

Projekt: Nahe Deiche, 2. BA, Sponsheim Deichrückverlegung

Bauherr: SGD Süd WAB Mainz
Kleine Langgasse 1-3
55116 Mainz

Aufgestellt: 12.07.2016

Bemessung Überlaufscharte

I.) Ermittlung der Bemessungsgrundlagen

1.) Wahl der Wasserbausteinklasse (vorab iterativ bestimmt und festgelegt)

LMA 40 / 200

$G_{100} = 300,00$ [kg]
 $G_{50 \text{ min.}} = 80,00$ [kg]
 $\rho_S = 2,60$ [Mg/m³]

2.) Abschätzen der mindestens erforderlichen Deckwerksstärke mittels des Bestimmens des Steindurchmessers d_{100}

Steingewicht G_{100} $m_S = 300,00$ [kg]
Dichte des Steins $\rho_S = 2,60$ [Mg/m³]

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{6m_s}{\pi\rho_s}} \quad d_S = d_{100} = 0,61 \text{ [m]}$$

Steinlänge $l_s = 1,6 \cdot d_s$ $l_S = l_{100} = 0,98$ [m]

Steinbreite $b_s = 0,8 \cdot d_s$ $b_S = 0,49$ [m]

Mindestens erforderliche Deckwerksstärke (höherer Wert gilt)

$$d_{D, \text{ min.}} \geq \begin{matrix} 1,5 \times d_{100} \\ \approx l_S \end{matrix} \geq \begin{matrix} 0,92 \text{ [m]} \\ 0,98 \text{ [m]} \end{matrix}$$

gewählt: $d_D = 1,00$ [m]

3.) Bestimmen bzw. Festlegen des Steindurchmessers d_{50}

Steingewicht G_{50} $m_S = 80,00$ [kg]
Dichte des Steins $\rho_S = 2,60$ [Mg/m³]

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{6m_s}{\pi\rho_s}} \quad d_S = 0,39 \text{ [m]}$$

Steinlänge $l_s = 1,6 \cdot d_s$ $l_S = 0,63$ [m]

Steinbreite $b_s = 0,8 \cdot d_s$ $b_S = 0,32$ [m]

4.) Bestimmung des Reibungsbeiwertes

Porenanteil des Deckwerks	n =	0,40 [-]
Formfaktor	K =	0,56 [-]
Ungleichförmigkeitszahl	U =	1,70 [-]

$$\lambda_D = \frac{(1-n)}{n} \cdot \frac{u}{K^2}^{0.52}$$

$$\lambda_D = 6,30 [-]$$

5.) Bestimmung des Korrekturfaktors

Deckwerksstärke	d _D =	1,00 [m]
Neigung der luftseitigen Böschung	1 :	6,00 [-]
Neigungswinkel der luftseitigen Böschung	α _D =	9,46 [°]

$$\xi = \frac{d_D^2}{2,8 \cdot \tan \alpha} + 1,5$$

$$\xi = 3,64 [-]$$

6.) Bestimmung des ideellen hydraulischen Radius im Deckwerk

Korndurchmesser bei 50% Siebdurchgang	d ₅₀ =	0,39 [m]
---------------------------------------	-------------------	----------

$$r_{hy,D} = \frac{n \cdot d_D \cdot d_{50}}{4 \cdot (1-n) \cdot d_D + d_{50}}$$

$$r_{hy,D} = 0,06 [m]$$

7.) Bestimmung des Überströmungsabflusses

Abfluss	Q =	186,3 [m ³ /s]
Breite des überströmbaren Deiches	b =	300 [m]
spezifischer Abfluss q = Q/b	q =	0,62 [m ³ /sm]
Durchflussanteil (bzw. möglicher Durchflussanteil) q _D		

$$q_D = n \cdot d_D \cdot \xi \cdot \frac{1}{\sqrt{\lambda_D}} \cdot \sqrt{8 \cdot g \cdot r_{hy,D} \cdot \tan \alpha}$$

$$q_D = 0,50 [m^3/sm]$$

q_D < q
d.h. Überströmung mit ...

$$q_{\bar{D}} = q - q_D$$

$$q_{\bar{D}} = 0,12 [m^3/sm]$$

8.) Abschätzen des Luftgehaltsparmeters

$$\sigma = 1 - 1,3 \cdot \sin \alpha + 0,08 \cdot \frac{y}{k} \leq 1,0$$

$$1,00 [mm]$$

9.) Ermittlung der Abflusstiefe

hydraulische Rauheit	k =	0,13 [m]
	y =	0,34 [m]

$$y = \frac{(\sigma - 1 + 1,3 \cdot \sin \alpha) \cdot k}{0,08}$$

10.) Ermittlung des Reibungsbeiwertes

Anzahl der Steine in der oberen Steinlage je m² Deckwerksfläche

$$\begin{aligned}
 R &= 5,0 \text{ [1/m}^2\text{]} \\
 \text{Abstand der Steinspitzenebene zur Ebene des geringsten Hohlraumanteils} & \\
 k_{\max} &= 0,312 \text{ [m]} \\
 \text{Rauheitsparameter } \Phi &= k_{\max} \cdot \sqrt{R} \quad \Phi = 0,69 \text{ [-]} \\
 \text{Reibungsbeiwert } \frac{1}{\sqrt{\lambda}} &= 3,2 \cdot \log \left(\frac{1}{\sigma \cdot (0,425 + 2,025 \cdot \Phi \cdot \sin \alpha)} \cdot \frac{y}{k} \right) \\
 \frac{1}{\sqrt{\lambda}} &= 1,95 \text{ [-]}
 \end{aligned}$$

11.) Ermittlung der Überströmgeschwindigkeit

$$v_{\bar{U}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{8 \cdot g \cdot y \cdot \tan \alpha} \quad V_{\bar{U}} = 4,14 \text{ [m/s]}$$

12.) Kontrolle, ob abgeschätzter Luftparameter richtig ist !

$$\begin{aligned}
 q' &= v_{\bar{U}} \cdot y \cdot \sigma \quad q' = 1,42 \text{ [m}^3\text{/sm]} \\
 1,42 &> 0,12
 \end{aligned}$$

Abflusstiefe ist zu vermindern

8'.) Ermitteln des neuen Luftgehaltsparameters

abgeschätzte Abflusstiefe

$$y = 0,130 \text{ [m]}$$

$$\sigma = 1 - 1,3 \cdot \sin \alpha + 0,08 \cdot \frac{y}{k} \leq 1,0 \quad \delta = 0,87 \text{ [-]}$$

9'.) Reibungsbeiwert

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{\sqrt{\lambda}} &= 3,2 \cdot \log \left(\frac{1}{\sigma \cdot (0,425 + 2,025 \cdot \Phi \cdot \sin \alpha)} \cdot \frac{y}{k} \right) \\
 \frac{1}{\sqrt{\lambda}} &= 0,80 \text{ [-]}
 \end{aligned}$$

10'.) Ermittlung der Überströmgeschwindigkeit

$$v_{\bar{U}} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{8 \cdot g \cdot y \cdot \tan \alpha} \quad V_{\bar{U}} = 1,04 \text{ [m/s]}$$

11'.) Kontrolle, ob abgeschätzte Luftparameter richtig ist !

$$\begin{aligned}
 q' &= v_{\bar{U}} \cdot y \cdot \sigma \quad q' = 0,12 \text{ [m}^3\text{/sm]} \\
 0,12 &= 0,12
 \end{aligned}$$

der abgeschätzte Luftgehaltsparameter stimmt

II.) Nachweis der Erosionssicherheit

Dichte des Wassers	$\rho_s =$	1,00 [Mg/m ³]	
dynamischer Kraftbeiwert	$C_{fy} =$	0,50 [-]	
Sicherheitsbeiwert Deckwerk	$\eta_{DS} =$	1,60 [-]	
Formfaktor	$K =$	0,50 [-]	
Auftriebssicherheitsbeiwert			
	$\eta_A = \frac{1}{\frac{\rho_w}{\rho_s} \cdot \left(1 + C_{fy} \cdot \frac{\eta_{DS} \cdot v_{\bar{U}}^2}{2 \cdot g \cdot k \cdot d_{50} \cdot \cos \alpha}\right)}$	$\eta_A =$	2,12
		2,12	\geq 1,00

Nachweis erfüllt

III.) Nachweis der Gleitssicherheit

Bestimmung der treibenden Kräfte

Wichte des Wassers	$\gamma_w =$	9,81 [kN/m ³]
(Roh-)Wichte der Deckwerkssteine	$\gamma_s =$	25,51 [kN/m ³]
Länge des Deckwerkselements	$\Delta L =$	21,00 [m]
Stärke der Filterschicht	$d_F =$	0,21 [m]
Wichte des Filtermaterials unter Auftrieb	$\gamma'_F =$	13,00 [kN/m ³]

Reibungswinkel in der Gleitfuge zwischen Filterschicht und Unterbau

$\varphi =$	30 [°]	
Ansatz	0,8 [-]	Gewählt:
$\varphi_{\text{abgemindert}} =$	24,8 [°]	$\varphi =$
		24,8 [°]

Schubspannungskraft aus der Überströmung

$$T_w = \gamma_w \cdot y \cdot \sin \alpha \cdot \Delta L \quad T_w = 4,40 \text{ [kN/m]}$$

Strömungskraft aus der Durchströmung (wenn das Deckwerk nicht überströmt wird, wird vereinfachend und auf der sichern Seite liegend bei der Berechnung d_D angesetzt)

$$F_{SD} = \gamma_w \cdot d_D \cdot \sin \alpha \cdot \Delta L \quad F_{SD} = 33,87 \text{ [kN/m]}$$

Hangabtriebskraft des Deckwerks

$$H' = (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_D \cdot (1 - n) \sin \alpha \cdot \Delta L \quad H' = 32,51 \text{ [kN/m]}$$

Strömungskraft aus der Gleitfuge

$$F_{SD,F} = \gamma_w \cdot d_F \cdot \sin \alpha \cdot \Delta L \quad F_{SD,F} = 7,11 \text{ [kN/m]}$$

Hangabtriebskraft der Gleitfuge

$$H'_F = \gamma'_F \cdot d_F \cdot \sin \alpha \cdot \Delta L \quad H'_F = 9,42 \text{ [kN/m]}$$

$$T_w + F_{SD} + H' + F_{SD,F} + H'_F = 87,32 \text{ [kN/m]}$$

Bestimmung der haltenden Kräfte:

Scherfestigkeit in der Gleitfuge

$$T_{res} = [(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_D \cdot (1 - n) + \gamma'_F \cdot d_F] \cos \alpha \cdot \Delta L \cdot \tan \varphi' \quad T_{res} = 116,22 \text{ [kN/m]}$$

Gleitsicherheitsbeiwert

$$\eta_G = \frac{T_{res}}{T_w + F_{SD} + H' + F_{SD,F} + H'_F} \geq 1,3 \quad \eta_G = 1,33 \geq 1,3$$

Nachweis erfüllt