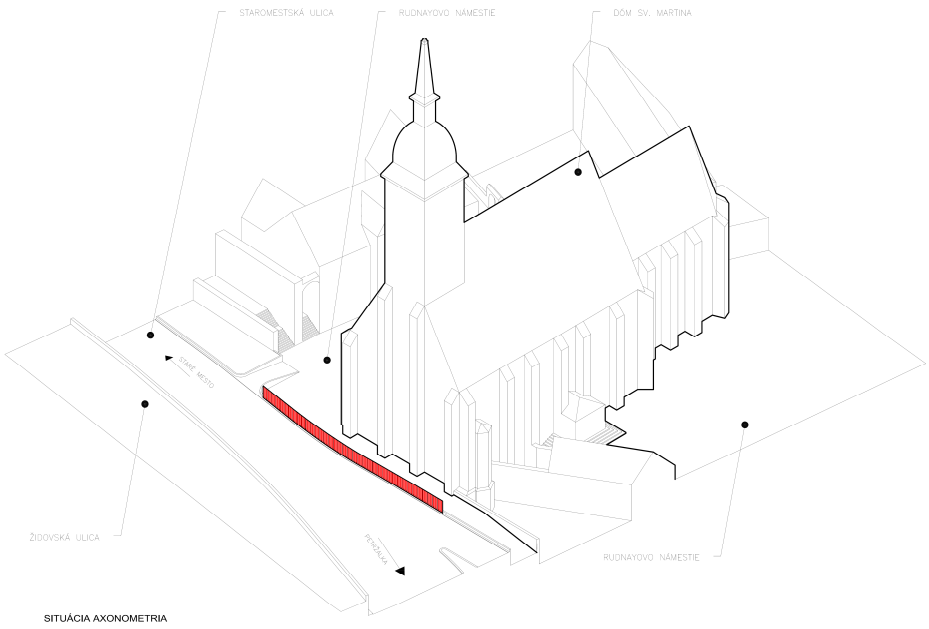
OCHRANNÁ STENA NA STAROMESTSKEJ ULICI V BRATISLAVE

M. Slivanský [1], J. Brodniansky [2]

ABSTRACT

Protection wall on the Staromestka street in Bratislava is a linear structure which is designed to separate the road with high frequently automobile traffic and the pedestrian zone. Project of the protection wall was created in cooperation with an architectural studio TOTALSTUDIO s.r.o., the author of the architectural study and also chief engineer of this project is Mgr. art. Tomáš Tokarčík.

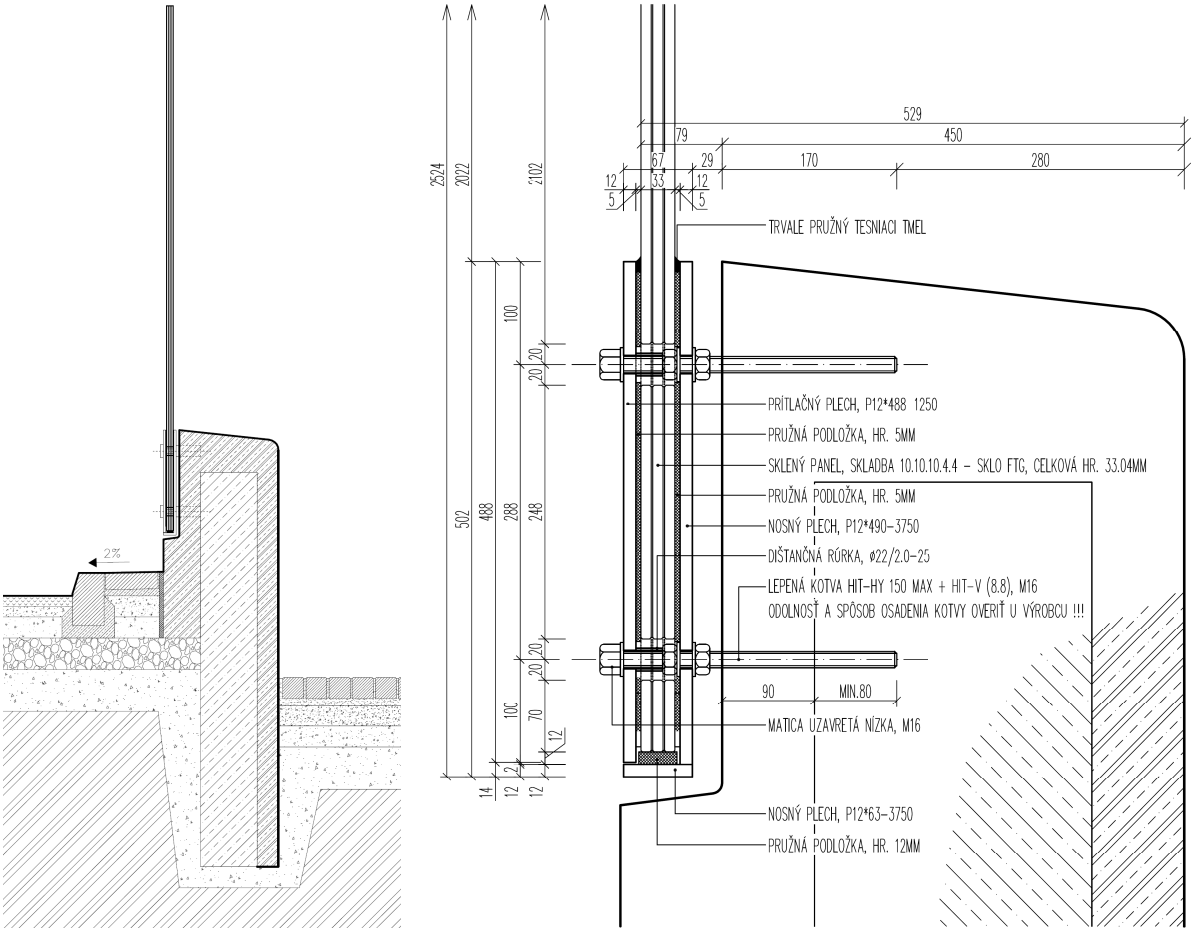
1. POPIS KONŠTRUKCIE



Obr. 1 – Situácia riešenej konštrukcie

[1] Miloš Slivanský, Ing. PhD., STU Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, milos.slivansky@stuba.sk
[2] Ján Brodniansky, prof. Ing. PhD., STU Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, jan.brodniansky@stuba.sk

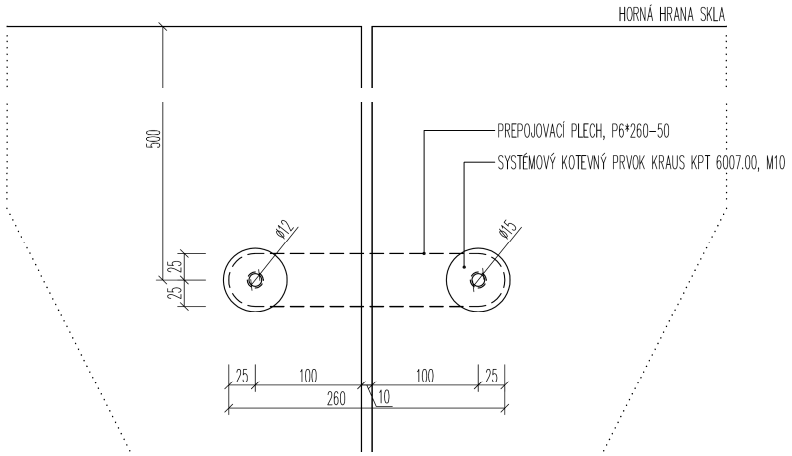
Ochranná stena na Staromestskej ulici v Bratislave je navrhnutá ako líniová konštrukcia, ktorá oddeľuje priľahlú, pomerne frekventovanú, cestnú komunikáciu od chodníka pre chodcov. Schématické znázornenie konštrukcie vo vzťahu ku susedným objektom je uvedené na obr. 1. Celková rozvinutá dĺžka konštrukcie, na ktorej budú tvoriť súčasť ochrannej steny sklené panely, je cca. 43,75m. Celková výška ochrannej steny meraná od chodníka pre chodcov je cca. 3,2m. Sklené panely budú kotvené do čela jestvujúceho železobetónového múru, ktorý počas výstavby ochrannej steny prejde rekonštrukciou a zosilnením (obr. 2, vľavo).



Obr. 2 – Riešenie kotvenia sklených panelov, celkový pohľad a detail

Podľa polohy sú použité na konštrukcii ochrannej steny 2 typy sklených panelov. Vzhľadom na rozmery a okrajové podmienky sklených panelov je možné za typický segment považovať panel obdĺžnikového tvaru s rozmermi 1250mm x 2500mm. Celková teoretická hrúbka skleného panelu je 33,04mm. Sklený panel tvorí vrstvené plne kalené sklo (angl. FTG) so skladbou 10.10.10.4.4 (10mm plne kalené sklo + 1,52mm PVB fólia + 10mm plne kalené sklo+ 1,52mm PVB fólia + 10mm plne kalené sklo) a je priebežne kotvený do čela železobetónového múru prostredníctvom navrhnutého oceľového zasklievacieho profilu. Všetky okraje a hrany skiel vrátane okrajov otvorov musia byť upravené brúsením a leštením a na sklách sa nesmú vyskytovať ostré hrany, alebo viditeľné poruchy (ryhy, škrabance a trhliny). Vzhľadom na rozmery a podopretie sklené panely staticky pôsobia ako jednosmerne nosná konzolová doska votknutá v mieste zasklievacieho profilu. Vzájomné spolupôsobenie susedných segmentov na horizontálne účinky zaťaženia uvažované nebolo.

Zasklievací profil pozostáva z 2 hlavných častí – pevná časť v tvare nerovnoramenného L profilu s úložným nosom a prítlačná priama časť. Obidve časti budú vyhotovené z plechu hrúbky 12mm a konštrukčnej ocele triedy S 235 s ochranou proti korózii pozinkovaním, resp. na výrobu oceľových častí bude použitá nerezová oceľ triedy EN 1.4301. Prvky pevnej časti budú vzájomne spojené tupým zvarom tvaru 1/2 V s plným prievarom hrúbky materiálu.
Zasklievací profil bude kotvený do čela železobetónového múru prostredníctvom lepených kotiev HILTI HIT-HY 150 MAX + HIT-V (8.8), M16 v počte 2ks+2ks na jeden typický segment (spolu 4ks). Odolnosť a spôsob osadenia navrhnutých kotiev je potrebné pred realizáciou overiť u výrobcu kotiev.
Sklený panel je osadený do zasklievacieho oceľového profilu cez roznášacie pružné podložky umiestnené na celej ploche, na ktorej dochádza ku kontaktu medzi sklenou a oceľovou časťou. Poloha skleného panelu a prenos zaťažovacích účinkov do zasklievacieho profilu je realizovaný cez priebežné kotevné skrutky, prítlačný plech a dištančnú podložku kontrolovaným dotiahnutím koncovej (uzavretej) matice. Podrobné riešenie detailu kotvenia sklených panelov vrátane dimenzií navrhnutých prvkov je uvedené na obr. 2, vpravo.
Vzhľadom na geometriu konštrukcie ochrannej steny a výrazne vyššie zaťaženie od vetra na okrajoch steny ako v poli, sú v krajných segmetoch použité netypické (zosilnené) sklené panely o celkovej teoretickej hrúbke 39,04mm. Sklený panel tvorí vrstvené plne kalené sklo (angl. FTG) so skladbou 12.12.12.4.4 (12mm plne kalené sklo + 1,52mm PVB fólia + 12mm plne kalené sklo+ 1,52mm PVB fólia + 12mm plne kalené sklo). Zasklievací profil bude vyhotovený z plechu hrúbky 15mm. Na kotvenie panelov do čela železobetónového múru budú použité lepené kotvy HILTI HIT-HY 150 MAX + HIT-V (8.8), M16 v počte počte 2ks+2ks+2ks na jeden segment (spolu 6ks). Ostatné podrobnosti a detaily osadenia sklených panelov sú rovnaké ako pri typickom segmente.



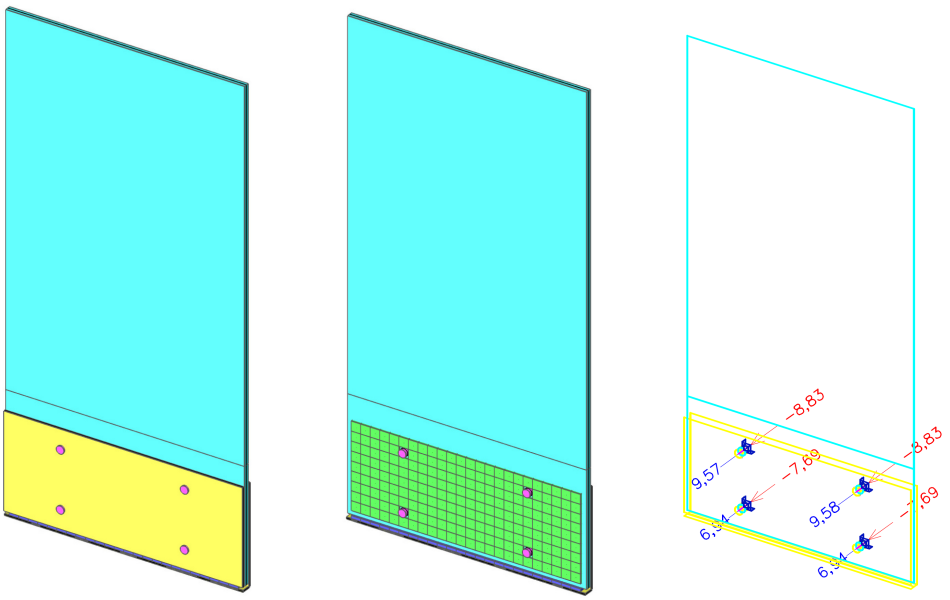
Obr. 3 – Detail prepojenia panelov pri hornom okraji

Zvyšková odolnosť sklených panelov, resp. stabilita konštrukcie pri totálnom porušení skleného panelu vplyvom mimoriadneho zaťaženia (napr. náraz automobilu) je zabezpečená prepojením susedných panelov systémovým kotevným prvkov KRAUS (oceľový terč priemeru 60mm so skrutkou M10) a oceľovou príložkou (plech hrúbky 6mm). Pri totálnom porušení niektorého segmentu sa predpokladá jeho "vyvesenie" na susedné nepoškodené polia a dôjde tak k minimalizovaniu rizika vzhľadom na bezpečnosť osôb v okolí ochrannej steny (obr. 3).

Pri posúdení sklených panelov boli zohľadnené účinky zaťaženia vyplývajúce z užívania a povahy konštrukcie, ktoré boli stanovené na základe príslušných technických noriem a podľa požiadaviek objednávateľa.

2. STATICKÝ VÝPOČET

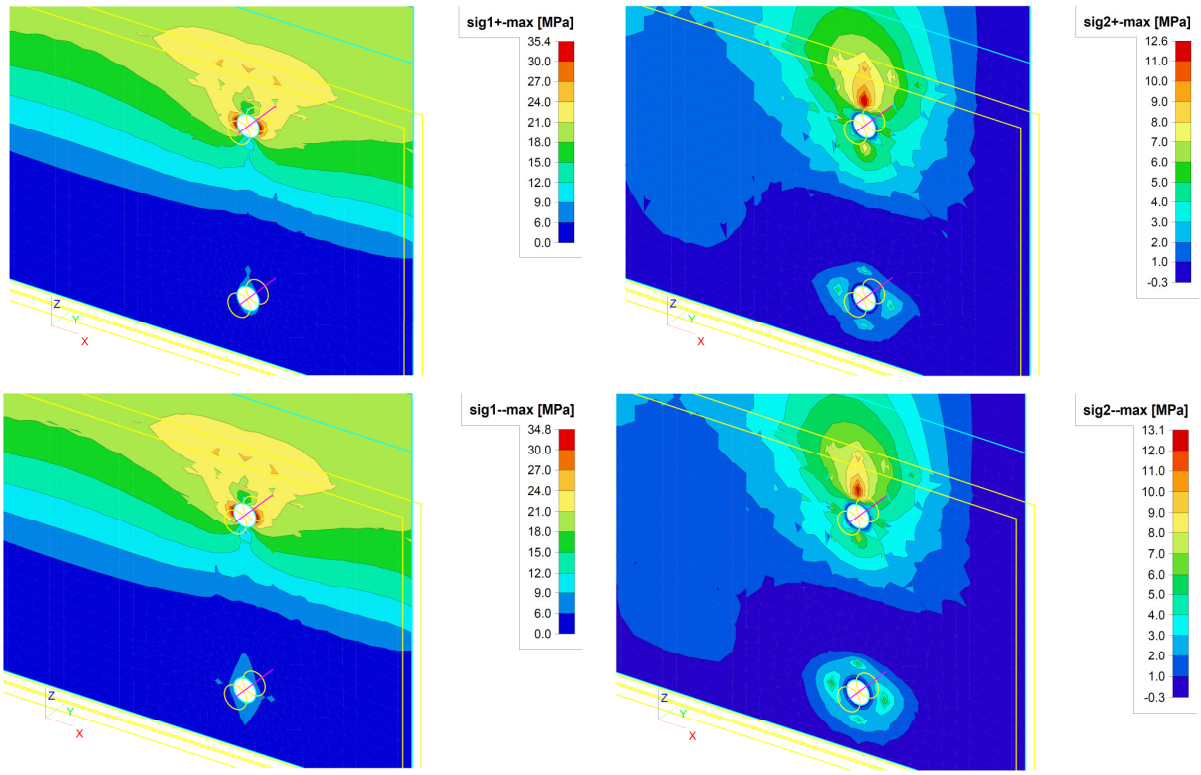
Zaťaženie konštrukcie a kombinácie jednotlivých zaťažovacích účinkov boli zostavené na základe STN EN 1990 (Zásady navrhovania konštrukcií) a STN EN 1991 (Zaťaženia konštrukcií). Vlastná tiaž sklených prvkov bola stanovená na základe rozmerov a použitého materiálu.
Účinky vetra boli stanovené pre II. vetrovú oblasť ($v_{b,0}$ = 26 m/s), kategóriu terénu IV a výšku nad terénom +10,0m (súčiniteľ vystavenia vetru $c_e(z)$ = 1,2). Aerodymanické súčinitele boli stanovené pre voľne stojace steny podľa tab. 7.9 hodnotami A = ±3,4, B = ±2,1, C = ±1,7 a D = ±1,2. Typické segmenty v poli boli navrhnuté na účinky zaťaženia vetrom určené aerodynamickým súčiniteľom pre oblasť B, krajné segmenty steny boli navrhnuté na účinky zaťaženia vetrom určené aerodynamickým súčiniteľom pre oblasť A.
Vzhľadom na zvislú vzdialenosť sklených panelov od chodníka pre chodcov, účinky zaťaženia podľa čl. 6.4 (Horizontálne zaťaženie na parapety a priečky s funkciou zábran) uvažované neboli. Pri mimoriadnom zaťažení - náraze vozidla sa predpokladá čiastočné alebo úplné poškodenie skleného panela, tieto účinky pri posudku preto uvažované neboli.



Obr. 4 – Celkový model MKP, kontaktné prvky a výsledné reakcie v kotvení

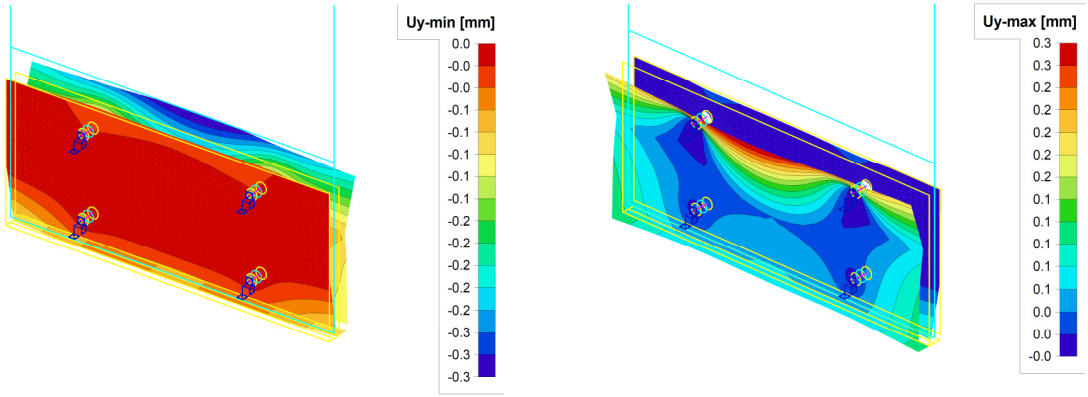
Napätostné a deformačné správanie konštrukcie bolo analyzované pomocou výpočtu MKP. Pre analýzu konštrukcie bol použitý "bežný" výpočtový software od firmy Nemetshek - SCIA Engineer, ver. 2011. Bol zostavený priestorový dosko-stenový model a vzájomné spolupôsobenie medzi sklom a prítlačným oceľovým zasklievacím profilom bolo modelované nelineárnymi kontaktnými prvkami (krátke prútové prvky umiestnené v uzloch siete modelu MKP s mechanickými vlastnosťami materiálu roznášacej pružnej podložky prenášajúce iba tlak). Spolupôsobenie jednotlivých tabúľ vrstveného skleného panelu prostredníctvom PVB fólie bolo pri výpočte uvažované ako dokonalé šmykové spojenie, pretože pri krátkodobom až okamžitom premennom zaťažení nedochádza ku dotvarovaniu materiálu PVB fólie,

spriahovací efekt sa teda prakticky nezmenšuje a vrstvený sklený panel bol preto modelovaný ako monolitická sklená doska s hrúbkou 30mm resp. 36mm (podľa polohy). Výpočtový model s čiastkovými výsledkami ilustruje obr. 4 až obr. 6.



Obr. 5 – Normálové napätia na sklenom paneli, detail

Pri statickej analýze bola vykonaná určitá optimalizácia hrúbky skleného panela a hrúbky prítlačných plechov zasklievacieho profilu. Za týmto účelom bolo zostavených a prepočítaných niekoľko výpočtových modelov s rozdielnymi hrúbkami materiálu a rozdielnou geometriou, či počtom kotevných prvkov. Napriek pomerne značnej hrúbke prítlačného plechu zasklievaceho profilu nebolo možné dosiahnuť rovnomerné rozloženie normálových napätí v mieste kotvenia a pre návrh hrúbky sklených panelov boli rozhodujúce špičky normálových napätí v okolí otvorov pre kotevné skrutky (obr. 5). Deformáciu prítlačného plechu zasklievacieho profilu ilustruje obr. 6.



Obr. 6 – Deformácia prítlačného plechu, detail

Všetky nosné časti zasklenia ochranej steny boli posúdené na základe Medzného stavu únosnosti a Medzného stavu použiteľnosti. Výpočtová pevnosť tabúľ plne kaleného skla (Fully Temperred Glass – FTG) a návrhové napätie boli stanovené v zmysle prEN 13 474 (Glass in building – Design of glass panes) pre krátkodobé zaťaženie. Limitná deformácia skleného panela bola stanovená ako 1/100 výšky (konzolového vyloženia) skleného panela.

3. ZÁVER, ZHRNUTIE VÝSLEDKOV

Maximálne normálové návrhové napätie v materiáli typického skleného panela dosiahlo hodnotu 35,4 MPa, návrhová pevnosť skla FTG pre krátkodobé zaťaženie podľa prEN 13474 je 49,8 MPa. Vodorovný priehyb v úrovni hornej hrany skleného panela dosiahol hodnotu 18,6mm, limitný priehyb je L/100 = 20,0mm.

Projekt ochrannej steny na Staromestskej ulici v Bratislave bol vypracovaný v spolupráci s architektonickým ateliérom TOTALSTUDIO s.r.o., jeho autorom a hlavným projektantom je Mgr. art. Tomáš Tokarčík. Bezrámové riešenie transparetnej časti ochrannej steny je návrh, ktorý zasahuje do jestvujúceho výrazu riešenej pamiatkovej lokality (Bratislava - Staré Mesto) veľmi citlivo a súčasne sleduje najmodernejšie trendy v riešení podobných konštrukcií. Realizácia ochrannej steny je plánovaná pravdepodobne na rok 2014, v súčasnej dobe prebieha výber dodávateľa.

LITERATÚRA

[1] Slivanský, M.: Statický posudok sklenej konštrukcie Ochranná stena - Staromestká ulica. Statický posudok 06/2013.