

PROJEKTIRANJE IN IZVEDBA PODZEMNE PARKIRNE HIŠE KONGRESNI TRG LJUBLJANA

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF UNDERGROUND PARKING HOUSE CONGRESS SQUARE LJUBLJANA

prof. Vukašin Ačanski, univ. dipl. inž. grad.

Vesna Filipič, dipl. inž. grad.

Marko Živec, univ. dipl. inž. grad.

GRADIS BP Maribor, d. o. o., Lavričeva ulica 3, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK: 625.748.28

Povzetek | Mestna občina Ljubljana, oddelek za urejanje prostora, je bila investitor podzemne parkirne hiše na območju Kongresnega trga s spremljajočimi objekti. Gradnja garažne hiše je potekala v samem središču Ljubljane. V času zasnove objekta in njegove izvedbe so se pojavili problemi zaradi neugodne geološke sestave tal, bližine obstoječih zgradb in prometnic, podtalnice v dveh nivojih in obširnih arheoloških izkopavanj. Glede na navedene okoliščine je bilo treba uvesti nove pristope za gradnjo. Izbrana je bila tehnologija gradnje po principu bele kadi ter varovanja gradbene jame z diafragmo, razprto s ploščami, ki so konstrukcijsko spojene in vpete v AB-polnilne stene ter podprte z vrsto srednjih stebrov. Objekt se je gradil od zgoraj navzdol ob podrobnem opazovanju pomikov okoliških zgradb, diafragme in nivoja talne vode.

Summary | Municipality of Ljubljana, Department of Land Management, is the investor in the construction of underground parking house in the area of Congress Square with surrounding buildings. The construction of the parking garage is implemented in the very heart of Ljubljana. At the time of building design and its execution several inconvenient geological problems have emerged as well as the problems concerning the proximity of existing buildings and roads, ground water in two levels, and extensive archaeological excavations. Under existing conditions new approaches to the construction needed to be introduced. The technology of the white wat and the security of the excavation pit that introduces a diaphragm braced by means of slabs, which are structurally connected and fixed to the reinforced concrete walls being supported by the central series of columns, were chosen. The structure has been built by from top to bottom technology with the reinstatement of more detailed monitoring displacement of surrounding buildings, the diaphragm, and the level of ground water.

1 • UVOD

Kongresni trg je eden od osrednjih trgov v Ljubljani. Med letoma 1945 in 1990 se je imenoval Trg osvoboditve. Trg je bil delno odprt prostor (nekdanji jarek) že v času

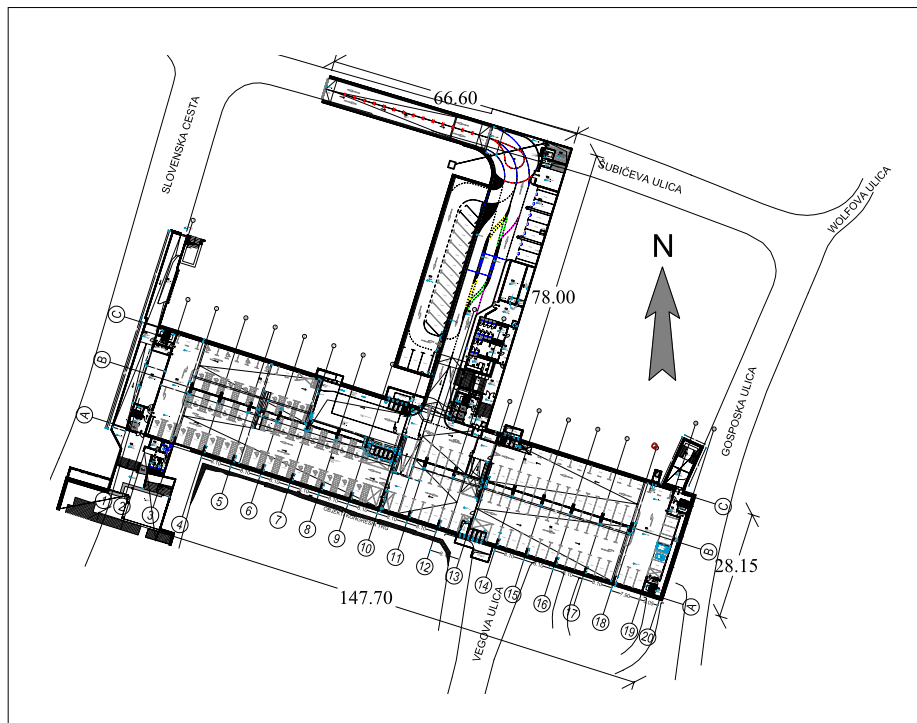
baroka, toda za potrebe kongresa Svete alianse, ki je potekal v Ljubljani, so trg razširili in preuredili na prostoru podrtega kapucinskega samostana. Parkovne površine so uredili po

kongresu, sedanjo ureditev s platanami je predlagal arhitekt Jože Plečnik pred drugo svetovno vojno. Po Plečnikovih načrtih so tlakovali odprti prostor, ki je služil kot parkirišče. Večji del prostora danes zavzema park Zvezda, ki je dobil ime zaradi simetrične, zvezdaste razporeditve poti, ki tečejo čez celoten park.

2 • SPLOŠNO O OBJEKTU

Garažna hiša ima štiri izhode, in sicer na severovzhodni strani tako imenovani izhod Paviljon, izhod park Zvezda, podhod do Plečnikovega podhoda in izhod Bukvarna. Parkirna hiša ima 750 parkirnih mest, od tega jih bo 41 za invalide. Garaža ima na zahodni strani pet etaž, medtem ko jih ima na vzhodni štiri, to pomeni, da garažne povozne plošče potekajo zunajnivojsko pod različnimi padci. Etažne višine so 2,60 m. Prometni režim je urejen tako, da promet poteka enosmerno po nivojskih ploščah in preko ramp med ploščami. V garažni hiši je na zahodni strani predvidena prezentacija arheoloških najdb, najdenih na območju Kongresnega trga. Parkirni prostori bodo dolžine 4,95 m in širine 2,60 m, to so tako imenovani nadstandardni parkirni prostori. Parkirni prostori za invalide bodo širine 4,05 m. Širina vozne rampe je 5,10 m.

Tehnologija gradnje garažne hiše je edinstvena v Sloveniji in poteka od zgornje plošče (kota - 0,40 m pod površjem) proti talni plošči na koti - 16,70 m oziroma - 12,66 m s sprotno končno finalizacijo plošč, sten in infrastrukturo.



Slika 1 • Tioris garaže

3 • SPLOŠNO O PROJEKTU

Projekt garažne hiše je razdeljen na tri faze, in sicer na projekt varovanja gradbene jame, projekt konstrukcije garaže s spremljajočimi objekti in projekt zunanje ureditve.

3.1 Varovanje gradbene jame

3.1.1 Uvod

Varovanje gradbene jame garažne hiše se je izvedlo z AB-diafragmo debeline 65 cm, na katero se je naknadno izvedla AB-polnilna stena debeline 30 cm. Debelina dokončno izvedenih obodnih sten je tako 95 cm. Konstrukcija je razprta z razpornimi ploščami debeline 40 cm in 35 cm. Razporne plošče so z diafragmo konstrukcijsko spojene in so vpete v AB-polnilne stene. Podprte so z vrsto srednjih stebrov na rastrski razdalji 8,10 m. Plošče so v prečni smeri horizontalne, v sredini garaže pa so zamaknjene za pol etaže. Zamik se proti zahodnem in vzhodnem delu postopoma zmanjšuje in se na koncu izravnava.

Diafragma je dolžine od 22,70 m do 30,00 m, na območju dovoza pa od 20,10 do 22,80 m. Zaključni se na absolutnih kotah od 267,00 m. n. v. do 269,70 m. n. v. in se spreminja usklajeno z naklonom okolice. Vpetost diafragme je različna glede na zelo heterogeno geološko sestavo obravnavanega območja. Izkop gradbene jame sega pod nivo talne plošče in znaša od 17,50 m (kota 278,38 m. n. v.) do 13,26 m (kota 280,00 m. n. v.). Diafragma je iz betona C30/37, XC4, XD3, XF3, S4, PVII, Dmax 16 mm in armirana z rebrasto armaturo BSt 500S (B). Zaključni se 50 cm pod spodnjo površino prve plošče, nad njo sta se nato izvedli armiranobetonska greda in krovna plošča.

Pred pričetkom izvedbe diafragme se je izvedel vodilni kanal. Dolžina posameznih odsekov diafragme je bila odvisna od vsakokratne stabilnosti tal, izvedene dolžine so od 2,20 m do 4,50 m. Pri izvedbi diafragme ima bistveno vlogo bentonitna izplaka, ki med izkopom za

diafragmo poskrbi za stabilnost sten izkopa za panele. Izplaka s svojimi lastnostmi zagotavlja varnost izkopa panela. Vodilni kanali imajo poleg funkcije dovoda bentonitne izplake tudi funkcijo vodenja in pozicioniranja grabeža pri izkopu. Glede na to, da geološka sestava zemljin okolice ne omogoča izvedbe geotehničnih sider, je bil s projektom predviden izkop gradbene jame po fazah z razpiranjem. Konstrukcijski elementi varovanja gradbene jame so istočasno bodoči končni konstrukcijski elementi objekta garažne hiše.

Glede na oddaljenost objektov v okolici in geološko sestavo na mikrolokaciji se je izvedel izkop do nivoja -1 razporne plošče na območju osi od 1 do 4 in od 13 do 20, na ostalem območju pa je bila predvidena izvedba krovne razporne plošče in nato izkop pod njo. Na tem območju so stanovanjski objekti oddaljeni ca. 2,0 m in ni dopusten konzolni odkop diafragme.

3.1.2 Geostatična analiza s programom PLAXIS 8.6

Geostatična analiza s programom PLAXIS 8.6 je bila izvršena po metodi končnih elemen-

tov v pogojih ravninskega deformacijskega stanja. Za modeliranje zemljin smo uporabili nelinearen elastoplastični konstitucijski zakon z upoštevanjem izotropnega utrjevanja (Hard-Soil-model). Izvedena je bila analiza v šestih karakterističnih prerezih z upoštevanjem faznosti razpiranja. Konstrukcija je bila modelirana kot ploskovno/linijska ustrezne togosti. Izdelovalec geotehničnega poročila je podal strižne karakteristike zemljin in vrednosti presiometričnega modula elastičnosti (deformabilnosti) za posamezne sloje. Karakteristike zemljin so bile določene na osnovi terenskih in laboratorijskih preiskav. Ugotovljeno je bilo, da je sestava tal zelo heterogena. Pod površjem terena se sprva pojavi 4 m debel

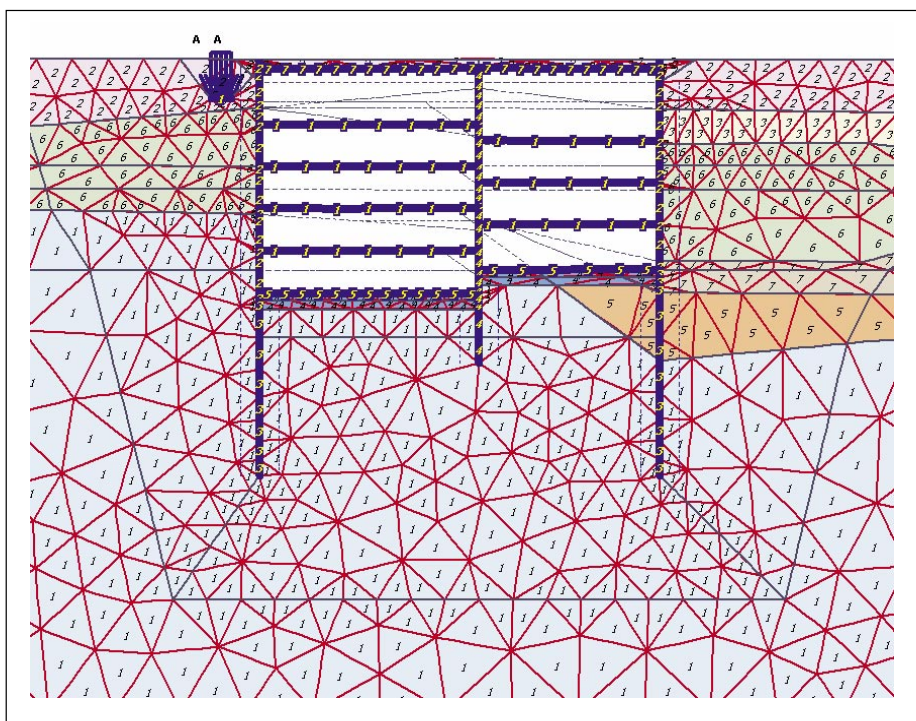
umetni masiv. Temu sledi mlajši savski nanos, ki sega od 4 do 9 m pod površino. Sledijo barjanski sedimenti z glinenimi melji in peski različnih konsistenc. Prodnati nanosi se pojavljajo pod globino približno 20 m. Hidrogeološki pogoji na lokaciji so zelo zahtevni zaradi viseče podtalnice, ki je ujeta v zgornje bolj prepustne prodno-peščene zemljine, ki ležijo na manj prepustnih meljnih glinah. Pojavlja se viseča gladina podzemne vode na globlinah približno 7 do 8 m pod površjem. Te plasti segajo različno globoko, ponekod tudi pod spodnjo gladino podzemne vode. Vodonosnik zaradi tega mestoma deluje kot polodprt ali polzaprt vodonosnik. Zaradi tega je bilo treba računati z omočenostjo

plasti in pornimi tlaki že od globine 7,50 m naprej. Prava podtalnica je ugotovljena na absolutni koti 281,50 m. n. v.

Pri geostatični analizi varovanja gradbene jame je bilo upoštevano, da dno gradbene jame sega okoli 3 m pod piezometrično gladino podzemne vode pri normalnih razmerah, pri 20-letnih vodah pa lahko sega do 5,5 m pod gladino. Določila se je potrebna globina diafragme, da se prepreči večji dotok vode v gradbeno jamo in izpiranje finih frakcij.

Računski koraki in obtežni primeri so bili pri analizi modelirani skladno s tehnologijo izgradnje od zgoraj navzdol ob upoštevanju dveh nivojev talne vode. Opravljeni sta bili analiza mejnega stanja uporabnosti in analiza mejnega stanja stabilnosti s kontrolo globalne stabilnosti. Mejno stanje stabilnosti smo določili ob redukciji strižnih parametrov (ϕ -redukcija), pristop 3. Direktna uporaba pristopa 2 ni možna, namesto faktoriranja vplivov faktoriramo učinke vplivov (notranje statične veličine). Pri dimenzioniranju konstrukcijskih elementov smo upoštevali manj ugodne vrednosti iz obeh analiz.

Na sliki 2 je prikazan karakteristični računski model za geostatično analizo, v preglednici 1 pa so prikazane materialne karakteristike zemljin.



Slika 2 • Karakteristični računski model

3.1.3 Rezultati geostatične analize

Geostatične izračune smo izvajali po evrokodih (ECO, EC1, EC2, EC4, EC7, SIST EN 1538:2002). Preverili smo, kolikšni so pomiki in kolikšno je povečanje notranjih statičnih veličin v konstrukciji, pri končni računski varnosti $F = 1,0$ (serviceability limit state). Nato smo izvedli redukcijo strižne trdnosti (c - ϕ reduction) z varnostnim faktorjem $F = 1,25$ (po SIST EN 1997-1), za vsako fazo izkopa pred izvedbo razporne plošče. Konstrukcijo smo na koncu tudi globalno preverili.

	γ_{unsat} (kN/m ³)	c_{ref} (kN/m ²)	ϕ (°)	E_{so}^{ref} (kN/m ²)
1 Q1p	21,00	1,00	36,0	65000,00
2 NA	21,00	1,00	35,0	45000,00
3 Q2p	21,00	1,00	35,0	40000,00
5 Q1g	20,50	1,00	28,0	4450,93
6 Q2g	20,50	1,00	27,0	5572,53
7 Q2pe	20,50	1,00	31,0	5572,53

Preglednica 1 • Materialne karakteristike zemljine

	N_{max} (kN/m)	Q_{max} (kN/m)	M_{max} (kNm/m)	hor. pomik (mm)	
Diafragma na južni strani (ob hišah)	-1140,00	572,47	877,00	-560,35	14,60
Diafragma na severni strani (ob parku)	-980,40	-694,70	850,25	-912,58	17,00
Sredinski stebri osno na 8,10 (65 x 280 cm)	-534,32	609,42	816,13	-457,25	9,90
Razporna plošča RP - 4	-843,37	99,75	146,32	-248,22	/
Razporna plošča RP - 5	-694,90	115,70	145,60	-315,30	/

Preglednica 2 • Največje notranje statične veličine in pomik konstrukcijskih elementov

Rezultati geotehničnih izračunov izkazujejo največje obremenitve AB-diafragme, razpornih plošč in sredinskih stebrov v nivoju neposredno nad temeljno ploščo objekta. Skoraj v vseh analiziranih profilih je kritična faza izkop za kamnito temeljno blazino pod talno ploščo. Upoštevana je bila tudi možnost hipnega dviga spodnje podtalnice za 2,50 m. Največje notranje statične veličine v konstrukcijskih elementih pri računski varnosti $F = 1,0$ so prikazane v preglednici 2.

Preglednica 2 prikazuje največje notranje statične veličine in pomike v konstrukcijskih elementih pri računski varnosti $F = 1,0$.

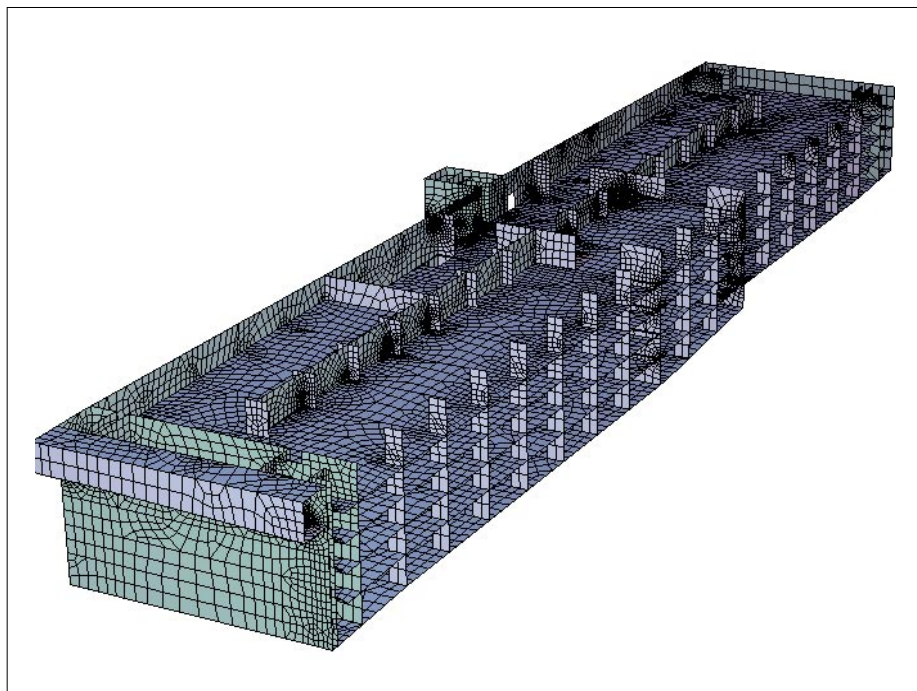
Kot pomemben rezultat geotehnične analize so bile mejne vrednosti pomikov – deformacij konstrukcijskih elementov garažne hiše in sosednjih objektov. Izračunani so bili pričakovani pomiki v horizontalni in vertikalni smeri na diafragmi in okoliških objektih. Projektne vrednosti so se primerjale z vrednostmi meritev monitoringa, ki se je izvajal po programu tehničnega opazovanja. Dosedanja merjenja so pokazala vrednosti znotraj pričakovanega. Geostatična analiza je pokazala, da bo projektirana globina diafragme preprečila večji dotok vode v gradbeno jamo, kar se je med izvedbo spremljalo z hidrogeološkim monitoringom na devetih avtomatskih merilnih mestih. Znotraj diafragme je bilo izvedenih 10 vodnjakov premera 500 mm, ki segajo pod koto dna izkopa in bodo omogočili znižanje nivoja podtalnice znotraj gradbene jame. Izvedena je bila tudi kontrola delovanja vzgonskih sil na zgradbo v primeru hitrega dviga spodnje podtalnice. Analize so pokazale, da po izvedbi talne plošče in opustitvi črpanja ne bo vertikalnega pomika konstrukcije.

3.2 Konstrukcija garaže s spremljajočimi objekti

3.2.1 Uvod

Garaža pod Kongresnim trgom je dolga 147,70 m, široka 28,15 m in globoka 16,70 m na zahodni strani (kota 281,40 m. n.v.). Nadmorska višina zgornje kote plošče je 298,10 m. Na vzhodni strani je garaža globoka 12,66 m (kota dna talne plošče je 280,60 m. n.v.). Največja globina je v osrednjem delu konstrukcije in znaša 16,90 m (kota dna talne plošče 278,98 m. n.v.).

Glavni vhod v garažo je preko podvoza, ki poteka skozi park Zvezda, s katerega je speljana rampa do kote nivoja terena. V podvozu je elektrotransformator za napajanje garažne osvetlitve in dizelski agregat za morebitni izpad električne energije. V podvozu sta tudi



Slika 3 • Računski model konstrukcije garaže

požarna tehnika in požarni bazen s sistemom sprinkler v primeru požara v garaži.

Garažna hiša je v celoti izvedena brez dilatacij (integralna konstrukcija) razen dovozne rampe, ki je dilatirana od dovoza. Debeline etažnih plošč so 35 cm in so armirane s klasično armaturo. Debelina vrhnje plošče na koti – 0,40 m (298,10 m. n. v.) je debeline 40 cm in nad njo je predvidenih dodatnih 40 cm naklonskega betona, hidroizolacije, toplotne izolacije in Plečnikovih pohodnih plošč, katerih posebnost je, da nobena ni pravilne pravokotne oblike, zato bodo plošče narejene na gradbišču.

Obodne stene so debeline 30 cm in so neposredno vezane na diafragme debeline 65 cm preko tako imenovanih zadrž (slika 4), torej bodo v končnem stanju obodne stene debeline 95 cm. Armaturo tako imenovanih zadrž, ki zagotavljajo monolitnost med diafragmo in steno, so premera 14 mm in so na razdalji 15 cm.

Pri izbrani tehnologiji gradnje se plošče obešajo na stene, te pa so obešene na diafragme. Tak način tudi omogoča, da se sproti finalizirajo že zgrajene etažne plošče.

3.2.2 Statična analiza s programom SOFISTIK

Statični račun je bil izdelan s pomočjo računalniškega programa SOFISTIK (račun prostorskih lupinastih konstrukcij po MKE). Plošče in stene so bile generirane z lupina-

stimi končnimi elementi. Računski model je bil definiran tako, da se kar najbolj približa dejanskemu objektu (slika 3).

Upoštevana je obtežba v skladu s standardi SIST EN 1991 do SIST EN 1997. Kot statična obtežba so bili upoštevani lastna teža posameznih konstrukcijskih elementov, sloji obdelave, zemeljski pritisk in koristna obtežba $q_k = 2,5-5,0 \text{ kN/m}^2$ ($Q_k = 20,0-90,0 \text{ kN}$) za garaže kategorije F in povzorne površine kategorije G v skladu s standardom SIST EN 1991-1.

3.2.3 Postopek gradnje

Najprej se je na terenu izvedla podlaga opaža etažne plošče s potrebnim nadvišanjem in naklonom, na katero so se položile opažne plošče. Te morajo biti primerno očiščene in stikovane, saj je to spodnje lice plošče, ki bo ostalo tudi vidno brez kakršnihkoli popravkov. Nato se pritrdijo na opažne plošče PVC-cevi premera 120 mm na razdalji 120 cm za kasnejše betoniranje sten v etaži pod ploščo (slika 4).

Betoni etažnih plošč so kvalitete C 35/45 (XC4, XD3, XF3, CI-0,20, Dmax 16, S4, PV-III), stebrov in sten C 25/30 (XC4, XD3, XF3, CI-0,20, Dmax 16, S4, PV-III), vendar smo v nadaljevanju spremenili kvaliteto betona stebrov in sten na C 35/45 zaradi hitrejše vezave in posledično prihranka pri času izvedbe ter armirali z armaturo kvalitete BSt 500 S (B). Vsi AB-konstrukcijski elementi so bili izvedeni



Slika 4 • Armatura stika – zadrge med polnilno steno in diafragmo



Slika 5 • Profili HEM 400 v stebrih

skladno s standardom SIST-EN 206-1. Po končanju betoniranja etažne plošče se je pripravila armatura za stene.

Ko je bila dosežena marka betona stene 80 % celotne trdnosti, se je lahko začelo spodkopavati vmesne plošče, saj je bila zagotovljena zadostna sprijemnost med armaturo in betonom, da lahko plošče »obesimo« na stene, nakar se postopek ponavlja vse do temeljne plošče, katere debelina je 100 cm.

Stebri so bili prvotno zasnovni po principu diafragmskih panelov, vendar so statične analize pokazale na velike bočne tlake na diafragmo v spodnjih etažah konstrukcije, ki se prenašajo preko razpornih plošč na stebre v različnih nivojih. Posledično sta se pojavila potreba po močnem armiranju stebrov in problem stikovanja z razporno ploščo. Po temeljitih analizah in sodelovanju z izvajalci diafragme smo izbrali rešitev z vgradnjo dveh profilov HEM 400 v stebrih dimenzij 280/65 cm, narejen po principu diafragme (slika 5). Profili so bili zaliti samo v peti stebrov, nadalje pa zasuti z enozrnatim pranim gramozom do vrha terena, tega se je postopno odstranjevalo ob izkopu in izvedbi etažne plošče. Začasno nosilnost za posamezne stebre tako v času izvedbe prevzame ta profil in zvarjeni palični nosilec, ki ju povezuje. Do vgradnje talne plošče se celotna obtežba, ki odpade na izvedene stebre, prenese preko jeklenih profilov na diafragmski temelj stebrov.

Poleg odprtih za prezračevalne jaške so v etažnih ploščah predvidene tudi tako imenovane transportne tehnološke odprtine dimenzij 8,00 m krat 4,50 m in potekajo skozi vse plošče razen talne. Teh tehnoloških odprtih je bilo devet in skozi njih sta se vršila izkop in transport materiala.

3.2.4 Hidrogeološki monitoring

Podatki so bili pridobljeni iz hidrogeološkega monitoringa, ki ga je izvajal Geološki zavod Slovenije (Oddelek za hidrogeologijo) za naročnika GI-ZRMK, ki je bil nosilec celotnega monitoringa za izvedbo gradbene jame.

Vzpostavljenih je bilo devet avtomatskih merilnih mest, ki so beležila nivo gladine spodnje in zgornje gladine vode. Do julija 2010 je znašala največja razlika med najvišjo in najnižjo do sedaj zabeleženo gladino spodnje podzemne vode 2,06 m. Znotraj diafragme se gladina podzemne vode giblje skladno z gladino podzemne vode v piezometrih na zunanji strani diafragme. Ob močno povečani infiltraciji padavin lahko gladina podzemne vode v desetih dneh naraste tudi za 1 m ali več.

Gladina viseče podzemne vode se hitro odziva na padavine in se dnevno dvigne do visokega stanja. Visoko vodno stanje, ki dosega kletne prostore ob prenehanju infiltracije vode v tla, upade v nekaj dneh. Razlika med najvišjo in najnižjo do sedaj zabeleženo gladino viseče podzemne vode je 4,17 m in 1,74 m.

Črpanje vode je bila posebna naloga inštituta ZRMK in Geološkega zavoda Slovenije. Spremljala sta nihanje vode zunaj gradbene jame, da ne bi prišlo do izpiranja finih delcev iz zemljin in posledično do posedanja okoliških zgradb, saj je večina zgradb temeljena na lesenih pilotih. Na vse okoliške zgradbe so bili nameščeni reperji za opazovanje posedanja, ob različnih fazah gradnje in dejavnostih v gradbeni jami. Vodnjaki so se sproti krajšali glede na izvedbo etažnih plošč.

3.2.5 Arheološke najdbe

Na območju predvidene garažne hiše na Kongresnem trgu smo naleteeli tudi na arheološke

najdbe. Zavod za varstvo kulturne dediščine (ZVKD) je pripravil projekt, kako bodo raziskali in odstranjevali plasti zemljine na območju gradbišča. Zahtevali so, da se razišče celotno območje garažne hiše do nivoja – 4,30 m oziroma 294,20 m n. v. (globina prve etaže). Ker pa je naša tehnologija zahtevala, da se plošče delajo od zgoraj navzdol, saj bi v nasprotnem primeru diafragme ob obstoječih zgradbah dobile prevelike deformacije in posledično bi prišlo do nezaželenih razpok na objektih, smo se odločili za drugačen pristop, in sicer z razpornimi cevmi (slika 6; arheologi niso odobravalici principa rudarskega dela – torej kopanja zemljine in raziskav pod ploščami). Na vzhodni, severovzhodni in jugovzhodni strani garaže razpornih cevi ni bilo treba izvesti, saj je statični izračun pokazal, da izkop do globine 3,30 m nima vpliva na deformacijo objektov Filharmonije in Univerze, saj sta bila zadostno oddaljena od roba gradbene jame. Zato je v tem območju arheološko izkopavanje potekalo nemoteno. Zapletlo se je na območju objekta od Kongresnega trga 2 do Kongresnega trga 15, saj so ti objekti od roba gradbene jame oddaljeni samo dva metra, kar je veliko premalo, da bi diafragme prenašale obtežbo bližnjih objektov. Zato smo se odločili, da na območju bližnjih objektov vgradimočasne razporne cevi premera 1000 mm in debeline 16 mm ter dolžine 28,15 m oziroma preko celotne širine garažne hiše, oprte v steno, ki ločuje park Zvezda in severni del garaže.

Vgradnja razpornih cevi je potekala s hidravličnimi stiskalnicami. Razporne cevi so bile obremenjene s tlačno silo, ki je premaknila diafragmo za majhen premik (5 mm) proti obstoječim objektom. Postopek smo ponavljali na vsakem stebri. Uporabili smo devet

- garaže s spremljajočimi objekti je izvedlo podjetje GRADIS, Biro za projektiranje, Maribor,
- Izvajalca: Gradis skupina G in Tibar, d. o. o., s pooblaščenim podjetjem SWIETELSKY Kft.
 - Monitoring: Gradbeni inštitut ZRMK, d. o. o., s podizvajalcema Geološkim zavodom Slovenije (Oddelek za hidrogeologijo) in GEOID, d. o. o.
 - Revizija: Revizijo varovanja gradbene jame je izvedel Inštitut FGG, d. o. o., revizijo statične presoje konstrukcije garažne hiše je izvedlo podjetje A Consulting, d. o. o.
 - Nadzor: Nadzor je izvajalo podjetje za inženiring in nadzor DDC, d. o. o. Pri gradnji varovalne konstrukcije je bilo treba zagotoviti projektantski nadzor, ki je s tekočo kontrolo preverjal točnost predpostavljenih mehansko-fizikalnih karakteristik temeljnih tal. Zaradi zahtevnosti izkopa velike globine v neugodni sestavi tal in prisotnosti podtalnice je bilo treba med gradnjo spremljati obnašanje varovalne konstrukcije in okoliških obstoječih objektov. Zato je bilo treba v sklopu opazovanja:
 - izdelati kataster razpok in morebitnih poškodb na obstoječih objektih v bližini izvedbe gradbene jame,
 - popisati obstoječe objekte, ali so podkleteni in kakšno temeljenje imajo,
 - objekte v vplivnem območju gradnje opremiti za natančno geodetsko merjenje morebitnih pomikov,
 - na točno določenih diafragmah in vseh sredinski stebrih vgraditi inklinometrične cevi, cevi za zagotavljanje zveznosti in reperje,
 - na vsaki strani gradbene jame na vrh povezovalne grede diafragme vgraditi geodetsko točko za natančno 3D-merjenje pomikov.

4 • SKLEP

Podzemna garažna hiša je bila zgrajena po principu bele kadi in je v celoti integralna konstrukcija. Takšen pristop omogoča trajnost in minimalne stroške vzdrževanja ter zagotovi

življenjsko dobo 100 let, za katero je bil objekt projektiran. Gradnjo so oteževali bližina obstoječih objektov, neugodna geološka sestava tal, dva nivoja podtalnice, arheološke

najdbe in vse, kar je povezano z urbano ureditvijo. Začetek del je bil avgusta 2009, konec pa junija 2011.

5 • LITERATURA

- Triantafyllidis, T., Planung und Bauausführung im Spezialtiefbau, Teil 1, Schlitzwand und Dichtwandtechnik, Ernst & Sohn, 2004.
- Frank, R., Bauduin, C., Driscoll, R., Kawadas, M., Krebs Ovesen, N., Orr, T., Schuppner, B., Eurocode 7, Geotechnical Design – general rules, Thomas Telford, 2004.
- GRADIS, Biro za projektiranje, d. o. o., Načrt varovanja gradbene jame za izgradnjo garaže in načrt konstrukcije, PZI št. 4172, 2009.
- Gradbeni inštitut ZRMK, d. o. o., Tehnično poročilo o geodetski meritvi na območju gradbišča, 14. 7. 2010.
- Geološki zavod Slovenije, Oddelek za hidrogeologijo, Hidrogeološka spremljava gradnje garažne hiše, 9. 8. 2010.