

Van Rossum Infra
Dhr. Ir. E.L.C.M. Oud
Pedro de Medinalaan 3a
1030 AG Amsterdam

Notitie

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Door CRUX Engineering BV is in opdracht van Van Rossum Infra een trillingspredictie uitgevoerd ten behoeve van het trillen van damwanden voor het nieuwbouwproject Schoutenwerf te Muiden. De resultaten van de trillingspredictie zijn gepresenteerd in voorliggende notitie.

1.2 Projectomschrijving

De projectlocatie is gelegen langs de Vecht te Muiden ten noorden van de Zeesluis, zie Figuur 1. Op het terrein van de voormalige scheepswerf Schoutenwerf. Op het terrein worden een aantal woningen gebouwd, een deel hiervan wordt voorzien van een éénlaags kelder.

Het terrein ligt tussen de Vecht en op een primaire waterkering (dijk die Muiden beschermd tegen hoog water). Een deel van de bouwkuip en de fundering van de kelder wordt in de beschermingszone van de primaire waterkering aangelegd. Gezien de damwanden binnen de beschermingszone van een primaire waterkering worden aangebracht, wordt aanbevolen om bij het Waterschap na te gaan of aanvullende vergunningen benodigd zijn voor de trillingswerkzaamheden.

Onderwerp

Trillingspredictie
Schoutenwerf Muiden

Projectnummer

18354

Ons kenmerk

NT18354a3

Versie

3

Datum

13 maart 2020

Pagina's

11

Opgesteld

ir. E.S.D. El Banna

Gecontroleerd

ing. A. Wisse

Vrijgave

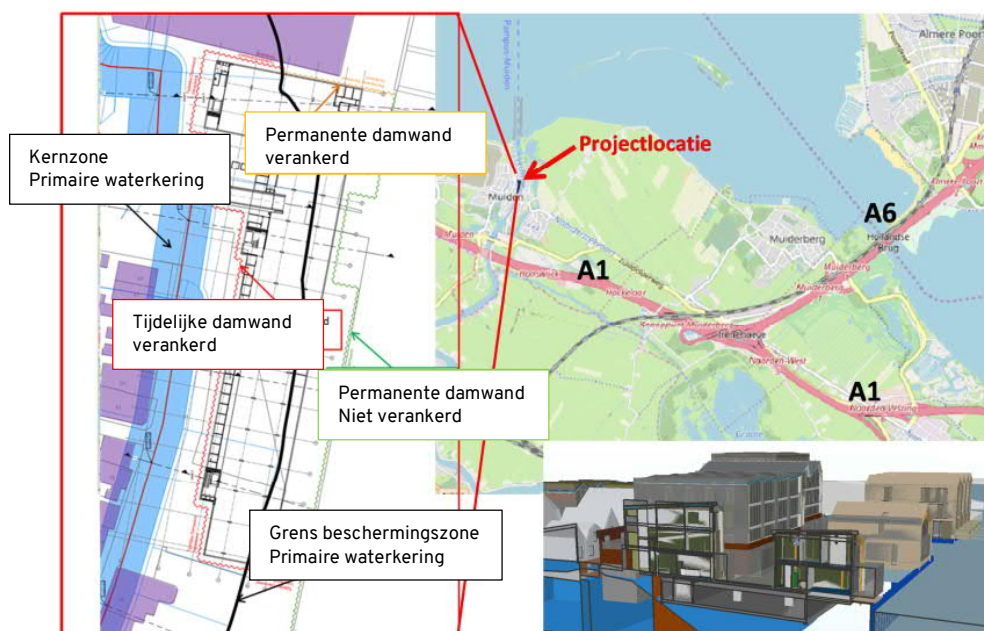
ing. A. Wisse

Bijlagen

Bijlage 1 Rekensheet trillen

Formulier

RA-03-v18.0622



Figuur 1 Projectlocatie, omgeving en principe nieuwbouw

2 Uitgangspunten

CRUX Engineering BV
cruxbv.nl

2.1 Documenten en richtlijnen

De volgende documenten en richtlijnen zijn gehanteerd bij het opstellen van dit rapport:

- [1] CRUX Engineering BV; rapport; *Bouwkuipadvies Schoutenwerf Muiden*; RA18354a1 d.d. 30-01-2019;
- [2] duPrie; e-mail Fred van de Hoorn, info trilblokken, 26-11-2019.
- [3] SBR trillingsrichtlijn A: schade aan bouwwerken: 2017.
- [4] CUR 166, Damwandconstructies 6^e druk

Ons kenmerk
NT18354a3

Pagina
2/11

CRUX staat niet in voor de juistheid en/of volledigheid van de door derden verstrekte informatie en gegevens.

2.2 Reken- en toetsingsmethodiek

Voor het trillen van damwanden worden de trillingsintensiteiten ter plaatse van de belendingen bepaald aan de hand van de methode gegeven in CUR166 Damwandconstructies.

De rekenkundig gekwantificeerde trillingsintensiteiten worden getoetst conform de in Nederland gehanteerde richtlijn SBR Richtlijn A “Schade aan bouwwerken: 2017” [3].

2.3 Grondopbouw

Uit het grondonderzoek zoals uitgevoerd voor het bouwkuipadvies [1] blijkt dat de bodemopbouw op de projectlocatie sterk wisselt. De globale grondopbouw is weergegeven in Tabel 1.

Tabel 1 Globale bodemopbouw

Grondtype	Bovenkant grondlaag [m t.o.v. NAP]
Zand	+0,7 à +2,5
Klei humeus	-0,5*
Klei	-2,0 à -3,0
Klei, zw zandig	-4,5*
Zand siltig	-4,5 à -6,0
Eerste Zandlaag	-9,0 à -10,5**

* Aan de oostzijde niet aanwezig.

** Maximaal verkende diepte is ca. NAP -32m.

2.4 Toe te passen trilblok

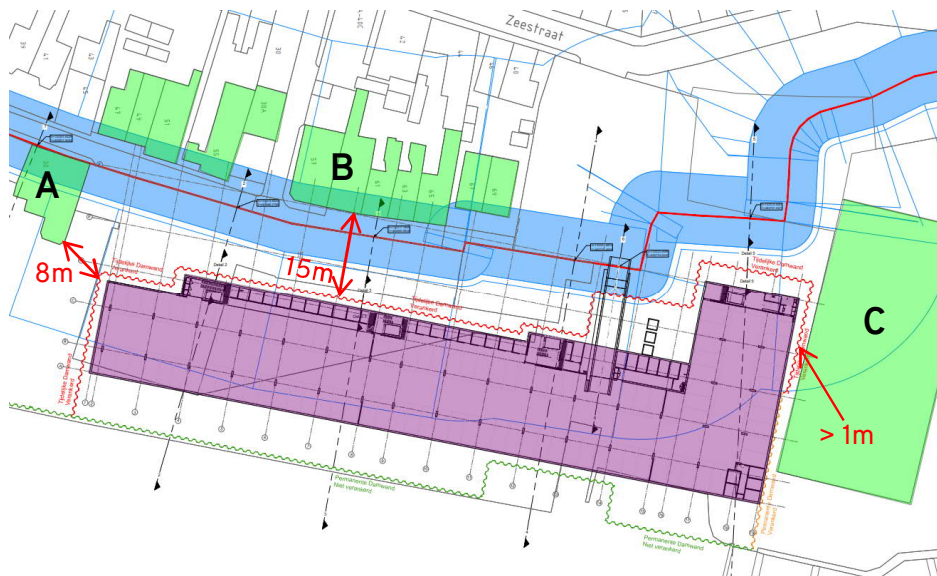
Om de trillingen in de omgeving door het trillen van damwanden te kunnen kwantificeren dient eerst de benodigde slagkracht te worden bepaald die noodzakelijk is om de damwand op diepte te krijgen.

Conform opgave van bouwbedrijf duPrie [2] worden de volgende trilblokken gebruikt:

- 12VM voor de damwanden van de kade, slagkracht 700 kN.
- 7VM voor de damwanden van de bouwkuip, slagkracht < 435 kN.

2.5 Belendingen

Er bevinden zich diverse belendingen nabij de projectlocatie. Deze belendingen en afstanden tot de bouwblokken zijn indicatief weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2 Locatie bouwblokken inclusief belendingen

De trillingsinvloed op eventueel aanwezige kabels en leidingen is niet beschouwd en maakt geen deel uit van deze rapportage.

De belendingen kunnen conform de SBR-A Trillingsrichtlijn 2017 worden ingedeeld in de volgende categorieën:

Tabel 2 Overzicht categoriale indeling bouwwerken [SBR-A:2017].

Categorie	Omschrijving
1	<ul style="list-style-type: none">Onderdelen van de draagconstructie, indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.Onderdelen van een bouwwerk die geen deel uitmaken van de draagconstructie (bijvoorbeeld scheidingsconstructies), indien deze bestaan uit gewapend beton of hout.Draagconstructies van bouwwerken, geen gebouw zijnde, die bestaan uit metselwerk zoals pijlers van viaducten, kademuren en dergelijke.
2	<ul style="list-style-type: none">Onderdelen van de draagconstructie van een gebouw, indien deze bestaan uit metselwerk.Onderdelen van een gebouw die niet tot de draagconstructie behoren, zoals scheidingsconstructies die bestaan uit niet-gewapend beton, metselwerk of uit brosse steenachtige materialen.

* In eerdere edities van de richtlijn [SBR-A: 2002] was nog sprake van een categorie 3 bouwwerk voor bouwwerken met monumentale status of gebouwen met een gevoelige bouwkundige staat. In de 2017 editie is categorie 3 vervallen en vervangen door een veiligheidsfactor van 1,7 op de grenswaarden van categorie 2. In hoeverre een pand in categorie 2 incl. veiligheidsfactor moet worden gecategoriseerd, dient conform versie 2017 op basis van een uitgebreide visuele binnen inspectie ("checklist bouwkundige staat") worden beoordeeld.

Het overzicht van de belendingen en bijbehorende minimale afstand tot de werkzaamheden is weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 Overzicht dichtstbijzijnde belendingen

Belending	Funderingswijze	SBR- A categorie	Minimale afstand tot werkzaamheden trillen damwanden [m]
A. Hellingstraat 30	Palen en op staal	2 monument	8
B. Hellingstraat 45 t/m 69 (oneven)			15
C. Loods		1	> 1

De belendingen A. en B. worden in SBR-bouwwerkcategorie 2 met monumentale status ingedeeld. De gevel van de loods (C.) bestaat op basis van Google Maps uit staalplaten en is derhalve niet gevoelig voor schade door trillingen en daarmee ingedeeld in SBR-bouwwerkcategorie 1, want is vermoedelijk opgebouwd uit stalen spanten. De opdrachtgever dient dit uitgangspunt te verifiëren.

Ondanks dat er geen trillingsschade aan de gevel van de loods wordt verwacht op basis van de SBR-A, kan het paal draagvermogen van de loods wel beïnvloed worden door het intrillen op korte afstand.

De beoordeling van de staat van de panden is uitgevoerd op basis van Google Streetview . De beoordeling dient daarmee als indicatief beschouwd te worden. Conform de SBR-A dient een inspectie plaats te vinden voor de definitieve vaststelling van de bouwkundige staat.

Mocht uit de inspectie blijken dat de staat van de bouwwerken afwijkt van hetgeen aangehouden in deze rapportage dienen grenswaarden aangepast te worden en kan dat gevolgen hebben voor de predicties.

3 Omgevingsbeïnvloeding door trillingen

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de trillingen in de omgeving en de mogelijke invloed daarvan op de belendingen rekenkundig middels de huidige ter beschikking staande voorspellingsmethodieken gekwantificeerd en getoetst aan de in Nederland geldende richtlijn SBR-A (schade aan gebouwen).

3.2 Aanpak trillingspredictie

Door CRUX worden de volgende systematische stappen doorlopen voor de bepaling van de mogelijke schade ten gevolge van trillingen:

- Bepaling te verwachten trillingsintensiteiten ter plaatse van de belendingen door het trillen van damwanden;
- Toetsing van de rekenkundige trillingsintensiteiten conform de in Nederland gehanteerde richtlijn SBR-A 'Schade aan bouwwerken' versie 2017.

3.3 Richtlijn SBR-A voor schade aan gebouwen

3.3.1 Algemeen

Volgens de bestaande praktijkervaring bestaat er een aanvaardbaar kleine kans (minder dan 1%), dat schade aan bouwwerken en funderingen zal optreden, indien de rekenwaarden uit voorspellingen of metingen de rekenwaarde van de grenswaarden conform de SBR-A richtlijn niet overschrijden.

3.3.2 Bepaling rekenwaarden van de grenswaarden

Voor de bepaling van de rekenwaarden van de SBR-A grenswaarden zijn onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Toetsing vindt plaats voor het trillen van damwanden met het trilblok 7VM voor de bouwkuip met 435 kN slagkracht en 12VM trilblok voor de kade met 700 kN slagkracht.
- In de berekening is een overschrijdingskans van 5% aangehouden, dit komt overeen met een betrouwbaarheidsindex (β) van 1,64;
- De belendingen A en B zijn ingedeeld in SBR-bouwwerkcategorie 2, C is ingedeeld in SBR-bouwwerkcategorie 1;
- De trillingsbron (trillen stalen damwand) wordt als continue trilling gecategoriseerd (conform artikel 10.2.3 SBR-A) met partiële veiligheidsfactor γ_t van 2,5;
- Voor de frequentie-bandbreedte van trillingen door het hoogfrequent trillen van buispalen/damwanden zijn ervaringswaarden van 30Hz en 40Hz aangehouden. Ten aanzien van de belendingen wordt 30 Hz als maatgevende frequentie beschouwd.

De met bovenstaande uitgangspunten afgeleide grenswaarden zijn opgenomen in Tabel 4. De karakteristieke waarden van de grenswaarden zijn afhankelijk van het bouwwerk en de dominante frequentie van de trillingen.

Tabel 4 Grenswaarden conform SBR-A, frequentie afhankelijk

Bouwwerk categorie [-]	Frequentie [Hz]	Karakteristiek grenswaarden	Partiële veiligheidsfactor		Grenswaarde schade (rekenwaarde) [mm/s]
		schade [mm/s]	γ_t [-]	γ_s [-]	
1	30	30,0	2,5	1,0	12,0
	35	32,5			13,0
	40	35,0			14,0
2	30	10	2,5	1,7	2,35
	35	11,25			2,65
	40	12,5			2,94

- γ_t = partiële factor op type trilling

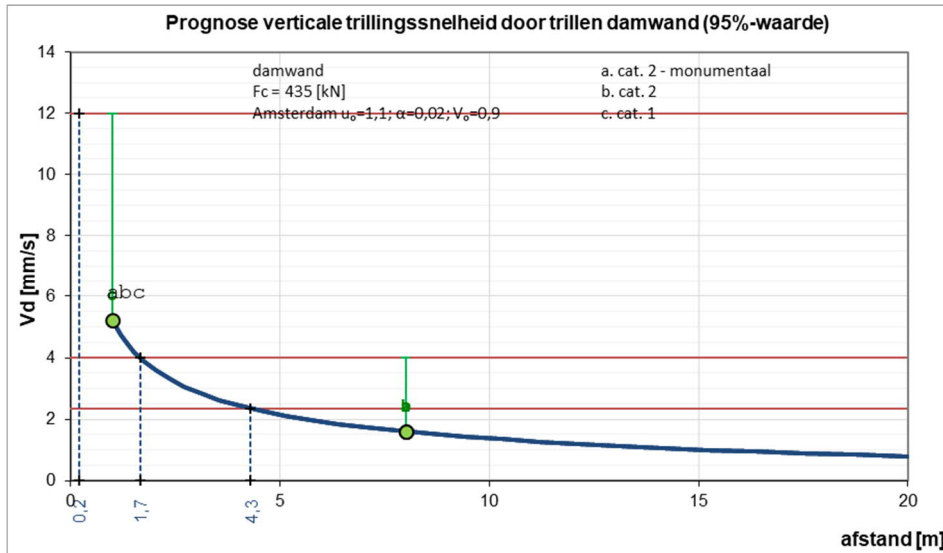
- γ_s = partiële factor ivm monumentale status

Het wordt benadrukt dat in deze toetsingswaarde voor de voorspellingen geen veiligheidsfactor voor het type meting in rekening is gebracht, te weten een uitgebreide, beperkte of indicatieve meting (conform SBR-A paragraaf 9.3 Tabel 9.2).

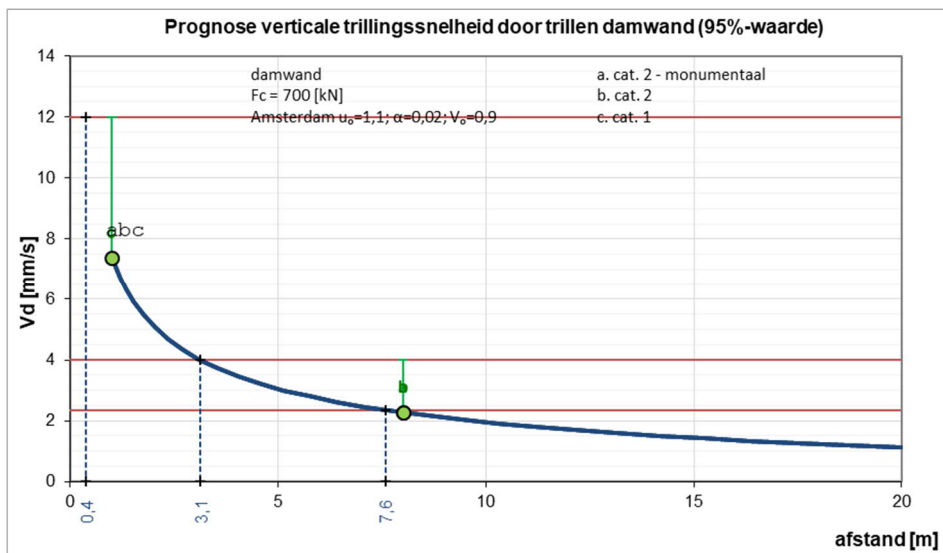
3.4 Rekenkundige voorspelling en invloedsgebied

De rekenkundige trillingsintensiteiten en invloedsgebieden zijn grafisch weergegeven in Figuur 3 en Figuur 4 voor respectievelijk de 7VM en 12VM trilblokken. Hierbij is een frequentie-bandbreedte van 30 Hz tot 40 Hz aangehouden. Indien een belending binnen de grenzen van het rekenkundige invloedsgebied valt, wordt niet voldaan aan de SBR-A richtlijn waardoor de kans op schade aan de belendingen groter dan 1% is en niet meer aanvaardbaar gering.

Onderstaand zijn de resultaten voor de toets van de verticale trillingsrichting gepresenteerd. Deze richting wordt door CRUX als maatgevend gesteld. Voor het Amsterdamse cq. Rotterdamse bodemprofiel worden in horizontale richting hogere trillingssnelheden voorspeld. Dit is te verklaren door de relatief hoge veiligheidsfactor die conform CUR 166 voor de horizontale trillingssnelheid wordt gegeven. Deze hoge veiligheidsfactor wordt vooral veroorzaakt door de zeer geringe hoeveelheid meetdata die ten grondslag ligt aan de voorspelling en de hierdoor grote spreidingsbreedte in de horizontale trillingscomponent met betrekking tot de sterkte van de trillingsbron. Deze veiligheidsfactor wordt door ons als onnodig hoog beschouwd. Op basis van meetresultaten afkomstig van een groot aantal projecten in de regio Amsterdam en Rotterdam blijken de verticale en horizontale trillingssnelheden elkaar dan in het algemeen niet significant te ontlopen en de maatgevende waarde in lijn te liggen met de voorspelde verticale trillingssnelheden. Daarnaast wordt de aanname voor de verschillen in het achtergrondrapport van de CUR166 trillingspredictie (TNO-rapport B-91-0401, 1991) twijfelachtig genoemd.



Figuur 3 Trillingsprognose voor trillen met maximale slagkracht van 435 kN



Figuur 4 Trillingsprognose voor trillen met maximale slagkracht van 700 kN

De kade bevindt zich op dusdanig grote afstand tot de belendingen dat de belendingen worden getoetst t.o.v. de bouwkuip.

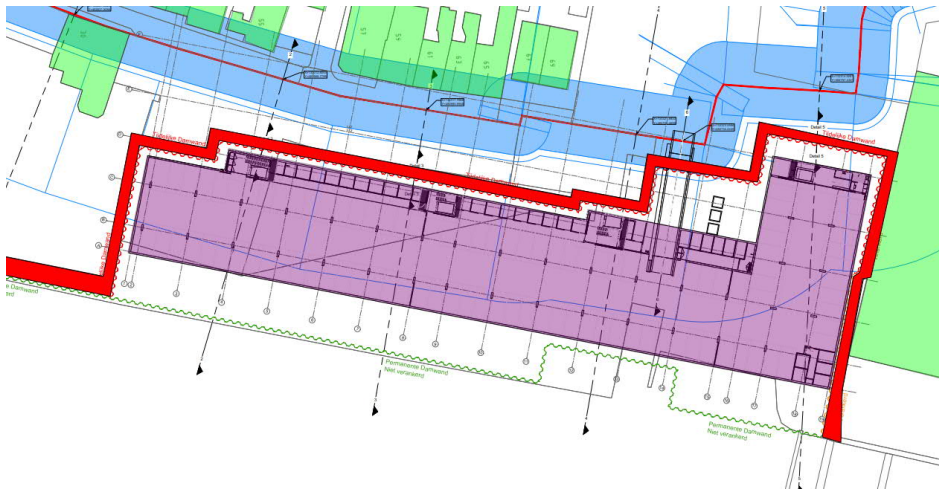
De minimaal benodigde afstand tot de belendingen bedraagt rekenkundig 1,7m vanaf de bouwkuip en 3,1m vanaf de kade. Belendingen die zich buiten dit invloedsgebied bevinden hebben rekenkundig minder dan 1% kans op schade.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 5.

Tabel 5 Toets verticale trillingen

Belending	Afstand t.o.v. de belendingen [m]	Rekenkundig invloedsgebied [m]	Toets SBR-A
A. Hellingstraat 30	8	4,3	Voldoet
B. Hellingstraat 45 t/m 69	15	4,3	Voldoet
C. Loods	>1	0,2	Voldoet

In Figuur 5 is de invloedszone indicatief weergegeven in het rood.



Figuur 5 Invloedsgebied trillingen in het rood aangegeven

Rekenkundig treedt geen overschrijding van de SBR-A grenswaarden op. Hierdoor is de kans op schade rekenkundig aanvaardbaar gering.

Ter bewaking van de trillingsniveaus wordt het aanbevolen om tijdens het trillen van de damwanden trillingsmetingen uit te voeren aan de belendende panden.

Het wordt opgemerkt dat in de trillingsvoorspellingen ervan is uitgegaan dat geen obstakels in de grond worden geraakt. Indien men echter bij het trillen op onvoorziene obstakels zou stuiten (oude funderingsresten en of overige grove puin) kunnen de trillingsnelheden ter plaatse van de belendingen snel oplopen. De aanwezigheid van obstakels in de bovenste lagen kan bijvoorbeeld door het voorprikken van het tracé in beeld worden gebracht. Als er obstakels worden aangetroffen dient, afhankelijk van de diepte te worden voorgesleufd of worden voorgeboord. Deze werkzaamheden dienen echter zorgvuldig uitgevoerd te worden, zodat geen ontoelaatbare grondontspanning en vervormingen optreden in de omgeving.

4 Conclusies en aanbevelingen

Door CRUX Engineering BV is in opdracht van Van Rossum Infra een trillingspredictie uitgevoerd ten behoeve van het trillen van damwanden voor het nieuwbouwproject Schoutenwerf te Muiden.

Conform opgave van bouwbedrijf duPrie worden de volgende trilblokken gebruikt:

- 12VM voor de damwanden van de kade, slagkracht 700 kN.
- 7VM voor de damwanden van de bouwkuip, slagkracht < 435 kN.

Rekenkundig treedt geen overschrijding van de SBR-A grenswaarden op bij het gebruik van bovenstaande trilblokken. Hierdoor is de kans op schade conform de SBR- A richtlijn rekenkundig aanvaardbaar gering.

Ter bewaking van de trillingsniveaus wordt het aanbevolen om tijdens het trillen van de damwanden trillingsmetingen uit te voeren aan de belendende panden.

Het wordt opgemerkt dat in de trillingsvoorspellingen ervan is uitgegaan dat geen obstakels in de grond worden geraakt. Indien men echter bij het trillen op onvoorziene obstakels zou stuiten (oude funderingsresten en of overige grove puin) kunnen de trillingsnelheden ter plaatse van de belendingen snel oplopen.

Bijlage 1 Rekensheet trillen

Sheet	Trillingspredictie damwand of open buispaal CUR 166 (3e), toets SBR		
Project	Schoutenwerf Muiden		
Projectnummer	18354		
Fase / onderdeel	bouwkuip - 435 kN slagkracht		
Datum	11-3-2020		
Opsteller	ban		versie v056
			versiedatum 7-9-2018

P:\B10\18354 v R damwand fundering Schoutenwerf Muiden\04 REK\Excel\QSH\18354 Trillingspredictie damwand openbuis v056.xlsb\435 kN

Uitgangspunten

Profiel	damwand
Inbrengmethode	trillen
Slagkracht	435 [kN]
Reductiefactor (maatregel)	1
Evt. overdracht slagkracht (Fc) naar grond	100%
Locatie voor bodemprofiel	Amsterdam
Overschrijdingskans	5,0%
Bepaling γ i.v.m. overschrijdingskans	exact
Type "meting" voor bepaling γ_v	uitgebreid

Opmerking

Slagkracht na correcties	$F_{c,cor}$	435 [kN]	$= R * 100\% * F_c$
Betrouwbaarheidsindex (5%)	β	1,64	(tabel overschrijdingskans - beta)

Belendende objecten en grenswaarden SBR-A

Type object (pand, fundering, leiding)	type fundering	type vloer	afstand x [m]	Dom. freq. [Hz]	Kar. grensw. V_{kar} [mm/s]	Factoren voor type trilling γ_t [-]	"meting" γ_v [-]	Rekenw. grensw. V_r [mm/s]
a. cat. 2	?		8	30	10,0	2,5	1,7	2,4
b. cat. 2	?		8	30	10,0	2,5	1,0	4,0
c. cat. 1	?		1	30	30,0	2,5	1,0	12,0

Verticale trilling in de grond

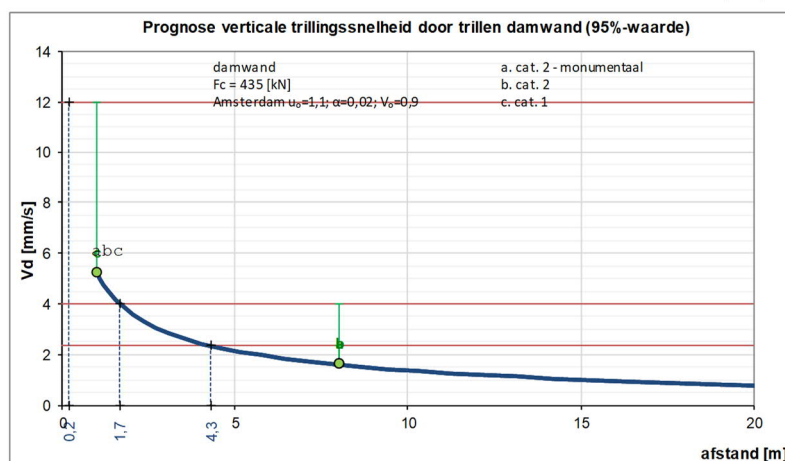
Gem. referentiesnelheid op 5m (50%)	u_0	1,1 [mm/s]	(tabel: profiel Amsterdam)
Damping bodem	α	0,02 [m ⁻¹]	(tabel: profiel Amsterdam)
Spreiding	V_0	0,9	(tabel: profiel Amsterdam)
Veiligheidsfactor bij 5% overschrijdingskans	γ	2,42 [-]	$\gamma = \text{EXP}(0,7 * \beta * \sqrt{\ln(1 + V_0^2)})$
Gecorrigeerde gem. referentiesnelheid (50%)	$u_{0,cor}$	1,27 [mm/s]	$= u_0 + 0,002 * (F_{c,cor} - 350) \quad (F_{c,cor} \geq 350)$
Rekenw. referentiesnelheid op 5m (5%)	$\gamma * u_{0,cor}$	3,07 [mm/s]	

Verticale trilling ter plaatse object

Toets

Belending	type fundering	Grensw. V_r [mm/s]	overdr. draagconstr. C_{x1} [-]	C_{x12} [-]	benodigde afstand [m]	gegeven afstand, x [m]	damping $C_{0x}(x)$ [-]	fundering V_k [mm/s]	V_d [mm/s]	Toets
a. cat. 2	?	2,4	1	0,7	4,3	8,0	0,74	0,7	1,6	OK
b. cat. 2	?	4,0	1	0,7	1,7	8,0	0,74	0,7	1,6	OK
c. cat. 1	?	12,0	1	0,7	0,2	1,0	2,42	2,2	5,2	OK

$$C_{0x} = \sqrt{(5/x)} * \text{EXP}(-\alpha * (x - 5))$$



Interval curve

van x	1
tot x	20

Sheet	Trillingspredictie damwand of open buispaal CUR 166 (3e), toets SBR	
Project	Schoutenwerf Muiden	
Projectnummer	18354	
Fase / onderdeel	kade - 700 kN slagkracht	
Datum	11-3-2020	
Opsteller	ban	versie v056 versiedatum 7-9-2018

P:\B\18354 vR damwand fundering Schoutenwerf Muiden\04 REK\Excel\QSH 18354 Trillingspredictie damwand o penbuis v056.xls b\700 kN

Uitgangspunten

Profiel		damwand
Inbrengmethode		trillen
Slagkracht	Fc	700 [kN]
Reductiefactor (maatregel)	R	1
Evt. overdracht slagkracht (Fc) naar grond		100%
Locatie voor bodemprofiel		Amsterdam
Overschrijdingskans		5,0%
Bepaling γ i.v.m. overschrijdingskans		exact
Type "meting" voor bepaling γ_v		uitgebreid

Opmerking

Slagkracht na correcties	Fc;cor	700 [kN]	= R * 100% * Fc
Betrouwbaarheidsindex (5%)	β	1,64	(tabel overschrijdingskans - beta)

Belendende objecten en grenswaarden SBR-A

Type object (pand, fundering, leiding)	type fundering	type vloer	afstand x [m]	Dom. freq. [Hz]	Kar. grensw. Vkar [mm/s]	Factoren voor type trilling γ_t [-]	"meting" γ_v [-]	Rekenw. grensw. Vr [mm/s]
a. cat. 2	?		8	30	10,0	2,5	1,7	2,4
a. cat. 2	?		8	30	10,0	2,5	1,0	4,0
c. cat. 1	?		1	30	30,0	2,5	1,0	12,0

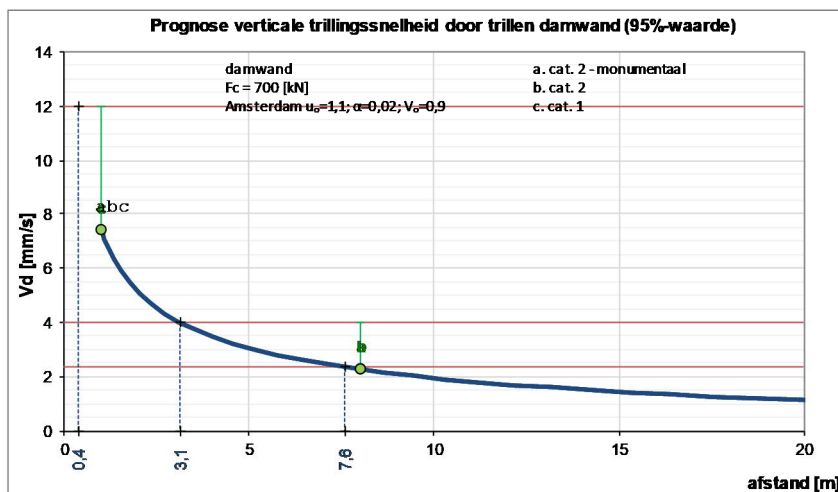
Verticale trilling in de grond

Gem. referentiesnelheid op 5m (50%)	u_0	1,1 [mm/s]	(tabel: profiel Amsterdam)
Damping bodem	α	0,02 [m ⁻¹]	(tabel: profiel Amsterdam)
Spreading	V_0	0,9	(tabel: profiel Amsterdam)
Veiligheidsfactor bij 5% overschrijdingskans	γ	2,42 [-]	$\gamma = \text{EXP}(0,7 * \beta * \sqrt{\ln(1 + V_0^2)})$
Gecorrigeerde gem. referentiesnelheid (50%)	$u_{0;cor}$	1,80 [mm/s]	$= u_0 + 0,002 * (F_{c;cor} - 350) \quad (F_{c;cor} \geq 350)$
Rekenw. referentiesnelheid op 5m (5%)	$\gamma * u_{0;cor}$	4,36 [mm/s]	

Verticale trilling ter plaatse object

Belending	type fundering	Grensw. Vr [mm/s]	overdr. draagconstr. Cx1 [-]	Cx2 [-]	benodigde afstand [m]	gegeven afstand, x [m]	damping Cox(x) [-]	fundering Vk [mm/s]	Vd [mm/s]	Toets
a. cat. 2	?	2,4	1	0,7	7,6	8,0	0,74	0,9	2,3	OK
b. cat. 2	?	4,0	1	0,7	3,1	8,0	0,74	0,9	2,3	OK
c. cat. 1	?	12,0	1	0,7	0,4	1,0	2,42	3,1	7,4	OK

$$C0x = \sqrt{(5 / x)} * \text{EXP}(-\alpha * (x - 5))$$



Interval curve

van x	1
tot x	20