



**Stadsontwikkeling  
WI & C**

**Aan** : [REDACTED] Afdeling Bouw-en  
Woningtoezicht  
Ontwerpteam Hofbogenpark

**Kopie aan** : [REDACTED]

**Datum** : 05 juni 2024

**Kenmerk** : HBDP-2023-NOT-C001

**Betreft** : Constructieve uitgangspunten Dakpark  
Hofbogen.

**Bezoekadres:** De Rotterdam  
Wilhelminakade 179, Rotterdam  
**Postadres:** Postbus 1130  
3000 BC Rotterdam  
**Internet:** rotterdam.nl

**Van:** [REDACTED]  
**E-mail:** [REDACTED]

### **Inleiding**

In de voorbereidingsfase van de geplande dakrenovatie en de realisatie van het dakpark is de behoefte ontstaan inzicht te verkrijgen in de constructieve staat van de oorspronkelijke constructie die gebouwd is omstreeks 1900, het nieuwere betondek dat omstreeks 1960 gerealiseerd is en de oorspronkelijke houten paalfundatie en daaruit voortvloeiend de eventuele onderhoudsbehoefte. Daarom is door Nebest B.V. een toestandsinspectie uitgevoerd en vastgelegd in de volgende rapporten.

- 40245-RAP-01 Visuele inspectie
- 40245-RAP-02 Betononderzoek
- 40245-RAP-03 Funderingsonderzoek
- 40245-RAP-04 Aanvullende onderzoeken Emplacement en Station Bergweg

Daarnaast is vastgesteld wat de maximaal toegestane belasting is op het voormalige spoorviaduct. De uitgangspunten voor deze maximaal toegestane belasting zijn vastgesteld in de volgende rapportages:

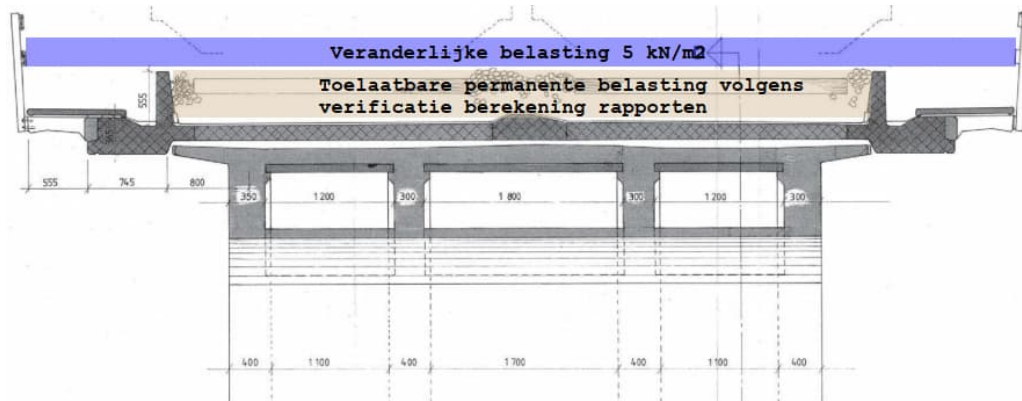
- 40245-UPN-01 Uitgangspuntennota constructieve herberekeningen
- 40245-BER-01 Verificatieberekening viaduct Heer Bokelweg (B1)
- 40245-BER-02 Verificatieberekening boog 22 (B2)
- 40245-BER-03 Verificatieberekening boog 43-44 Teilingerstraat (B3)
- 40245-BER-04 Verificatieberekening boog 57 (B4)
- 40245-BER-05 Verificatieberekening bogen Station Bergweg (B5)
- 40245-BER-06 Verificatieberekening boog 126-127 Bergselaan (B6)
- 40245-BER-07 Verificatieberekening boog 169 (B7)
- 40245-BER-08 Verificatieberekening voorgespannen betondek en randelementen
- 40245-BER-09 Verificatieberekening boog 103 (B8)

De constructieve uitgangspunten uit deze rapportages worden hieronder samengevat:

Met betrekking tot toekomstige gebruik wordt het gehele object beschouwd als een gebouw en ingedeeld in gevolgklasse CC2, verbouwniveau met een bijbehorende referentieperiode van 30 jaar. De gebruiksfunctie van het gehele dakpark is als bijeenkomstruimte gedefinieerd. Daarbij wordt belastingklasse C5 voor het gehele dakpark aangehouden.

Gebruiksklasse C5 betekent een ruimte waar zich grote mensenmassa's kunnen bevinden. bijv. in gebouwen voor openbare evenementen, zoals concertzalen, sporthallen met inbegrip van tribunes, bordessen en toegangsruimten, station perrons.

De gebruiksfunctie van de ruimte onder de bogen is beschouwd als winkelruimte, klasse D.



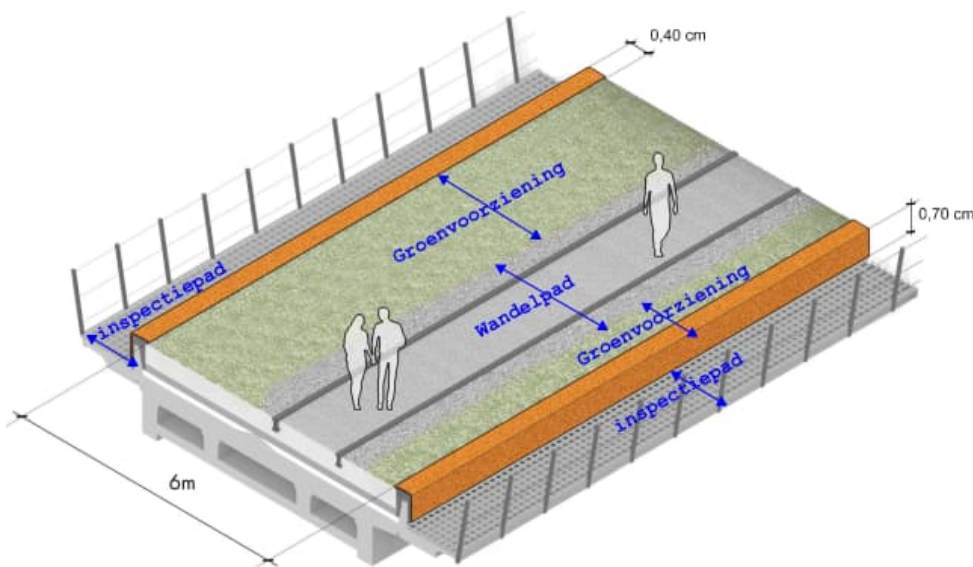
In de verificatie berekening is er geen aandacht besteed aan de horizontaal aangrijpende belastingen. Aangenomen wordt dat dit geen significante invloed heeft op de fundering.

Verticale veranderlijke belasting wordt zowel onder het viaduct als op het viaduct meegerekend als 100% tegelijk optredende belasting.

Aangezien de toekomstige horizontale belastingen ten opzichte van de historische horizontale belastingen niet maatgevend zijn, wordt de horizontale belasting die op de constructiedelen aangrijpt slechts in detailberekeningen meegenomen.

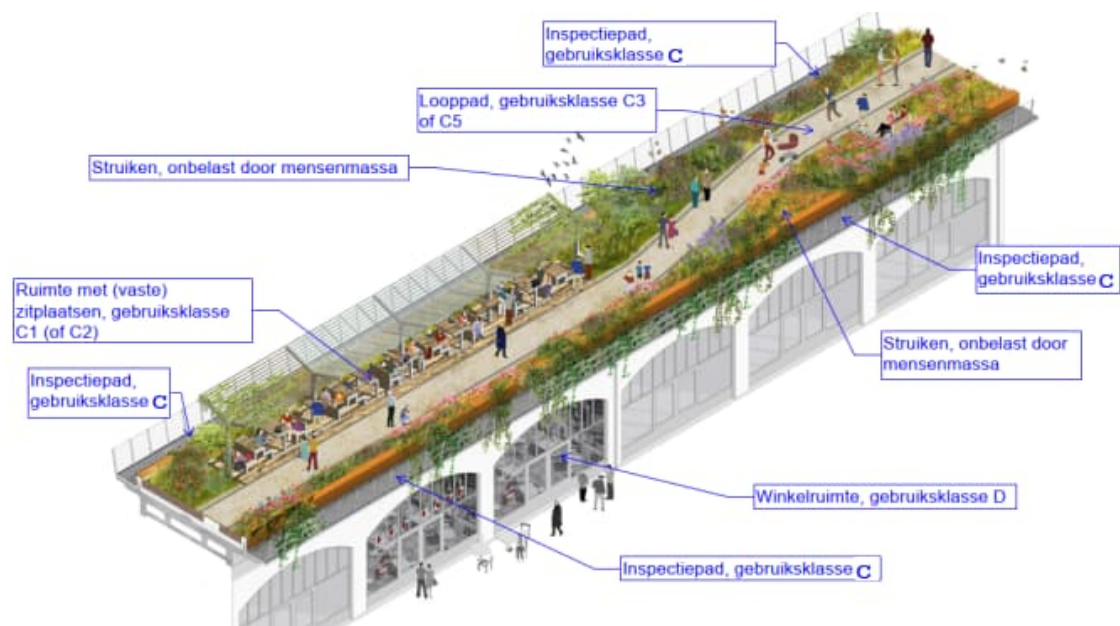
### Ontwerp dakpark

Het ruimtegebruik van het viaduct volgens het huidige ontwerp van het dakpark kan grofweg als volgt afgebeeld worden:



In principe is alleen het wandelpad belastbaar door een mensenmenigte. De groenvoorzieningen kunnen niet worden belast door een mensenmenigte. De inspectiepaden

aan de zijkanten van het viaduct horen niet tot de normale gebruiksruimte van het dakpark. Deze vallen buiten de gebruiksbegrenzing van het dakpark. Maar de inspectie paden zijn niet fysiek gescheiden van het dakpark en worden daarom ingedeeld in gebruiksklasse C. Uit het huidig ontwerp van het dakpark wordt een verfijnde ruimte-indeling met betrekking tot gebruiksklassen (conform tabel 6.1 van NEN-EN 1991-1-1:2002+C11:2019+NB:2019) hieronder weergegeven.



De bijbehorende gebruiksbelastingen zijn conform tabel NB.1 - 6.2 van NEN-EN 1991-1-1:2002+C11:2019+NB:2019 hieronder weergegeven.



Ter info wordt tabel NB.1 - 6.2 van NEN-EN 1991-1-1:2002+C11:2019+NB:2019 hieronder weergegeven.





| Klasse van belast oppervlak                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | $q_k$<br>kN/m <sup>2</sup> | $Q_k^b$<br>kN  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------|
| <b>Klasse C (bijeenkomstruimten)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                            |                |
| C-omsloten afzonderlijke verkeersruimte, niet horend bij C5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 5                          | 3              |
| C1-tafels                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 4,0 <sup>a</sup>           | 3              |
| C2-vaste zitplaatsen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 4,0 <sup>a c</sup>         | 7 <sup>a</sup> |
| C3-zonder obstakels voor rondlopende mensen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 5,0                        | 7              |
| C4-fysieke activiteiten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5,0                        | 7              |
| C5-grote mensenmassa's                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 5,0 <sup>d</sup>           | 7              |
| <b>Klasse D (winkelruimten)</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                            |                |
| D-omsloten verkeersruimten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 4,0                        | 7              |
| D1-kleinhandel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4,0                        | 7              |
| D2-warenhuizen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 4,0                        | 7              |
| <p><sup>a</sup> Voor ruimten met uitsluitend een onderwijsfunctie waar les wordt gegeven, volstaat een vloerbelasting <math>q_k</math> van 2,5 kN/m<sup>2</sup> en <math>Q_k</math> van 3 kN.</p> <p><sup>b</sup> Tenzij anders vermeld, zijn de afmetingen van de puntlast gelijk aan 0,1 m × 0,1 m.</p> <p><sup>c</sup> Afmetingen puntlast gelijk aan 0,5 m × 0,5 m.</p> <p><sup>d</sup> Bij tribunes moet bovendien rekening zijn gehouden met een gelijkmatig verdeelde opwaartse gebruiksbelasting gelijk aan 50 % van de neerwaarts gerichte gebruiksbelasting. Deze belasting brengt het dynamisch effect in rekening dat kan optreden als gevolg van de bewegende massa van mensen (opspringen). De neerwaartse en opwaartse gebruiksbelastingen moeten afzonderlijk als extreme veranderlijke belasting worden beschouwd.</p> <p>Tevens moet bij de neerwaartse gebruiksbelasting op tribunes gelijktijdig rekening zijn gehouden met een veranderlijke gelijkmatig verdeelde horizontale belasting die kan optreden als gevolg van de bewegende mensenmassa. Deze horizontale belasting bedraagt 10 % van de verticale belasting en moet wat betreft de richting zijn beschouwd als een vrije belasting.</p> <p>Door het in rekening brengen van de opwaartse en gelijkmatige verdeelde horizontale belasting als statische belasting wordt voorkomen dat voor tribunes dynamische berekeningen moeten worden gemaakt om het effect van een bewegende mensenmassa te bepalen op de sterkte van de tribune.</p> |                            |                |
| <p>OPMERKING 1 Afhankelijk van het te verwachten gebruik, mogen ruimten die doorgaans worden ingedeeld bij C2, C3, C4, zijn ingedeeld bij C5 door een beslissing van de opdrachtgever.</p> <p>OPMERKING 2 Onderverdelingen zijn gegeven voor A, B, C1 tot C5, D1 en D2.</p> <p>OPMERKING 3 Zie 6.3.2 voor opslag of industrieel gebruik.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                            |                |

In het geval van vrije randen, zoals bij overkragende vloeren, trapopeningen en balkons, moet een lijnlast zijn toegepast van ten minste  $q_k = 5$  kN/m over een lengte van 1 m en binnen een afstand van 0,1 m van de rand. Deze lijnlast hoeft niet gecombineerd te zijn met andere belastingen.

De breedte van het Hofbogenpark is circa 6,6 m. In het ontwerp is gekozen voor een wandelpad met basisbreedte 1,94m.

Er wordt aangeraden om het gehele ontwerp in lengterichting van het viaduct te analyseren en daaruit de totale belasting vanuit het dakpark per ondersteuning op de fundering te bepalen en te verifiëren. In eerste instantie wordt de analyse beperkt tot maatgevende dwarsdoorsneden van het dakpark.

Bij overschrijding van permanente belasting uit het dakpark wordt het deel van het tracé tussen de aangrenzende ondersteuning geanalyseerd en de belastingen op de fundering bepaald en vergeleken.

Qua globaal ontwerp dakpark ziet het tracé van het Hofbogen als volg uit:



Het betreft het tracé vanaf het Hofplein tot aan de snelweg A20. Deze analyse is gepresenteerd in notitie HBDP-2023-NOT-C002.



Navolgend wordt in deze notitie ingegaan op het constructief ontwerp van inspectiepaden.

### **Inspectiepaden**

Nieuwe constructie onderdelen van de inspectiepaden zijn ontworpen volgens gevolgklasse CC2, nieuwbouwniveau en een ontwerplevensduur van 50 jaar.

De bestaande constructie onderdelen van looppaden zijn herberekend volgens gevolgklasse CC2, verbouwniveau en een ontwerplevensduur van 30 jaar.

In rapport 40245-BER-08 ([1]) worden verschillende bestaande onderdelen van inspectiepaden getoetst. Deze toetsingen zijn geen verfijnde herberekeningen van desbetreffende onderdelen maar een grove opzet van herberekening. Daarom wordt hier op deze onderdelen nader ingezoomd.

In rapport [1] wordt de volgende vereenvoudiging van de modellering gemeld m.b.t. de bordesvloer.

De bordesvloer wordt ondersteund door de prefab consoles die geplaatst zijn met een hart-op-hart-afstand van 1,14 m. De bordesvloer ligt ook deels op de randbalken, waardoor de plaat als het ware over drie zijdes wordt ondersteund. Ter vereenvoudiging van de toetsing zal de plaat in dit geval worden beschouwd als een ligger op twee steunpunten met een overspanning van 0,92 m (dagmaat),

De volgende conclusies zijn in rapport [1] getrokken m.b.t. de volgende onderdelen van inspectiepad. Zie onderstaande fragment uit rapport [1]

### **Bordesvloer**

De huidige bordesvloer heeft onvoldoende capaciteit om de beoogde oppervlaktebelasting van 5 kN/m<sup>2</sup> te dragen. De belastbaarheid is beperkt tot een veranderlijke oppervlaktebelasting van 3,9 kN/m<sup>2</sup> of een geconcentreerde belasting van 1,6 kN.

### **Consoles**

In tegenstelling tot de bordesvloer zelf zijn de prefab consoles in de beoogde veranderlijke oppervlaktebelasting van 5 kN/m<sup>2</sup> op te nemen. De opneembare veranderlijke puntlast is beperkt tot 6,1 kN. Bij verlaging van het eigen gewicht van de bordesvloer door de betonplaat te vervangen door een stalen persrooster zal de opneembare veranderlijke puntlast beperkt zijn tot 6,7 kN. In beide gevallen is de console dus niet toereikend om te voldoen aan de beoogde puntlast van 7 kN. De voorgeschreven puntlast van 3 kN voor "klasse C-omsloten afzonderlijke verkeersruimtes, niet horend bij C5" kan dus eventueel wel opgenomen worden. Om te voldoen aan gebruiksklasse C5 wordt aanbevolen een versterking van de prefab consoles uit te voeren.

De conclusies in rapport [1] zijn gebaseerd op de normmatig beoogde gebruiksbelasting op een vloer van gebruiksklasse C5. Men heeft zich in het rapport wel geuit over de



mogelijkheden van optreden van deze gebruiksbelastingen, maar toch geen eenduidige uitspraak hierover gedaan. Dit wordt in de volgende alinea toegelicht.

Voor gebruiksklasse C5, gelden de volgende verticale belastingen op een vloer volgens tabel NB.1 - 6.2 uit NEN-EN 1991-1-1:

- Een oppervlaktelast ( $q_k$ ) van  $5 \text{ kN/m}^2$  of een puntlast ( $Q_k$  vrije belasting) van  $7 \text{ kN}$   
De afmetingen van de puntlast gelijk aan  $0,1 \text{ m} \times 0,1 \text{ m}$ .
- In het geval van vrije randen, zoals bij overkragende vloeren, trapopeningen en balkons, moet een lijnlast zijn toegepast van ten minste  $q_k = 5 \text{ kN/m}$  over een lengte van  $1 \text{ m}$  en binnen een afstand van  $0,1 \text{ m}$  van de rand. Deze lijnlast hoeft niet gecombineerd te zijn met andere belastingen.

De oppervlakte belasting ( $5 \text{ kN/m}^2$ ) is gebaseerd op de mogelijke aanwezigheid van een mensenmassa [2].

De puntlast ( $7 \text{ kN}$ ) is gebaseerd op de maximale wiellast van een handhefttruck [2].

In de lijnlast is rekening gehouden met lastconcentratie zoals bij een verhuizing [3].

De mogelijke belasting die op deze inspectiepaden zou kunnen optreden is een mensenmassa. De andere twee belastingen zijn op de inspectiepaden niet mogelijk. Daarom worden deze niet van toepassing verklaard.

Gezien de bovengenoemde verfijningsmogelijkheden bij de bordesvloerplaat, zowel aan de belasting als de modellering, wordt een verfijnde herberekening uitgevoerd in notitie HBDP-2022-NOT-C003.

Voor de consoles wordt geconcludeerd dat deze de beoogde gebruiksbelasting van  $5 \text{ kN/m}^2$  op kunnen nemen. Dit is in overeenkomst met [1].

In rapport [1] is geen herberekening uitgevoerd m.b.t. de bestaande bevestiging van de leuning. In de volgende paragraaf wordt hierop ingegaan.

Volgens het toekomstige ontwerp wordt het hekwerk van het inspectiepad vernieuwd. H.o.h. stijlen blijft  $1,14 \text{ m}$ .

Voor klasse C gelden de volgende horizontale belastingen op een afscheiding volgens tabel NB.A.1 uit NEN-EN 1991-1-1:

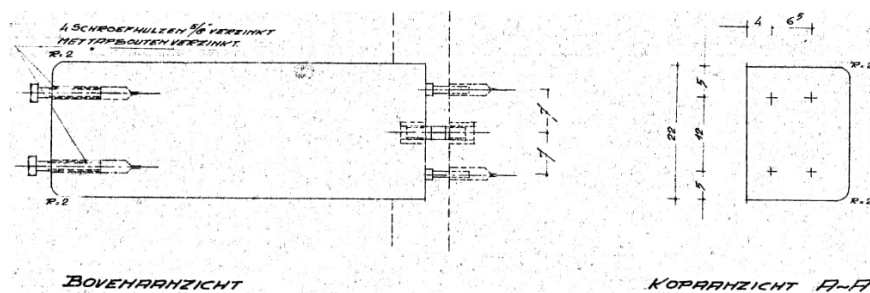
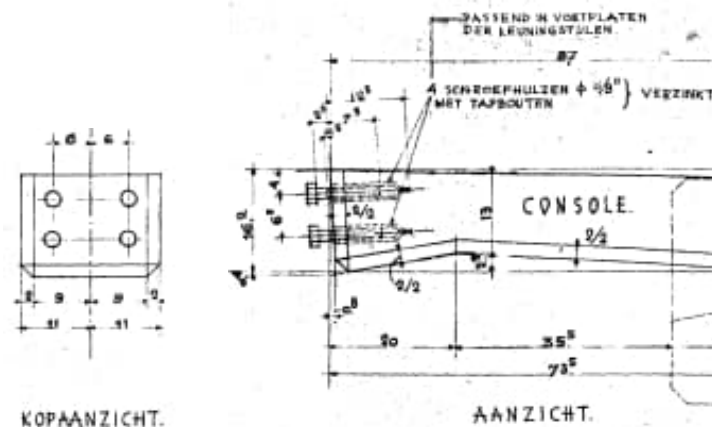
Een lijnlast ( $q_k$ ) van  $0,8 \text{ kN/m}$  of een puntlast ( $F_k$  vrije belasting) van  $1 \text{ kN}$

Ongunstige aangrijpingspunt van deze belastingen is bovenzijde van leuning met een maximum van  $1,2 \text{ m}$ .



Als eigengewicht van de leuning wordt 0,5 kN/m aangenomen. Deze belasting wordt direct aan de stijlen van leuning overgedragen.

In eerste instantie wordt gekeken naar de bestaande bevestiging van de stijlen.



### Bestaande bevestiging van leuning inspectiepad

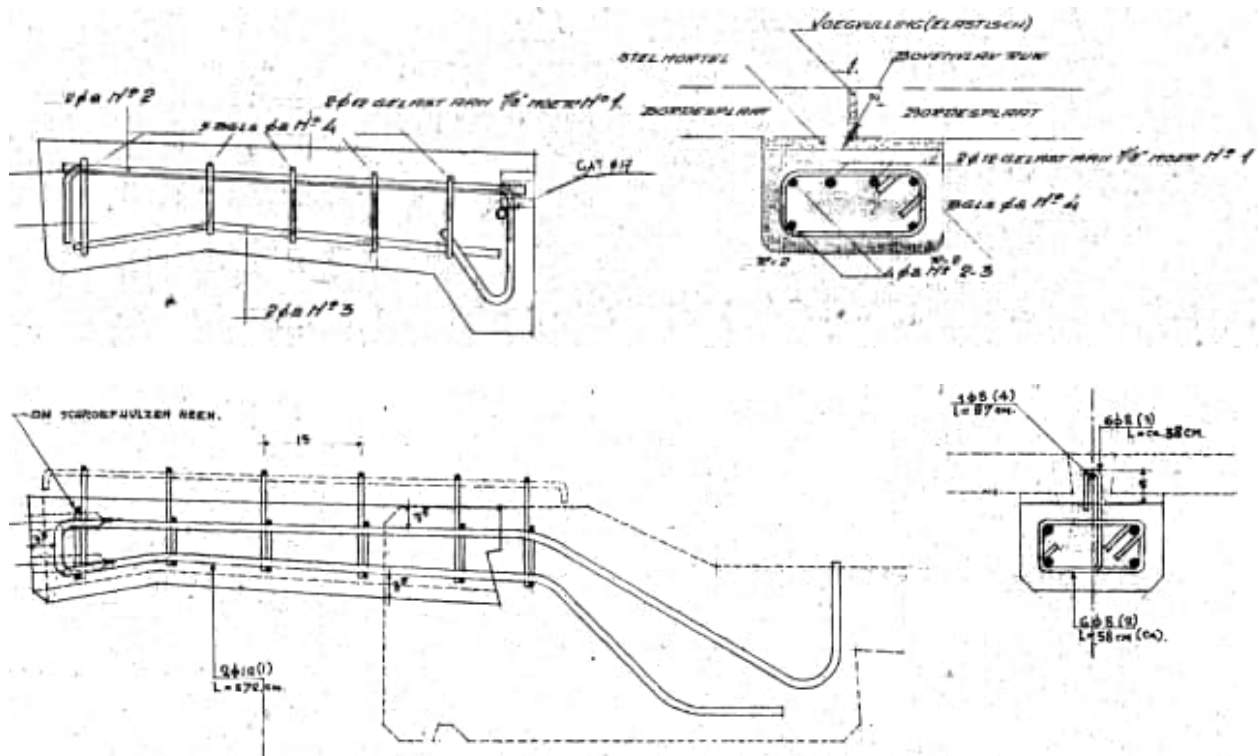
Toegepast vier tapbouten met schroefhulzen 5/8" (15,875mm)

Hart bestaande boutgroep ligt 1,333m t.o.v. het aangrijppunt van de horizontale kracht. Het eigengewicht van de leuning heeft een excentriciteit van 50mm.

$$M_{Ed} = 1,5 \cdot 1 \text{ kN} \cdot 1,333 \text{ m} + 1,2 \cdot 0,05 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ kN/m} \cdot 1,14 \text{ m} = 2,04 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ (CC2, nieuwbouwniveau)}$$

Bij een kegelbreuk kan de aanwezige wapening de minimale weerstand leveren. M.a.w. de aanwezige wapening "houdt de betonkegel vast". Gezien de afmetingen van console doorsnede (220mm x 162mm) en de instortlengte van schroefhulzen (125mm), kan aangenomen worden dat alle langs staven meedoen bij het leveren van bovengenoemde weerstand. Minimaal is een wapeningsdoorsnede van  $426 \text{ mm}^2$  (2 rond 12 + 4 rond 8) aanwezig (zie volgende bladzijde). Per bout is het  $213 \text{ mm}^2$ . Stel dat de effectieve wapening doorsnede 50% van de  $213 \text{ mm}^2$  is. Dus minimale weerstand per bout wordt door een wapening doorsnede van  $106 \text{ mm}^2$  (QR24) geleverd.





Opneembare minimale trekkracht per bout bij betonkegelbreuk: 22,2 kN  
(=  $106\text{mm}^2 \cdot 209\text{N/mm}^2$ )

Opneembare minimale trekkracht per bout bij staalbreuk: 32,15 kN  
(=  $\pi/4 \cdot (0,95 \cdot 15,875\text{mm})^2 \cdot 180\text{N/mm}^2$ )

(Conservatieve aanname: staalkwaliteit bout 3.6 en spanningdoorsnede bepaald met diameter  $0,95 \cdot 15,875\text{mm}$ )

Optredende trekkracht op een tapbout is circa 15,7 kN (=  $2,04\text{kNm}/65\text{mm}/2$ ).

$UC_{\text{staalbreuk}} = 15,7/32,15 = 0,49$

$UC_{\text{kegelbreuk}} = 15,7/22,2 = 0,71$

Als de bouten van de bevestiging geen ernstige degradatie ondervonden hebben, dan voldoet de boutverbinding ruimschoots. Dit dient door middel van visuele inspectie geverifieerd te worden. In bovenstaande berekening is uitgegaan dat de kracht overdracht tussen bout en schroefhulzen niet maatgevend is t.o.v. staalbreuk.

Aangezien er nog steeds onzekerheid bestaat over de huidige toestand en capaciteit van de bevestiging (bout en schroefhuls), dient de capaciteit van de bevestiging proefondervindelijk bepaald te worden door middel van gangbare testen op locatie - een niet-destructieve draagtest. Waarbij de boutkrachten uit bovenstaande berekening als ondergrens worden gehanteerd. De te beproeven bevestigingen worden bepaald na het visuele onderzoek door een gerenommeerd bedrijf, waarbij de mate van degradatie is vastgesteld.



### **Conclusie en aanbeveling**

De mogelijke belasting die op deze inspectiepaden zou kunnen optreden is een mensenmassa. De andere belastingen zoals door verhuizingen en handheftruc zijn op deze inspectiepaden niet mogelijk. Daarom worden deze belastingen niet van toepassing verklaard.

Voor de consoles wordt geconcludeerd dat deze de beoogde gebruiksbelasting van  $5\text{kN/m}^2$  op kunnen nemen. Dit is in overeenkomst met [1].

Als de bouten van de bestaande bevestiging van hekwerk geen ernstige degradatie ondervonden hebben, dan voldoet de boutverbinding ruimschoots. Dit dient door middel van visuele inspectie geverifieerd te worden.

Uitgangspunt is dat de kracht overdracht tussen bout en schroefhulzen niet maatgevend is t.o.v. staalbreuk.

Aangezien er nog steeds onzekerheid bestaat over de huidige toestand en capaciteit van de bevestiging (bout en schroefhuls), dient de capaciteit van de bevestiging proefondervindelijk bepaald te worden door middel van gangbare testen op locatie - een niet-destructieve draagtest. De te beproeven bevestigingen worden bepaald na het visuele onderzoek door een gerenommeerd bedrijf, waarbij de mate van degradatie is vastgesteld.

Gezien de verfijningsmogelijkheden bij de bordesvloerplaat, zowel aan de belasting als de modellering, wordt een verfijnde herberekening uitgevoerd in notitie HBDP-2022-NOT-C003.

Er wordt aangeraden om het gehele ontwerp in lengterichting van het viaduct te analyseren en daaruit de totale belasting vanuit het dakpark per ondersteuning op de fundering te bepalen en te verifiëren. In eerste instantie wordt de analyse beperkt tot maatgevende dwarsdoorsneden van het dakpark. Dit wordt uitgevoerd in notitie HBDP-2023-NOT-C002.

Overige berekening notities:

HBDP-2022-NOT-C005 - Balkonconstructie – draagconstructie en bevestiging

HBDP-2023-NOT-C007 - Draagconstructie loopbordes naar spiltrap

Berekening notities van aangrenzende constructies:

HBDP-2023-NOT-C006 - Rechte trap – draagconstructie en fundering

HBDP-2023-NOT-C009 - Spiltrap – draagconstructie en fundering



Referentie:

[1] - "De Hofbogen te Rotterdam, Verificatieberekening voorgespannen betondek en randelementen, Documentnummer 40245-BER-08, Versie 2.0, Status Definitief, Datum 26 maart 2021".

[2] - TNO rapport B-89-227: Achtergronden van de belastingen volgens concept, NEN 6702, juni 1989

[3] - TNO rapport 060-DMT-2011-01168: Opstellen Nationale Bijlagen Eurocode, Eindrapport kalibratie belastingen, Gebouwen en Bruggen, 23 september 2011