

---

# ‘Spleetcorrosie’ prefab- betonconstructies

---

Oorzaken en gevolgen van corrosie in de verbinding van prefab  
elementen met de hoofdraagconstructie



*Dat betonconstructies niet het eeuwige leven hebben is onder constructeurs wel bekend.*

*Maar dat er met regelmaat prefab-betonconstructies van een gebouw vallen door corrosie van bevestigingsmiddelen of wapening in de spleet tussen prefab element en hoofdconstructie is minder bekend. In dit artikel worden aan de hand van vier cases diverse ernstige gevallen behandeld. Hieruit volgen oorzaken van bezwijken en aanbevelingen voor risicogestuurd onderzoek.*

### Case 1: Bezweken borstwering van galerijflat

In januari 2020 bezweek een meer dan 300 kg wegende betonnen borstwering van het noodtrappenhuis van een galerijflat in het westen van het land en deze viel vanaf de negende verdieping op het maaiveld (foto 1 en 2). Het betreft een woongebouw uit 1964 van tien woonlagen met 220 galerijwoningen boven een bergingslaag.

De prefab elementen zijn opgelegd op een opstort (schrobrand) van de galerij en verbonden met koppelstaven  $\varnothing 12$  in gains  $25 \times 40 \text{ mm}^2$  hart-op-hart 500 mm (fig. 3). De schuine borstweringselementen van de noodtrappenhuisen zijn opgelegd op de galerij en het tussenbordes. Het schuine element is horizontaal 1,65 m lang (twee gains), de standaardelementen op de galerij zijn 1,99 m lang (vier gains).

**Inspectie** Direct na het incident volgde een acute inspectie. Hieruit bleek het volgende:

- Bij de oplegging, ter plaatse van de opstort was de enkele koppelstaaf afgenomen van  $\varnothing 12$  tot een restdiameter van 1,0 mm. Wat over was van de staaf is bezweken (foto 4).
- Voor de val was geen oplegmortel meer aanwezig onder de oplegging van het borstweringselement, oftewel op de opstort van de galerij (zichtbaar op foto's van renovatie-aannemer vlak voor de val).
- De koppelwapening vanuit de opstort van de galerij was 10–15 cm opzij gebogen om in de gain van het borstweringselement van de

auteur



**IR. PETRA  
KAPTEIJN-VAN  
HENNIK**

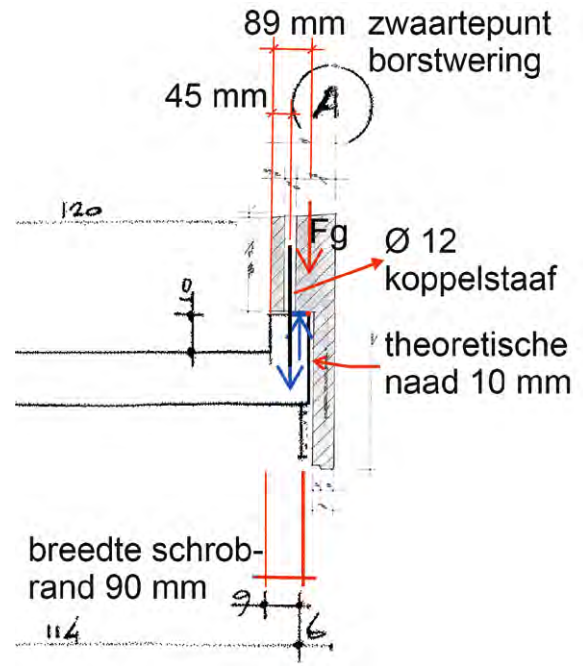
Projectleider  
Constructies /  
Senior Constructeur  
**Nebest**

noodtrap te passen. De koppelwapening was dus flink omgebogen om uit te komen in de gain.

- De wapening in de opstort bij het afgevalen element was zowel aan de bovenzijde als de voorzijde gecorrodeerd.
- De elementen hadden minder oplegvlak dan op tekening aangegeven.

**Overige borstweringselementen** Na dit incident is een steekproef van de borstweringselementen op de galerijen onderzocht (72 van de 710). De volgende gebreken werden aangetroffen:

- 75% van de onderzochte koppelstaven was gecorrodeerd. 36% van de 144 koppelstaven had een afname tot 10 mm resterende diameter. Eén koppelstaaf was volledig door.
- De onderkauting tussen opstort en borstweringselement was overall verzand en bood weinig tot geen bescherming tegen vochtindringing richting de koppelstaven. Dit is de voornaamste oorzaak van de corrosie van de koppelstaven.
- 10 van de 144 (ofwel 7%) van de koppelstaven waren omgebogen.
- De koppelstaaf bevond zich niet in het hart van de gain, maar te veel naar buiten. Als de koppelstaaf teveel naar buiten ligt, wordt de arm om het moment op te nemen te klein.
- Het staal van de koppelstaven was zowel QR40 als QR24, oftewel van wisselende kwaliteit. Met QR24 voldoet 60% van de standaard borstweringselementen niet aan afkeurniveau, bij QR40 33%. →



3



→ 11% van de gains was niet gevuld, 4% was met hout gevuld.  
 → Er was een verhoogd chloridegehalte in de mortel van de onderkautwing (door dooizouten) rondom de koppelstaaf: bij 4 van de 35 koppelstaven (11%) werd een verhoogd chloridegehalte aangetroffen. Het maximum gemeten gehalte is 0,5% (m/m). De kans op door chloride geïnitieerde wapeningscorrosie was reëel, maar zeker was dit niet.

Per gemeten element is een berekening gemaakt op basis van de aangetroffen dekking en resterende diameter van de staaf. Omdat het zwaartepunt van het borstweringselement al nagenoeg aan de buitenkant van de oplegging lag, voldeed de ontwerpsituatie maar net (foto 3). Met de afwijkingen voldeed 60% van de standaard borstweringselementen niet aan het afkeurniveau.

## *Oorzaken van schade zijn meestal een verkeerd ontwerp of een onjuiste uitvoering*

**Oplissing** Door de opdrachtgever is een traject ingezet voor vervanging van de borst-wering met hekwerk door alleen hekwerken.

**Voorkomen** De oplegmortels in dergelijke constructies moeten bestand zijn tegen vocht en dooizouten. Daarnaast blijft afstemming van prefab constructies op in het werk gestorte constructies noodzakelijk om ombuigen van wapening te voorkomen.

### **Case 2: Verzanden oplegmortel kolommen balkons wooncomplex**

Begin 2020 is een onderzoek gestart naar de oorzaak van scheuren en corrosiesporen in de kolommen van balkons van een wooncomplex uit 1996 met vier en zes woonlagen (foto 5 en 6).

Op de kolommen Ø250 mm rusten gestapelde prefab balkonplaten. De kolommen en balkonplaten zijn met stekken Ø16 mm in gains gekoppeld. Op de bovenste balkons

staan de kolommen los. Deze worden belast met windbelasting uit geluidsschermen.

**Inspectie** De scheuren in de kolommen hadden een scheurwijdte tot 0,3 mm (bij 24 kolommen). Na uitgebreid onderzoek bleken 48 van 92 opleggingen tussen de prefab balkonplaat en de kolom vochtig te zijn, geen samenhang te hebben (tussen kolom en onderkant balkonplaat en tussen balkonplaat en onderzijde kolom), en bruin tot zwart/bruin verkleurd (foto 7), verzand of zelfs deels weg (vijf stuks) te zijn.

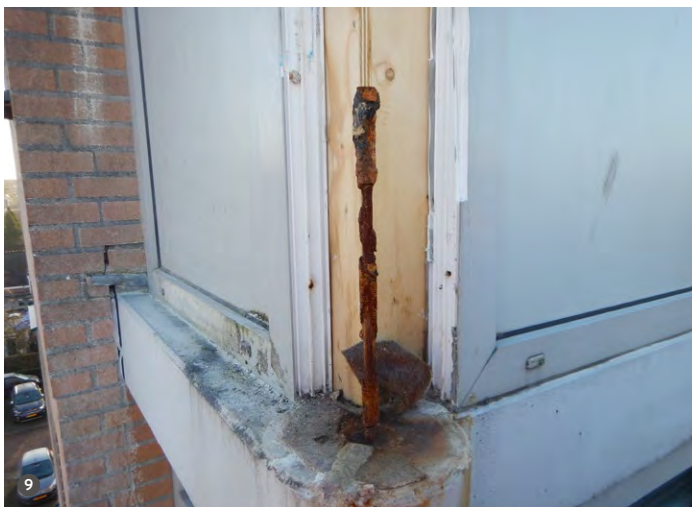
Enkele gains zijn aangeboord (zeven stuks). Bij allemaal bleek de mortel verkleid en roestbruin verkleurd (foto 8). Bij het ten behoeve van onderzoek afhijzen van een bovenste kolom bleek de diameter van de stek Ø16 mm ernstig te zijn afgenomen (foto 9 en 10).

Bij regen bleef water staan op het balkon in de hoeken richting de kolommen. De →



5 Balkons aan een complex van vier en zes woonlagen

6 Verticale scheuren en corrosiesporen rondom verbinding prefab balkonplaat en kolommen



kitnaad rondom de oplegmortel sloot niet aan of ontbrak. Hierdoor kon water bij de oplegmortel komen. Dit is door de gain naar onder en boven getransporteerd, alwaar de mortel van binnen naar buiten verkleurd was.

De verticale scheuren in (boven- en) onderzijde van de kolommen zijn veroorzaakt door slijtspanningen in de kolom: omdat de oplegmortel nog maar deels draagt, wordt de belasting geconcentreerd rond en soms alleen op de stek. De aanwezige beugels in de kolommen (drie beugels Ø6-50) zijn daarvoor onvoldoende.

**Oplossing** Nadat uit onderzoek bleek dat de oplegmortel veelal verzand was, zijn de balkons onderstempeld. Op het moment dat duidelijk werd dat ook de mortel in de gains én de stek constructief onbetrouwbaar

waren, is de volledige belasting gestempeld. In overleg met de eigenaar en aannemer is besloten alle kolommen onder de balkons te vervangen (foto 11).

Alternatief was om alleen bij het falen van de oplegmortel deze te vervangen. Maar ook de gainmortel en de stekken waren onbetrouwbaar en moesten worden vervangen. Dat is complex, duur en geeft een minder betrouwbaar eindresultaat dan volledige vervanging van de kolommen.

Bij vervanging is extra aandacht besteed aan controle van type oplegmortel en vulmortel gains.

**Voorkomen** De schade had voorkomen kunnen worden door bij de bouw een oplegmortel/gietmortel te gebruiken die krimparm is en tegelijkertijd bestand tegen

*Er moet niet op toezicht op de uitvoering worden bezuinigd*



vocht. In dat geval was geen waterdichte buitenste laag of kitnaad nodig geweest.

### **Case 3: Bezweken bouten betonnen borstwering portiekflat**

In september 2021 is bij balkononderzoek van een portiekflat een twijfelachtige conditie van betonnen borstweringen van de balkons aangetroffen. Het gaat om twee woongebouwen met drie woonlagen, uit 1959/1960.

De constructie van de balkons (vooren achterzijde gebouw) bestaat uit een uitkragende betonplaat met een afwerkvloer met een coating. Aan de voorzijde hangt een prefab-betonnen borstwering, die met vijf bouten is bevestigd aan de kopse kant van de balkonvloer (foto 12).

**Inspectie** Tijdens de inspectie van de balkons is bij één balkon, aan de achterzijde van de flat op de begane grond, corrosie aangetroffen. Alle vijf de bouten vertoonden

zeer ernstige corrosie, waarbij het staal grotendeels of geheel was weggecorrodeerd (foto 13 en 14). Daarnaast waren aan de achterzijde van het gebouw bij de borstwering diverse betonschades zichtbaar met blootliggende en corroderende wapening (foto 15).

De oorzaak van de corrosie van de bouten is water dat tussen de borstwering en de balkonplaat door kan lopen. Op die locatie is geen afdichting aangetroffen. (Als constructeur kan men zich overigens afvragen of de oplossing bij de waterdichting had moeten liggen, of dat dit detail robuuster ontworpen had kunnen worden).

**Oplossing** De betonnen borstweringen zijn tijdelijk met een stalen profiel aan de buitenzijde van de borstweringen en onderzijde van de balkons momentvast gefixeerd.

**Voorkomen** Dit soort schades kan worden voorkomen door inwatering in de naad →



tussen balkon en borstwering te voorkomen. Echter, dat vraagt of een goede detaillering vooraf, of regelmatig onderhoud tijdens gebruik.

#### Case 4: Betonnen privacy scherm valt van flat

In de zomer van 2017 viel een 1000 kg zwaar betonnen privacy scherm van een flat op het dak van een winkelcentrum (foto 17). Dit dak is niet bezweken onder de impact van het beton, waardoor er geen gewonden zijn gevallen. Het gaat om een corridorflat uit 1969, met aan de voorzijde twaalf woonlagen

boven een bergingslaag en aan de achterzijde de tien woonlagen boven vier lagen winkels en kantoren.

De hoofdconstructie van de woonlagen bestaat uit betonnen wanden en vloeren gemaakt met de tunnelbouwmethode. De balkons aan voor- en achterzijde bestaan uit uitkragende betonvloeren met daartussen 200 mm dikke betonnen gebourchardeerde uitkragende privacy schermen. Ter plaatse van de woningscheidende bouwmuren zijn deze privacy schermen verdiepingshoog en aan de kopgevels 1,7 m hoog). De prefab hoekprivacy schermen zijn met

vier wapeningsstaven  $\varnothing 12$  aan de bovenzijde en twee staven aan de onderzijde bevestigd aan de achterliggende in het werk gestorte betonwand (fig. 17).

**Inspectie** Na inspecties en laboratoriumonderzoek is gebleken dat het bezwijken van het hoekelement is veroorzaakt door corrosie van de verankeringsstaven, waarmee het borstweringselement is verbonden aan de betonnen hoofd draagconstructie. De corrosie heeft geleid tot afname van de volledige doorsnede bij drie (van vier) bovenstaven en de twee onderstaven (foto 18). De overgebleven wapeningsstaaf (onder) had ook een ernstige doorsnedereductie en is uiteindelijk gebroken.

De corrosie heeft kunnen optreden door grindnesten in de wand en gebrek aan betondekking op de zware wapening (bij onderste balkons drie stekken  $\varnothing 25$  uit kolom in wand  $d = 200$  mm) op de kop van de wand

(foto 19). Hierdoor heeft vocht jarenlang bij de verankeringsstaven van het privacy scherm kunnen komen.

**Overige elementen** Bij inspectie van de andere balkons bleek bij circa 26% van de 43 hoekbalkons, net als bij het bezwiken element, deze ernstige betonschade op de kop van de wand aanwezig. Bij nog eens 11% was de betonschade minder ernstig, maar had deze nog steeds gevolgen voor de betrouwbaarheid van de bevestiging van het privacy scherm.

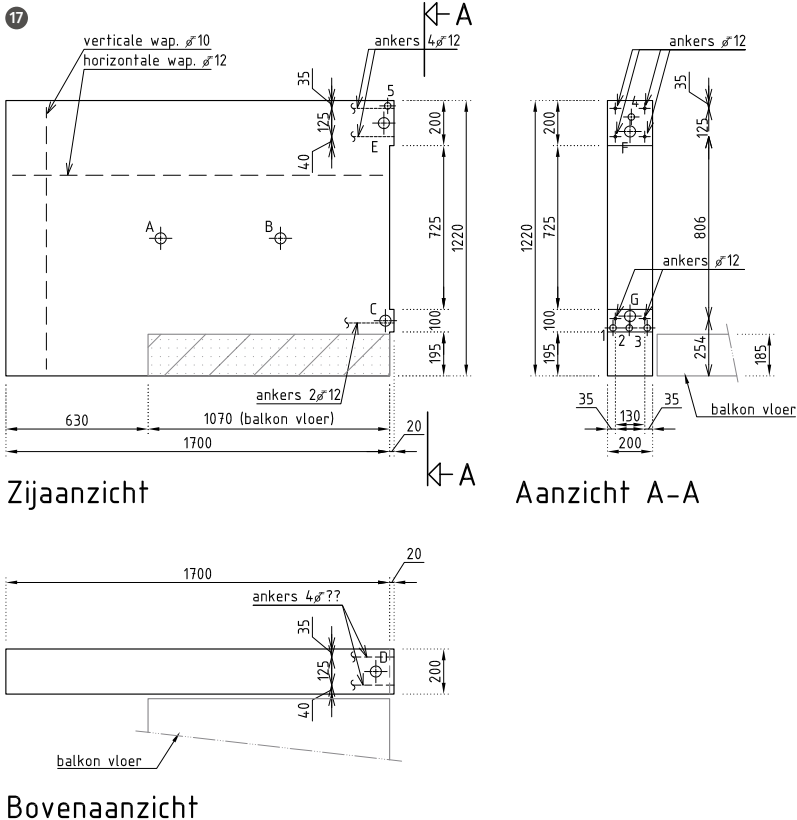
De aanwezigheid van ingemengde chloriden verhoogde het risico op corrosie.

**Oplossing** Op basis van bovengenoemde aspecten is de faalkans voor de overige borstweringselementen als reëel beoordeeld (mogelijke tot redelijke kans van optreden). Op basis daarvan heeft de eigenaar besloten alle hoekprivacy schermen af te laten hijsen. →

*Bij woongebouwen is het verstandig na circa 30 jaar een risico-gestuurde inspectie uit te voeren*







in een nauwe omgeving zoals tussen prefab element en hoofdconstructie. Voor de besproken cases kunnen een aantal algemene oorzaken worden aangewezen:

- te krap constructief ontwerp waarin geen rekening is gehouden met uitvoeringstoleranties (als een verschuiving van 10 mm al betekent dat de krachten niet opgenomen kunnen worden, kunnen er vraagtekens worden gezet bij de ontwerpberekening);
- toepassen van krimparme oplegmortel die niet bestand is tegen vocht en/of dooizouten;
- onjuiste uitvoering (grindnesten, niet herstellen van slechte stukken beton, ombuigen van wapening);
- niet-waterdichte aansluiting van achteraf aangebrachte prefab-betonconstructie.

### Voorkomen bij nieuwe constructies

Hoe is de 'spleetcorrosie' van prefab-betonconstructies te voorkomen?

- Ontwerp betonconstructies met voldoende dekking volgens bijbehorende milieuklasse (op balkons wordt ook gestrooid).
- Bezuinig niet op toezicht op de uitvoering door deskundig personeel/constructeur.

Dit gaat zowel om controle van leveranciers-tekeningen met het constructief ontwerp of de wapeningstekeningen, als om stukken van derden over een toe te passen oplegmortel, of controle van de uitvoering. Uitvoeringsfouten (ook de onzichtbaar afgewerkte) kunnen uiteindelijk leiden tot bezwijken van onderdelen.

- Controleer als constructeur bij de aansluiting van kolommen op wandliggers of overal voldoende beton kan komen.

- Controleer op uitvoeringstoleranties zowel in de berekening als in de uitvoering, zodat een oplegging nog steeds constructief een oplegging is, en een momentarm voor op te nemen moment niet verdwijnt als een staaf door tolerantie verschuift. Dit luistert bij prefab constructies nauw.

### Risicogestuurd onderzoek

Aansluitingen van prefab beton in de buitenlucht zijn gevoelig voor spleetcorrosie. Daarom moet met name worden opgelet bij panden van meer dan 25 à 30 jaar oud. Bij woongebouwen is het verstandig na circa 30 jaar een risicogestuurde inspectie uit te

Om de steigerconstructie aan de achterzijde van het gebouw boven het winkelcentrum te kunnen plaatsen (geen constructieve gegevens), zijn 2,5 m hoge stalen vakwerken op de derde verdieping geplaatst, die voorgespannen zijn bevestigd op de kolommen (foto 20).

**Voorkomen** Het bezwijken van het prefab element had voorkomen kunnen worden door een constructeur te laten controleren of overal tussen de wapening beton kan komen en verdicht kan worden, om daarmee grindnesten en holtes te voorkomen. Praktisch betekent dat minder of een kleinere diameter wapeningsstaven toepassen op de kop van de bouwmuren en vanuit de kolommen. Als na ontkisten betonschades zichtbaar waren geworden, had dit uiteraard moeten worden hersteld. Het dunne plaatmateriaal waarmee de koppen van de betonnen wanden waren afgewerkt, is absoluut geen vervanging van betondekking.

### Algemene oorzaken

In de genoemde cases is overal sprake van zogenoemde 'spleetcorrosie', ofwel corrosie



18



19

voeren. Op basis van een bureauonderzoek wordt daarbij vastgesteld of de volgende onderdelen (steekproefsgewijs) moeten worden onderzocht: galerij- en balkonconstructies, betonnen borstweringen in de buitenlucht, oplegmortels en koppelwapening, gevels met spouwankers, VZA-constructies in woongebouwen.

### Herstel

Hoe is dit type schade te verhelpen? Dat is erg afhankelijk van de ernst van de schade. Bij bovenstaande schadegevallen is vanwege de ernst in alle gevallen uiteindelijk gekozen voor vervanging. In een deel van de gevallen is de constructie tijdelijk gefixeerd, tot een herstelplan was uitgewerkt. ●



20

### KENNISSESSIE 23 NOVEMBER 2023

Wil je meer weten over constructieve veiligheid en restlevensduuranalyse van bestaand vastgoed? Meld je dan aan voor de gratis kennissessie van Nebest op 23 november 2023. Voor meer informatie en inschrijven, kijk op [www.nebest.nl](http://www.nebest.nl).



18 Bezweken element met de twee koppelwapeningsstaven onder en vier koppelwapeningsstaven boven

19 Kop van de betonwand ter plaatse van bezweken element met zichtbaar dunne EPS-plaat

20 Stalen vakwerken ter ondersteuning stempels balkon en steigerconstructie