode. De fundering is getoetst op 'verbouwniveau' als omschreven in NEN 8700. Om de resultaten die uit de herberekening volgden te bevestigen, is er tot slot een proefbelasting uitgevoerd. Deze proefbelasting werd noodzakelijk geacht, omdat de materiaalkwaliteiten en toegepaste wapening niet volledig en met zekerheid konden worden vastgesteld. Het aantal meetgegevens was te beperkt voor een reguliere statistische interpretatie.

De proef is tevens ingezet om een bevestiging te krijgen van de aanname dat de draagkracht van de palen voldoende is voor de nieuwe situatie. Door het uitvoeren van de proefbelasting was nader onderzoek naar de draagkracht van de ondergrond en vaststellen van paalspecificaties niet meer noodzakelijk.

Voor aanvang van het onderzoek en de beproeving is de genoemde aanpak besproken met de goedkeurende instantie. Zij hebben direct bij aanvang aangegeven open te staan voor een toepassing van NEN 8700. Deze houding heeft bijgedragen aan een goed verloop van deze onderzoeks aanpak.

Veiligheidsfilosofie bestaande bouw



In 2012 is het Cementartikel 'Veiligheidsfilosofie bestaande bouw' verschenen. Hierin wordt dieper ingegaan op NEN 8700. Dit artikel is te raadplegen op www.cementonline.nl.

Tabel 1 Schiethamermetingen

aantal metingen	gemiddelde [N/mm ²]	mediaan [N/mm ²]	standaarddeviatie [N/mm ²]
225	46	47	9

Onderzoek en controleberekening

Eerst is onderzoek verricht naar de kwaliteit van het beton en het wapeningsstaal. De betonsterkteklasse is door middel van 19 × 9 schiethamermetingen vastgesteld. Hieruit volgde een betonsterkte van C28/35. Eén en ander is weergegeven in tabel 1. Op één staaf zijn hardheidsmetingen verricht waaruit een staalkwaliteit FeB400 werd bepaald.

Vervolgens zijn controleberekeningen opgesteld met als basis NEN 8700. Deze norm voor de beoordeling van bestaande bouw, moet worden gebruikt in combinatie met de Eurocode. De norm is geschreven om het mogelijk te maken constructies van bestaande gebouwen in bijzondere situaties te hergebruiken. Dit in het geval dat er niet kan worden voldaan aan de eisen uit het Bouwbesluit en bijbehorende Eurocodes die voor



nieuwbouw van kracht zijn. Er wordt in NEN 8700 onderscheid gemaakt in een ‘verbouwniveau’ en een ‘afkeurniveau’. Omdat het in dit geval hergebruik voor langere termijn betreft, is voor de toetsing het verbouwniveau van kracht.

Voor de controleberekening zijn de volgende specificaties van gebruik en gevolgklasse vastgesteld:

- Gebruiksfunctie: Industriegebouw één verdieping
- Gevolgklasse: CC1

Op grond van deze niveaus kon worden gerekend met belastingfactoren uit NEN 8700 (tabel 2). Op basis van dit verbouwniveau en de gemeten materiaaleigenschappen zijn berekeningen gemaakt waaruit bleek dat de hoofdwapening voldoet (tabel 3).

Proefbelasting

Er bleef onzekerheid bestaan over de dwarskrachtcapaciteit van de liggers. Daarom is besloten deze capaciteit te toetsen door middel van een proefbelasting, een mogelijkheid die in NEN 8700 is opgenomen (bijlage E.8). Zo kon tevens worden getoetst of de aannamen in de berekeningen juist waren. In de proef is ook een opstelling opgenomen waarbij de draagkracht van de funderingspalen wordt getoetst, door de volledige belasting uit de bovenbouw op één funderingspaal te plaatsen. Er is voor slechts één paal gekozen, omdat de aard en de lay-out van het oorspronkelijke gebouw geen aanleiding gaf te veronderstellen dat er destijds verschillen tussen onderlinge funderingspalen zijn toegepast. De mate van proefbelasten is van tevoren aan de toetsende instantie voorgelegd.

Tabel 2 Belastingcombinaties blijvende en tijdelijke ontwerp situaties

veiligheidsniveau	klasse	ongunstig	gunstig	bel. anders dan wind	var. bel. wind maatgevend
nieuw	CC1 (6.10a)	1,20 G_k	0,9 G_k	1,35 $Q_{k,1}$	1,35 $Q_{k,wind}$
nieuw	CC1 (6.10b)	1,10 G_k	0,9 G_k	1,35 $Q_{k,1}$	1,35 $Q_{k,wind}$
verbouw	CC1 (6.10a)	1,15 G_k	0,9 G_k	1,10 $Q_{k,1}$	1,20 $Q_{k,wind}$
verbouw	CC1 (6.10b)	1,05 G_k	0,9 G_k	1,10 $Q_{k,1}$	1,20 $Q_{k,wind}$

Tabel 3 Berekeningen volgens TGB en verbouwniveau NEN 8700

toegepaste normen	staalkwaliteit	betonsterkte	benodigde hoofdwapening [mm ²]	aanwezig hoofdwapening [mm ²]
voorafgaand aan onderzoek: TGB 1990 + NEN 6702	FeB220	B25	1571 ($\times 220/400=864$)	942
berekening met onderzoeksgegevens: Eurocode + NEN 8700	FeB400	C28/35	670	942



Eind december 2012 is in Arnhem op de bestaande constructie een proefbelasting uitgevoerd, waarbij twee liggers en een funderingspaal zijn belast. Uitgangspunt was een variabele vloerbelasting van $q_{rep} = 3,0 \text{ kN/m}^2$. Tevens moest de funderingsconstructie het gewicht van een stalen hal en een druklaag (om de vloer te versterken) kunnen dragen.

Voor de proefbelasting is gebruikgemaakt van 160 mm hoge stelconplaten van 1520 kg per stuk (foto 2). Berekend is dat er 18 stelconplaten moesten worden geplaatst (3 m hoog) ter plaatse van de funderingspaal. Ter plaatse van de liggers is berekend dat bij 6 stelconplaten een dwarskracht en maximaal moment zouden optreden vergelijkbaar met de waarden die in de controleberekening zijn getoetst en zijn bepaald op basis van verbouwniveau (tabel 4).

Als te beproeven ligger is gekozen voor de ligger aan een randveld. Dit was immers de meest ongunstige ligger met betrekking tot de draagkracht. In dit veld zijn ook de palen beproefd (fig. 3).

De proefbelasting heeft gedurende drie dagen op de funderingspaal gestaan. De vervorming van de funderingspaal moest gedurende de proefbelasting constant zijn. Voor de gehele funderingsconstructie gold, dat de vervorming van de constructie elastisch moet zijn en dus na het verwijderen van de belasting weer terug moet komen in de oorspronkelijke situatie.

Alvorens de belasting op de fundering van de oude textielfabriek te plaatsen, is eerst een nulmeting verricht. Hierna is de belasting op de liggers en de funderingspaal geplaatst met behulp van een mobiele kraan (foto 4). Vervolgens zijn dagelijks de vervormingen gemeten (tabel 5).

Resultaten

Na drie dagen is de proefbelasting van de fundering verwijderd. De liggers en de funderingspaal keerden vervolgens in hun oorspronkelijke positie terug. Er is dus geen blijvende vervorming opgetreden. Vastgesteld kon worden dat de gemeten zetting van de funderingspaal slechts de elastische verkorting van de paal is geweest en er geen plastische vervorming onder het puntniveau heeft plaatsgevonden. Daarbij komt dat het gebouw gedurende zeventig jaar in deze



- 3 Locatie proefbelasting op ligger (A en B) en funderingspaal (C)
- 4 Plaatsing van de belasting op de liggers en de funderingspaal

hoedanigheid heeft gestaan en voor diverse doeleinden is gebruikt. Tijdens zijn gebruik is de fundering dus al op allerlei mogelijke wijzen 'proefbelast'. Zo hebben gietijzeren weefgetouwen en textielballen op de constructie gestaan en is er tijdens de sloop een mobiele kraan van 8 ton overheen gereden. Er zijn in de huidige situatie geen tekenen van bezwijken of overbelasting geconstateerd. Dit duidt erop dat de belasting kon worden opgenomen. Zeker als in acht wordt genomen dat de nieuwe ontwerpbelasting van $q_{rep}=3,0 \text{ kN/m}^2$ relatief laag is voor een industriële functie. De aanwezige belasting in de periode van gebruik als textiel fabriek was zeer waarschijnlijk hoger.

Conclusie: geen sloop nodig!

Door het proefbelasten van de funderingsconstructie, in combinatie met de controleberekening volgens NEN 8700 en het materiaalkundig onderzoek, is aangetoond dat de funderingsconstructie geschikt is voor hergebruik. Dit is naast een forse kostenbesparing voor de opdrachtgever ook een duurzame oplossing, omdat er geen sloop en nieuwbouw van de fundering nodig is.

Gezien de beperkte omvang van het project was het economisch en praktisch gezien niet mogelijk om het materiaalonderzoek voor het volledige gebouw uit te voeren. Eveneens zou een 100%-beproeving een dusdanig omvangrijke en kostbare zaak worden, dat dit hergebruik zou uitsluiten. Door de gegevens – die volgen uit voormalig gebruik van het oorspronkelijke gebouw, een beperkt materiaalonderzoek, de herberekening volgens NEN 8700 en de proefbelasting – gezamenlijk te interpreteren, is de conclusie gerechtvaardigd dat hergebruik voor de gegeven situatie verantwoord is.

De gekozen aanpak heeft het mogelijk gemaakt om met beperkt financiële middelen voldoende inzicht te krijgen in de draagkracht van de funderingsconstructie, waardoor hergebruik is toegestaan. ☒

Tabel 4 Tabel ter vergelijking daadwerkelijke belasting bij verbouwniveau en bij proefbelasting

	verbouwniveau	proefbelasting
M_{max} [kNm]	79	91
F_{max} [kN]	158	166
vervorming [mm]	-8,5	-11,6
hoofdwapening A_b [mm ²]	670	784

Tabel 5 Gemeten vervorming gedurende de proefbelasting

	24 uur	48 uur	72 uur	onbelast
ligger A	-2 mm	-2 mm	-2 mm	0 mm
ligger B	-2 mm	-2 mm	-2 mm	-1 mm ¹⁾
funderingspaal C	-2 mm	-2 mm	-2 mm	0 mm

¹⁾ De gemeten vervorming valt binnen de foutmarges van de meting.

PROJECTGEGEVENS

project textiel fabriek Arnhem

opdrachtgever Kuijpersbouw Heteren

constructeur Bartels Ingenieurs voor Bouw & Infra

toetsende instantie Gemeente Arnhem