

Conceptul structural al clădirii Bucharest One

The structural concept of the Bucharest One building

Dragoș Coțofană¹, Șerban Dima¹, Mihai Dragomir¹, Viorel Popa¹,
Stelian Constantinescu¹

¹SC Allied Engineers Grup SRL
Str. Teheran, nr. 2, etaj 4, sector 1, București, Romania
office@alliedengineers.ro

Rezumat: Dezvoltarea imobiliară a Bucureștiului urmează tendința dezvoltării accelerate a fondului imobiliar pe verticală de pe plan mondial. Betonul armat realizat cu betoane având clase de rezistență superioare se impune ca o soluție optimă din punct de vedere tehnico-economic pentru realizarea structurilor înalte. Bucharest One este o clădire înaltă de birouri, având înălțimea supratetrană de 120 m, realizată în zona de nord a Bucureștiului. Clădirea are în componență trei subsoluri, parter, mezanin, 23 etaje și etaj tehnic. Înălțimea mare a construcției, hazardul seismic relativ ridicat din amplasament și proximitatea tunelurilor de metrou au impus, pentru proiectarea clădirii Bucharest One, utilizarea unor sisteme structurale judicios configurate, a unor metode de proiectare complexe și a unor soluții tehnologice performante. În această lucrare se prezintă pe scurt principalele aspecte privind conceptul structural al clădirii Bucharest One și unele particularități de execuție și proiectare.

Cuvinte cheie: clădire înaltă, nuclee de beton, betoane de clasă superioară, proiectare seismică

Abstract: The real estate development of Bucharest follows the trend of vertical expansion of buildings. High strength reinforced concrete is the best choice from the technical and economical point of view in the case of high rise buildings. Bucharest One is an office building located in the north part of Bucharest, with a height of 120m. The structure has three basement levels, ground floor, mezzanine, 23 floors and one technical floor. The large height of the building, the seismic hazard of the location and the proximity of the subway tunnels lead to the use of well-balanced structural systems, complex design techniques and cutting edge technological solutions. The article presents the main aspects of the structural concept of the Bucharest One building, with emphasis on the design and execution particularities.

Key words: high rise building, concrete central core, high strength concrete, seismic design

1. Introducere

Dezvoltarea imobiliară a Bucureștiului pe segmentul spațiilor pentru birouri a cunoscut o dinamică accelerată în ultimii ani. S-au dezvoltat proiecte adecvate chiriașilor care doresc să ocupe suprafețe mari, în multe situații pe baza unor contracte de pre-închiriere. Principalii susținători ai creșterii imobiliare sunt companiile din domeniul telecomunicațiilor. O dinamică deosebită a cunoscut zona de nord a Bucureștiului, în perimetrul șoselelor Barbu Văcărescu și Pipera.

Dezvoltarea unor clădiri cu suprafețe de închiriere mari dotate cu parcuri subterane a condus și la o redesignare a soluțiilor structurale adoptate. Se utilizează în mod curent planșee cu deschideri mari, de 7,5 – 8,1 m. Elementele structurale verticale cu rol în asigurarea rezistenței și rigidității la acțiuni orizontale sunt amplasate de regulă în interiorul clădirii. În configurarea poziției acestora trebuie să se țină seama și de exigențele arhitecturale privind asigurarea posibilității închirierii complete sau parțiale a unui nivel în condițiile deservirii directe a spațiilor închiriate cu lifturi, scări de acces sau utilități. Mai mult, în unele situații, soluțiile arhitecturale implică realizarea unor structuri înalte, cu înălțimi de peste 70m.

O astfel de clădire, dezvoltată în București de către fondul de investiții Globalworth, este clădirea Bucharest One, alcătuită din două corpuri, A și B, având funcțiuni diferite. Corpul A este o clădire de birouri cu 26 de niveluri supraterane și 3 niveluri subterane care adăpostesc în principal spații pentru parcuri. Corpul B este o clădire cu regim de înălțime 2S+P care adăpostește spații comerciale la parter și spații pentru parcuri în subsoluri și pe planșeul de peste parter. Cele două corpuri sunt separate prin rost seismic pe toată înălțimea. În cadrul acestui articol sunt prezentate soluția structurală utilizată și principalele particularități de proiectare și execuție pentru structura clădirii Bucharest One, corpul A (figura 1). O descriere mai largă a proiectului este făcută de către autorii acestei lucrări în cadrul revistei AICPS Review 1-2/2015 [1].

Structura clădirii Bucharest One a fost proiectată de către SC Allied Engineers Grup SRL în acord cu proiectul de arhitectură realizat de către SC Architect Service SRL. Proiectarea lucrărilor geotehnice a fost realizată de către SC Metroul SA și SC Saidel Engineering SRL. Proiectul de instalații a fost întocmit de către SC MC General Construct SRL. Antreprenorul general al lucrării este SC Bog'art SRL.

Amplasamentul construcției, aflat în vecinătatea stației de metrou Aurel Vlaicu, este subtraversat de cele două tuneluri aparținând magistralei de metrou M2, care fac legătura între stațiile Pipera și Aurel Vlaicu. Poziția tunelurilor, care intersectează amplasamentul clădirii aproximativ în diagonală, a făcut ca cele două corpuri de clădire să fie proiectate având forme trapezoidale în plan. Corpul A (turnul cu înălțimea supraterană de 120m) a fost poziționat în afara zonei cu restricții de construire, însă Corpul B este realizat parțial peste tunelurile de metrou care străbat amplasamentul, acesta din urmă având restricții majore de construire prin limitarea regimului de înălțime.



Fig. 1. Perspective imobil Bucharest One - reprezentare grafică (Arhitect: Architect Service)

Clădirea Bucharest One se poate clasifica în categoria clădirilor înalte. După Wood [2], clasificarea unei clădiri înalte depinde de caracteristicile acesteia (înălțime, proporții geometrice), de contextul în care ea este poziționată și de tehnologiile utilizate la realizarea acesteia. După Wood o clădire poate fi caracterizată ca înaltă dacă înălțimea sa depășește 50m având 14 sau mai multe niveluri. Aceleași criterii de clasificare sunt utilizate și de Council on Tall Buildings and Urban Habitat, CTBUH, [3]. CTBUH definește și categoriile clădirilor ”Super-înalte”, având peste 300m înălțime, și „Mega-înalte”, având peste 600m înălțime. Trebuie remarcat contextul în care clădirea Bucharest One este amplasată, cu clădiri învecinate având, în general, înălțimea sub 50m, cu excepția clădiri Sky Tower (137m înălțime) din imediata vecinătate. În afara acestor două clădiri, în București categoria clădirilor înalte este constituită în principal din clădirile Cathedral Plaza (75m), BRD Tower (87m), Tower Center International (107m), Intercontinental București (77m), Crystal Tower (72m), City Gate Towers (70m), Casa Presei Libere (104m) și Asmita Towers (92m). Toate aceste clădiri, cu excepția clădirii Intercontinental au fost realizate după anii 1992, pe baza normelor de proiectare seismică moderne. Din 2000 până în 2010, înălțimea medie a celor mai înalte construcții din lume a crescut accelerat de la 286 m la 349 m [4]. Tendința dezvoltării pe verticală a clădirilor pentru birouri în București o urmează pe cea de pe plan mondial chiar dacă în valori absolute înălțimile clădirilor din București sunt mai reduse, înscriindu-se în practica europeană. Dintre cele mai înalte 100 de clădiri din lume în anul 2010 sub 5% se regăsesc în Europa [4].

2. Structura

Corpul A al clădirii Bucharest One are funcțiunea principală de birouri. Forma în plan a suprastructurii corpului A este de trapez dreptunghic cu o suprafață desfășurată de 2457 mp la parter, 1415 mp la mezanin și 1860 mp la nivelurile curente. Subsolul este extins în plan comparativ cu nivelurile supratereane. Pentru realizarea conceptului structural al clădirii Bucharest One au fost analizate diferite soluții și materiale structurale.

O data cu creșterea calității betoanelor care se pot turna monolit în șantier, betonul s-a impus ca material structural pentru realizarea clădirilor înalte. Principala limitare în utilizarea betonului o constituia rezistența sa la compresiune în condițiile în care forțele axiale în elementele verticale la clădiri „Super-înalte” sau „Mega-înalte” sunt uriașe. În lume, se pot folosi în mod curent betoane de înaltă rezistență, cu clasa de rezistență până la C90/100, turnate monolit. Șapte din cel mai înalte zece clădiri din lume terminate în anul 2009 au structura din beton [5]. Sunt incluse aici Trump International Hotel and Tower (Chicago), Arraya Center Office Tower (Kuwait City), dar și cea mai înaltă clădire din lume, Burj Kalifa (Dubai). La această clădire s-a stabilit un nou record mondial privind turnarea betonului prim pompare la înălțimea de 606m [6] cu ajutorul unui echipament de pompare realizat de către Putzmeister. S-au turnat betoane de clasă C50/60 în planșee și C60/70 și C80/90 în pereții structurali. Turnarea betoanelor de înaltă rezistență la nivelurile superioare poate ridica dificultăți legate de transportul betonului pe verticală și întârzierea timpului de punere în operă. În cazul clădirii Burj Kalifa, transportul betonului la înălțimea de 606 m a durat 40 de minute de la încărcarea pompei, la nivelul solului. La betoanele de clasă superioară rapoartele apă/ciment sunt reduse și se evită utilizarea aditivilor antrenori de aer pentru sporirea lucrabilității. În cazul clădirii Bucharest One, s-au utilizat betoane de clasă C40/50, C50/60 și C60/70 în funcție de natura elementului structural și poziția acestuia în structură. Scopul utilizării betoanelor cu rezistență ridicată s-a regăsit în realizarea unor secțiuni ale elementelor structurale cu gabarit compatibil cu cerințele estetice și de funcționalitate. Principalele limitări care au determinat alegerea unor clase înalte de rezistență ale betonului au fost date de valorile admise pentru efortul axial normalizat în stâlpii cadrelor perimetrale, rezistența nodurilor și efortul tangențial mediul normalizat în pereții structurali. Se face observația că rezistența betoanelor nu trebuie sporită liniar cu regimul de înălțime al clădirii.

În afara acțiunilor gravitaționale, clădirile înalte sunt supuse acțiunilor orizontale cauzate de vânt sau cutremur. Ținând seama de aceste acțiuni, la conceperea structurilor trebuie alese soluții structurale complexe în măsură să asigure:

- a) Rezistența la momentele de răsturnare cauzate de forțele orizontale prin elemente plasate perimetral, cât mai departe posibil de centrul (geometric) clădirii;
- b) Transmiterea încărcărilor gravitaționale către elementele verticale care contribuie la preluarea momentului global de răsturnare;
- c) Rezistența la forte tăietoare prin elemente structurale verticale cu inima dezvoltată;

- d) Conectarea prin intermediul planșeelor rigide și rezistente la acțiuni în planul lor a elementelor verticale perimetrale cu elementele structurale rezistente la forță tăietoare astfel încât perimetrul clădirii să fie antrenat la preluarea momentelor de răsturnare;
- e) Compensarea forțelor axiale din încărcări gravitaționale a elementelor perimetrale cu forțele axiale generate de efectul indirect pentru asigurarea capacității la compresiune a elementelor structurale verticale perimetrale chiar și în situația de încărcare seismică.

Pe plan mondial, s-au dezvoltat diferite soluții structurale pentru clădiri înalte. În general, pentru clădiri cu înălțimea de peste 250m se utilizează structuri de tip tub perimetral și nucleu interior. În cazul clădirilor înalte cu înălțimea de 100-140 m libertatea în alegerea sistemului structural este mai mare. Se utilizează structuri cu cadre rigide, eventual echipate cu sisteme de control al răspunsului (amortizori), structuri cu tub perimetral, structuri cu nuclee de pereți și cadre perimetrale cu stâlpi rari.

În cazul clădirii Bucharest One analizele structurale preliminare au arătat că o soluție structurală eficientă din punct de vedere tehnico-economic și compatibilă cu cerințele arhitecturale o constituie realizarea unui nucleu central și a unor cadre perimetrale cu stâlpi rari. Sistemul dual pereți-cadre prezintă avantajul rigidității, prin comparație cu cadrele simple, al ductilității și redundanței ridicate. De asemenea, utilizarea acestui sistem structural nu permite formarea unor mecanisme de plastificare locale, de etaj. În mod particular, configurarea spațiului interior la Bucharest One a permis realizarea a două nuclee cu gabarite inegale cuplate prin intermediul unor grinzi relativ lungi. Astfel, structura de rezistență principală este alcătuită din două nuclee de beton și cadre perimetrale de beton (figura 2). Forțele tăietoare generate de încărcarea seismică orizontală sunt preluate preponderent de cele două nuclee alcătuite din pereți de beton cuplați. Grosimea pereților perimetrali ai tuburilor în suprastructură este de 80 cm. Pereții din interiorul tuburilor au grosimea de 40 cm. Grinzile de cuplare au lățimi de 40-80 cm și înălțimi de 80-250 cm. Principalele documente normative utilizate la proiectarea seismică a structurii au fost P100-1/2006 [7] și CR2-1-1.1/2005 [8].

Cadrele perimetrale sunt alcătuite din stâlpi circulari de beton sau compoziți cu diametrul de 120 cm, cu secțiune constantă pe toată înălțimea clădirii. S-au realizat cadre cu rigiditate și rezistență mare pentru preluarea parțială a momentelor de răsturnare generate de acțiunea seismică orizontală și pentru limitarea deplasărilor structurii la nivelurile superioare. Pentru preluarea forțelor axiale considerabile, la nivelurile inferioare s-au utilizat stâlpi compoziți realizați din profile de oțel tip cruce de malta și beton armat. Orientativ, forțele axiale din stâlpii de colț pot atinge valori de până la 4000t în situația de proiectare seismică, din care 2100 t reprezintă încărcarea gravitațională. Grinzile cadrelor perimetrale sunt realizate din beton armat cu excepția celor de la mezanin care fac parte din cadrul cu stâlpi înclinați la nivelul parterului și mezaninului.

Planșeele au deschideri curente de 8,10m pe ambele direcții. Pe perimetrul clădirii, planșeele ies în consolă față de cadrele perimetrale pe o deschidere de

aproximativ 2,0 m. În urma analizelor efectuate s-a constatat că o soluție eficientă de planșeu este cea a planșeelor de beton cu grinzi principale și grinzi secundare. Placa cu grosimea de 10cm reazemă pe grinzi secundare cu secțiunea de 20 cm x 60 cm ce sunt dispuse la o distanță interax de 2,70 m. Grinzile secundare sunt dispuse „radial” și reazemă pe nucleul central, alcătuit din pereți de beton și pe cadrele perimetrice. Local, în zonele cu încărcări mai ridicate placa a fost realizată cu grosimea de 15 cm.

Pentru a spori deschiderile structurii la parter, în zona de acces în clădire, la nivelul parterului și mezaninului, pe latura paralelă cu tunelurile de metrou, s-au utilizat stâlpi înclinați de beton cu armatură rigidă. Această organizare a structurii a permis creșterea deschiderii aparente de la 8,10 m la 16 m la parter.

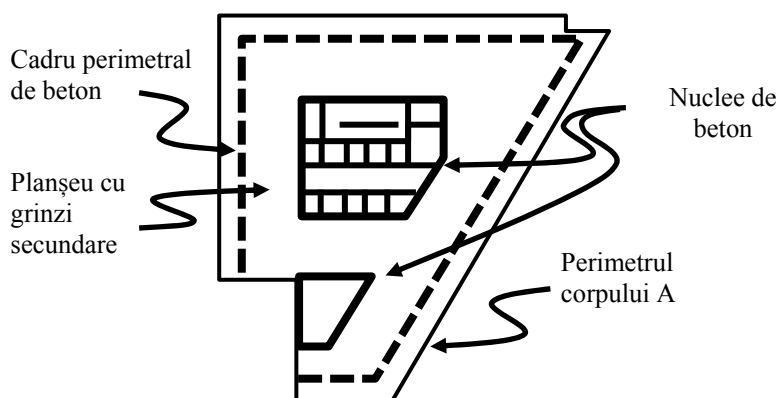


Fig. 2: Structura de rezistență la acțiuni seismice (reprezentare schematică)

În concluzie, la concepția suprastructurii s-au considerat trei componente principale, cu roluri clar definite, pentru asigurarea unui răspuns favorabil la acțiunile seismice orizontale:

- Nuclee de beton „lungi”, cu răspuns predominant de încovoiere cu forță axială, având rolul de a transmite integral forțele tăietoare la infrastructură și, parțial, momentul global de răsturnare, de a limita deplasările laterale la nivelurile inferioare și de a asigura ductilitatea de ansamblu a structurii.
- Cadre de beton perimetrice, realizate din stâlpi și grinzi, având rolul de a transmite o parte din momentul global de răsturnare, cauzat de forțelor seismice orizontale, la infrastructură. Cadrele sunt proiectate astfel încât să contribuie la limitarea deplasărilor laterale ale structurii la nivelurile superioare. Cadrele sunt parte a mecanismului global de plastificare contribuind într-o măsură semnificativă la disiparea energiei seismice în structură prin deformațiile plastice ale grinzilor.
- Diafragme orizontale rigide de beton la fiecare nivel pentru asigurarea conlucrării dintre cadrele de beton perimetrice și nucleele de beton. Rigiditatea la torsiune a clădirii este asigurată prin conlucrarea dintre cele două nuclee de beton și prin conlucrarea acestora cu cadrele perimetrice.

Sistemul de fundare este de tip radier de beton cu grosime variabilă, cuprinsă între 2,0 m și 2,8 m, rezemat pe piloți de beton armat și pe pereți mulați perimetrali.

Structura subsolurilor este alcătuită din stâlpi, pereți și planșee groase de beton. Pereții perimetrali sunt conectați pe toată înălțimea cu pereții mulați.

Transmiterea momentului global de răsturnare al suprastructurii, a forței tăietoare asociate acestuia și a forțelor axiale către terenul de fundare s-a făcut prin fundații de adâncime. Pentru încărcarea piloților cu forțe axiale, infrastructura clădirii a fost concepută ca o cutie rigidă alcătuită din pereți perimetrali, pereți interiori, radier și planșee. Practic, încastrarea corpului A s-a făcut prin intermediul unor piloți de beton și prin pereții mulați perimetrali care sunt încărcăți prin intermediul cutiei rigide realizată la nivelul infrastructurii. Transmiterea forțelor de la baza nucleelor către piloți și încărcarea acestora cât mai uniformă a impus realizarea unei infrastructuri cu radier foarte gros și pereți structurali perimetrali și interiori dispuși suplimentar față de cei din suprastructură. Întrucât în jurul nucleului central se desfășoară, din punct de vedere funcțional, circulația principală prin subsoluri, pereții interiori introduși suplimentar și cei perimetrali nu au putut fi racordați direct cu pereții nucleelor din suprastructura. De aceea, încastrarea acestora s-a realizat în principal prin mecanismul de menghină constituit la nivelul infrastructurii dar și prin legătura de moment cu radierul de grosime mare.

3. Particularități de proiectare și execuție

Regimul mare de înălțime, utilizarea unor trame cu deschideri relativ mari a condus la dezvoltarea unor forțe tăietoare mari în pereți, la etajele inferioare, dar și a unor forțe axiale mari în stâlpii cadrelor perimetrale. În astfel de situații, utilizarea claselor uzuale de beton pentru realizarea structurii este restricționată de cerințele funcționale incompatibile cu necesitățile privind gabaritul elementelor structurale. Pentru a reduce gabaritul stâlpilor s-a optat pentru utilizarea la etajele inferioare a clasei de beton C60/75. Acesta a permis limitarea efortului axial normalizat în stâlpi, condiție esențială pentru asigurarea ductilității adecvate a acestor elemente. De asemenea, o parte din stâlpii perimetrali au fost realizați, la etajele inferioare, în sistem compozit oțel-beton (beton cu armătură rigidă). Pentru a nu se produce variații bruște de rigiditate a stâlpilor pe înălțime s-a realizat reducerea progresivă a secțiunilor pofilelor de oțel înglobate, de la un etaj la altul. Parametrul determinant considerat la stabilirea secțiunilor pofilelor de oțel a fost forța axială din stâlpi cauzată de încărcările gravitaționale și seismice. Controlul forțelor axiale în stâlpi s-a făcut și prin armarea longitudinală judicioasă a grinzilor cadrelor perimetrale astfel încât să se limiteze forțele tăietoare asociate plastificării acestora din încovoiere. Soluția compozită oțel-beton s-a utilizat numai pentru stâlpii solicitați la forțe axiale mari și pentru o parte din grinzile de la mezanin. Nu s-au utilizat profile înglobate în pereții de beton și nici în grinzile și stâlpii de la etajele superioare.

În zona de acces în clădire, unde se află recepția generală, cerințele arhitecturale au impus realizarea unor deschideri mari la nivelul parterului. Această zonă de acces este situată între corpurile A și B în axul aliniat cu traiectoria tunelurilor de metrou. În timp ce, în etajele superioare deschiderile cadrului marginal sunt de 8,1 m, în parter s-a considerat necesară, din punct de vedere funcțional, realizarea unor deschideri de până

la 12-14m. Ținând seama de forțele axiale mari din stâlpi la parter, pentru a nu perturba traseul de descărcare a forțelor axiale din stâlpi către infrastructură, prin rezemarea indirectă a stâlpilor din etaje pe grinzi de transfer, la nivelul mezaninului s-a optat pentru realizarea unor stâlpi înclinați în planul cadrului. Acest sistem este compatibil cu cerințele funcționale din parter, permite transferul direct al forțelor din stâlpi către infrastructură și nu a necesitat sporirea semnificativă a gabaritelor elementelor structurale în parter. Traectoria verticală a stâlpilor din acest cadru perimetral este deviată pe o înălțime de aproximativ 10 m, pe înălțimea parterului și a mezaninului, în planul cadrului. Stâlpii înclinați și grinda care îi unește, în planul cadrului, au fost realizați compozit oțel-beton. Utilizarea unei soluții compozite pentru grinda cadrului de peste mezanin este justificată prin necesitatea de a echilibra componentele orizontale ale forțelor axiale din stâlpii înclinați. Conformația de ansamblu a structurii a permis utilizarea stâlpilor înclinați deoarece forțele tăietoare la nivelul parterului sunt preluate preponderent de pereții de beton din cele două nuclee iar momentele încovoietoare de ansamblu sunt echilibrate parțial cumulativ prin momentele din pereți și prin cuplul de forțe axiale care se dezvoltă în stâlpii cadrelor perimetrice. Astfel, aceștia sunt solicitați predominant la forțe axiale. Aceste forțe sunt cauzate de încărcările gravitaționale și de efectul indirect generat de acțiunea seismică orizontală. Din cauza înălțimii mari a acestor stâlpi, au fost luate măsuri speciale la execuție legate, în special, de turnarea betonului în cofraje înclinate.

Lobby-ul clădirii de birouri este organizat la nivelul parterului și mezaninului, parțial în zona aflată în interiorul corpului A, între nuclee și axul cu stâlpi înclinați și parțial în afara corpului A, în spațiul format între cele două clădiri A și B. Această zonă se acoperă cu un luminator de sticlă cu structură de rezistență metalică, având 12m deschidere liberă și 70m lungime. Structura metalică a luminatorului este alcătuită dintr-o rețea de grinzi transversale paralele, de tip „macaz” cu talpă inferioară întinsă, dispuse oblic față de axele celor două corpuri de clădire. Grinzile sunt conectate la un capăt de structura de beton armat a corpului A (stâlpi verticali, stâlpi înclinați sau grinzi, după caz) prin intermediul unor reazeme de tip articulat care permit o rotire limitată în orice direcție. Condiția de asigurare a rotirii în sistemele de prindere a fost impusă pentru a evita distorsiunea în afara planului a structurii luminatorului ca urmare a rotirii de ansamblu a structurii Corpului A sub acțiunea seismică. Efectul de șaibă este asigurat prin sistemul de contravântuiri orizontale de tip bară plină, din oțel S460, cu dispozitive individuale de întindere, conectat de rețeaua de grinzi. Pentru a permite deplasarea relativă dintre cele două corpuri sub acțiunea seismică, la celălalt capăt grinzile transversale s-au conectat de grinda longitudinală rezemată pe un set de dispozitive de izolare seismică de tip glisant – „sliding bearings”. Izolatorii sunt montați individual pe stâlpi metalici fixați rigid într-o rețea de grinzi de beton armat „înțoarse” deasupra planșeului de peste parterul Corpului B. Cursa izolatorilor a fost dimensionată pentru a permite deplasările relative maxime pe orizontală ale celor două structuri, determinate pentru acțiunea seismică asociată stării limite ultime.

Soluția structurală pentru planșee a fost aleasă astfel încât să se poată implementa un sistem de prefabricare a grinzilor secundare. Acestea au toate aceeași

lungime, aceeași secțiune de beton și detalii de armare care se repetă. Proiectarea grinzilor secundare în soluție prefabricată a permis reducerea timpului de execuție a planșeelor față de soluția beton-monolit. Ținând seama de numărul mare de planșee asemenea, utilizarea prefabricării reduce, de asemenea, necesarul de manoperă și costurile totale de realizare a planșeelor. Totodată, soluția de planșeu cu grinzi secundare conduce la reducerea masei totale a structurii și implicit a forțelor orizontale de proiectare și a eforturilor de dimensionare a elementelor structurale și a infrastructurii, inclusiv a piloților, cu efecte favorabile asupra costului total al investiției. Pentru a spori gradul de conlucrare a grinzilor prefabricate cu placa din beton realizată monolit, fără un spor semnificativ de armatură transversală, de-a lungul grinzilor au fost prevăzute asperități sub forma unor praguri.

Pentru scurtarea perioadei necesare construirii infrastructurii, ținând seama de caracteristicile geotehnice ale terenului în amplasament și de conformația generală a infrastructurii, pentru corpul A, sprijinirea incintei de pereți mulați s-a realizat prin intermediul plăcii de peste subsolul 3. La realizarea subsolurilor s-a utilizat o adaptare a tehnologiei de execuție a infrastructurilor de tip „top-down”. Placa de peste subsolul 3 cu grosimea de 40cm a fost realizată prin turnare directă pe teren, în excavație deschisă. Ulterior, excavația generală a continuat sub nivelul plăcii, până la cota inferioară a radierului, pe o adâncime de aproximativ 5 m. După începerea excavației de sub placă, aceasta a rezemat direct pe profile metalice înglobate în piloți și discontinuu pe pereții mulați perimetrali. Discontinuitatea a constat în realizarea unor zone nebetonate pentru a facilita execuția pereților perimetrali de la subsolul 3 și pentru a evita subturnări generalizate pe întreg perimetrul clădirii. În dreptul nucleelor de pereți care continuă în suprastructură s-au prevăzut goluri în placă pentru a simplifica execuția pereților și a excavației. În zonele în care nu s-au realizat goluri în planșeu pentru realizarea pereților de subsol, continuitatea barelor verticale din acești pereți s-a realizat prin intermediul unor bare înglobate în placă prevăzute la partea inferioară cu dispozitive mecanice de îmbinare. Placa de peste subsolul 3 a fost calculată pentru a ține seama de încărcările gravitaționale aplicate în timpul execuției, dar și de forțele din planul ei generate de preluarea împingerilor din pereții mulați perimetrali. S-a remarcat în planul plăcii prezența nu numai a eforturilor de compresiune, dar și a unor eforturi tangențiale importante cauzate de împingerile distribuite neuniform pe pereții mulați perimetrali.

4. Concluzii

Bucharest One este o clădire înaltă cu structura alcătuită din două nuclee de beton cuplate, cadre de beton perimetrale, planșee de beton cu grinzi secundare prefabricate și placă turnată monolit, rigide și rezistente la acțiuni în planul lor. Structura clădirii Bucharest One a fost dimensionată de acțiunea seismică. Scopul principal al proiectării seismice a fost realizarea unei structuri cu răspuns ductil la acțiunea seismică, cu rigiditate și rezistență adecvată. Proiectarea structurii a ridicat probleme specifice legate de înălțimea mare a clădirii, hazardul seismic din amplasament și învecinarea cu tunelurile de metrou. Aceste probleme au necesitat nu

numai utilizarea unor metode de proiectare cu grad înalt de complexitate dar și considerarea unor tehnologii moderne de execuție și materiale de construcție cu caracteristici superioare.

Ținând seama de regimul mare de înălțime al clădirii, creșterea ritmului de execuție a constituit o prioritate. Utilizarea planșeului de peste subsolul 3 pentru realizarea sprijinirii temporare a pereților mulați și realizarea planșeelor în soluție mixtă monolit/prefabricat au condus la creșterea calității lucrărilor și sporirea ritmului de execuție.

Soluțiile structurale alese, prezentate în cadrul acestei lucrări, eficiente în preluarea tuturor tipurilor de solicitări (încărcări gravitaționale și forțe laterale din seism și vânt), au condus la atingerea unor consumuri optime de materiale pentru o clădire cu structura din beton armat cu regim mare de înălțime (120m), amplasată în municipiul București

Referințe

- [1] Popa, V., Dragomir, M., Ursu, C., Coțofană, D., Dima, S., Opreșoreanu, V., 2015, BUCHAREST ONE – Soluția structurală a unei clădiri de birouri cu înălțimea de 120m, Asociația Inginerilor Constructori Proiectanți de Structuri, 1-2/2015
- [2] Antony Wood, (2008), Tall, Taller, Tallest, Cjocatgp Humanities Festival, November 2008, <http://www.ctbuh.org/TallBuildings/VideoLibrary/LeaderPresentations/ChicagoHumanitiesFestivalTallTallerTallest/tabid/2536/language/en-US/Default.aspx>
- [3] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=zvoB1S4nMug%3d&tabid=446&language=en-US>
- [4] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=M7nXrLx8g0M%3D&language=en-GB>
- [5] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, <http://www.ctbuh.org/LinkClick.aspx?fileticket=ID903rKPRVc%3D&tabid=1353&language=en-US>
- [6] New heights reached in concrete pumping, 2009, World Pumps, Volume 2009, Issue 9, Pages 18-20, doi:10.1016/S0262-1762(09)70316-5
- [7] P100-1/2006. Cod de proiectare seismică. Prevederi de proiectare pentru clădiri
- [8] CR2 -1-1.1 (2005), Cod de proiectare a Construcțiilor cu Pereti Structurali de Beton Armat, M.T.C.T