

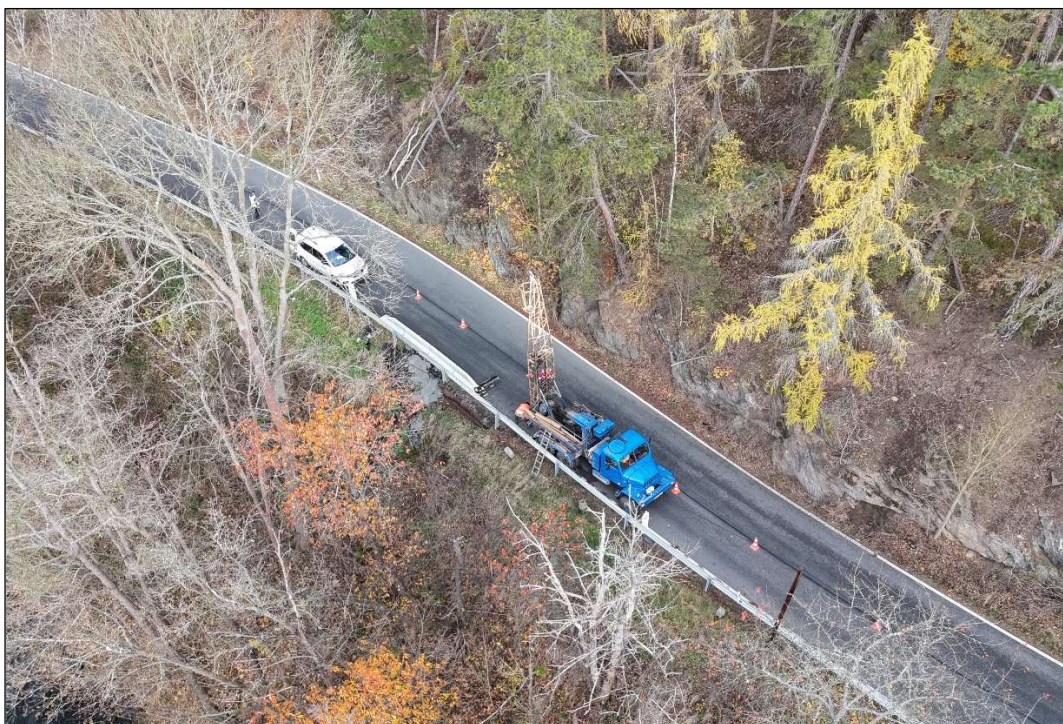
Číslo zakázky: 23020447000

Číslo dokumentu: 1

Číslo výtisku: 0

II/205 Opěrná zed' v úseku Žlutice – Chyše

Inženýrsko-geologický průzkum



prosinec 2023

Číslo zakázky:

23020447000

Číslo dokumentu:

1

Zakázka: II/205 Opěrná zeď v úseku Žlutice a Chyš
Dokument: Inženýrsko-geologický průzkum
Objednatel: Ing. Michael Nohejl, Tršnická 3, 35002 Cheb
Zhotovitel: INSET s.r.o., Divize geologie a geofyziky
Lucemburská 1170/7, 130 00 Praha 3
Tel.: +420 221 489 103, e-mail: geologie@inset.com

Odpovědný řešitel: Mgr. Radek Zelený

Ředitel divize: RNDr. Oldřich Levý

Dokument vypracovali: Mgr. Vlastimil Mužík
Mgr. Radek Zelený

Měření provedli: Jiří Hruška
Mgr. Jakub Opršal
Mgr. Václav Fait

Výstupní kontrola: Lucie Pokorná

Rozdělovník: 1-3
4 ČGS – Geofond
0 spisovna INSET s.r.o.

OBSAH:

1. ÚVOD	4
2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE	5
2.1. Geodetické práce	5
2.2. Vrtné práce.....	6
2.3. Vzorkovací a laboratorní práce	7
2.4. Geofyzikální průzkum.....	7
3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY	9
4. ZHODNOCENÍ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ.....	11
4.1. Vrtné práce.....	11
4.2. Laboratorní zkoušky	11
4.3. Geofyzikální měření	11
5. INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ	16
5.1. Základové poměry staveniště.....	18
5.2. Provádění zemních prací	18
6. ZÁVĚR	19

Přílohy:

1. Situace průzkumných prací
2. Geologický řezy
3. Dokumentace průzkumného vrtu
4. Protokoly laboratorních zkoušek
5. Geofyzikální řezy
6. Technická zpráva vrtných prací

1. ÚVOD

Na základě objednávky od ing. Michael Nohejl byl proveden inženýrskogeologický průzkum na silnici II/205 v úseku mezi Žluticemi a Chyšemi. Průzkumné práce byly realizovány ve dvou navazujících etapách. Nejprve byla realizována vrtná sonda a následně byla provedena geofyzikální část průzkumu. Zájmový úsek se nachází v blízkosti řeky Střely v místě, kde se řeka přibližuje k silnici. V daném území je stabilita komunikace podpořena nesouvislými úseky opěrných zdí. Přímo v zájmovém úseku komunikace tento prvek chybí a podle vizuální prohlídky okolí je zřejmé, že se zde vyskytují dočasně uklidněné i aktivní sesuvy svahovin a přísypu tělesa komunikace. Jedná se o lokální nepříliš rozsáhlé plošné sesuvy podél rotačních a složených smykových ploch. Předpokládaná mocnost sesouvaných hmot činí 1 - 3 metry.



Obr. 1: Přehledná situace, zájmové vyznačeno červeně

Pro účely zpracování této závěrečné zprávy byly použity následující podklady:

- Geologická mapa 1:50 000, list 11-24 a příslušné vysvětlivky,
- ČSN 73 1004 Navrhování základových konstrukcí – stanovení požadavků pro výpočetní metody,
- ČSN P 73 1005 Inženýrskogeologický průzkum,
- Masoupust J., 1994; Vrtané piloty, ČENĚK a JEŽEK, Praha 1994,
- Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných vůči zemětřesení.

2. PRŮZKUMNÉ PRÁCE

V rámci průzkumu byly pro zjištění geologických geotechnických poměrů použity následující průzkumné metody:

- archivní šetření
- geodetické vytýčení a zaměření průzkumných prací (JTŠK, B.p.v.)
- průzkumný jádrový vrt
- odběr vzorků a laboratorní zkoušky mechaniky zemin a hornin
- geofyzikální průzkum (mělká refrakční seismika)

2.1. Geodetické práce

Zaměření geofyzikálních profilů a pozic provedených průzkumných sond bylo provedeno v polohopisném systému S-JTŠK. Zaměření geofyzikálních profilů, vrtné sondy a sond dynamické penetrace provedli pracovníci INSET s.r.o. metodou GPS (referenční stanice VRS Now). Seznam polohopisných souřadnic profilové sítě geofyzikálního průzkumu a provedených sond je uveden v následujících tabulkách 2 a 3.

Tabulka 2: Souřadnice provedených sond

označení vrtu	X (JTŠK)	Y (JTŠK)	Z (B. p. v.)
JV1	1030090.84	830882.33	482.9

Tabulka 3: Seznam souřadnic geofyzikálních profilů a průzkumných sond

Profil / metráž [m]	X	Y	Profil / metráž [m]	X	Y
P2 / 0	1030065.80	830898.30	K1 / 0	1030099.60	830894.84
P2 / 6,3	1030070.54	830894.15	K1 / 23	1030090.52	830881.01
P2 / 10	1030073.75	830892.17			
P2 / 20	1030082.31	830887.00			
P2 / 30	1030091.08	830882.20			
P2 / 40	1030099.73	830877.18			
P2 / 46	1030104.75	830874.01			

Pro účely průzkumu podloží v prostoru okolí povrchových deformací byly vytýčeny dva geofyzikální profily. Staničení na těchto profilech rostlo ve směru od SZ k JV (P2) a od JZ k SV (K1). Hlavní body profilu byly zaměřeny stanicí GPS Trimble GeoExplorer GeoXH s využitím on-line korekcí s přesností v poloze do 0,1 m. Souřadnice lomových a významných bodů profilů jsou uvedeny v tabulce 3.

Pro tvorbu reliéfu jednotlivých profilů bylo využito výškových údajů z podkladu poskytnutého zadavatelem průzkumu v kombinaci s daty z aplikace digitální analýzy výškopisu z webu ČÚZK. Interpolované rozlišení linie profilů odpovídalo kroku měření na těchto profilech.

2.2. Vrtné práce

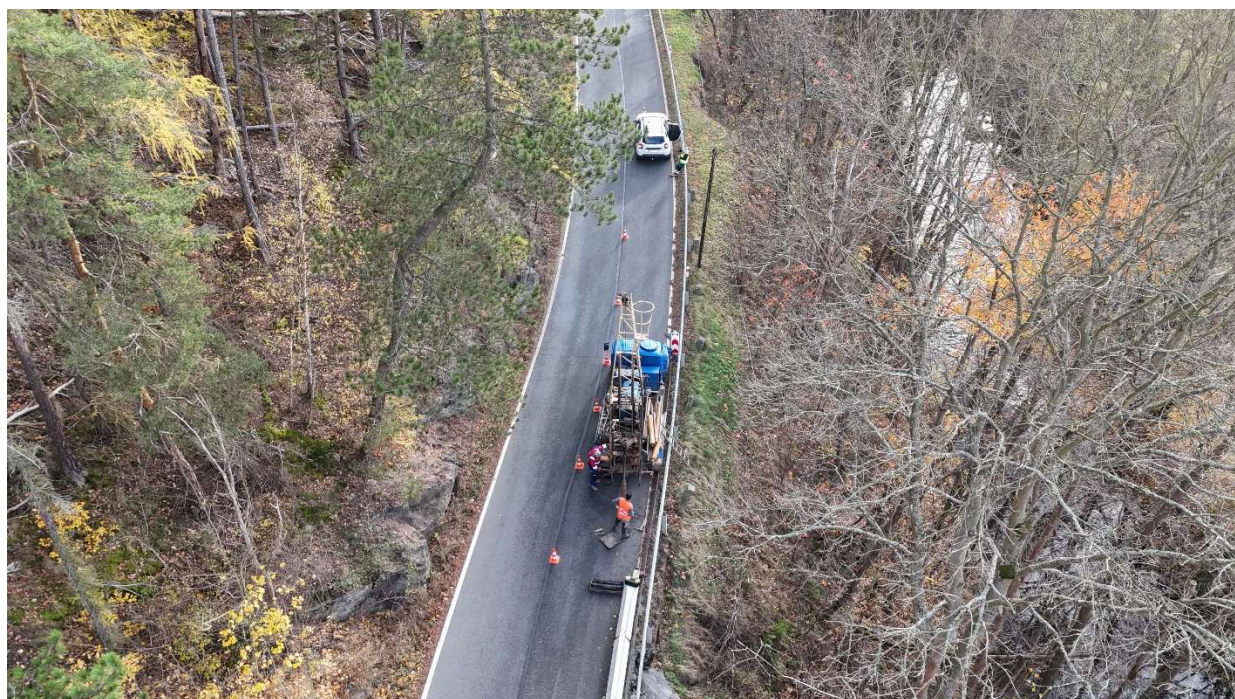
V rámci inženýrsko-geologického průzkumu pro plánovanou výstavbu opěrné zdi na komunikaci II/205 mezi obcemi Žlutice a Chyšě byl proveden jeden jádrový vrt s označením JV1 do hloubky 4,0 metru. Pozice vrtů vycházela z požadavků projektanta a byla uzpůsobena na základě přístupnosti pozemků pro vrtnou soupravu a potřebě zachování provozu na daní komunikaci.

Vrt JV1 byl situován na v pravém jízdním pruhu ve směru ze Žlutic do Chyšě bezprostředně za úsek s viditelnými deformacemi svahu. Pozice vrtu je parná z přílohy č. 1.

Tabulka 4: Přehled realizovaných průzkumných vrtů

označení sondy	hloubka vrtu [m]	hloubka naražené HPV [m]	hloubka ustálené HPV [m]	vrtmistr	vrtná souprava	datum realizace
JV1	4,0	---	---	Sysel	UGB 50M	6.11.2023

Průzkumný vrt JV1 byl proveden 6. 11. 2023 pod vedením vrtmistra Milana Sysla vrtnou soupravou UGB 50 M na podvozku Praga V3S. Vrty byly hloubeny tvrdokovovou korunkou bez použití vodního výplachu průměry 155 a 135 mm. Pro zajištění stability stěn vrtu bylo použito pracovní pažení.



Obr. 2: Realizace vrtu JV1

Vrtné jádro bylo ukládáno do typizovaných vzorkovnic a bylo průběžně dokumentováno. Po provedení fotodokumentace, primární dokumentace a po odebrání vzorků byl vrt zlikvidován zpětným záhozem. Geologická dokumentace a fotodokumentace provedeného vrtu JV1 je uvedena v příloze č. 3.

2.3. Vzorkovací a laboratorní práce

Pro ověření fyzikálně mechanických vlastností zemin byl odebrán z jádrového vrtu JV1 během dokumentace 1 poloporušený vzorek zeminy. Na vzorku byly provedeny základní klasifikační rozborů (zrnitost, Atterbergovy meze...). Laboratorní zkoušky mechaniky zemin byly provedeny v laboratoři Ivo Ouřada – Geotechnický servis.

2.4. Geofyzikální průzkum

Geofyzikální průzkum na silnici II/205 v úseku Žlutice – Chyše byl dle požadavků objednatele proveden na dvou přibližně kolmých profilech vedených paralelně s osou komunikace (profil P2), a na profilu kolmém vedeném po spádnicí (K1). Pozice kolmého profilu byla zvolena na místě tak, aby procházel v blízkosti poruch na komunikaci s ohledem průchodnost terénu a nutnost zachování potřebné geometrie měření. Cílem geofyzikálních měření bylo posouzení charakteru geologického prostředí a vysledování proměnlivosti geomechanických vlastností geologického prostředí do zájmové hloubky (cca 5–10 m). Výhodou geofyzikálních metod při realizaci průzkumu je relativně hustý krok měřeného fyzikálního parametru zároveň s odpovídajícím hloubkovým dosahem, umožňující interpolaci sledovaných údajů v řezu zemním a horninovým prostředím a vytvoření spojitého obrazu zkoumaného prostředí.

Profily geofyzikálního měření byly v terénu navázány na pevné prvky v terénu a vytýčeny stanicí GPS dle podkladu získaného z webu ČÚZK. Situace a rozsah geofyzikálních profilů je uveden v příloze 1 – Situace průzkumných prací.

Ke geofyzikálnímu průzkumu byla, na základě charakteristiky očekávaných typů prostředí lišících se navzájem svými fyzikálními vlastnostmi (elastické prostředí) a zaměření řešené úlohy, zvolena metoda mělké refrakční seismiky (MRS). Terénní geofyzikální práce proběhly 7. 11. 2023.

Mělká refrakční seismika (MRS) na základě studia chování lomených seismických vln mapuje rozhraní mezi pokryvem charakteru nezpevněných zemin a podložím tvořeným skalními, eventuálně poloskalními horninami. Sledovaným parametrem jsou rychlosti šíření seismických vln podávající obraz o rozložení seismických rychlostí pronikajících do zemního prostředí. Tyto rychlosti jsou přímo závislé na elastických parametrech prostředí a nesou v sobě informace o zvětrání či rozpukání hornin a u pokryvných útvarů hornin pak především o jejich konzistenci, či ulehlosti.

Seismická měření na podélném profilu vedeném po silnici byla realizována s krokem snímačů 2 m na profilu P2. Na profilu kolmém vedeném z údolí Střely do cca poloviny komunikace byl krok měření zkrácen na 1 m. Při měření byla použita seismická aparatura ABEM Terraloc Pro II se snímači SM-7. Při jednom položení bylo registrováno 24-mi geofony s registrací z 12 zdrojových bodů seismického signálu umístěných v trase profilu. Zdrojem seismické energie byly úderů 8 kg palice do speciální podložky. Při registraci byla prováděna sumace signálu ze 3 až 20 úderů na každém bodě.

Seismická data měřená metodou mělké refrakční seismiky zaznamenaná v digitální formě byla po prvotních filtracích rušivých vlivů zpracována metodou seismické tomografie

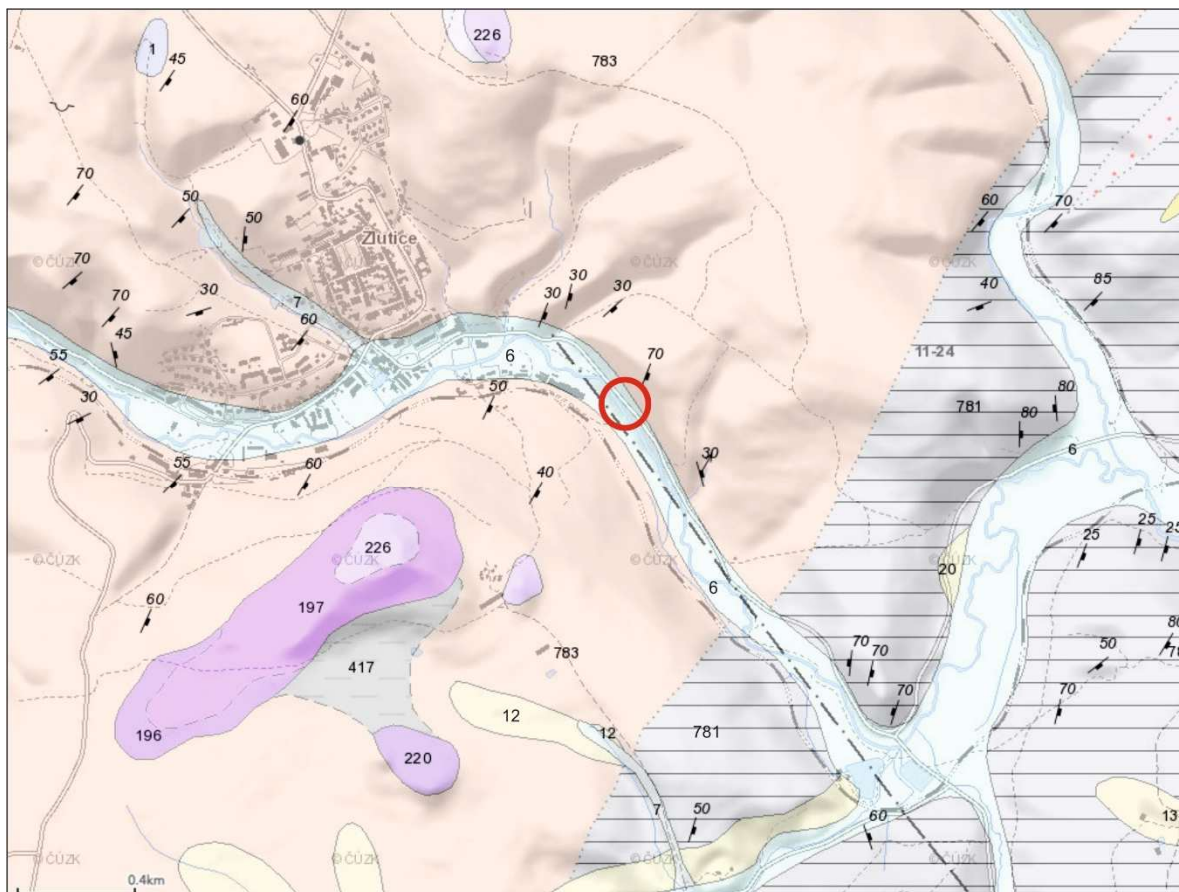
programem Rayfract. Výsledkem zpracování jsou seismické rychlostní modelové řezy, ve kterých je prostřednictvím izoliní (m.s^{-1}) zobrazeno gradientové rozložení rychlosti šíření seismických vln v zemním prostředí s hloubkou. Výsledkem iteračních výpočetních postupů jsou rychlostní modelové řezy s izoliniemi rozložení rychlostí šíření seismických vln v zemním prostředí. Hodnotám rychlostí seismických vln získaným uvedenými výpočetními postupy byly přiřazeny geomechanické vlastnosti dle ČSN 73 6133.



Obr. 3: Realizace geofyzikálního měření

3. GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území se nachází v údolí řeky Střely. Dle regionálně geologického členění českého masívu se zájmové území nachází v tepelském krystaliniku. Jedná se o sled slabě metamorfovaných hornin náležící do kralupsko-zbraslavské skupiny svrchně proterozoického stáří. Litologicky se jedná o svorové fylity a svory, které v předmětném úseku vystupují na den. Dle geologické mapy a měření diskontinuit v odřezu mají diskontinuity příznivou orientaci vůči odřezu. Dosah zvětrání v těchto horninách je minimální.



kvartér

- | | |
|----|----------------------------|
| 6 | nivní uloženiny |
| 7 | splachové uloženiny |
| 12 | hlinito-písčité svahoviny |
| 13 | hlinito-kamenité svahoviny |

karbon

- | | |
|-----|---|
| 417 | arkózovité pískovce
líňské souvrství |
|-----|---|

terciér - neoidnívulkanismus

- | | |
|-----|---|
| 196 | ol. analc. nefelinit
doupovský komplex |
| 197 | ol. biotitický analcimit
doupovský komplex |
| 220 | nefelinit
doupovský komplex |
| 226 | analcimit
doupovský komplex |

svrchní proterozoikum

- | | |
|-----|--|
| 781 | svorový fylit
kralupsko-zbraslavská skupina |
| 783 | svor
kralupsko-zbraslavská skupina |

Obr. 4: Geologická mapa 1:50 000 s vysvětlivkami

V širším okolí komunikace jsou proterozoické horniny protnuty terciárními vulkanity. Jedná se o vulkanity náležící k doupovskému vulkanickému komplexu. Z petrologického hlediska se jedná o alkalické bazaltoidy, konkrétně o analcimity a nefelinity. Tyto horniny se přímo v posuzovaném úseku nenachází.

Kvartérní pokryv je v zájmovém území zastoupen fluviálními uloženinami Střely, deluviálními uloženinami na svahu údolí a navážkami.

Fluviální uloženiny nebyly průzkumnými pracemi zastiženy, ale jsou předpokládány v údolí Střely. Pravděpodobně se jedná o šterkopísky s možným výskytem větších kamenů a balvanů. Jejich mocnost je dle výsledků geofyzikálního měření odhadována na 2 až 3 metry.

Deluviální sedimenty tvoří kvartérní pokryv na svahu pod komunikací. Zrnitostně se jedná pravděpodobně o šterkovité zeminy s proměnlivým obsahem jemnozrnné frakce. Pravá mocnost deluviálních sedimentů se pohybuje od 2 do 4 metrů.

Navážky byly v zájmovém území zastiženy pod stávající komunikací. Jedná se o přísyp tvořený sutí z místních hornin těžných v odřezu pro tuto komunikaci. Zrnitostně se jedná o šterky s jemnozrnnou příměsí. Mocnost tohoto přísypu je od 2,5 do 3 metrů.

Hydrogeologické poměry

Podzemní voda je v daném území vázána především na nivní uloženiny Střely s průlinovou propustností. Hladina podzemní vody bude kolísat v závislosti na stavu hladiny v řece. Koeficient propustnosti šterkovitých zeminy na, které je zvodeň vázána, se pohybuje v rozmezí $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Dále je v území méně významná zvodeň vázána na puklinový systém proterozoických hornin. Obě zvodně budou spolu v omezené míře komunikovat. Předpokládaný směr proudění je po svahu směrem k řece.

Seismická území

Území plánované stavby opěrné zdi se nachází v seizmicky aktivní oblasti 0,04g a dle ČSN EN 1998-1 Eurokód 8 (ČSN 73 0036) "Navrhování konstrukcí odolných proti zemětřesení – Část 1: Obecná pravidla, seizmická zatížení a pravidla pro pozemní stavby" (Změna 01/2016) se pro stavby v daném území uvažuje referenční špičkové zrychlení podloží $a_{gR} = 0,4 \text{ m/s}^2$.

Hodnoty magnitudy v této seizmické oblasti zpravidla nepřekročí hodnotu $M_s = 5,5$. Při návrhu objektu dle ČSN EN 1998-1 Eurokód 8 doporučujeme použít spektrum Typu 2.



Obr. 5: Mapa seismických oblastí ČR

4. ZHODNOCENÍ PRŮZKUMNÝCH PRACÍ

4.1. Vrtné práce

Geologická dokumentace a fotodokumentace nově provedeného vrtu je uveden v příloze č. 3.

Ve vrtu JV1 byly nejprve zastiženy konstrukční vrstvy komunikace o mocnosti 0,7 metru skládající se z asfaltových vrstev a vrstvy šterkodrti frakce 0/32. Následně byl vrt hlouben až do úrovně 2,6 metru v přísypu stávající komunikace. Přísyp je tvořen sutí z místních hornin charakteru šterku s jemnozrnnou příměsí na bázi s kameny svoru. Od hloubky 2,6 až 3,5 metru je již vrt hlouben ve zvětralých a rozpukaných svorech s pevností odpovídající třídě R5 dle ČSN P 73 1005. V hloubce 3,5 metru byly již zastiženy slabě zvětralé svory s pevností odpovídající třídě R4. V těchto horninách byl vrt hlouben až do konečné hloubky.

Podzemní voda nebyla ve vrtu JV1 zastižena.

4.2. Laboratorní zkoušky

V průběhu vrtných prací byl z průzkumného vrtu odebrán jeden porušený vzorek zemin. Na porušených vzorcích byly provedeny základní klasifikační rozborů zeminy, který byl zpracován laboratoří Tomáš Ouřada – Geotechnický servis. Podrobné výsledky tohoto rozboru jsou uvedeny v příloze č. 4. Vybrané parametry testovaného vzorku jsou uvedeny v následující tabulce č. 5.

Tabulka 5: Vybrané indexové charakteristiky zemin

Vrt č.	JV1
Hloubka odběru [m]	1,0-1,5
Druh vzorku	Zemina – Porušený
Geneze	navážka
Vlhkost přirozená w_n [%]	5,7
Mez tekutosti w_L [%]	24
Mez plasticity w_p [%]	17
Index plasticity I_p [%]	7
Index konzistence I_c [-]	2,61
Klasifikace dle ČSN P 731005	G3G-F
Klasifikace dle ČSN EN 14688-2	saGr
Propustnost podle Malleta k_f [$m \cdot s^{-1}$]	$2,5 \times 10^{-5}$

4.3. Geofyzikální měření

Výstupem seismického průzkumu jsou rychlostní řezy zobrazující rozložení rychlosti šíření podélných seismických vln v trase zvoleného profilu. Těmito fyzikálními vlastnostem je

možné přiřadit pevnostní a litologické charakteristiky. Interpretované výsledky seismických měření (příloha 5) byly využity při sestavování průběhu geomechanických rozhraní v inženýrskogeologických řezech a při upřesnění rozsahu kvartérního pokryvu včetně interpretace odlučných ploch případných sesuvů či svahových pohybů.

Interpretace geofyzikálních řezů byla provedena na základě srovnání projevů ze seismických měření s výsledky nově realizované vrtné sondy. V této etapě průzkumných prací bylo konstatováno, že pokryvné útvary jsou tvořeny převážně deluviálními zeminami a navážkami. V omezené míře byly v rámci průzkumu zachyceny i zeminy deluvio-eluviální. V nejnižší části měřeného profilu K1 se vyskytují i sedimenty fluviálního původu spojené s akumulací činností blízké řeky Střely včetně relativně velkých balvanů, které se vyskytují i řečišti. Tento druh uloženin se nízkými rychlostmi šíření seismického signálu v rozmezí 200–800 m.s⁻¹.

Nízké seismické rychlosti do cca 300–400 m.s⁻¹ jsou projevem jednak nehomogenních navážek s obsahem hrubozrnné až kamenité frakce a rovněž deluviálních zemin místy se se sutí podložních hornin v přípovrchové části řezu, které mohou indikovat aktivní nebo potenciální sesuvy. Relativně vyšší seismické rychlosti v rozmezí 400–800 ms⁻¹ provázejí zeminy deluvio-eluviální a deluviální zeminy v deaktivovaných dočasně stabilních sesuvech.

Tabulka 6: Interpretace rychlosti šíření seismických vln

Rychlost šíření seismických vln [m.s ⁻¹]	třída těžitelnosti ČSN736133 (ČSN 733050*)	pevnost
<400	I (2–3)	navážky, deluvium
400–800	I (3–4)	deluvium, eluvium
800–1000	I (4)	R6
1000–1500	I – II (4–5)	R5
1500–2000	II (5)	R4
2000–3000	III (5–6)	R3
> 3000	III (6)	R2

(* již neplatná ČSN 733050)

Podložní skalní horniny jsou v této lokalitě zastoupeny metamorfovanými svory proterozoického stáří. Pod sedimenty pokryvu očekáváme přítomnost eluvia pouze v omezené míře. Horniny s rychlostmi šíření v rozmezí 800–1000 ms⁻¹ tak interpretujeme jako zcela zvětralé a rozpukané horniny s otevřenými plochami foliace. S nárůstem rychlostí nad cca 1000 m.s⁻¹ můžeme očekávat horniny velmi zvětralé až zvětralé. V úsecích, kde rychlost seismických vln přesahuje 1500 ms⁻¹ hovoříme již o horninách mírně zvětralých. Pro vyšší rychlosti než 2000 ms⁻¹ již hovoříme o horninách navětralých až zdravých. Snížení gradientu nárůstu seismických rychlostí s hloubkou v podložních horninách může být projevem poruchových struktur, které mohou být i zvodnělé.

V následujících odstavcích jsou diskutována významná zjištění na obou geofyzikálních profilech. Svodná interpretace je uvedena v závěru v kapitole 6.

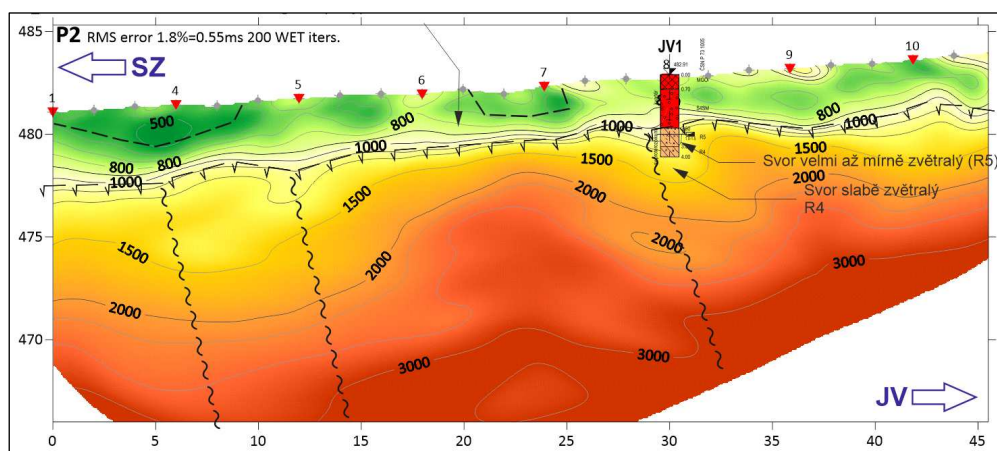
Podle výsledků geofyzikálních seismických měření **na podélném profilu P2** vedeném paralelně s osou komunikace jsou kvartérní sedimenty zastoupené převážně heterogenními navážkami přísypu komunikace s příměsí štěrkovité až kamenité frakce podložních hornin. Zastižené mocnosti navážek pod okrajem komunikace se pohybují kolem 2–3 m bez

výraznějších zahloubení. Nejvyšší mocnost pokryvu byla zjištěna na počátku měřeného profilu v rozmezí st. 0–10 m. V přípovrchové oblasti můžeme předpokládat přítomnost navážek s podílem štěrkovité až kamenité frakce podložních hornin. Mírně zvýšená rychlost šíření seismických vln (nad 500 m.s^{-1}) v celém měřeném úseku je pravděpodobně způsobena přítomností blízkého pevného podélného prvku (např. betonového prahu, nebo kovových segmentů), který pravděpodobně stabilizuje okraj komunikace.



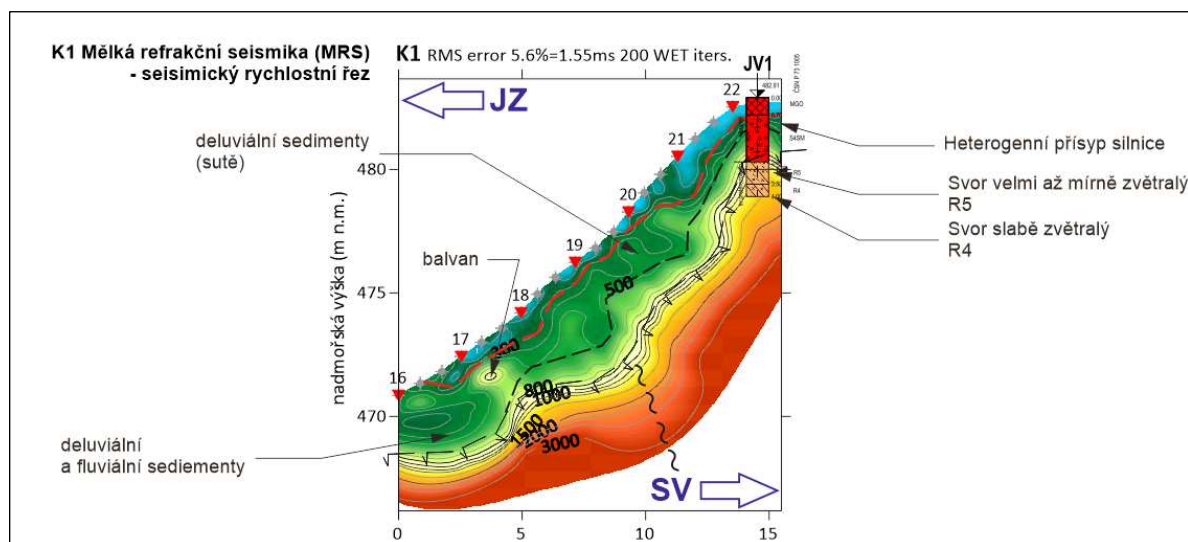
Obr.6: II/205 Opěrná zeď v úseku Žlutice a Chyše: Podélný prvek, který stabilizuje okraj komunikace.

Podložní horniny skalního podkladu na podélném profilu P2 pozvolna stoupají přibližně konformně s průběhem terénu od st. 0 až ke st. 46 m z nadmořské výšky kolem 477.5 m n. m. až na úroveň cca 481.5 m n. m. Pevné skalní horniny s rychlostmi nad 1500 ms^{-1} (R4) se vyskytují na podélném profilu P2 přibližně od úrovně 475 m n. m. v počátku měřeného úseku až na 480 m n. m. v jeho konci mezi st. 33 – 35 m. Snížení gradientu nárůstu seismických rychlostí s hloubkou v podložních horninách, které může být projevem poruchových struktur, je patrné mezi st. 5 – 13 a 30–33. Jedná se pravděpodobně o struktury přibližně kolmé na směr údolí Střely.



Obr.7: II/205 Opěrná zeď v úseku Žlutice a Chyše: Průběh povrchu skalních hornin na seismickém podélném profilu P2

Výsledky geofyzikálních seismických měření na **příčném profilu K1** vedeném přibližně kolmo na osu komunikace ukazují na relativně mocné kvartérní sedimenty zastoupené na sledované lokalitě převážně deluviálními svahovými sedimenty a v omezené míře zvětralínovým pláštěm proterozoických svorů. Nezpevněné sedimenty mají proměnlivou mocnost s minimem pod komunikací v okolí st. 15 m, kde jejich mocnost činí cca 2,5 m. Nejvyšší mocnost pokryvu byla zjištěna v okolí st. 7,5 a 11 m, kde se pohybuje kolem 5 m. V přípovrchové oblasti můžeme předpokládat přítomnost navážek a svahovin s nízkými rychlostmi šíření seismických vln (do 400 m.s^{-1}). V těchto nezpevněných zeminách dochází pravděpodobně ke svahovým pohybům. Předpokládaný průběh potenciální odlučné plochy je vyznačen v řezu červenou přerušovanou čarou. V okolí vodoteče Střely mezi st. 0–5 m se vyskytují fluviální sedimenty s balvany a dosahují mocností kolem 3,5 m. Balvany mohou pocházet ze sutí ve svahu nebo mohou být fluviálního původu. V hlubších partiích lze očekávat kamenité sutě a eluvium podloží s rychlostmi seismických vln v rozmezí $500\text{--}900 \text{ m.s}^{-1}$.



Obr. 8: II/205 Opěrná zeď v úseku Žlutice a Chyše: Průběh povrchu skalních hornin na seismickém kolmém profilu K1 s vyznačením interpretované odlučné plochy mělkého sesuvu

Podloží horniny skalního podkladu na podélném profilu K1 pozvolna stoupají od st. 0 až ke st. 15 m na komunikaci z nadmořské výšky kolem 468,5 m n. m. až na cca 480 m n. m. Mezi st. 0–4 je povrch skalního podkladu relativně plochý a drží se v okolí nadmořské výšky 468,5 m n. m. Jedná se pravděpodobně o denudační stupeň Střely, který je vyplněn fluviálními sedimenty. V okolí st. 4 m stoupá skalní podklad relativně strmě směrem o cca 2,5 m k povrchu až na úroveň cca 471,5 m n. m., na které pokračuje až ke st. 9 m. Za st. 9 m skalní podklad prudce stoupá kolem z úrovně kolem 472 m až do konce měřeného úseku v okolí st. 15 m, kde dosahuje úrovně kolem 480 m n. m. Tento relativně prudký svah představuje nárazový břeh střely a jeho sklon je pravděpodobně příčinou místních svahových nestabilit. Snížení gradientu nárůstu seismických rychlostí s hloubkou v podložních horninách, které může být projevem poruchových struktur, je patrné v okolí st. 10 m. Jedná se pravděpodobně o strukturu přibližně kolmou na směr údolí Střely zachycenou i na profilu P2. Pevné skalní horniny s rychlostmi nad 1500 m.s^{-1} (R4) se v okolí komunikace vyskytují na příčném profilu K2 přibližně na úrovni 479,5 m n. m. obdobně jako na profilu podélném. Směrem k řece Střele tyto pevné skalní horniny strmě zapadají konformně s povrchem skalních hornin a v údolí se vyskytují na úrovni 465,5 m n. m.

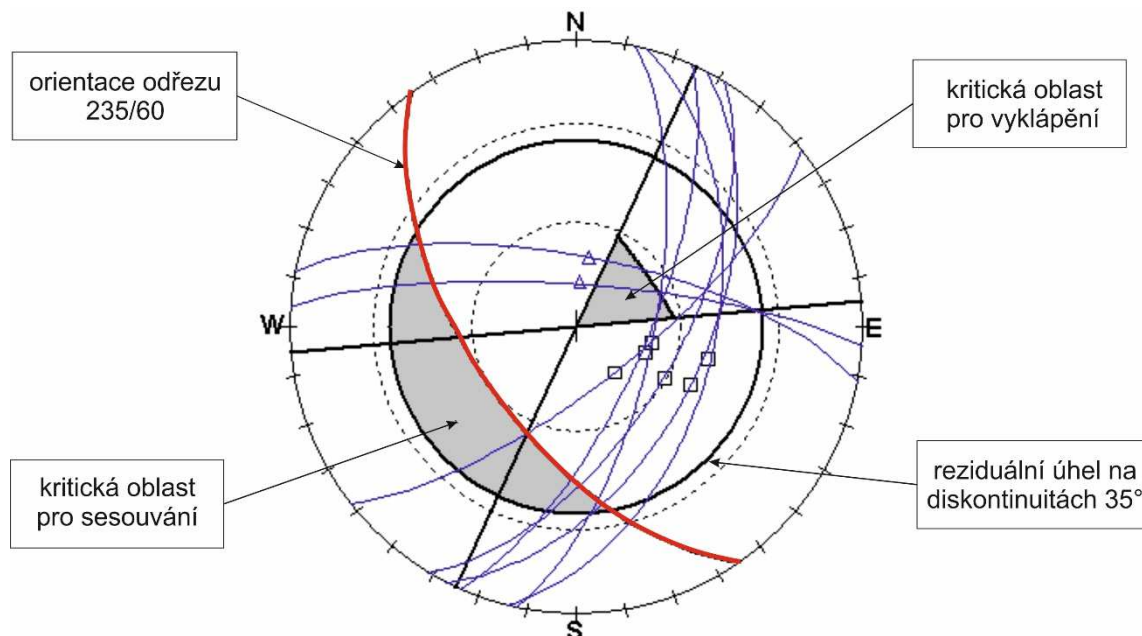
4.4. Geologická dokumentace a stereografická analýza

Během průzkumných prací byla provedena zjednodušená geologická dokumentace skalního masívu stávajícího odřezu komunikace II/205. Dokumentace byla zaměřena především na zjištění charakteru a orientace diskontinuit v horninovém masívu. Dokumentací bylo potvrzeno, že masív je tvořen metamorfovanými horninami, konkrétně svory. Hlavní systém diskontinuit v tomto masívu přetavují plochy foliace. Dále byl zjištěn jeden významný puklinový systém.

Tabulka 7: Zjištěné systémy diskontinuit

Diskontinuity	Zjištěné hodnoty směru spádnice / sklon [°/°]	značka ve stereogramu
Foliace	140/73, 102/68, 104/51, 110/69, 117/53, 120/61	□
Pukliny 1	10/70, 5/77	△

Pro stabilitu svahu ve skalních horninách je nejvýznamnější orientace diskontinuit vůči orientaci svahu. Pro zhodnocení vlivu jednotlivých systémů diskontinuit na stabilitu svahu byla použita stereografická analýza v programu RockPack III. V programovém prostředí byl proveden Marklandův test pro posouzení náchylnosti horninových bloků na sesouvání a topling, který dokumentuje horninovou masu náchylnou na vyklápění nebo překocování skalních bloků. Za rizikové byly považovány ty plochy diskontinuit, které upadají směrem po svahu v daném řezu ve sklonu větším než 35, což je stanovená hodnota reziduálního úhlu vnitřního tření na diskontinuitách v dokumentovaném masívu.



Obr.9: Stereografická analýza diskontinuit v odřezu

Stereografická analýza potvrdila předpokládanou příznivou orientaci diskontinuit ve skalním masívu stávajícího odřezu a lze konstatovat, že odřez je v této konfiguraci stabilní.

5. INŽENÝRSKO-GEOLOGICKÉ ZHODNOCENÍ

Zjištěné geologické poměry v místě plánované opěrné zdi na komunikaci II/205 v úseku Žlutice-Chyšě jsou přehledně zakresleny v geologických profilech AA' a BB', které jsou součástí přílohy č. 2. Z příčného řezu BB' je patrný mechanismus porušení svahu pod komunikací II/205, z kterého je patrné že dochází k mělkému sesuvu štěrkovitých zemin tvořící přísyp stávající komunikace. Svah pod komunikací je v současnosti proveden ve sklonu 1:1 = 45° a dle vizuální prohlídky úseku bylo zjištěno svah přísypu byl zajištěn ocelovými pažinami zabudovanými do tohoto přísypu. Tento prvek byl pravděpodobně porušen a již přestal plnit svoji funkci.

Na základě makroskopického geologického popisu průzkumného vrtu, dokumentace skalního masívu v odřezu, stratigrafického a genetického zařazení jednotlivých typů hornin a zemin, výsledků laboratorních zkoušek a geofyzikálního měření jsme provedli jejich zařazení do tzv. geotechnických typů, tzn. hornin a zemin, které mají obdobné mechanicko-fyzikální vlastnosti. Přehled vymezených geotypů je uveden v následující tabulce 8.

Jednotlivé geotypy jsou seřazeny podle jejich vertikálního vrstevního stratigrafického sledu.

Tabulka 8: Přehled geotechnických typů

stratigrafické zařazení	genetický původ zemin a stratigrafické zařazení hornin	strukturní složení zemin a stupeň zvětrání hornin	zařazení dle ČSN P 73 1005	označení geotypu
kvartér	navážky	štěrkovité zeminy	G3G-F	An1
	fluviální sedimenty	štěrkopísek	S3S-F G3G-F	Qf1
	deluviální sedimenty	štěrky s proměnlivým obsahem jemnozrnné frakce	G3G-F, G4GM, G5GC	Qd1
svrchní proterozoikum	metamorfované horniny tepelského krystalinika	mírně zvětralé svory	R5	Tk1
		slabě zvětralé svory	R4	Tk2

Pro statické posouzení stavebních objektů doporučujeme použít odvozené geotechnické charakteristiky, které uvádíme v tabulce č. 9 pro vymezené geotechnické typy (geotypy viz tabulka č. 8). Při geotechnickém zhodnocení jsme vycházeli z výsledků provedených laboratorních zkoušek, z makroskopického popisu zemin a hornin, z místních a normových charakteristik základových půd a zároveň jsme čerpali z archívních výsledků polních a laboratorních zkoušek prováděných v obdobných geologických poměrech.

V tabulce č. 9 jsou uvedeny základní informace o geotechnických vlastnostech hornin a zemin, která obsahuje:

- zařídění zemin a hornin dle ČSN P 73 1005;
- zařídění zemin dle ČSN EN 14688-2;
- základní fyzikální charakteristiku (objemová tíha v přirozeném uložení γ [kN.m⁻³]);
- přetvárné charakteristiky (modul přetvárnosti E_{def} [MPa] a Poissonovo číslo ν [1]);
- parametry kritické smykové pevnosti zemin / smykové parametry horninového masívu (soudržnost c_{cr} a úhel vnitřního tření ϕ_{cr});
- parametry reziduální smykové pevnosti zemin / reziduální pevnost na diskontinuitách v horninovém masívu (soudržnost c_r a úhel vnitřního tření ϕ_r);

Tabulka 9: Odvozené geotechnické parametry pro jednotlivé geotypy

strukturní složení zemin a stupeň zvětrání hornin	geotechnický typ	zatřídění dle ČSN P 73 1005	zatřídění dle ČSN EN 14688-2	objemová tíha γ [kN.m ⁻³]	přetvárné charakteristiky		smyková pevnost kritická		smyková pevnost reziduální	
					modul přetvárnosti E_{def} [MPa]	Poissonovo číslo ν [1]	soudržnost c_{cr} [kPa]	úhel vnitřního tření Φ_{cr} [°]	soudržnost c_r [kPa]	úhel vnitřního tření Φ_r [°]
Kvartér – navážky										
Štěrkovité zeminy	An1	G3G-F	saGr	18,5 19,0	60 90	0,25	0	35 38	---	---
Kvartér – fluviální sedimenty										
Štěrkopísek	Qf1	S3S-F G3G-F	grSa saGr	18,0 19,0	30 60	0,25	0	33 36	---	---
Kvartér – deluviální sedimenty										
Sutě – štěrky s proměnlivým obsahem jemnozrnné frakce	Qd1	G3G-F G4GM G5GC	saGr siGr clGr	18,5 19,5	40 60	0,30	0	32 36	---	---
Sv. proterozoikum – tepelské krystalinikum										
mírně zvětralé svory	Tk1	R5	---	22,5 24,0	80 120	0,25	40 60	30 35	0	35
slabě zvětralé svory	Tk2	R4	---	24,0 25,5	120 400	0,20	60 100	30 35	0	35

V souladu s metodickým pokynem MD pro liniové stavby v sesuvném území (kap. 6.2.) doporučujeme pro stabilitní analýzu území použít hodnoty kritické smykové pevnosti pro vymezené geotypy. V zóně předpokládaných smykových ploch, kde již v minulosti došlo ke svahovým pohybům, pak doporučujeme použít hodnoty reziduální smykové pevnosti.

5.1. Základové poměry a zajištění svahu

Plánovanou opěrnou zeď v tomto úseku je vhodné založit na podložních zvětralých svorech náležící geotypu Tk1. Tyto horniny byl zastíženy v hloubce 2,6 m pod stávající komunikací II/205. Při návrhu konstrukce je nutné zohlednit přítomnost svahových pohybů přísypu stávající komunikace. Předpokládaný průběh smykové plochy v těchto zeminách je zobrazen v řezu BB'.

Hladina podzemní vody je předpokládána zhruba v úrovni řeky Střely a je vázána na hrubozrnné fluvialní sedimenty. Koeficient filtrace tohoto kolektoru se pohybuje v hodnotách $k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ až $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Podzemní voda v tomto kolektoru nebude založení objektů ovlivňovat.

Plošné založení objektu

V následujícím přehledu uvádím tabulkové návrhové únosnosti plošných základů q_{dt} dle ČSN 73 1004 pro geotechnické typy štěrkovitých navážek, deluviálních sutí a podložních hornin:

- | | |
|----------------------------|------------------------|
| • štěrkovité navážky An1 | $q_{dt} = 450$ kPa |
| • deluviální sutě Qd1 | $q_{dt} = 300$ kPa |
| • mírně zvětralé svory Tk1 | $q_{dt} = 300$ kPa |
| • slabě zvětralé svory Tk2 | $q_{dt} = 400-800$ kPa |

Uváděné hodnoty jsou platné pro šířku základu 1 m.

5.2. Provádění zemních prací

V rámci rekonstrukce lávky předpokládáme, že budou těženy zejména navážky tvořící přísyp stávající komunikace a případně podložní zvětralé svory. Dále mohou být v menší míře těženy deluviální sutě. Těžitelnost jednotlivých typů zemin a hornin, které budou dotčeny zemními pracemi jsou uvedeny v následujícím přehledu:

- | Geotechnický typ | Těžitelnost dle ČSN 73 6133 |
|----------------------------|-----------------------------|
| • štěrkovité navážky An1 | I. třída |
| • deluviální sutě Qd1 | I. třída |
| • mírně zvětralé svory Tk1 | I. třída |
| • slabě zvětralé svory Tk2 | II. třída |

Dočasné sklony svahů výkopů, stavebních jam pro základové prvky objektu, které budou hloubené ve štěrkovitých navážkách (An1) nad hladinou podzemní vody, doporučujeme provádět v poměru 1:1 (výška k půdorysné délce svahu).

Vhodnost zemin a hornin pro zpětné použití

Štěrkovité navážky (An1) i sypanina z podložních zvětralých svorů jsou vhodné k přímému použití do násypu i aktivní zóny komunikace.

6. ZÁVĚR

V předkládané závěrečné zprávě jsou prezentovány výsledky geotechnického průzkumu, který je součástí prací na rekonstrukci úseku silnice II/205 v úseku Žlutice a Chyš. Průzkumné práce na silnici II. třídy 205 poblíž obce Žlutice byly soustředěny do prostoru, kde došlo ke vzniku povrchové deformace vozovky. Zájmový úsek se nachází v blízkosti řečiště Střely v místě, kde se přibližuje k silnici.

Geofyzikální část průzkumu byla realizována metodami mělké refrakční seismiky (MRS). Pro potřeby průzkumu byly změřeny a zpracovány dva přibližně kolmé profily – jeden podélný rovnoběžný s osou komunikace a druhý na tuto osu přibližně kolmý. Přímé sondážní práce zahrnovaly průzkumný jádrový vrt JV1 do hloubky 4 m. Výsledky průzkumných prací, včetně interpretace výsledků, jsou popsány v příslušných kapitolách a jsou přehledně zpracovány do řezů.

Hlavním poznatkem realizovaného průzkumu bylo ověření průběhu rozhraní mezi pokryvem a skalními horninami s vymezením jeho tvaru. Dále bylo ověřen charakter materiálu příspy komunikace a hornin předkvartérního podloží. Seismická měření dále přispěla k vyhledání potenciální smykové plochy místní svahové deformace. Dle výsledku průzkumu dochází v posuzovaném úseku k mělkému sesuvu šterkovitých zemin příspy stávající komunikace. Stávající svah pod komunikací II/205 je proveden ve sklonu 1:1 a byl pravděpodobně částečně zajištěn ocelovými prvky, které v současnosti již pravděpodobně neplní svoji funkci.

Na základě všech provedených průzkumných prací byly sestaveny geologický řezy v místě zaznamenaných deformací svahu. Příčný řez BB' zobrazuje princip mechanismu porušení svahu v daném místě.

Doporučená délka sanovaného úseku je dle provedených seismických měření 25 m a je vymezena st. 15–35 m podélného profilu P2 (viz tabulka 3), kde byly v podloží indikovány relativně pevné indikovány podloží svory, které vytváření strmý svah říčního údolí. Při rozhodování o rozsahu sanace je rovněž nutné zohlednit aktuální stav komunikace, zejména rozsah povrchových deformací. V neposlední řadě považujeme za vhodné posouzení stavu přilehlých opěrných zdí (od st. 8 m směrem do nižších metrů podélného profilu P2).

Projektovaná stavba se nachází v seismické oblasti s referenčním zrychlením 0,04 g a navrženou konstrukci je vhodné posoudit dle Eurokódu 8: Navrhování konstrukcí odolných vůči zemětřesení.

V Praze dne 15. 12. 2023

Mgr. Vlastimil Mužík

Mgr. Radek Zelený