

# PAUL F. AST A JEHO STAVBY NEJEN V TORONTU

Paul F. Ast, Vladislav Bureš, Martin Patrman, Dagmar Vojtíšková

Pavel Ast je český inženýr – statik, jenž v roce 1965 dokončil studium na ČVUT v Praze. Uplynulých 53 let strávil v kanadském Torontu, kde dosáhl významných úspěchů ve světovém měřítku. Dnes je partnerem společnosti Jablonsky, Ast and Partners Consulting Engineers. V článku je představeno pět vybraných staveb, na jejichž zajímavém technickém řešení se podílel.

## PAUL F. AST AND HIS BUILDINGS NOT ONLY IN TORONTO

Pavel Ast is a Czech civil engineer who graduated from the Czech Technical University in Prague in 1965. He has spent the last 53 years in Toronto, Canada, where he has achieved significant success on a global scale. Today he is a partner at Jablonsky, Ast and Partners Consulting Engineers. This article presents five selected buildings in which he has been involved in interesting technical solutions.

Inženýr Pavel Ast patří mezi omezený počet českých stavebních inženýrů – statiků, kteří dosáhli významných úspěchů ve světovém měřítku. Jak známo, lidé tohoto typu jsou často známější ve světě než v České republice. Ani Pavel Ast není v tomto směru výjimkou.

Pavel Ast se narodil v Praze v roce 1942. Po absolvování Střední průmyslové školy stavební v Praze-Hloubětíně absolvoval inženýrské studium na Fakultě stavební ČVUT v Praze. Na školu do dnešních dní s díky vzpomíná jako na ústav, který mu dal vzdělání na dobré mezinárodní úrovni, což dokázal později ve světě úspěšně využít i dále rozvíjet.

1



2



Po ukončení studia v roce 1965 nastoupil do Vojenského projektového ústavu, kde pod vedením inženýra Františka Trčky podle svých slov „žili a dýchali“ mosty. Zde se podílel na projektech prvních mostů na dálnici D1 mezi Prahou a Brnem.

Po událostech v Československu v srpnu 1968 odešel Pavel Ast na jaře 1969 nejprve do Londýna a v srpnu 1970 se přemístil do kanadského Toronta. Zde získal stipendium na doktorské studium na University of Toronto, kde po dvou letech studia získal titul Master of Applied Science.

V roce 1972 nastoupil do firmy Farkas Barron Jablonsky Consulting Engineers, jež byla v roce 1980 přejmenována na Jablonsky Associates. Do vedení firmy se Pavel Ast dostal v roce 1982 a v roce 1988 byla firma přejmenována na Jablonsky, Ast and Partners Consulting Engineers. Aktuálně pracuje jako partner a hlavní inženýr ve firmě, která má v současné době (srpen 2023) 159 zaměstnanců.

Od začátků svého působení v Torontu se podílel na návrzích mnoha výjimečných staveb. Měl to štěstí, že zažil obrovský boom výstavby v Torontu, který s několika přestávkami, vyvolanými ekonomickými krizemi, trvá od 70. let minulého století až dodnes. Vývoj výstavby v Torontu zachycují fotografie centra města na pobřeží jezera Ontario z roku 1965 na obr. 3 a v současnosti na obr. 4.

Z mnoha realizovaných objektů za 50 let působení Pavla Asta v oboru statiky jsme pro účely tohoto článku vybrali pět příkladů staveb, jež jsou zajímavé jak z hlediska komplikovaného a náročného návrhu, tak z hlediska použitého technického řešení.

## 55 Harbour Square Condominiums

Obytná budova o 40 podlažích, která stojí na pobřeží jezera Ontario, byla realizována v letech 1974 až 1977. Budova má půdorysný tvar písmene Z a celkovou délku asi 137 m (obr. 6).

Stavba je přímo vystavena jihozápadním větrům od jezera Ontario, a proto bylo pečlivě analyzováno zatížení větrem a bylo realizováno také měření účinků větru na stavbu ve větrném tunelu na McMaster University of Hamilton. V té době to bylo první použití měření účinků větru ve větrném tunelu na výškovou stavbu v Torontu. Výsledky měření ukázaly, že takto stanovené zatížení větrem významně převyšovalo zatížení větrem stanovené na základě tehdejších kanadských norem.

Tuhost stavby při vodorovném zatížení je zajištěna železobetonovými smykovými stěnami, soustředěnými do čtyř ztužujících bloků po délce stavby.

Při návrhu nosné konstrukce stavby uplatnil Pavel Ast některé stavební postupy a technologie, které do Toronta přenesl ze své praxe v Československu a které nebyly v té době v Kanadě používány.

Prvním z postupů bylo řešení objemových změn u stavby, jejíž stropní desky byly zhruba 137 m dlouhé. Stavba byla v polovině délky rozdělena dočasnou dilatační spárou (obr. 7), jež byla uzavřena dobetonováním po 100 dnech od betonáže stropní desky, tedy v době, kdy již proběhla významná část smrštění betonu, a poté, co byla stavba opatřena tepelně izolačním obvodovým pláštěm.

Dalším postupem, resp. v té době v Kanadě neobvyklou konstrukcí, bylo



3



4

použití hřibových stropů se sloupy ve vzájemných roztečích  $9 \times 9$  m u více-podlažního parkovacího domu přiléhajícího k vlastní výškové budově. Zde je možno uvést další zajímavost. Navzdory tomu, že výšková budova byla uvedena do provozu společně s přilehlým parkovacím domem již v roce 1977, nevyskytly se v betonové konstrukci těchto objektů dodnes žádné výrazné trhliny, koroze výztuže, hluboká karbonatice či odprýskávání povrchových vrstev betonu. Nosná konstrukce v dnešní době stále nevykazuje žádné poruchy, a to přesto, že je prakticky neustále vystavena klimatické zátěži torontské oblasti a v parkovacím domě působení rozmrazovacích solí.

Dnes je dobře známo, že návrhové normy v tehdejší Československu podceňovaly problémy trvanlivosti betonu, což si následně vyžádalo obrovské náklady na sanace i výměny celých železobetonových konstrukcí v důsledku jejich poškození karbonatice betonu s následnou korozi výztuže i poškození mostních konstrukcí rozmrazovací solí.

### Bankers Hall East, Calgary

Administrativní budova Bankers Hall East, umístěná v centru města Calgary v bloku ohraničeném 8. a 9. avenue a 2. a 3. street, byla dokončena v roce 1989 a v roce 2000 byla doplněna druhou věží Bankers Hall West. Obě vě-

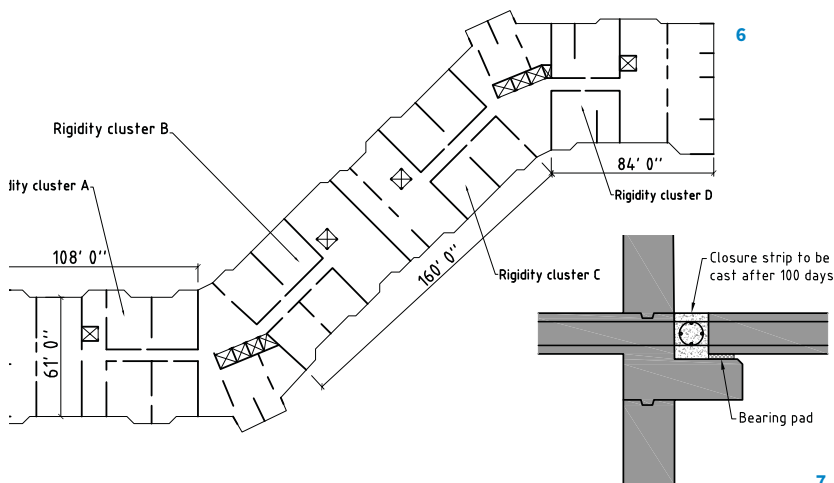
že mají 52 nadzemních podlaží, resp. 48 kancelářských podlaží posazených na čtyřpodlažní obchodní podnoží, a šest podzemních parkovacích podlaží. Hrubá podlahová plocha stavby je  $270\,000\text{ m}^2$ , výška obou věží je 192 m.

Nosný systém železobetonové konstrukce vrchní stavby byl inspirován konstrukčním systémem „tube in tube“ slavného průkopníka v oboru vysokých staveb Fazlura Khana. Vnitřní tuhé jádro se stěnami tloušťky 750 mm, obsahující schodiště a výtahy, je doplněno obvodovým rámovým tubusem se sloupy ve vzájemných osových vzdálenostech 3 m. Ve spodních komerčních podlažích je vzdálenost obvodových sloupů zvětšena na 9 m.



5

1 Historická fotografie vedení firmy, uprostřed Jerry Jablonsky, Pavel Ast stojí vpravo 2 Současná fotografie z jednání firmy, Pavel Ast sedí uprostřed 3 Centrum Toronta v roce 1965 4 Centrum Toronta v současnosti 5 Obytná budova 55 Harbour Square Condominiums o 40 podlažích, která stojí na pobřeží jezera Ontario 6 Schéma půdorysu 7 Stavba byla v polovině délky rozdělena dočasnou dilatační spárou 1 Historical photo of the company management, Jerry Jablonsky in the middle, Pavel Ast is standing on the right 2 Current photo from the company meeting, Pavel Ast is sitting in the middle 3 Center of Toronto in 1965 4 Downtown Toronto today 5 40 stories tall residential building 55 Harbour Square Condominiums that sits on the shore of Lake Ontario 6 A simplified floor plan 7 This building was split in half by a temporary expansion joint



7



8 9



Z technického hlediska je zajímavá a poučná historie budování spodní stavby. Problém spočíval v nepříznivých inženýrskogeologických podmínkách v kombinaci s nedokonalým inženýrskogeologickým průzkumem, který podceňoval geotechnická rizika plynoucí ze zvodněných jílových a siltových sedimentů proměnlivých vlastností v podloží stavby. Stavenišťě výškových budov se nacházelo ve starém říčním kaňonu, vyhloubeném v geologické minulosti do hloubky asi

100 m a následně zaplněném říčními sedimenty různých vlastností. Podloží stavby bylo svrchu tvořeno nepravidelně uspořádanými zvodněnými písky a štěrky o mocnosti 8 až 9 m, pod kterými byly uloženy silty a jíly s různým zastoupením prachové a jílovité složky. Předkvartérní podloží v hloubce 24 m bylo tvořeno silně zvětralým jílovcem.

Problémy se vyskytly už při zahájení stavby. Po zapažení stavební jámy začaly kotvy pažení pod 9. avenue (na obr. 9 vpravo) povolovat a hrozilo se-

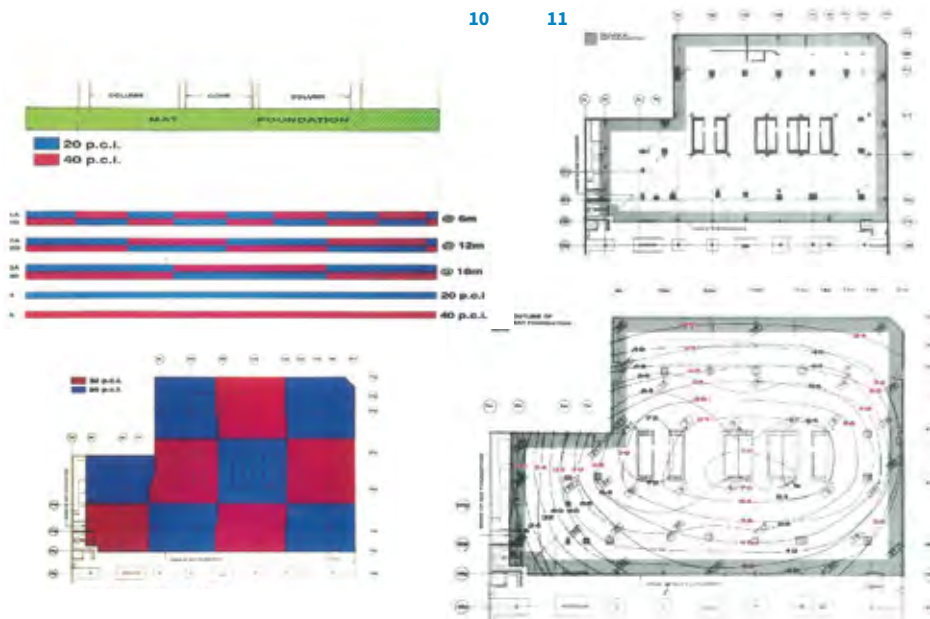
sunutí 9. avenue do výkopu. Proto bylo rozhodnuto jámu rychle dodatečně rozepřít dlouhými velkoprofilovými trubkami o průměru 1 m, narychlo dovezenými z ropných polí v Britské Kolumbii.

Protože únosnější horninové podloží nebylo v dosahu hlubinného založení, bylo zvoleno plošné založení na základové desce tloušťky 2 700 mm. Inženýrskogeologické podmínky staveniště byly značně nejisté a průzkum připouštěl možnost výskytu oblastí s více stlačitelnou základovou půdou v půdorysném rozsahu do 12 × 12 m. Proto byla zpracována studie, ve které bylo podloží pod základovou deskou postupně šachovnicovitě rozděleno na čtverce o stranách 6 × 6, 12 × 12 a 18 × 18 m s vystřídáním modulem stlačitelnosti podloží o hodnotách v rozsahu od 5,4 až do 10,8 MN/m<sup>3</sup> (obr. 10). Výztuž desky byla dimenzována na obálku vnitřních sil získaných výpočtem základové desky na všech 25 variantách podloží.

Celá základová deska každé věže byla odlita v jednom pracovním záběru během 40 h betonáže. Byl použit beton o krychelné pevnosti 35 MPa po 120 dnech s velkým obsahem elektrárenského popílku pro omezení vývoje hydratačního tepla. Po betonáži desky o tloušťce 2,7 m byla po tři dny od betonáže monitorována teplota základové desky, u níž nebyl nikde překročen rozdíl teploty 20 °C mezi jádrem a povrchem základu. Maximální zaznamenaná teplota v jádře základové desky byla 43,7 °C.

Pro kontrolu sedání bylo po půdorysu desky vytyčeno celkem 32 monitorovacích bodů, u kterých bylo měřeno sedání desky. Měření bylo ukončeno po dvou letech od dokončení stavby. Tímto monitoringem sedání budovy bylo ověřeno, že chování základu je ve velmi dobrém souladu se závěry výpočtů pro průměrný modul stlačitelnosti 8,64 MN/m<sup>3</sup> a průhyb základové desky maximálně 70 mm. Důležité bylo celkové rovnoměrné sednutí desky, které nezpůsobovalo naklonění věže. Izolinie sedání jsou zobrazeny na obr. 11.

8 Administrativní budova Bankers Hall East, Calgary 9 Po zapažení stavební jámy začaly kotvy pažení pod 9. avenue (na obr. vpravo) povolovat a hrozilo sesunutí 10 Podloží pod základovou deskou bylo postupně šachovnicovitě rozděleno na čtverce o stranách 6 × 6, 12 × 12 a 18 × 18 m s vystřídáním modulem stlačitelnosti podloží o hodnotách v rozsahu od 5,4 až do 10,8 MN/m<sup>3</sup> 11 Izolinie sedání 8 Bankers Hall Administration Building, Calgary 9 After all excavation was done the anchors holding the shoring accidentally began to be driven out of the soil and there was a risk of 9th Avenue (on the right in the picture) sliding into the pit 10 The subgrade under the base plate was gradually divided in a checkerboard pattern into squares with sides of 6 × 6, 12 × 12 and 18 × 18 m with alternating subgrade modulus varying from 5.4 to 10.8 MN/m<sup>3</sup> 11 Settlement isoline



L Tower (známá i jako Libeskind Tower) byla původně navržena světoznámým architektem Danielem Libeskindem a měla v dolní části stavby obsahovat zábavní centrum společnosti Sony Corporation. Nakonec ale společnost Sony nebyla ochotna zaplatit 65 milionů dolarů za tuto „botu“ a tak se z L Tower stala I Tower (obr. 13). Stavba má 62 nadzemních podlaží, tři podlaží podzemní a celkovou výšku 205 m.

Stavba je plošně založena na základových pasech a patkách na velmi únosné základové půdě s únosností 3 MPa. Podzemní podlaží a 1. nadzemní podlaží mají hříbové stropní desky tloušťky 230 mm se čtvercovou hříbovou hlavicí tloušťky 150 mm. Výjimkou je oblast v přízemí budovy, kde je umístěna točna pro otáčení nákladních aut zásobování, která je překlenuta trámovým stropem a železobetonovou deskou tloušťky 450 mm.

Vodorovná tuhost konstrukce je zajištěna tuhým centrálním jádrem a železobetonovými smykovými stěnami. Ve ztužujícím jádře jsou umístěna schodiště, výtahové šachty a hlavní svislé instalace. Osm výtahů probíhá po celé výšce budovy a tři další výtahy končí v 57. podlaží. Ztužující smykové stěny typicky končí v 55. podlaží a výše pokračují už jenom sloupy.

Konstrukci zkomplikovalo seřiznutí jihozápadního rohu budovy pod 11. podlažím, jak je vidět na obr. 14. Rohový sloup horních podlaží nad seřiznutým rohem bylo nutno vynést dodatečně předpjatými trámy umístěnými v několika následujících podlažích. Všechny dodatečně předpjaté trámy byly betonovány současně s monolitickými stropními deskami.

V horních podlažích v oblasti se zakřivenou fasádou (obr. 15) byly od 58. podlaží výše použity šikmé obvodové sloupy, což byla v té době první významná aplikace šikmých sloupů v Torontu.

Až do 16. podlaží byl použit beton o krychelné pevnosti 40 MPa, výše postačila krychelná pevnost betonu 25 MPa.

Vzhledem k vystavení budovy intenzivním větrům od jezera Ontario bylo podrobně analyzováno zatížení větrem včetně jeho dynamických účinků tak, aby byl zajištěn komfort obyvatel domu. Kanadské předpisy požadují, aby zrychlení pohybů stropních desek nejvyššího obytného podlaží, vyvolaných větrem, nepřekročilo hodnotu 0,018g. Měření ve větrném tunelu a následná dynamická analýza, provedená ve spolupráci s firmou Gradient Wind Engineering Inc. (GWE) Ottawa, ukazovaly překročení této prahové hodnoty o 33 %. Proto bylo



12

nutné použít tlumič pro omezení kmitání stavby. Do 60. podlaží stavby byl komponován tlumič kmitů uspořádaný jako vodní nádrž o půdorysu 11,5 × 12,5 m a hloubce 5 m. Tento typ tlumiče je použitelný do hodnoty zrychlení přibližně 0,025g.

### One Bloor East

Stavba One Bloor o 79 nadzemních podlažích a výšce 252 m na křižovatce ulic Yonge Street a Bloor Street v Torontu byla dokončena v roce 2017 a je zatím nejvyšší dokončenou stavbou s nosnou konstrukcí realizovanou podle projektu

13



12 Obytná budova L Tower – původní návrh od architekta Daniela Liebeskinda  
 13 Obytná budova I Tower – realizovaná podoba 14 Konstrukci zkomplikovalo seřiznutí jihozápadního rohu budovy pod 11. podlažím 15 V horních podlažích v oblasti se zakřivenou fasádou byly od 58. podlaží výše použity šikmé obvodové sloupy, což byla v té době první významná aplikace šikmých sloupů v Torontu  
 12 L Tower residential building – original design by architect Daniel Liebeskind  
 13 I Tower residential building – realized shape 14 The construction was complicated by a setting-back of the southwest corner below the 11th floor 15 Due to the significant curvature of the façade in the upper floors above the 58th floor, the inclined perimeter columns were used for the first time in Toronto

14 15



firmy Jablonsky, Ast and Partners. Stavba má šest podzemních parkovacích podlaží, vlastní věž je osazena nad sedmipodlažní podnoží, obsahující obchody a služby občanské vybavenosti.

Železobetonová nosná konstrukce typického nadzemního podlaží je tvořena ztužujícím jádrem v centrální části půdorysu a na něj napojenými smykovými stěnami v obou hlavních směrech stavby. Uspořádání půdorysu typického patra je vidět z původního výkresu na obr. 17. V rozsahu podnože stavby, resp. v dolních osmi podlažích, jsou s ohledem na uvolnění půdorysu smykové stěny vyneseny deseti obvodovými sloupy, propojenými obvodovými stěnovými nosníky, které v kombinaci s vnitřním jádrem tvoří „tubus v tubusu“.

Stavba je založena na tlusté základové desce, podepřené navíc 16 dlouhými, širokoprofilovými pilotami zapuštěnými do skalního podloží pro omezení sedání stavby.

Dynamické chování stavby bylo testováno na modelu (obr. 18) ve větrném tunelu firmy GWE Ottawa. Podle očekávání bylo výsledkem této analýzy překročení limitu 0,018g pro zrychlení pohybu stropních desek nejvyššího obytného podlaží při kmitání stavby v důsledku větru. Proto byl do předposledního podlaží osazen tlumič kmitů, řešený jako vodní nádrž o půdorysu 18 × 19,5 m a hloubce 5 m.

### 1 Yonge Street, etapa 1 až 5

Jde o nejrozsáhlejší projekt, na jakém se zatím firma Jablonsky, Ast and Partners podílela. Projekt je zpracováván ve spolupráci s firmou Hariri Pontarini Architect, vizualizace na obr. 19 je převzata z webu této významné architektonické firmy. Po dokončení bude stavba mít celkem šest výškových věží o 65, 105, 95, 90, 82 a 72 podlažích. Bude situována na mimořádně lukrativním pozemku na začátku Yonge Street u jezera Ontario, jež je o celkové délce 90 km jednou z nejdůležitějších dopravních tepen Toronto. Pozemek byl původně zastavěn kanceláři a tiskárnou firmy Torstar Corporation, která vydávala nevlivnější místní noviny Toronto Star. V současné době je pozemek ve vlastnictví developerské společnosti Pinnacle International, všechny původní budovy na pozemku byly odstraněny a pozemek byl uvolněn pro nový rozsáhlý projekt.

Etapa 1 zahrnuje stavbu o 65 podlažích, která byla dokončena v roce 2022 a v současné době je postupně obydlována. Za pozornost stojí, že tato 200 m vysoká stavba byla realizována bez jakéhokoliv tlumiče kmitů. To bylo umožněno robustní osmipodlažní podnoží, která v kombinaci s konstrukcí vlastní věže zaručuje stavbě dostatečnou tuhost.

Etapa 2 zahrnuje stavbu o 105 podlažích. Původní návrh byl vypracován na 95 podlaží s celkovou výškou 311,02 m. Měl obsahovat vstupní halu v přízemí, 8 hotelových podlaží a 85 obytných podlaží. Aktuální boom bytové výstavby, vyvolaný 500 000 novými obyvateli, kteří do Kanady každoročně přicházejí, využila developerská firma k navýšení počtu podlaží na 105, což znamená, že stavba výšky 340,52 m bude po dokončení nejvyšší obytnou stavbou v Kanadě. Navýšení stavby z 95 na 105 podlaží vyžadovalo následující konstrukční opatření:

- počet podlaží podnože byl zvýšen z původních 8 na 12,
- byla opuštěna původní architektonická vize zúžení obrysu stavby mezi 8. a 35. podlažím,
- bylo nutné dodatečně prodloužení a/nebo zesílení některých konstrukčních prvků,
- některé svislé nosné stěnové pilíře byly dodatečně předepnuty tyčovými prvky firmy Dywidag za

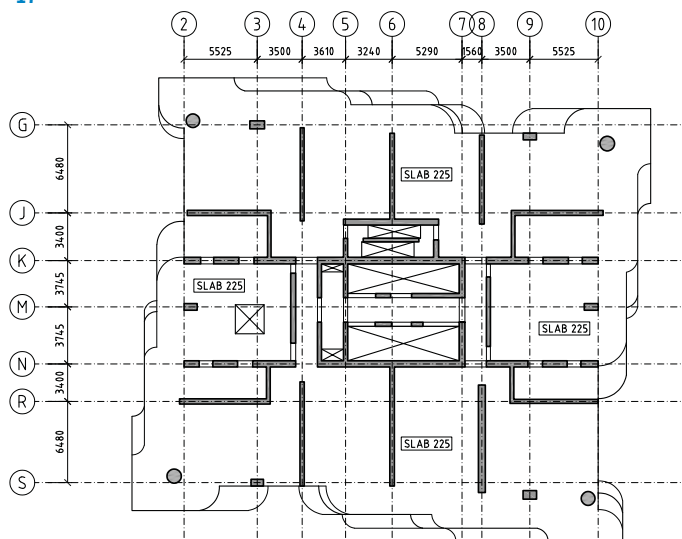


18

16 Budova One Bloor East 17 Uspořádání půdorysu typického patra 18 Dynamické chování stavby bylo testováno na modelu ve větrném tunelu firmy GWE Ottawa 16 One Bloor East Building 17 Layout of a typical floor plan 18 The dynamic behavior of the building was tested on a model in the wind tunnel of GWE Ottawa



16



17



19



20



21

19 Vizualizace stavby Yonge Street, etapa 1 až 5 20 Pouzdra s uloženými předpínacími tyčemi 21 Rozestavěná podnož stavby 19 Visualization of the Yonge Street construction, stages 1 to 5 20 Post-tensioning tendons with threadbars 21 Lower floors under construction

účelem eliminace tahových trhlin, které by jinak vedly ke snížení ohybové tuhosti nosných stěn. Pouzdra s uloženými předpínacími tyčemi jsou viditelná na fotografii výztuže pilíře na obr. 20.

Takto modifikovaná konstrukce byla znovu testována ve větrném tunelu firmy GWE Ottawa. Test ve větrném tunelu byl realizován na modelu, který zahrnoval jak stávající, tak i do budoucna projektované okolní stavby. Výsledky testování, které jsou v tab. 1, byly překvapivé – maximální vypočtené zrychlení stropních desek nejvyššího obytného podlaží 0,027g je shodné u nového návrhu 105podlažní stavby i původní 95podlažní stavby. Z toho

plyne, že úpravy, směřující ke zvýšení tuhosti stavby, byly navrženy úspěšně. Přesto bylo nutné navrhnout pro stavbu dynamický laděný tlumič (TMD – tuned mass damper) za účelem snížení zrychlení kmitů z vypočtených 0,027g na požadovaných 0,018g. Tento viskoelastický tlumič bude osazen do předposledního podlaží a bude dosahovat rozměrů přibližně 6 × 7 m v půdorysu a výšky 4,5 m. Celková vypočtená hmotnost tohoto tlumiče pro dostatečný útlum kmitů dosahuje 320 t.

Jsmě potěšeni, že v současné době (srpen 2023) byla dokončena betonáž 10. podlaží. Takže zbývá už „jenom“ 95 podlaží. Rozestavěná podnož stavby je na obr. 21.

Tab. 1 Výsledky testování modelu ve větrném tunelu – shrnutí předpokládaných maximálních hodnot zrychlení ( $g \times 10^{-3}$ ) u stropní desky nejvyššího bytového podlaží s dobou návratu 1× za 10 let  
Tab. 1 Results of wind tunnel model testing – summary of predicted 10-year return period peak resultant accelerations ( $g \times 10^{-3}$ ) at top continuously occupied level

Tower height	Configuration	Trst case	X-Sway	Y-Sway	Torsion	Resultant	Guideline
<b>105-storey</b> GND to Roof: $T_x = 7.012$ s $T_y = 8.178$ s $T_z = 3.689$ s	1	A.E.	21.9	20.1	4.5	27.1	18
		Non-A.E.	19.6	20.7	4.5	25.9	18
	2	A.E.	19.9	21.1	4.5	26.4	18
		Non-A.E.	17.9	21.2	4.5	25.5	18
<b>100-storey</b> GND to Roof: $T_x = 6.400$ s $T_y = 7.425$ s $T_z = 3.463$ s	1	A.E.	20.4	21.4	4.3	26.8	18
		Non-A.E.	18.6	21.1	4.3	25.6	18
	2	A.E.	19.2	23.1	4.5	27.7	18
		Non-A.E.	17.6	22.4	4.5	26.5	18
<b>95-storey</b> GND to Roof: $T_x = 5.818$ s $T_y = 6.711$ s $T_z = 3.239$ s	1	A.E.	17.7	21.5	4.1	25.7	18
		Non-A.E.	16.5	20.8	4.1	24.6	18
	2	A.E.	17.8	23.1	4.3	27.1	18
		Non-A.E.	16.6	22.2	4.3	25.9	18

Zdroje:

- [1] AST, P., F., SHIU, M. Bankers Hall Development Foundation Mat. *Concrete International*. August 1992, Vol. 14, No. 8, pp. 56–58.
- [2] Jablonsky, Ast And Partners [online]. Dostupné z: astint.on.ca
- [3] AST, P., F. 112. *Betonářské odpoledne: Výstavba v kanadském Torontu*. On-line webinar. Praha, 15. 6. 2023. Dostupné z: [https://www.youtube.com/channel/UCbU86wMqpMK5C90E\\_cge1UQ](https://www.youtube.com/channel/UCbU86wMqpMK5C90E_cge1UQ)

Fotografie: archiv Pavla Asta, 19 (vizualizace) – Hariri Pontarini Architect

Vedení firmy Jablonsky, Ast and Partners a pan Pavel Ast osobně si zaslouží poděkování za to, že umožňují stáže v projekční kanceláři firmy v Torontu pro talentované české doktorandy v oboru teorie konstrukcí.

Podle podkladů a původního textu Pavla F. Asta zpracovali Vladislav Bureš, Martin Patman a Dagmar Vojtišková.



Ing. Paul F. Ast, MaSc., P.Eng  
Jablonsky, Ast and Partners  
Consulting Engineers  
Toronto, Canada  
pfast@on.aibn.com



Ing. Vladislav Bureš, Ph.D.  
Technická univerzita v Liberci  
Fakulta umění a architektury  
Katedra nosných konstrukcí  
vladislav.bures@tul.cz



Ing. Martin Patman  
Technická univerzita v Liberci  
Fakulta umění a architektury  
Katedra nosných konstrukcí  
martin.patman@tul.cz



Ing. Dagmar Vojtišková  
Technická univerzita v Liberci  
Fakulta umění a architektury  
Katedra pozemního stavitelství  
dagmar.vojtiskova@tul.cz