





Hoe sterk is een kademuur...?


ir. R. Kleinlugtenbelt Thurber, voorheen Gemeente Amsterdam
ir. A. Verweij Arcadis



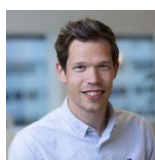

Samengewerkt met:



Ing. L. Neijzing
Constructeur, Gemeente Amsterdam
Programma Bruggen en Kademuuren





Dr. Ir. T. Schweckendiek
Specialist Geotechnische
Betrouwbaarheid, Deltares



Ir. R. Wesstein
Adviseur Geotechniek
Arcadis

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Inhoud

Programma Bruggen en Kademuuren

- Toetsproces
- Hoe en Wat onderzoeken
- Houten paal – grond interactie
- Belastingen
- Amsterdamse Risicobeoordeling Kademuuren - **ARK**
- Toetskader Amsterdamse Kademuuren - **TAK**

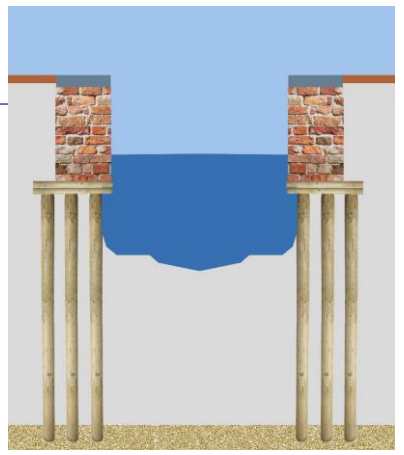




Amsterdam heeft 1600 bruggen en 600 km kademuur

- 200 km zijn gemetselde muren op 12 m lange houten funderingspalen.
- meer dan 100 jaar oud (cultureel erfgoed) en in slechte staat als gevolg van verhoogde belastingen en aangetast hout en metselwerk.
- Volgens de analyse zou de kade bezwijken:
 - meer dan 100 jaar oud
 - falende paalfundering
 veel muren vervormen maar staan onder deze omstandigheden nog steeds overeind.
- De gemeente heeft een Toetskader opgesteld om het risico op falen beter in te kunnen schatten.
- Dit Toetskader omvat een constructieve beoordeling met behulp van een Plaxis 2D-model

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?





Aanleiding Programma

LB zinkgat

RB faalmechanisme houtenpalen

LO enkele momenten voor instorting Grimburgwal

RO na instorten Grimburgwal

XXXX

ARCADIS
THURNER ENGINEERING LTD.

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Falende fundering

<https://nos.nl/video/2346318-beveiligingsbeeld-registreert-instorten-deel-kade-in-amsterdam>

XXXX

ARCADIS
THURNER ENGINEERING LTD.

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Toetsproces

1 Monitoring en data-analyse

Monitoring (monitoringstrategie), schouw en zachte signalen (schouwboek), inspectiegegevens (M&N) en data-analyse (van object naar areaal)

- Laag risico
- Gemiddeld risico
- Hoog risico

2 Constructief beoordelen en advies

Kwaliteitsf met Amsterdamse risicobeoordeling

Eventueel kwantitatief met Toetskader Amsterdamse Kademuuren (TAK) Toetskader Amsterdamse Bruggen (TAB)

- Laag risico, inschatting restlevensduur en regulier beheer
- Beheerbare risico's
- Onacceptabelrisico

3 Integrale afweging herstelmaatregel

- Versterken
- Herwaarderen
- Ritsoeven
- Vervangen

Gefundeerd herstellen

Brug of kademuur kan na maatregel aantoonbaar weer minimaal 30 jaar veilig gebruikt worden.

XXXX

ARCADIS
THURNER ENGINEERING LTD.

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Anatomie

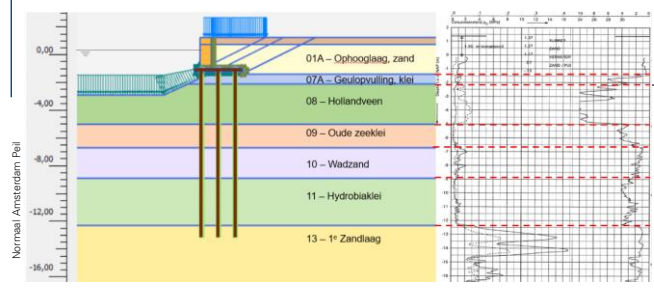
- schuifhout
- keerklos, opsluitklos
- keep
- keep
- metselewerk
- vloerplaat, vloerhout, dekplanken
- "gat" van pen-gat verbinding
- "pen" van pen-gat verbinding
- heipaal (helmaast)
- langshout als aan waterzijde dan heet het watersloof
- Damw. of damwand of onderloopheidscherm of kwelcherm (lichterloopheidscherm)

XXXX

ARCADIS
THURNER ENGINEERING LTD.

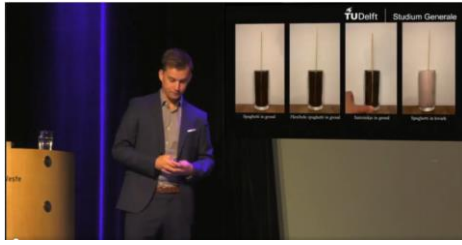


Uitdaging modelleren: houten paal grond - interactie



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Houten paal – grond interactie

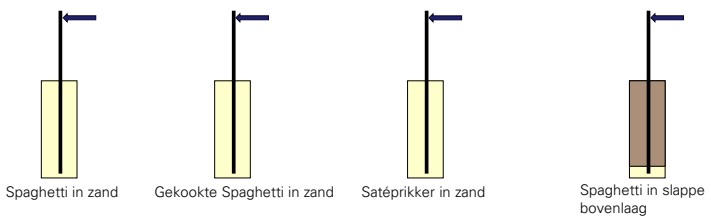


Mart-Jan Hemel Promovendus TU Delft/ AMS



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Houten paal – grond interactie



Mart-Jan Hemel Promovendus TU Delft/ AMS

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Houten paal <=> Grond interactie: eenvoudig experiment



Spaghetti in zand Gekookte Spaghetti in zand Satéprikker in zand Spaghetti in slappe bovenlaag



Mart-Jan Hemel Promovendus TU Delft/ AMS

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?



Boombelasting

Actueel Hoogtebestand Nederland

Amsterdam

ARCADIS

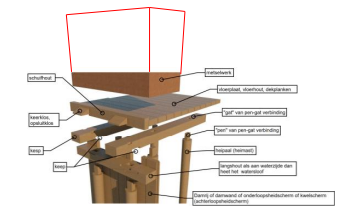
THORBER ENGINEERING LTD.

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

ARK en TAK

Programma Bruggen en Kademuuren

- Toetsproces
- Hoe en Wat onderzoeken
- Houten paal – grond interactie
- Belastingen
- **Amsterdamse Risicobeoordeling Kademuuren - ARK**
- **Toetskader Amsterdamse Kademuuren - TAK**



ARCADIS

THORBER ENGINEERING LTD.

Ontwikkeling ARK en TAK

SOK - ID

anteagroup

ARCADIS TUGRO

Witteveen + Bos

Kennisinstituten

TU Delft

Deltares

HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

Amsterdamse aanpak constructieve beoordelingen kademuuren

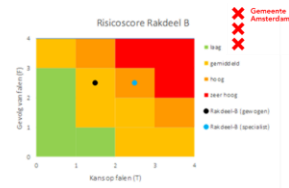
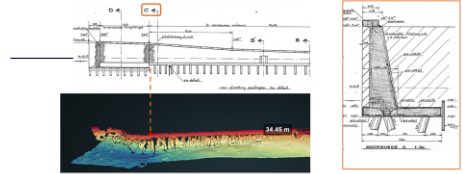
- Archiefonderzoek
 - Duikonderzoek + Houtmonsteranalyse
 - Grondonderzoek
1. Eerste schifting scan duikrapport
 2. **Amsterdamse Risicobeoordeling Kademuuren (ARK)** → Kwalitatief (Excel)
 3. **Toetskader Amsterdamse Kademuuren (TAK)** → Kwantitatief (Plaxis)

ARCADIS

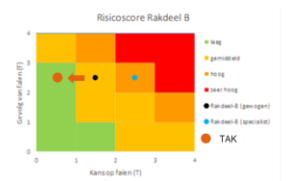
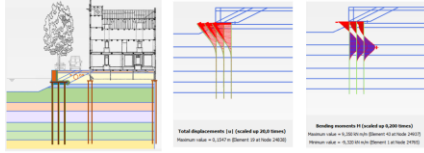
THORBER ENGINEERING LTD.



Van ARK: Amsterdamse Risicobeoordeling Kademuren...

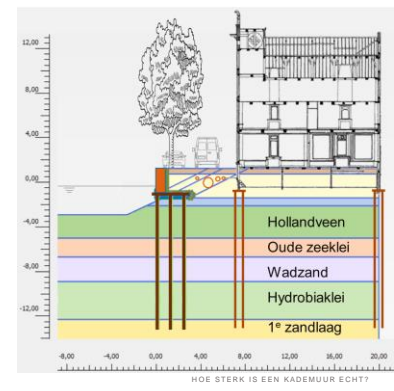


...naar TAK: Toetskader Amsterdamse Kademuren...



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

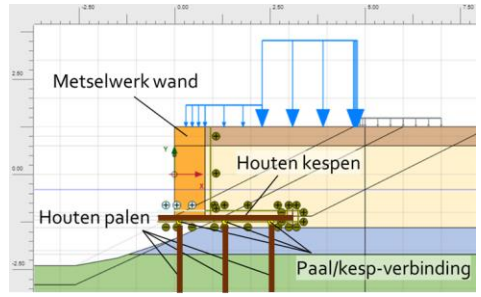
TAK – grond-constructie interactie in Plaxis



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?



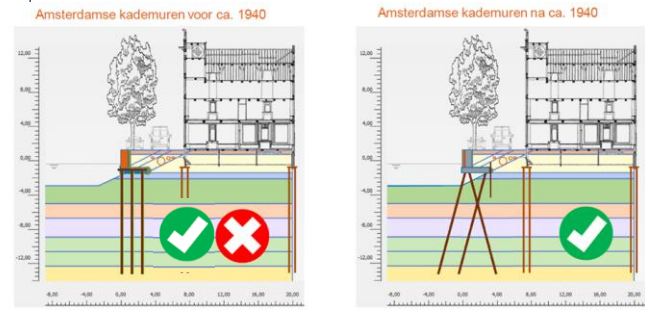
Modellering fundering



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

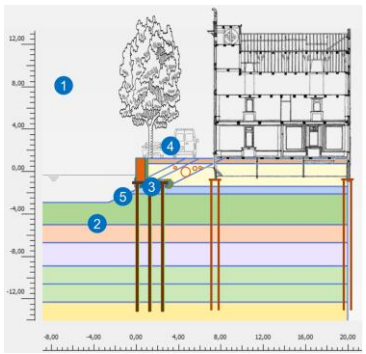


Rekenen met TAK 3.2



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?





HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?

TAK optimalisaties

1. Rekenen op afkeurniveau
2. Grondparameters
3. Houtgedrag / toetsing
4. Belastingen
5. Talud / ontgraving



- ARK 3.0
- TAK 4.0
 - Input PhD TU Delft
 - UrbiQuay / LiveQuay
- PAO cursus Binnenstedelijke Kademuren
- Update handboek BiKa



Bedankt voor uw aandacht



HOE STERK IS EEN KADEMUUR ECHT?