

VHB-CIV-MEM-DO-0015 - Memo eenvoudige evenwichtssom variant 4b
A7 Prinses Margrietunnel

Status : [Status]
 Revisie : 0.1
 Revisiedatum : 15-3-2023
 Werkpakket : WP-00086 - DO team 3 herstelwerkzaamheden
 Documentnummer : W23-003-851

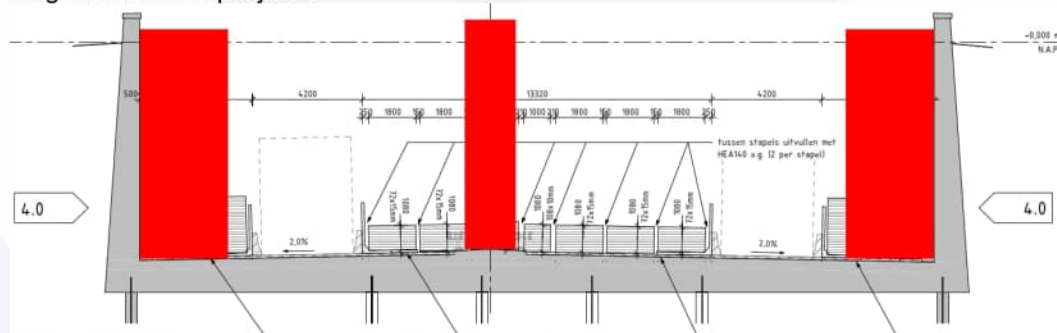
Aan : Bouwteam
 Opsteller :  5.1.2.e
 CC :

1 Aanleiding

Deze memo betreft een eenvoudige evenwichtsberekening waarin wordt aangetoond dat variant 4b uit document W023-003-634 "TOM varianten opdikken wanden of wandverankering" technisch niet haalbaar is vanwege een te hoge drukbelasting in de bestaande palen.

Variante 4b bestaat er uit dat:

- Bestaande palen zijn bezweken als trekpaal;
- Bestaande palen nog wel volledig fungeren als drukpaal;
- Ballastbeton in de vorm van twee zijwanden en een middenwand wordt aangebracht om het verlies aan trekdraagvermogen te compenseren. Door middel van aanbrengen van extra gewicht blijven de bestaande palen bij iedere stijghoogte van de grondwaterstand onder druk staan. De moot mag immers niet opdrijven.



2 Uitgangspunten

Als voorbeeld worden de dimensies van moot 26 genomen:

- L = 18,00 m
- B = 33,00 m
- A = 33 * 18 = 594 m²
- V = 1120 m³ (wanden en vloeren)
- OK vloer gemiddeld -9,90 m NAP
- Gewapend beton 2500 kg/m³
- Ballastbeton 4500 kg/m³ (toeslag magnetiet)
- 50 stuks palen (2x 9 stuks randpalen en 4x 8 stuks middenpalen)

Stijghoogten GWS:

- karakteristiek hoog -0,75 m NAP
- rekenwaarde hoog 6.10a -0,44 m NAP
- rekenwaarde hoog 6.10b -0,65 m NAP
- karakteristiek laag -1,86 m NAP

Partiele factoren toets opdrijven:

- 6.10a 0,90G + 1,00Water
- 6.10b 0,90G + 1,00Water

Partiele factoren toets druk in palen:

- 6.10a 1,40G + 1,65V + 0,90Water
- 6.10b 1,40G + 1,65V + 0,90Water

Capaciteit bestaande palen

- Druk ca. 1200 kN

3 Bepalen m3 ballastbeton

Waterdruk opwaarts:

- Karakteristiek: $-0,75 - -9,90 = 9,15 \text{ m} \rightarrow 594 \text{ m}^2 * 9,15 \text{ m} * 10 \text{ kN/m}^3 = 54351 \text{ kN}$
- 6.10a: $-0,44 \rightarrow 56192 \text{ kN}$
- 6.10b: $-0,65 \rightarrow 54945 \text{ kN}$

Gewicht neerwaarts:

- $1120 \text{ m}^3 * 25 \text{ kN/m}^3 = 28000 \text{ kN}$

Benodigd ballastbeton:

- 6.10a: $V = (1,00 * 56192 - 0,90 * 28000) / 0,90 = 34436 \text{ kN}$
- 6.10b: $V = (1,00 * 54945 - 0,90 * 28000) / 0,90 = 33050 \text{ kN}$

In aanvulling op het gewicht van de constructieve beton is 34436 kN extra neerwaartse belasting nodig om de opwaartse waterdruk te weerstaan. (Dit is $34436 \text{ kN} / 18 \text{ m} = 1913 \text{ kN/m}$)
 Dit kan door toepassing van ballastbeton langs de beide zijwanden, en een nieuwe middenwand.

$$34436 \text{ kN} / 45 \text{ kN/m}^3 = 765 \text{ m}^3$$

Ga uit van 3 stuks $1,85 \text{ m} * 18,00 \text{ m} * 8,00 \text{ m} = 800 \text{ m}^3$ (36000 kN)

4 Controle paal draagvermogen

Waterdruk opwaarts:

Karakteristiek: $-1,86 - -9,90 = 8,04 \text{ m} \rightarrow 594 \text{ m}^2 * 8,04 \text{ m} * 10 \text{ kN/m}^3 = 47757 \text{ kN}$

$$- \quad 6.10a: 1,40 * (28000 + 36000) - 0,90 * 47757 = 46619 \text{ kN}$$

$$- \quad 6.10b: 1,40 * (28000 + 36000) - 0,90 * 47757 = 46619 \text{ kN}$$

Let wel: 1,65V veranderlijke belasting gemakshalve genegeerd

Per paal is dit dan:

$$46619 \text{ kN} / 50 \text{ st} = 933 \text{ kN per paal} < 1200 \text{ kN}$$

Globale toetsing lijkt akkoord ($933 < 1200 \text{ kN}$). Echter, men dient te bedenken dat bijvoorbeeld langs de zijwanden veruit het grootste deel van de neerwaartse belasting naar de 9 stuks randpalen gaat; de wand staat er zo goed als boven op. Als we dit nader beschouwen dan volgt:

G = 1 stuks wand + 1/6 vloer + 1 stuks wand ballastbeton

$$G = 1 * 150 \text{ m}^3 * 25 \text{ kN/m}^3 + 1/6 * 820 \text{ m}^3 * 25 \text{ kN/m}^3 + 1,85 * 18,00 * 8,00 * 45 \text{ kN/m}^3 = 19155 \text{ kN}$$

$$\text{Water} = 1/6 * 594 \text{ m}^2 * 8,04 \text{ m} * 10 \text{ kN/m}^3 = 7960 \text{ kN}$$

$$- \quad 6.10a: 1,40 * 19155 - 0,90 * 7960 = 19653 \text{ kN}$$

Per paal is dit dan $19653 / 9 = 2183 \text{ kN}^{**}$ per randpaal $\gg 1200 \text{ kN}$

* NB1: Alle variabele belasting waaronder bijvoorbeeld het verkeer ($9 \text{ kN/m}^2 + \text{laststelsel } 600 \text{ kN}$) is geheel niet meegenomen, maar geeft lokaal nog een fors hogere drukkracht in de palen. Inschatting is dat dit circa $1,65 * 350 \text{ kN/paal}$ kan zijn. ($2183 + 500 = 2683 \gg 1200 \text{ kN}$)

**NB2: Eigenlijk wordt de ballast op de verkeerde plaats in de moot aangebracht. Er zou een dikkere wand in het midden, en dunnere aanstorten langs de bestaande wanden moeten worden toegepast. Echter, de huidige wand $1,85 \text{ m}$ breed is wat geometrisch inpasbaar is in de middenberm.