



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

NÁVRH PODCHODU POD ŽELEZNIČNÍ TRATÍ

DESIGN OF SUBWAY UNDER THE RAILWAY LINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Petra Rotroeklová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. MILOŠ ZICH, Ph.D.

BRNO 2019



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|-------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby |
| Pracoviště | Ústav betonových a zděných konstrukcí |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| Student | Petra Rotroeklová |
| Název | Návrh podchodu pod železniční tratí |
| Vedoucí práce | doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2018 |
| Datum odevzdání | 24. 5. 2019 |

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební podklady
2. Normy pro navrhování betonových konstrukcí ČSN a EN
3. L. Gřenčík: Betonové konstrukce II. SNTL/ALFA 1986
4. D. Majdúch: Zásady vystužování betonových konstrukcí. ALFA 1984.
5. Vhodné výpočetní program (např. Nexis, SCIA, Ansys apod.)

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Vypracovat stavební a konstrukční návrh podchodu pod železniční tratí. Řešení provést včetně nezbytné výkresové dokumentace (výkresy tvaru a výztuže). Rozsah bakalářské práce stanoví vedoucí práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti dle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1) Použité podklady

P2) Statický výpočet

P3) Výkresová dokumentace

P4)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x), Popisný soubor závěrečné práce (1x)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě dle směrnic a na CD (1x).

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je návrh železobetonového podchodu pod železniční tratí. Konstrukce podchodu byla uvažována jako uzavřený rám, který je založený plošně na pružném podloží. V práci byl řešen jeden dilatační celek o délce 11 m z celkové délky 63 m. Pro výpočet účinků zatížení byl použit program Scia Engineer, výkresy byly rýsovány v programu AutoCAD a posouzení s výpočty bylo provedeno pomocí MS Excel a ručně. Konstrukce byla navržena a posouzena dle platných norem na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti.

KLÍČOVÁ SLOVA

Beton, železobeton, rámová konstrukce, podchod, návrh, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti

ABSTRACT

The object of my bachelor thesis is a plan of reinforced concrete subway under a railway line. The structure of this subway is proposed as a closed frame which is areal established on a flexible subsoil. From the total length of 60 meters there was resolved one dilatation unit with with the total length of 11 meters. For calculation of load impacts was used software Scia Engineer, drawings were draft in AutoCAD program and adjudication with computing was implement by MS Excel and by hand. The evaluation of ultimate limit state and service ability limit state was made in accordance with the codes currently in force

KEYWORDS

Concrete, reinforced concrete, frame, railway line, design, ultimate limit state, serviceability limit state

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Petra Rotroeklová *Návrh podchodu pod železniční tratí*. Brno, 2019. 14 s., 98 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav
betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce doc. Ing. Miloš Zich, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Návrh podchodu pod železniční tratí* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 24. 5. 2019

Petra Rotroeklová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto chci poděkovat svému vedoucímu práce panu doc. Ing. Miloši Zichovi, Ph.D. za ochotu vést moji bakalářskou práci, trpělivost, čas a také za cenné rady a připomínky v průběhu zpracování této práce.

Dále bych ráda poděkovala své rodině za podporu v průběhu mého dosavadního studia. Velké poděkování patří mému příteli a kamarádům.

OBSAH

| | |
|---------------------------|----|
| ÚVOD | 8 |
| ÚČEL KONSTRUKCE..... | 9 |
| POPIS KONSTRUKCE | 9 |
| GEOLOGICKÉ PODMÍNKY | 9 |
| ZÁKLADNÍ GEOMETRIE | 10 |
| MATERIÁLY | 11 |
| NÁVRH A POSOUZENÍ..... | 11 |
| POSTUP VÝSTAVBY..... | 12 |

ÚVOD

Cílem bakalářské práce je návrh železobetonového podchodu pod železniční tratí. Jedná se o prodloužení stávajícího podchodu, který se nachází pod železniční stanicí v Žilině. Nově vybudovaná část byla rozdělena do několika dilatačních celků, přičemž byl podrobně řešen jeden dilatační celek.

V bakalářské práci byl proveden návrh výztuže a posouzení nosné konstrukce na mezní stav únosnosti a použitelnosti, dále byla zpracována příslušná výkresová dokumentace. Vše bylo provedeno dle platných norem.

ÚČEL KONSTRUKCE

Účel nově navržené části podchodu je propojit dvě části města Žilina, které jsou odděleny železniční tratí. Stávající část podchodu, která slouží pouze k přístupu cestujících na jednotlivá nástupiště, byla upravena, aby vyhovoval platným normám. Prodloužení podchodu umožňuje průchod osob pod všemi kolejemi železniční stanice a pod přilehlou silniční komunikací.

POPIS KONSTRUKCE

Jedná se o monolitickou liniovou mělkou podzemní stavbu. Tato železobetonová konstrukce byla navržena pod tratí 1. třídy s maximální rychlostí do 200 km/h.

V úseku nad podchodem a v přiléhajících oblastech bylo uvažováno, že se trať nachází v přímé, a tedy koleje jsou bez převýšení. Úhel křížení byl uvažován 90°. Nebyla zjištěna niveleta kolejí, ale na základě skutečnosti nutnosti malého sklonu nivelety ve stanicích, byla pro zjednodušení uvažována niveleta beze sklonu. Podchod byl navržen bez půdorysného zakřivení.

GEOLOGICKÉ PODMÍNKY

Z geologických map bylo zjištěno, že podloží v dané lokalitě tvoří nivní sedimenty a písčito-štěrkovité zeminy. V oblasti bylo provedeno několik vrtů, ke kterým není umožněn přístup, proto byly geologické podmínky stanoveny na základě předpokladů. V blízkém okolí konstrukce se nachází řeka Váh, což ovlivňuje kvalitu podloží. V hloubce založení je předpokládán výskyt hlíny s nízkou plasticitou F5-ML, podzemní voda nebyla uvažována. Stavební jáma byla z důvodu odvodnění zasypána štěrkem dobře zrněným G1-GW.

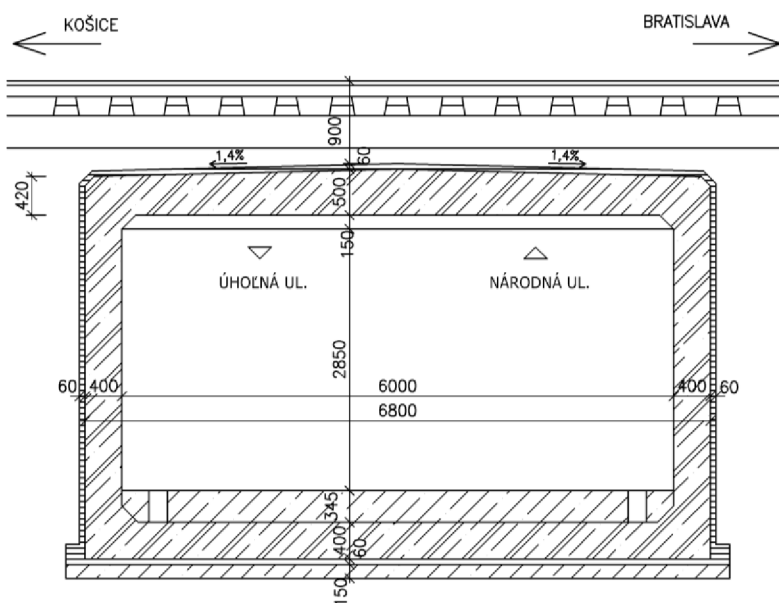
ZÁKLADNÍ GEOMETRIE

Rozměry konstrukce byly stanoveny tak, aby byly dodrženy příslušné předpisy, průchozí prostor tedy odpovídá minimálním požadavkům normy na prostorové uspořádání mostních objektů. Na železobetonový podchod navazuje schodiště a mezi jeho rameny je umístěna výtahová šachta pro přístup osob se sníženou schopností pohybu.

Délka podchodu je dána uspořádáním stávající zástavby. Nově vybudovaná část podchodu o délce 63 m byla rozdělena do 8 dilatačních celků. Toto rozdělení bylo provedeno s ohledem na rozmístění kolejí.

Podélný sklon odpovídá minimální hodnotě pro odtok vody, tedy 0,5 %. Sklon byl navržen střechovitý, stoupá směrem do podchodu, zlom sklonu byl umístěn do rozhraní mezi stávající a nově navrhovanou částí.

Výška přičle byla navržena v příčném řezu podchodu proměnná s rostoucím sklonem do poloviny šířkového uspořádání. Nejnižší výška přičle o velikosti 420 mm narůstá postupně v jednotném sklonu 1,4 % do maximální výšky 500 mm. Tloušťky stěn i dna byly navrženy konstantního průřezu 400 mm. Pod dnem rámu byl navržen podkladní beton tloušťky 150 mm.



Obr. 1 – Příčný řez podchodu

MATERIÁLY

Nosná konstrukce byla navržena z betonu C30/37, třídy prostředí XC4, konzistence betonu S2. Maximální uvažovaná frakce kameniva je 16 mm. Konstrukce byla umístěna na podkladní beton C16/20.

Byla použita betonářská výztuž třídy B500B s nosnými profily o průměrech 8, 10, 12, 14, 16, 22, 25 a 28mm. Pro zachování krycí vrstvy o velikosti 45 mm byly použity distančníky.

Jednotlivé dilatační celky byly odděleny dilatační spárou šířky 20 mm. Spára byla vyplněna extrudovaným polystyrenem a chráněna těsnícím silikonovým tmelem. Byly navrženy dilatační těsnící pásy.

NÁVRH A POSOUZENÍ

Veškerý návrh a popis postupu je dostupný ve statickém výpočtu – příloha P2.

Předběžně byla konstrukce řešena na prutovém modelu, který byl sestaven jako uzavřený rám. Aby mohl proběhnout výpočet na prutovém modelu v programu Scia Engineer, musel být rám uložen na podporách. Model byl tedy podepřen staticky určitě, ale v podporách vznikaly v jednotlivých zatěžovacích stavech reakce, které ve skutečnosti v konstrukci nejsou. Pro zachování skutečného chování konstrukce bylo vneseno náhradní zatížení působící na rám zespodu. Toto zatížení bylo rovnoměrné spojitě o velikosti součtu reakcí. Program Scia Engineer neumožňuje vložení dalšího zatížení do zatěžovacích stavů, které jsou vygenerovány z funkce pohyblivé zatížení, proto bylo zatížení od kolejové dopravy umístěno na rám ručně.

Prutový model byl zatížen zatěžovacími stavy, a to vlastní tíhou, ostatním stálým zatížením, zemním tlakem, pohyblivým zatížením od kolejové dopravy (LM1 a SW/2) a přitížením zeminy od kolejové dopravy. Zatížení od rozjezdu a brzdění bylo zanedbáno z důvodu předpokladu, že se síly přenesou mimo konstrukci díky krátkému rozpětí rámu a skutečnosti, že nad rámem probíhá

bezstyková kolej. Pohyblivé zatížení bylo na konstrukci umístěno tak, aby byly vyvozeny maximální vnitřní síly. Jednotlivá zatížení byla přepočítána na liniová. Ručně byly poté vytvořeny kombinace v 10 řezech. Návrhové kombinace byly provedeny podle rovnic 6.10a a 6.10b. Vybrána byla méně příznivá varianta, ve všech řezech rozhodovala kombinace z rovnice 6.10b.

Pro porovnání vnitřních sil byla konstrukce vytvořena také jako deskostěnový model. Vymodelován byl jeden dilatační celek o délce 11 m, na kterém se nachází 2 koleje. Konstrukce byla řešena v programu Scia Engineer s použitím modulu Soilin na interakci s podložím. 3D model byl zatížen stejnými zatěžovacími stavy jako prutový model. Jednotlivá zatížení byla přepočítána na plošná, poté byly vytvořeny kombinace zatížení a porovnány s hodnotami z prutového modelu.

Srovnány byly velikosti ohybových momentů ve 4 řezech, přičemž jejich velikosti se liší od hodnot z modelu deskostěnového v rozmezí od 13 % do 22 %. Odlišné výsledky jsou způsobeny především způsobem založení jednotlivých modelů.

POSTUP VÝSTAVBY

Jedná se o podzemní stavbu mělkou, proto bude použita technologie výstavby Cut & Cover. Jde o vyhloubení jámy, která bude zajištěna štětovnicovými stěnami. Stěny budou zajištěny kotvami v jedné úrovni ve vodorovné vzdálenosti 1,5 m.

Na dno jámy bude nasypán štěrk dobře zrněný z důvodu větší únosnosti než kterou má původní zemina. Na štěrkovém násypu bude zhotovena vrstva podkladního betonu a na ní izolační vrstvy. Poté bude ve třech fázích vybetonována konstrukce podchodu. Jednotlivé části výstavby budou odděleny pracovními spárami a 5 dnů po vybetonování ošetřovány. Konstrukce bude pokryta izolačními deskami o tloušťce 60 mm.

Po dokončení výstavby a dosažení 80 % požadované pevnosti betonu bude celá stavba zasypána štěrkiem dobře zrněným a štětovnicové stěny budou vytaženy. Zatěžování násypem musí být rovnoměrné a hutnění šetrné, aby nedošlo další přitížení konstrukce přídatnými tlaky.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat návrh podchodu pod železniční tratí včetně výkresové dokumentace. Po vhodně zvoleném zatížení byl proveden výpočet vnitřních sil v programu Scia Engineer na prutovém modelu a deskostěnovém modelu. Výsledky z obou modelů byly porovnány. Všechny prvky navržené konstrukce vyhověly na mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Součástí bakalářské práce je statický výpočet a výkresová dokumentace.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. ČSN 73 1010 (731010): *Názvosloví a značky pro zakládání staveb*. 1986.
2. KOLÁČEK, Jan. *Podklady pro cvičení. Dokument [online]:*
<http://fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j>
3. ČSN EN 1991-1-1 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-1: Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. 2004.
4. ČSN EN 1991-2 (736203): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. 2005.
5. ČSN EN 1992-1-1 (731201): *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. 2006.
6. *Správa železniční dopravní cesty [online]*. [cit. 2019-02-24]. Dostupné z: <https://www.szdc.cz>