

## VPLYV GEOTECHNICKÝCH FAKTOROV NA SPOĽAHLIVOSŤ HISTORICKÝCH OBJEKTOV

Jozef SUMEC, Jozef KUZMA, Ľuboš HRUŠTINEC  
Stavebná fakulta STU v Bratislave

### 1. Anotácia

V príspevku sa zaoberáme problematikou vplyvu geotechnických faktorov na životnosť a celkovú spoľahlivosť historických objektov a pamiatok. Nerešpektovanie geotechnických faktorov môže spôsobiť závažné škody a poruchy na historických objektoch.

### 2. Úvod

Pojmom “spoľahlivosť” konštrukcie, resp. objektu označujeme schopnosť konštrukcie (objektu) plniť požadované funkcie pri zachovaní prevádzkových ukazovateľov v daných mediách v požadovanom časovom úseku. Spoľahlivosť objektu je charakterizovaná z hľadiska navrhovania konštrukcie jeho bezporuchovosťou, životnosťou, opraviteľnosťou a udržiavateľnosťou. Dielčimi zložkami spoľahlivosti je napr. bezpečnosť, použiteľnosť a trvanlivosť. Na základe množstva citácií v odborných publikáciách ([1], [2]) je možné konštatovať, že veľká časť chýb a porúch stavebných objektov a konštrukcií vzniká pri zakladaní stavieb a je spôsobená rôznymi geotechnickými faktormi a vplyvmi. Význam takýchto chýb je o to väčší, že chyby pri zakladaní stavieb sa nedotýkajú iba jednotlivých častí stavieb, ale ohrozujú stabilitu stavby ako celku. Následkom chýb pri zakladaní stavieb sa spravidla zničí celá stavba bez ohľadu na bezchybnosť jednotlivých prvkov “hornej”, resp. nadzákladovej konštrukcie. Pomerne často sa stáva, že chyby pri zakladaní stavby sa neprejavia okamžite po dokončení stavby, ale až po dlhej dobe užívania a prevádzky stavebných objektov (až niekoľko rokov a desaťročí po dokončení stavby). Uvedenú skutočnosť je možné pripísať vplyvu reologických procesov, ktoré prebiehajú v jemnozrnných zeminách (hlavne ílovitých zeminách). Je treba poznamenať, že príčinou porúch je spravidla kombinácia viacerých chýb urobených v jednotlivých etapách stavebnej výroby a počas užívania stavebného objektu. Medzi najčastejšie príčiny vzniku porúch na historických stavebných objektoch je možné zaradiť nevhodný spôsob založenia s ohľadom na kvalitu podlažia (najmä z hľadiska zmeny mechanických vlastností zemín vo vrstevnatom podlaží). V 3. kapitole uvádzame praktický príklad porušenia historického objektu, ktoré bolo zapríčinené viacerými geotechnickými faktormi. Závažnosť a rozsah vzniknutých porúch mal vplyv na stratu spoľahlivosti objektu a nevyhovujúci technický stav konštrukcií, ktorý si vyžadoval realizáciu sanačných opatrení na zabezpečenie spoľahlivosti historického objektu.

### 3. Analýza príčin porušenia románskeho kostola z 13. storočia

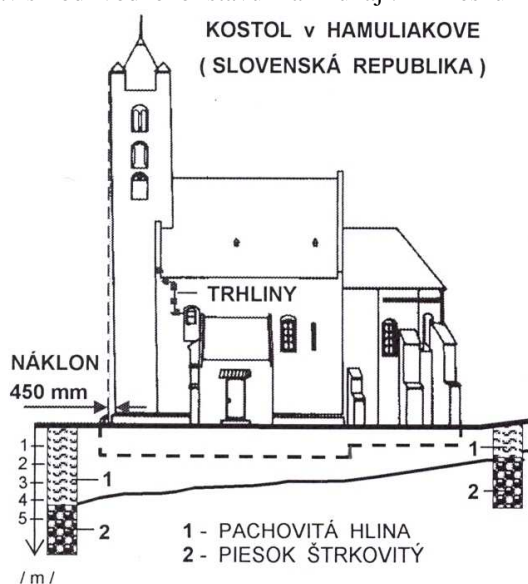
Románsky kostol z 13. storočia v Hamuliakove bol postavený v aluviálnej nive Dunaja. Nosné konštrukcie kostola boli porušené množstvom trhlín rozličnej veľkosti. Pri jeho rekonštrukcii bolo potrebné stanoviť príčiny ich vzniku a navrhnúť spôsob jeho sanácie.

#### 3.1 Geologická stavba podložia

Kostol sa nachádza približne 100 m od ľavo-brežnej hrádze Dunaja. Na základe štúdie genézy územia sme zistili, že Dunaj v tejto oblasti vytváral mnoho zátok, ktorých poloha sa v priebehu korytového vývoja veľmi často menila. Dunajské ramená sa postupne zanášali hlinitými materiálmi, takže geologická stavba je veľmi pestrá a môžeme ju charakterizovať nasledovnou skladbou:

- od povrchu do hĺbky 2,0 až 6,0 m sa nachádzajú silne stlačiteľné prachovité a piesčité hliny s prímiesou štrku. Miestami sa vyskytujú piesčité šošovky premenlivej mocnosti,
- pod hlinami sa nachádza rozsiahla vrstva dunajských štrkov, ktoré siahajú do hĺbky niekoľko desiatok metrov,
- podložie v hĺbke cca 150,0m je tvorené neogénnymi piesčitými ílmi.

Hladina podzemnej vody je v hĺbke 4,0 až 6,0 m pod povrchom terénu a jej poloha priamo závisí od vodného stavu na Dunaji. Prieskumné práce boli zamerané aj na určenie



Obr. 1. Podložie kostola a jeho poruchy  
Fig. 1. Church subsoil and its failures

rozhrania medzi prachovitými hlinami a štrkovitými zeminami, ktoré tvoria relatívne únosné a menej stlačiteľné podložie. Výsledky ukázali, vrstva štrkových pieskov pod kostolom prudko klesá v smere od apsidy k veži, pričom mocnosť mäkkej, silne stlačiteľnej prachovitej hliny pod základom kostola sa pohybuje od 1,6 do 3,3m (Obr. 1). Piesčitá vrstva je tvorená jemnými až strednými pieskami s prímiesou 20 až 30% štrku priemeru 3,0 až 4,0cm má vhodnejšie mechanické vlastnosti. V tabuľke 1 sú uvedené laboratórne namerané oedometrické moduly deformácie zemín ( $E_{oed}$ ) pre rôzne intenzity zaťaženia, ktoré sa vyskytujú v podloží základov kostola. Uvedená charakteristika popisuje stlačiteľnosť zemín a je

rozhodujúcou mechanickou vlastnosťou, ktorá vplýva na veľkosť sadnutia. Z hodnôt uvedených v Tabuľke 1 vyplýva, že stlačiteľnosť prachovitej hliny je približne trojnásobne väčšia ako stlačiteľnosť piesku. Táto skutočnosť sa samozrejme výrazne prejavila aj na sadnutí podložia základových konštrukcií kostola.

Tabuľka 1. Namerané hodnoty oedometrického modulu deformácie zemín

Názov zeminy	Oedomerický modul deformácie $E_{\text{oed}}$ / MPa / pri rôznej intenzite zaťaženia $\sigma_i$ /MPa/				
	0,0 – 0,05	0,05 – 0,1	0,1 – 0,2	0,2 – 0,3	0,3 – 0,4
Prachovitá hlina	2,330	3,703	5,725	7,267	10,210
Piesok štrkovitý	4,000	10,000	13,350	25,000	33,300

### 3.2 Popis, rozsah a príčiny porúch

Kostol bol vymurovaný bez dilatčných škár a bez ohľadu na veľkosť a rozdelenie zaťaženia základových konštrukcií. Apsida kostola je spojená s chrámovou loďou a na druhej strane s vežou kostola vysokou 22,0m, ktorá vyvoláva najväčšie priťaženie podlažia od objektu. Veža kostola sa odtrhla od chrámovej lode a odklonila sa približne o 45,0cm. Trhliny v obvodových múroch presahovali veľkosť 10,0cm. Fotogrametrickými meraniami sme zistili, že celá chrámová loď sa deformovala a postupne nakláňala v smere klesajúcej štrkovej vrstvy pod kostolom. Vychýlenie bočných stien chrámovej lode v úrovni stropu je 10,0 až 20,0cm. Poruchy na 700-ročnom kostole vznikli z nasledujúcich dôvodov:

- stavba kostola bola realizovaná bez akejkoľvek dilatácie a bez ohľadu na rozdielnú intenzitu zaťaženia základových konštrukcií. Zaťaženie základových konštrukcií je veľmi nerovnomerné,
- únosnejšia a menej stlačiteľná piesčito-štrkovitá vrstva prudko klesá od apsidy smerom k veži, ktorá je najťažšou časťou kostola,
- regulačnými prácami na Dunaji a jeho prítokoch sa výrazne zvýšila hladina podzemnej vody. Kolísanie hladiny podzemnej vody je priamo závislé od vodného stavu na Dunaji. Hladina podzemnej vody počas povodne vystupuje až po úroveň povrchu terénu. Rozdiel medzi maximálnou a minimálnou hladinou podzemnej vody je 5,0 až 6,0m,
- prachovité hliny vyskytujúce sa v podlaží kostola sú veľmi pórovité a po nasýtení vodou sa ich konzistencia stáva mäkkou až kašovitou. V dôsledku toho sa zvýši aj stlačiteľnosť. Zmena stlačiteľnosti sa najvýraznejšie prejaví pri kolísaní hladiny podzemnej vody. V dôsledku zmeny hladiny podzemnej vody dochádza v podlaží aj k zmene efektívnych napätí, čo nepriaznivo vplyva na veľkosť sadnutia aj stabilitu základových konštrukcií.

Vypočítané hodnoty priemerného sadnutia jednotlivých konštrukčných častí kostola jednoznačne nasvedčujú, že nerovnomerné sadnutie sa nemohlo vykompenzovať v masívnych kamenných múroch, ktoré boli porušené množstvom trhlín (Tabuľka 2).

Tabuľka 2. Vypočítané a namerané hodnoty sadnutia a nerovnomerného sadnutia

Posudzovaná časť (profil) konštrukcie kostola	Vypočítané hodnoty sadnutia		Namerané sadnutie
	Konečné	Nerovnomerné (náklon)	Nerovnomerné (náklon)
	s / mm /	$\Delta s/L$ / - /	$\Delta s/L$ / - /
Severozápadná stena veže	134,0	-	-
Juhozápadná stena veže	111,8	-	-
Veža kostola	-	0,0293	0,0237
Veža – chrámová loď	-	0,0300	0,0314
Južný múr chrámovej lode	51,2	-	-
Čelný múr	57,5	-	-

Dnes už nemáme možnosť porovnať vypočítané hodnoty sadnutí s nameranými, preto sme namerané hodnoty porovnali so skutočným pootočením a nerovnomerným sadnutím jednotlivých konštrukčných častí kostola. Vypočítané a namerané hodnoty deformácií vykazujú relatívne veľmi dobrú zhodu (Tabuľka 2).

### 3.3 Návrh a realizácia sanačných opatrení

V 30-tich rokoch minulého storočia bola veža kostola podchytená masívnym betónovým blokom a spojením obvodových múrov kostola v úrovni stropu oceľovými tiahkami. Tento spôsob sanácie sa ukázal ako nedostatočne účinný. Preto na základe zistených skutočností bolo navrhnuté podchytenie veže kostola tuhým železobetónovým roštom. Zaťaženie z roštu je prenášané do únosného podlažia vrtanými pilótami (hlbkovým základom). Pilóty boli aktivizované hydraulickými lismi zasunutými medzi rošt a hlavu pilóty. Po aktivizácii pilót bol priestor medzi roštom a hlavou pilót vyplnený betónom. Uvedená sanácia historického 700-ročného kostola v Hamuliakove bola úspešná a objekt môže aj naďalej slúžiť spoľahlivo svojmu účelu.

## 4. Záver

Veľká časť chýb a porúch stavebných konštrukcií a objektov vzniká pri zakladaní stavieb a je spôsobená rôznymi geotechnickými faktormi a vplyvmi. Statická závažnosť takýchto porúch má spravidla veľký vplyv na celkovú spoľahlivosť (bezpečnosť a použiteľnosť) stavebného objektu. Z uvedeného dôvodu je dôležité pri zakladaní stavieb zohľadniť všetky relevantné geotechnické faktory a vplyvy, ktoré vplývajú na spoľahlivý a hospodárny návrh stavebných konštrukcií.

## Literatúra

- [1] SZÉCHY, K. (1966): Chyby v základání staveb. SNTL, Praha 1966.
- [2] VANĚK, T. (1985): Rekonstrukce staveb. SNTL - ALFA, Praha - Bratislava 1985.
- [3] JESENÁK, J. a kol.: Expertízny posudok o príčinách porúch kostola v Hamuliakove. Bratislava 1972.

## EFFECT OF GEOTECHNICAL FACTORS ON THE RELIABILITY OF HISTORICAL BUILDINGS

### Summary

The article deals with the effect of geotechnical factors on the reliability and serviceable life of the historical buildings. Non-respecting of the geotechnical factors could by cause of the serious damage and failures of the historical buildings.

*Tento príspevok vznikol v rámci riešenia grantového projektu MŠ SR č.1/0578/08.*