

Příloha č. 2 Hydrotechnický výpočet

stavba: Zpracování projektové dokumentace mostních objektů TÚ 2091- km 0,660, TÚ 2091 – km 24,309, TÚ 1611 – km 27,729, TÚ 1611 – km 36,345, TÚ 1201 – km 174,792 a TÚ 2452 – km 2,227
objekt: **SO 03 - Oprava propustku v km 36,345 tratě Havlíčkův Brod -Pardubice-Rosice nad Labem**

druh stavby: přestavba propustku

účel stavby: propustek slouží pro převedení dráhy přes vodní tok

Výpočet je zpracován podle:

ČSN 73 6201 Projektování mostních objektů

TP 204 Hydrotechnické posouzení mostních objektů na vodních tocích

TP 232 Propustky a mosty malých rozpětí

Účelem výpočtu je prokázat, že navržený propustek nevytváří překážku přirozenému odtoku vody při všech odtokových stavech, které se mohou vyskytnout s významnou pravděpodobností za období fyzické životnosti propustku.

Zatřídění mostního objektu křižujícího vodní toky a vodní nádrže

- Zatřídění mostního objektu podle dopravního významu

propustek na regionální dráze

1. kategorie podle kap. 12 ČSN 73 6201

- Zatřídění mostního objektu podle charakteru křižovaných vodních toků

propustek křižující suchou vodoteč k odvodu srážkové vody

- Zatřídění mostního objektu z hlediska nebezpečí jeho ohrožení při povodních

propustek ohrožovaný při výskytu povodní

- s obdélníkovým příčným profilem

Výchozí údaje a podklady

- Hydrologické podklady (údaje od ČHMÚ)

plocha povodí

A = 3,24 km² ≤ 50 km² --> lze navrhnout proudění se zahlceným vtokem

n-letá řada průtoků

Q ₁	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	hodnoty v m ³ /s
1,03	1,72	2,94	4,12	5,52	7,73	9,70	

stanovení návrhového průtoku podle ČSN 73 6201

hodnota variačního rozpětí

$V_R = Q_{100}/Q_1 = 9,4 \geq 6,5$... nelze navrhnout proudění se zahlceným vtokem

návrhový průtok

$NP = Q_{100} = 9,70 \text{ m}^3/\text{s} < 50 \text{ m}^3/\text{s}$... vodní tok lze převést propustkem

kontrolní návrhový průtok

$KNP = 12,13 \text{ m}^3/\text{s}$

návrh tvaru a velikosti příčného profilu propustku

propustek obdélníkového příčného profilu

výška a = 1,250 m 1250 mm úpravu vtoku 1,3 dle tab.

světlost b = 2,500 m 2500 mm

zkosení hran 0,2 m 200 mm

návrh délky a podélného sklonu koryta pod propustkem

délka propustku

l = 6,000 m

navržený podélný sklon dna pod propustkem

i = 1,00 % (0,5-5,0 %)

výška pláně železničního tělesa nad dnem vtoku

$h_1 = 1,900 \text{ m}$

návrh tvarového řešení vtokové části propustku

vtok je tvořen kolmou čelní stěnou (typ vtoku 1 podle tab. 10.1 TP 204)

Hydraulické posouzení propustku pro návrhový a kontrolní návrhový průtok

posouzení režimu proudění v otvoru

rozměry a podélný sklon dna propustku jsou navrženy tak, aby bylo zaručeno proudění o volné hladině

stanovení hloubky vody nad propustkem

měrná křivka koryta v profilu nad objektem za předpokladu ustáleného rovnoměrného proudění - Chézyho rovnice

sklon hladiny $I = 0,0050$ sklon 5 ‰

součinitel drsnosti $n = 0,025$ toky s oblouky a malými nepravidelnostmi

tvar koryta lichoběžníkový

šířka dna $b = 2,500 \text{ m}$

sklony svahů $1: 1,00$

hloubka h_0	průtočná plocha S_0	omočený obvod O	hydraulický poloměr R	rychlostní součinitel C	rychlost v_0	průtok Q
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/2} .s ⁻¹]	[m.s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]
0,10	0,260	2,783	0,093	26,94	0,58	0,15
0,30	0,840	3,349	0,251	31,77	1,13	0,95
0,50	1,500	3,914	0,383	34,09	1,49	2,24
0,70	2,240	4,480	0,500	35,64	1,78	3,99
0,90	3,060	5,046	0,606	36,80	2,03	6,20
1,10	3,960	5,611	0,706	37,74	2,24	8,88
1,30	4,940	6,177	0,800	38,54	2,44	12,04
1,50	6,000	6,743	0,890	39,23	2,62	15,70
1,52	6,113	6,801	0,899	39,30	2,63	16,10
1,71	7,205	7,339	0,982	39,88	2,79	20,13

NP

KNP

pro NP = $9,70 \text{ m}^3/\text{s}$ je

$h_n = 1,521 \text{ m}$

pro KNP = $12,13 \text{ m}^3/\text{s}$ je

$h_n = 1,711 \text{ m}$

ověření režimu proudění

střední hloubka proudění

$h_s = S_N / B_N = 1,103 \text{ m}$

1,217 m

šířka hladiny

$B_N = 5,541 \text{ m}$

5,922 m

Frouddovo číslo

$F_r = \frac{v_0^2}{g \cdot h_s} = 0,64 < 1 \dots$ říční proudění

$0,65 < 1 \dots$ říční proudění

podmínka zatopení vtoku horní vodou

předpoklad neovlivnění dolní vodou

$h = E - \alpha \cdot v_h^2 / (2g) = 1,636 \text{ h} \geq \beta \cdot a \dots$ vtok je zatopen

$1,935 \text{ h} \geq \beta \cdot a \dots$ vtok je zatopen

$\beta \cdot a = 1,500$

součinitel zatopení vtoku

$\beta = 1,20$ pro typ vtoku 1

výpočet úrovně čáry energie zúženého průřezu

$h_k = 1,191 \text{ m}$

1,382 m $h_k = \sqrt[3]{\alpha \cdot Q^2 / g \cdot b^2}$

průřezová plocha v profilu otvoru

$S_c = 2,639 \text{ m}^2$

3,031 m²

rychlostní součinitel

$\varphi = 0,85$ pro typ vtoku 1

úroveň čáry energie průřezu na vtoku

$$E = h_c + \frac{Q^2}{2g \cdot \varphi^2 \cdot S_c^2} = \quad 2,025 \text{ m} \quad 2,372 \text{ m}$$

$$h_c = \kappa \cdot h_k = \quad 1,072 \text{ m} \quad 1,243 \text{ m}$$

součinitel výškového zúžení

$$\kappa = \quad 0,90 \text{ pro typ vtoku 1}$$

stanovení hloubky vody pod propustkem

měrná křivka koryta v profilu pod objektem za předpokladu ustáleného rovnoměrného proudění - Chézyho rovnice

$$\text{sklon hladiny} \quad I = \quad 0,0050 \quad \text{sklon} \quad 5 \text{ ‰}$$

$$\text{součinitel drsnosti} \quad n = \quad 0,025 \text{ toky s přirozeným přímým korytem}$$

$$\text{tvar koryta} \quad \text{lichoběžníkový}$$

$$\text{šířka dna} \quad b = \quad 2,500 \text{ m}$$

$$\text{sklony svahů} \quad 1: 1,00$$

hloubka h_0	průtočná plocha S_0	omočený obvod O	hydraulický poloměr R	rychlostní součinitel C	rychlost v_0	průtok Q	
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/2} ·s ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
0,10	0,260	2,783	0,093	26,94	0,58	0,15	
0,30	0,840	3,349	0,251	31,77	1,13	0,95	
0,50	1,500	3,914	0,383	34,09	1,49	2,24	
0,70	2,240	4,480	0,500	35,64	1,78	3,99	
0,90	3,060	5,046	0,606	36,80	2,03	6,20	
1,10	3,960	5,611	0,706	37,74	2,24	8,88	
1,30	4,940	6,177	0,800	38,54	2,44	12,04	
1,50	6,000	6,743	0,890	39,23	2,62	15,70	
1,52	6,113	6,801	0,899	39,30	2,63	16,10	NP
1,71	7,205	7,339	0,982	39,88	2,79	20,13	KNP

$$\text{pro NP} = \quad 9,70 \text{ m}^3/\text{s} \text{ je}$$

$$h_d = \quad 1,521 \text{ m}$$

$$\text{pro KNP} = \quad 12,13 \text{ m}^3/\text{s} \text{ je}$$

$$h_d = \quad 1,711 \text{ m}$$

podmínka ovlivnění proudění dolní vodou a stanovení hladiny za vtokem

$h_d > h_k$...proudění je ovlivněno dolní vodou

$h_d > h_k$...proudění je ovlivněno dolní vodou

Stanovení hloubky vody za vtokem při ovlivnění výtoku dolní vodou

délka počítaného úseku $\Delta L =$ 6,000 m

hloubka h_p	průtočná plocha S_p	omočený obvod O_p	hydraulický poloměr R_p	rychlostní součinitel C_p	sklon čáry energie I_E
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/2} ·s ⁻¹]	[-]
1,28	3,045	7,031	0,433	66,91	0,0105
1,49	3,045	7,031	0,433	66,91	0,0100

hloubka $h_{\sigma'}$
[m]
0,980
1,711

přepočet E pro režim, kdy vtokový profil mostního otvoru není ovlivněn dolní vodou

$$E = h_c + \frac{Q^2}{2g \cdot \varphi^2 \cdot S_c^2} = 2,025 \text{ m}$$

$$Q = \varphi \cdot S_c \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_c)}$$

$$2,372 \text{ m}$$

Coriolisovo číslo

$$\alpha = 1,1$$

stanovení výšky vzduté vody na vtoku

$$h = E - \alpha \cdot v_h^2 / (2g) = 1,636 \text{ h} \geq \beta \cdot a \dots \text{vtok je zatopen}$$

$$1,935 \text{ h} \geq \beta \cdot a \dots \text{vtok je zatopen}$$

Měrná křivka objektu za předpokladu ustáleného rovnoměrného proudění

sklon hladiny $I =$ 0,0100

součinitel drsnosti $n =$ 0,013 betonové potrubí

hloubka h	průtočná plocha S	omočený obvod O	hydraulický poloměr R	rychlostní součinitel C	rychlost v	průtok Q
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/2} ·s ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]
1,52	3,045	7,031	0,433	66,91	4,40	13,41
1,71	3,045	7,031	0,433	66,91	4,40	13,41
0,57	1,395	3,414	0,409	66,26	4,24	5,91
0,76	1,864	3,789	0,492	68,35	4,79	8,94
1,25	3,045	7,031	0,433	66,91	4,40	13,41

Q pro h_d NP v korytě

Q pro h_d KNP v korytě

NP

KNP

Q_D

Hydraulické posouzení propustku pro návrhový průtok

NP = 9,700 m³/s < Q_d = 13,407 m³/s kapacitní průtok při netlak. režimu

h = 0,574 m

v = 4,24 m/s < v_{\max} = 5,0 m/s omezení rychlosti proudění vody

Hydraulické posouzení propustku pro kontrolní návrhový průtok

KNP = 12,125 m³/s < Q_d = 13,407 m³/s kapacitní průtok při netlak. režimu

h = 0,762 m

v = 4,79 m/s < v_{\max} = 5,0 m/s omezení rychlosti proudění vody

Závěr

"Navržený propustek 2500 x 1250 mm (šířka x výška otvoru) převede návrhový průtok a kontrolní návrhový průtok prouděním se zahlceným vtokem a hladinou na výtoku neovlivněnou dolní vodou.

sklon hladiny $I = 0,0100$
 součinitel drsnosti $n = 0,013$ betonové potrubí

hloubka h_o	průtočná plocha S	omočený obvod O	hydraulický poloměr R	rychlostní součinitel C	rychlost v	průtok Q	
[m]	[m ²]	[m]	[m]	[m ^{1/2} ·s ⁻¹]	[m·s ⁻¹]	[m ³ ·s ⁻¹]	
1,033	2,543	4,332	0,587	70,39	5,39	13,71	NP
1,259	3,045	7,031	0,433	66,91	4,40	13,41	KNP

$h_o < 1,1 \cdot h_k$... hladina za vtokem není ovlivněna

$h_o < 1,2 \cdot h_k$... hladina za vtokem není ovlivněna

přepočít E pro režim, kdy vtokový profil mostního otvoru je ovlivněn dolní vodou

$$Q = \varphi \cdot S_o \cdot \sqrt{2g \cdot (E - h_o)}$$

$$E = h_o + \frac{Q^2}{2g \cdot \varphi^2 \cdot S_o^2} = 2,060 \text{ m}$$

$$2,378 \text{ m}$$

Coriolisovo číslo

$$\alpha = 1,1$$

stanovení výšky vzduté vody na vtoku

$$h = E - \alpha \cdot v_h^2 / (2g) = 1,671 \text{ m} \geq \beta \cdot a \dots \text{vtok je zatopen}$$

$$1,940 \text{ m} \geq \beta \cdot a \dots \text{vtok je zatopen}$$

$$\beta \cdot a = 1,500$$

přepočít E pro režim, kdy vtokový profil mostního otvoru je zatopen

$h_2 = h_c$ alebo h_o podle zatopení zdola

$$E = h_2 + \alpha \cdot \frac{Q^2}{2g \cdot \varphi^2 \cdot S_2^2} = 2,803$$

$$3,944 \text{ m}$$

$$h_c = 0,775 \text{ m}$$

$$S_c = 1,898 \text{ m}^2$$

stanovení výšky vzduté vody na vtoku

$$h = E - \alpha \cdot v_h^2 / (2g) = 2,414 \text{ m}$$

$$3,506 \text{ m}$$