

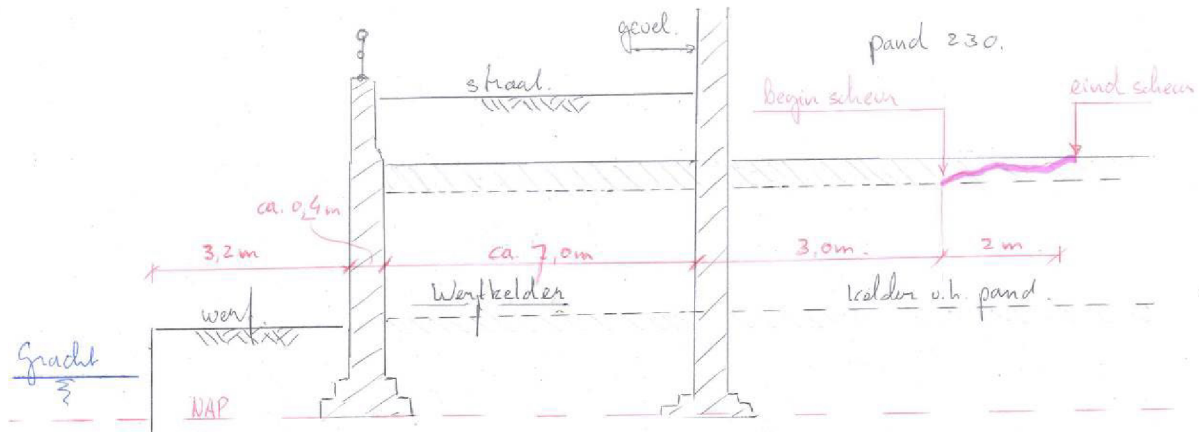


Interne mededeling

Aan	Projectteam WKM	Datum	14 september 2020
		Van	2E [REDACTED]
Onderwerp	Invloed werkzaamheden rak 11 oost op kelder OG 230	Doorkiesnummer	030 - 2E [REDACTED]
		E-mail	2E [REDACTED]
Kopie		Bijlagen	

Beste projectteamleden,

VTH heeft in de zomer van 2020 aan het projectteam WKM gemeld dat er zich een scheur bevindt bovenin het gewelf van de kelder onder het pand Oudegracht 230. De afstand van de scheur tot aan de walmuur is circa 13 meter (zie onderstaande afbeelding).



De walmuur zal worden vervangen d.m.v. de buispalenmethode. Het invloedsgebied van de werkzaamheden met de buispalenmethode is beperkt (circa 3 tot 5 meter). De scheur in de kelder ligt op grotere afstand, daarom hebben deze werkzaamheden volgens ons nauwelijks invloed op de fundering van de kelder in pand 230. Om deze kwantificering te onderbouwen is adviesbureau Crux BV gevraagd een locatiespecifieke risicoanalyse uit te voeren m.b.t. de kelder van OG 230. Uit de Plaxisberekeningen van Crux volgt een maximale zetting van de fundering van ca. 0,6mm ter plaatse van de werfmuur grachtzijde en 0,25mm ter plaatse van de opgetreden scheur in het keldergewelf.

Advies Stadsingenieurs

De resultaten uit de berekening van Crux onderbouwt ons advies dat de walmuur op rak 11 oost kan worden vervangen d.m.v. de buispalenmethode, waarbij het risico zeer klein is dat de werkzaamheden aan de walmuur leiden tot meer schade aan de kelder onder pand 230. Gezien de bijzondere situatie van de kelder onder pand 230 worden de volgende aanvullende maatregelen geadviseerd:

- Plaatsing en monitoring scheurmeter(s) bij de schade in kelder OG 230. Monitoring voor, tijdens en na de werkzaamheden;
- Tijdens het aanbrengen hulpdamwand de damplanken zo min mogelijk "op en neer" te bewegen;
- Plaatsen van 2 extra trillings- en zakkingmeters op de werfmuur aan weerszijden van de kelder.

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Transport & Planning

Aan: Gemeente Utrecht
Stadsbedrijven, Stadsingenieurs
2E [REDACTED]

Van: 2E [REDACTED]

Datum: 12 november 2020

Kopie: 2E [REDACTED]

Ons kenmerk: BH6655TPNT2010301415

Classificatie: Project gerelateerd

Gecontroleerd door: 2E [REDACTED]

Goedgekeurd door: 2E [REDACTED]

Onderwerp: Ontwerp versterkingsmaatregel gewelf werfkelder Oude Gracht 230

1 Inleiding

Onder het pand Oude Gracht 230 in Utrecht bevinden zich gewelfde kelders. Deze kelders dateren vanaf de middeleeuwen, vermoedelijk uit de vijftiende eeuw. Boven op deze kelders zijn in de loop der eeuwen diverse gebouwen gerealiseerd. De huidige gebouwen, pand 230 en pand 230A, zijn gebouwd omstreeks 1885. Pand 230 en 230A waren in die tijd één. Begin 19e eeuw zijn de panden gesplitst. Tussen pand 230 en pand 230A is een dragende wand aanwezig. Mogelijk staat deze wand gefundeerd op een deel van het gewelf. In dit gewelf zijn scheuren aanwezig. In opdracht van Gemeente Utrecht heeft Bouwadviesbureau Strackee een beoordeling uitgevoerd van de constructieve veiligheid van dit gewelf.

Vraagstelling

Het uitvoeren van een niet-tijdelijke beheersmaatregel in de keldergang treffen zodat het handhavingsverzoek verwijderd kan worden. Hierbij is het uitgangspunt dat de kelder op korte termijn tijdelijk of (semi)permanent zodanig sterk gezekerd wordt, dat de situatie op korte termijn voldoende veilig is voor eigenaar, VTH en het project. De vraag is of er een technische maatregel kan worden getroffen om de situatie voldoende te stabiliseren, zodat de werkzaamheden aan de walmuur volgens planning door kunnen gaan.

Aanpak

De volgende voorkeursvariant is uitgewerkt: versterken boog met een gewapende spuitbetonlaag. Bij deze optie wordt de doorgang het minst versmald, de krachten worden 'in de muur gehouden' en niet naar de vloer toe afgedragen, daarnaast is deze makkelijk aan te brengen en de inschatting is dat de kosten niet veel verschillen van de andere mogelijkheden en afwegingen.

De aanpak bestaat uit het uitvoeren van berekeningen voor het dimensioneren van de wapening; advies voor de uitvoeringsmethode en een onderhoudsadvies.

2 Randvoorwaarden/uitgangspunten

De onderstaande tabel toont de lijst met beschikbare documenten van het object.

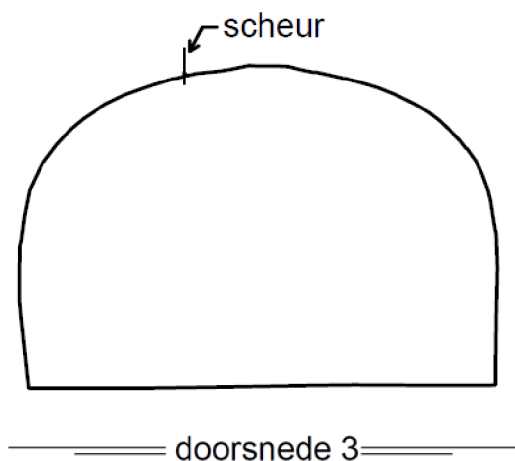
Nr.	Documentnr.	Omschrijving
[1]	-	Verslag bespreking kelder OG230 (7-10-2020)
[2]	BH5064 IBNT200714	Advies gewelf werfkelder Oude Gracht 230 (14-7-2020)
[3]	R920155 R01A	Second opinion bestaande constructie Oude Gracht 230 (25-5-2020)
[4]	R920155 R01	Bijlage 1 Plattegrond en doorsnedes
[5]	R920155 R01	Bijlage 2 Berekening
[6]	R920155 R01	Bijlage 3 Berekening (extra knooppogging onder kruin gewelf)

Uitgangspunt voor de versterkingsmaatregel is dat de toegang tot de achtergelegen kelderruimte niet geblokkeerd wordt en zo is afgewerkt dat het recht doet aan het gebruik van de ruimte (flexkantoor/overlegzalen). Voor toepassen van deze maatregel zal een overeenkomst moeten worden opgesteld met de eigenaar. Er vindt controle plaats op sterkte (UGT excl. vermoeiing).

De gevolgklasse voor dit object is gelijk aan CC2 conform NEN-EN 1990. Voor het beoordelingsniveau is van 'afkeur' uitgegaan doordat hiermee aan het minimale veiligheidsniveau wordt voldaan. De bijbehorende minimale restlevensduur is 15 jaar.

Geometrie

De versterkingsmaatregel is ontworpen voor de maatgevende doorsnede 3 zoals hieronder met een binnen maat voor de overspanning van 3,46m en een hoogte van 2,4m (tot onderkant gewelf). De dikte van het gewelf is minimaal 440mm volgens metingen.



3 Materiaalgegevens

3.1 Metselwerk

Voor de materiaaleigenschappen van metselwerk kan worden uitgegaan van de eigenschappen gegeven in de NPR 9998:2018+C1:A1:2020 Ontw. In onderstaande tabel zijn de karakteristieke waarden van metselwerk opgenomen volgens 9.3.2.2 van NPR 9998:2018+C1:A1:2020 Ontw. voor metselwerk met mortel. Voor de gemiddelde waarden mag tabel F.2 van de NPR 9998:2018+C1 aangehouden worden. Om op gemiddelde waarden te komen mag de karakteristieke waarde eventueel ook worden verhoogd met factor 1,5, zie 9.1.3.2 van NPR 9998:2018+C1. (Conform de NEN-EN 1996-1-1:2006+A1:2013/NB:2018 nl kan de korte duur stijfheid worden benaderd door de druksterkte te vermenigvuldigen met een factor 700).

f_{ck} (karakteristiek) [N/mm ²]	f_{cm} (gemiddeld) [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²]	E_m [N/mm ²]
5,0	7,5	3,41	5000

Er is uitgegaan van een categorie 2 voor het metselwerk waarbij een partiele factor voor de materiaalsterkte $\gamma_M = 2,2$ hoort (conform NEN-EN 1996-1-1). De factor bestaat uit het product van een modelfactor $\gamma_{Rd} = 1,42$ gebaseerd op een variatiecoëfficiënt van 25% voor metselwerk en een sterktefactor van $\gamma_m = 1,55$.

Karakteristieke initiële schuifsterkte: $f_{v,0;k} = 0,2 \text{ N/mm}^2$
 Karakteristieke maximale schuifsterkte: $f_{v,max;k} = 0,78 \text{ N/mm}^2$

3.2 Spuitbeton

Praktische materiaaleigenschappen van het spuitbeton zijn benodigd. Om spanningsconcentraties te voorkomen zal de druksterkte een gelijke orde van grote als het metselwerk moeten hebben.

3.3 Betonstaal

Voor de materiaaleigenschappen van betonstaal wordt volgens ROK paragraaf 6.1 art. 3.2.2 verwezen naar NEN 6008 waarin prestatie-eisen zijn opgenomen die voldoen aan NEN-EN 1080. De waarden uit deze norm zijn samengevat in de onderstaande tabel. In deze tabel zijn tevens de rekenwaarden van de grootheden aangegeven.

Staalsoort	$f_{y,k}$ [N/mm ²]	$f_{y,d}$ [N/mm ²]	E_s [N/mm ²]	$\epsilon_{u,k}$ [N/mm ²]	
Staven/gepunte wapeningsnetten	B 500B	500	435	200.000	5,00

4 Belastingen, -factoren en -combinaties

4.1 Permanente belasting

De permanente belasting op het gewelf bestaat uit vloerbelasting en de bovenliggende constructieonderdelen. De resulterende permanente belasting is in de rapportage [3] bepaald en gecontroleerd. De belasting staat als een lijnlast loodrecht op het gewelf gepositioneerd. Een Q_{pb} van 63 kN/m^1 wordt ook in deze rapportage toegepast.

Extra belasting uit de 'onderbouw' is bepaald wat de belasting op de begane grond vloer betreft. De vulling op het gewelf is onderzocht en ingemeten.

Een rustende belasting van maximaal 20 kN/m^2 tot minimaal 5 kN/m^2 is bepaald bovenop het gewelf. Een conservatief gemiddelde van $12,5 \text{ kN/m}^2$ is aangehouden.

4.2 Variabele belasting

De variabele belasting bestaat uit de belasting van de bovengelegen verdiepingvloeren. Windbelasting wordt via de gevels naar de fundering afgedragen en heeft geen/verwaarloosbaar effect op het betreffende gewelf. De variabele belasting is in de rapportage [3] bepaald en gecontroleerd. De lijnlast Q_{vb} van 24 kN/m^1 wordt ook in deze rapportage toegepast. Hierbij hoort een momentane veranderlijke belasting (uit de begane grond vloer) van $0,9 \text{ kN/m}^2$.

4.3 Belastingfactoren

Afhankelijk van het beoordelingsniveau gelden er belastingfactoren. De onderstaande tabel toont de factoren volgens de NEN8700 Tabel A1.2(B) voor gebouwen waarvoor de (omgevings)vergunningen zijn verleend onder Bouwbesluit 2003. Er is sprake van een reparatie, vernieuwing/renovatie waardoor het minimale veiligheidsniveau 'afkeur' van toepassing is. Bij 6.10a geldt een combinatiefactor van 0,5 op variabele belasting, zodat 6.10b maatgevend is. De huidige en toekomstige belastingssituatie zijn hier gelijk. De toets is uitgevoerd met het gebruik van een minimale referentieperiode van 15 jaar.

Belastingcombinatie	Blijvende belastingen		Veranderlijke belasting
	Ongunstig	Gunstig	
(Vgl. 6.10 a)	$\gamma_{Gj, sup}$	$\gamma_{Gj, inf}$	$\gamma_{Q,1}$
Categorie A – CC2 - afkeur	1,20	0,9	0,5x1,15
(Vgl. 6.10 b)	$\xi^* \gamma_{Gj, sup}$	$\gamma_{Gj, inf}$	$\gamma_{Q,1}$
Categorie A – CC2 - afkeur	1,10	0,9	1,15

4.4 Belastingcombinatie

Alleen de uiterste grenstoestand moet zijn beschouwd met fundamentele belastingcombinaties. De fundamentele belastingcombinaties zijn opgebouwd via vergelijkingen 6.10a en 6.10b uit NEN-EN 1990:

$$6.10a: \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

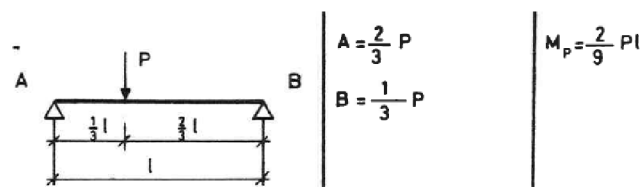
$$6.10b: \sum_{j \geq 1} \xi_j \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

5 Verificatieberekening

5.1 Buigend moment

De berekening van het gewelf van de werfkelder van de OG 230 bestaat uit een lineair elastische UGT-som. De berekening is van toepassing voor de maatgevende doorsnede 3 uit tekening [4], voor wat de maatgevende doorsnede van de kelder betreft. Vergeet-me-nietjes zijn toegepast voor een conservatieve benadering van de maximale krachtswerking in het gewelf. Op deze manier wordt de krachtswerking in het geval van een buiglijger bepaald wat conservatief is in vergelijking tot een drukboog. De dagmaat van de vrij platte boog is aanhouden als bovengrens in de sommen.

De maximaal optredend buigend moment door de belasting uit de verdiepingen bestaat uit een permanent deel en een variabel deel:



$$M_{Ed,p} = \frac{2}{9} PL = \frac{2}{9} ((1,10 \cdot 63) + (1,15 \cdot 24)) \cdot 3,46 = 75 \text{ kNm/m}$$

Het maximaal optredend buigend moment door de belasting uit de begane grond bestaat uit een permanent deel en een variabel deel:

$$M_{Ed,q} = \frac{1}{8} qL^2 = \frac{1}{8} ((1,10 \cdot 12,5) + (1,15 \cdot 0,9)) 3,46^2 = 22 \text{ Nm/m}$$

Het maximaal optredende totale moment is 97kNm/m.

Benodigde capaciteit

In het ontwerp is uitgegaan van de conservatief gemeten dikte van het gewelf van 440mm waar de schil van gewapend beton tegenaan komt. Ook is er een conservatieve dekking van 40mm aangehouden op de wapening. De capaciteit van de maatgevende sneden is volgens het reguliere bilineair spanning-rekdiagram bepaald. Hierin is een rekenwaarde voor de gemiddelde druksterkte voor het metselwerk aangehouden van 3,41N/mm²:

Positie	Ligging	Wapening [-]	Ø [mm]	a [mm]	A _s [mm ² /m]	F _s [kN/m]	d _s [mm]	X _u [mm]	M _{rd} [kNm/m]
Veld midden	onder (langsrichting)	Ø10-150	10	150	524	228	473	89	100
	onder (dwarsrichting)	Ø8-150	8	150	335	146	464	57	64

De geoptimaliseerde wapening Ø10-150 om tot een unity check van 0,97 is ruim voldoende om mogelijk aanwezige trekkrachten in het gewelf op te nemen doordat er conservatief gerekend is.

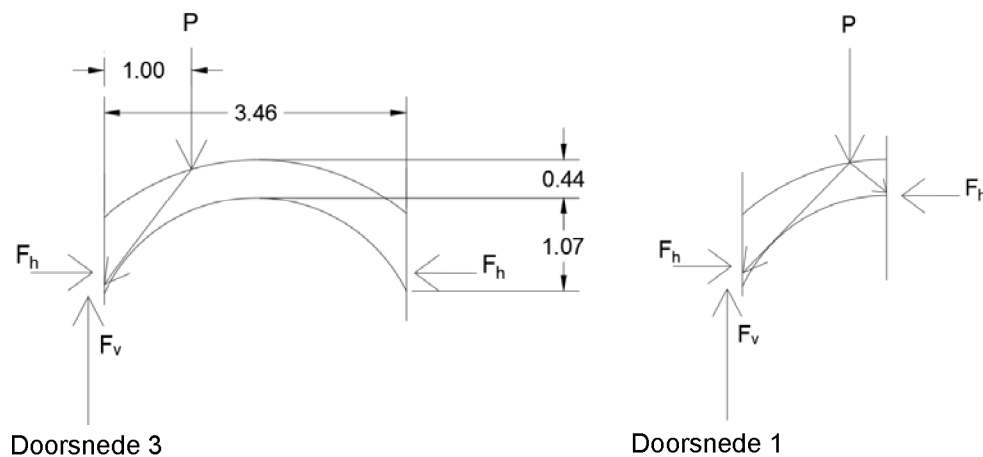
Controle drukzone

De gemiddelde drukspanning in de drukzone in het metselwerk is gecontroleerd voor de conservatieve bepaalde drukkracht F_{cd}=228kN/m. De optredende drukspanning is 228000/(89*1000)=2,56 N/mm². De drukspanning blijft dus onder de gemiddelde druksterkte (3,41N/mm²) van het metselwerk.

5.2 Dwarskracht

De maximaal optredende dwarskrachtspanning is bepaald door een volledige krachtsafdracht uit de wand naar één zijde. Dit levert de navolgende maximale schuifspanning op welk bij voorgaand uitgangspunt gelijk is voor de doorsneden 1 en 3. Er is een conservatieve doorsnede met een dikte van 440mm gekozen:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{1,1 \cdot 24 + 1,15 \cdot 63}{440 \cdot 1000} = 0,16 \frac{N}{mm^2}$$



De dwarskracht capaciteit is in de betreffende doorsnede getoetst aan de karakteristieke initiële schuifsterkte: $f_{v,0,k} = 0,2 \text{ N/mm}^2$:

$$UC = \frac{0,16}{0,20} = 0,82$$

De Eurocode staat reductie voor belastingen door directe krachtsafdracht binnen de zone 2,5d ($=2,5 \cdot 440 = 1100\text{mm}$) toe. De belasting mag dus zelfs gereduceerd worden waardoor de toets nog ruimer zal gaan voldoen dan nu al met conservatief rekenen gedaan is.

6 Conclusie en advies

De versterking van het gewelf is mogelijk met de variant gewapend spuitbeton voor een minimum restlevensduur van 15 jaar. Bij de versterkingsmaatregel wordt de doorgang het minst vernald, de krachten worden 'in de muur gehouden en niet naar de vloer toe afgedragen. Daarnaast is het makkelijk aan te brengen en de inschatting is dat de kosten niet veel verschillen (of zelfs lager uitvallen) van andere voorgestelde versterkingsopties.

Er is conservatief gerekend door een minimaal aangehouden dikte voor het gewelf van 440mm, door schematiseren van het gewelf met een buiglijger.

Herstel- en onderhoudsadvies

De versterkingsmaatregel met gewapend spuitbeton leidt tot het toepassen van wapening $\text{Ø}10\text{-}150$ in de overspanningsrichting en $\text{Ø}8\text{-}150$ in de dwarsrichting over het oppervlak van het gewelf zoals is aangegeven in de tekening uit de bijlage. Een wapeningsnet wat aan de minimale hoeveelheden voldoet zou de uitvoering kunnen verlichten. De wapening zal (in delen) tegen het gekromde vlak van het gewelf bevestigd moeten worden. Dit zal op locatie om maatwerk vragen.

Er wordt geadviseerd om een betonmengsel met een druksterkte overeenkomend met het metselwerk toe te passen om spanningsconcentraties in het metselwerk te voorkomen. Dit zal een mengsel met een relatief lage sterkte moeten zijn (C12/15 of lager indien mogelijk) en indien mogelijk krimparm. Voor het aanbrengen van het spuitbeton zou de droge methode toegepast kunnen worden zodat bekisting en een ondersteuningsconstructie wellicht vermeden kunnen worden. Indien nodig kan het spuitbeton in twee lagen aangebracht worden. Het oppervlak wat met spuitbeton uitgevoerd dient te worden, is aangegeven in de tekening in de bijlage. Dit komt neer op een aan te brengen volume spuitbeton van afgerond 4m^3 (omtrek $7\text{m} * \text{lengte } 5\text{m} * \text{dikte } 100\text{mm}=3,5$). De betonnenschil zal tot op de eerste versnijding van de fundering op staal doorgezet moeten worden.

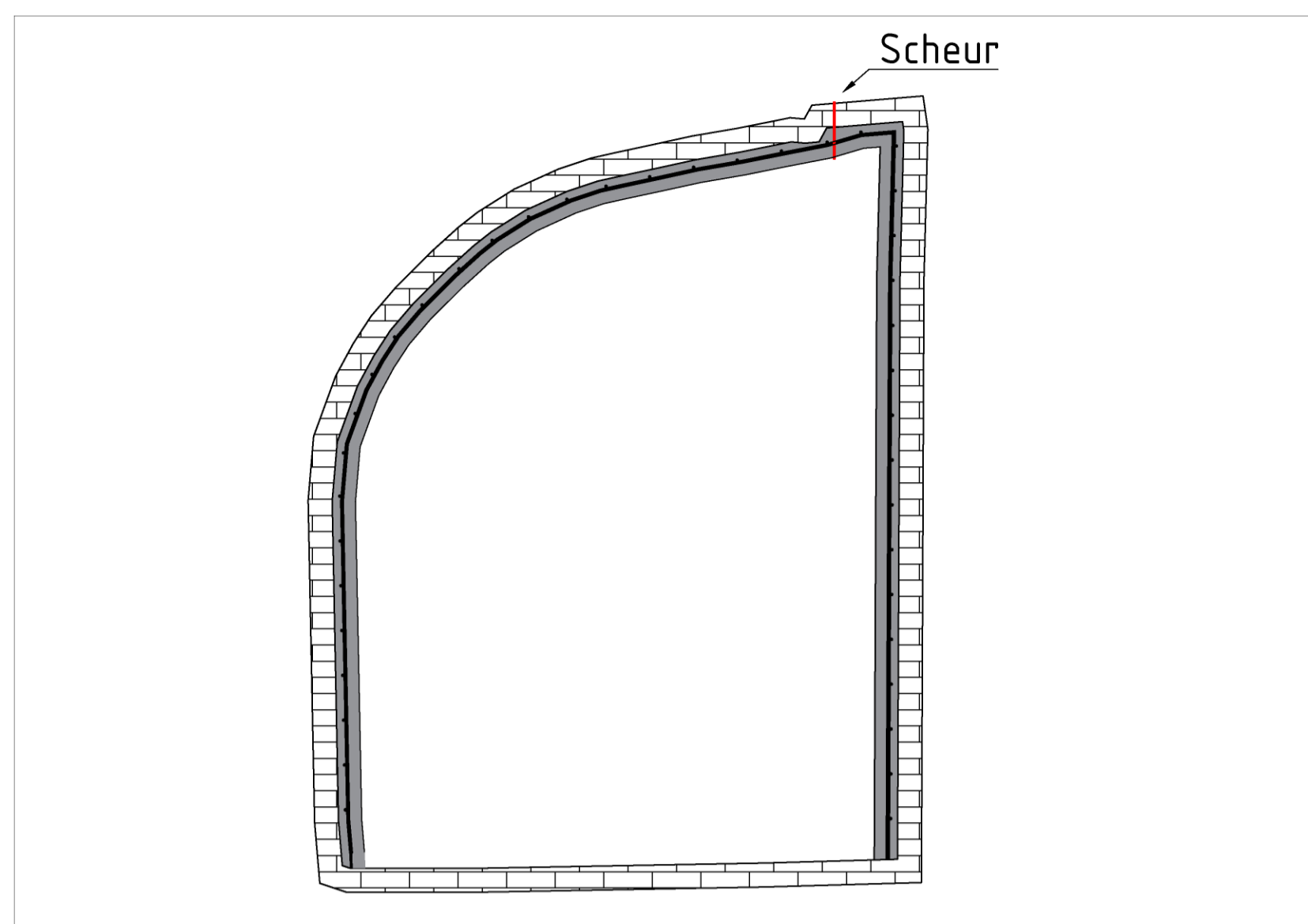
Tijdens het regulier periodiek onderhoud van het rijksmonument zal inspectie naar de samenhang tussen het spuitbeton en het metselwerk uitgevoerd kunnen worden. Eventuele scheurvorming in het beton door mogelijke trekspanningen zullen gemonitord moeten worden.

7 Bijlage

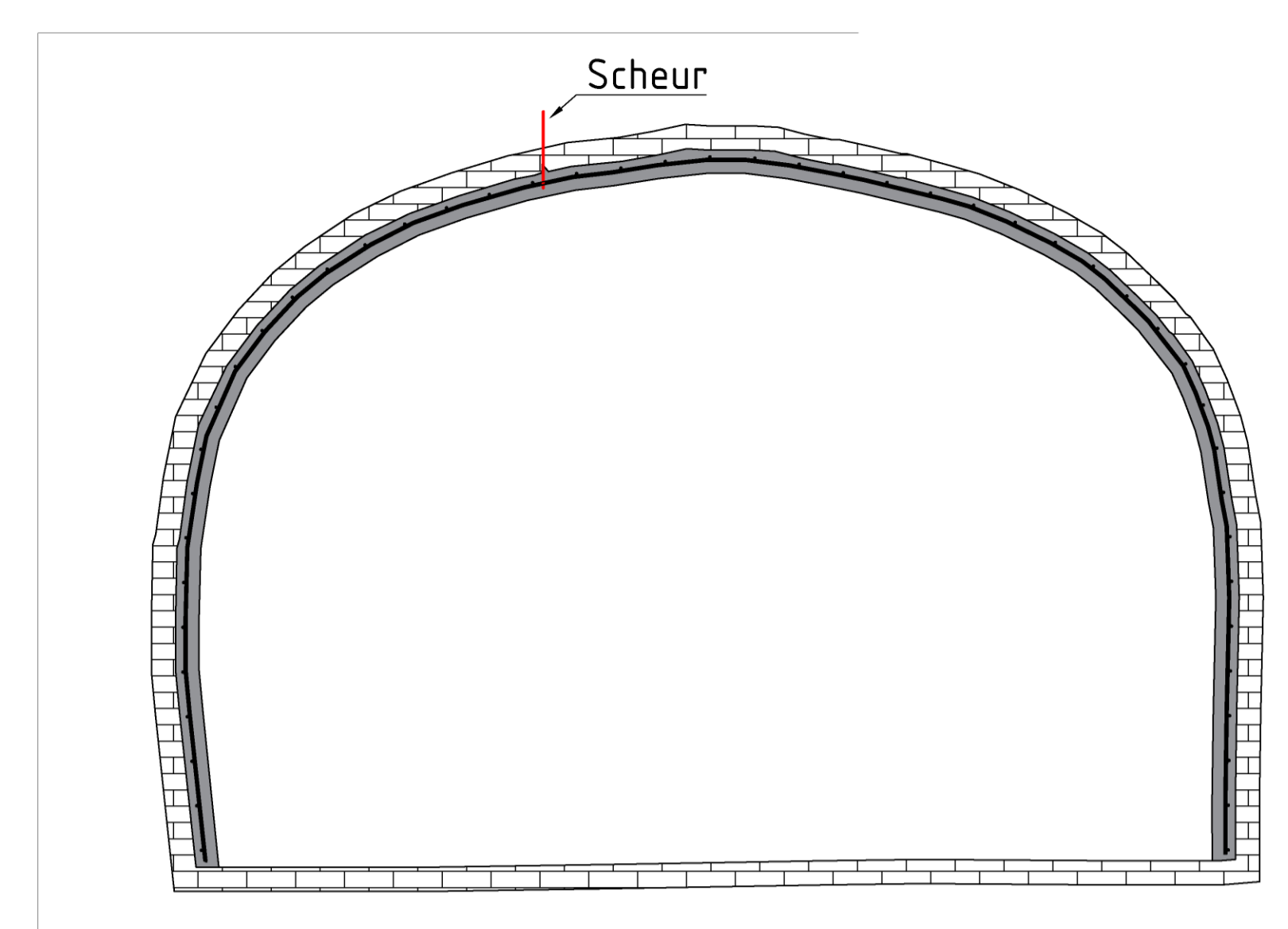
Tekening versterkingsmaatregel met gewapend spuitbeton



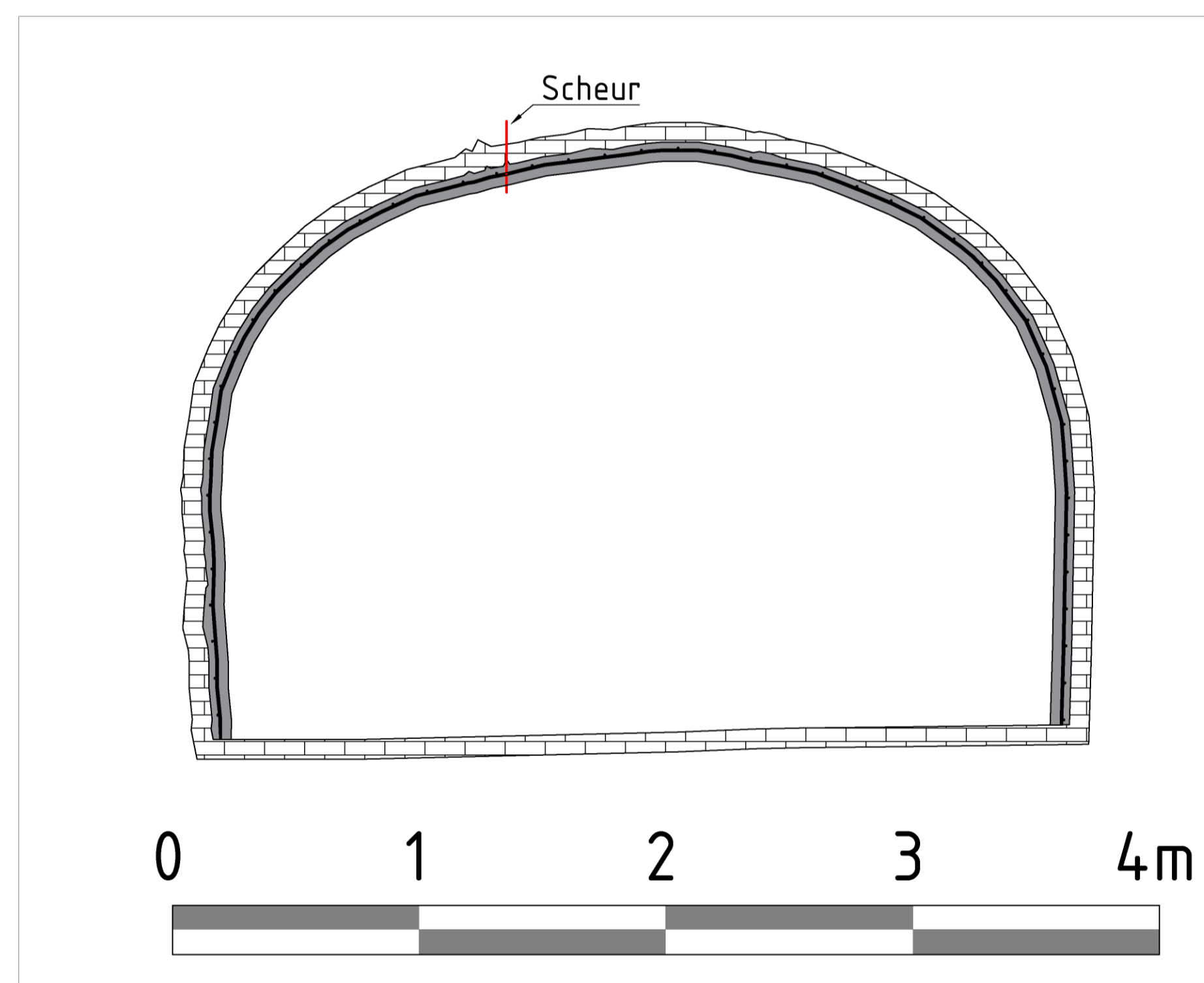
KELDER PLATTEGROND
Schaal: 1:100



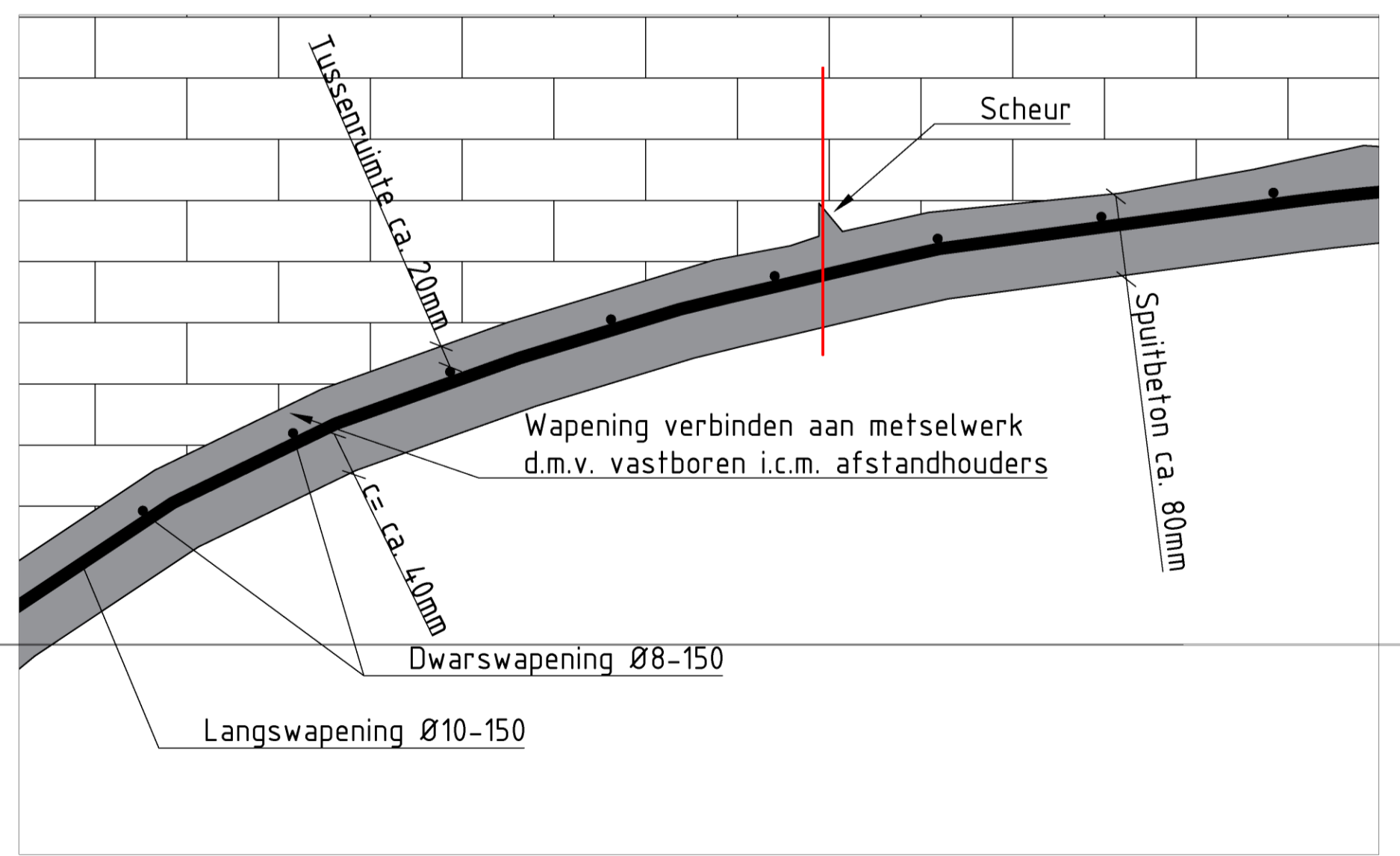
DOORSNEDE 1
Schaal: 1:20



DOORSNEDE 3
Schaal: 1:20




DOORSNEDE 2
Schaal: 1:20



DETAIL 1
Schaal: 1:5

1.0	Eerste uitgave
revisie	omschrijving
opdrachtgever	
Gemeente Utrecht	
project	
Versterkingsmaat	
omschrijving	
Versterking met g	
formaat	schaal
A1	ZIE TE

5.1.2.0	5.1.2.0	akkoord	datum
getekend	gecontroleerd		
 Royal HaskoningDHV Enhancing Society Together			
documentstatus	documentversie		
bladnr.	van	projectnummer / tekeningnummer	