

UNIVERSITATEA “OVIDIUS” DIN CONSTANȚA
INSTITUTUL STUDIILOR DOCTORALE
ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE APLICATE
DOMENIUL INGINERIE CIVILĂ ȘI INSTALAȚII

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

CONTRIBUȚII PRIVIND CREȘTEREA SIGURANȚEI STRUCTURALE A CLĂDIRILOR MULTIETAJATE

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC:

Prof. univ. dr. ing. Ana Maria GRĂMESCU

Student doctorand

ing. Răzvan DIMOFTE

Septembrie 2025

CUVINTE CHEIE

Construcții multietajate, Durabilitate, Siguranță structurală, Vulnerabilitate seismică, Normative seismice, Risc seismic, Analiză structurală, Tehnici de consolidare, Intervenții structurale.

Cuprins

Cuprins.....	3
Capitolul 1. Introducere.....	4
Capitolul 2. Scurt istoric al construcțiilor multietajate. Soluții constructive, materiale și tehnologii.....	5
Capitolul 3. Scurt istoric al evoluției prescripțiilor tehnice.....	6
Capitolul 4. Conceptul de durabilitate la construcțiile multietajate.....	9
Capitolul 5. Cerințe și exigențe ale construcțiilor multietajate.....	10
Capitolul 6. Comportarea clădirilor multietajate la acțiuni seismice.....	11
Capitolul 7. Aspecte de analiză structurală cu referire la starea de degradare a clădirii.....	14
Capitolul 8. Criterii de apreciere a gradului de vulnerabilitate a construcțiilor multietajate....	15
Capitolul 9. Criterii pentru alegerea soluțiilor de intervenție.....	16
Capitolul 10. Studiu de caz.....	18
Studiu de caz nr. 1 – Clădire multietajată de locuințe colective D+P+9E.....	18
Studiu de caz nr. 2 – Clădire administrativă multietajată D+P+2E.....	20
Capitolul 11. Concluziile finale.....	25

Capitolul 1

Introducere

Proiectul de cercetare parcurs este de importanță deosebită prin scopul urmărit de a pune în evidență, prin studiile și cercetările desfășurate, atât în domeniul comportării în timp al construcțiilor dar și prin răspunsul construcțiilor multietajate la acțiuni excepționale, modalități și procedee de optimizare structurală atât pentru clădirile noi cât și pentru cele existente la care sunt necesare măsuri de intervenție structurală și funcțională.

Activitatea de cercetare desfășurată a urmărit să evidențieze evoluția conceptului construcțiilor multietajate pe plan internațional dar în special pe plan național.

Analiza efectuată a evidențiat faptul că România ca și celelalte țări din Uniunea Europeană beneficiază de un fond construit important de locuințe colective, locuințe a căror edificare aparține secolului XIX.

În ultima perioadă, pe plan internațional, se discută mult despre colapsul progresiv. În întreaga lume construcțiile se confruntă cu un grad de depreciere continuu generat, pe lângă fenomenele meteorologice, și de evoluția destul de rapidă a tehnicii, a prescripțiilor tehnice și a actelor normative, de impactul construcțiilor cu factori distructivi chimici, fizici, mecanici, de factorul uman printr-o serie de acțiuni cum sunt: lipsa lucrărilor de mentenanță și de calitate efectuate la timp, modificările interioare ale apartamentelor ș.a.

Pentru a înțelege corect comportarea în exploatare a fondului construit existent din România dar și optimizarea structurală a noilor clădiri multietajate, este necesară înțelegerea evoluției normativelor de proiectare de după cele două cutremure majore din anii 1940 și 1977. Acest aspect este foarte important în cazul clădirilor înalte, în București acestea fiind cele mai afectate de cutremure în trecut.

Proiectul de cercetare derulat în cadrul programului de doctorat este de importanță deosebită prin scopul urmărit de a pune în evidență prin studiile și cercetările efectuate atât în domeniul comportării în timp al construcțiilor dar și prin răspunsul construcțiilor multietajate la acțiuni excepționale, modalități și procedee de optimizare structurală, atât pentru clădirile noi cât și pentru cele existente care necesită măsuri de intervenție structurală și funcțională.

Cercetarea efectuată, așa cum a fost propusă prin obiectivele proiectului de cercetare, în această etapă a vizat:

1. analizele și cercetările preconizate pentru diferitele structuri ale clădirilor multietajate vor permite identificarea punctelor critice în implementarea investițiilor și a factorilor care le generează;
2. crearea unei baze de date pentru inspecția și cuantificarea gradelor de risc și vulnerabilitate;
3. identificarea măsurilor de intervenție cele mai permissive, rapide și eficiente în situații critice, de urgență;
4. reducerea costurilor operaționale, îmbunătățirea calității, creșterea eficienței și productivității în execuție;
5. identificarea strategiilor de digitalizare în acest domeniu;
6. identificarea unor proceduri de calcul și alcătuire al structurilor, proceduri de intervenție la construcții existente necesare a fi puse în siguranță în vederea completării prescripțiilor tehnice și actelor normative;
7. identificarea factorilor în adoptarea unui management adecvat în situații de criză.

Metodele de cercetare aplicate:

Metodele aplicate au urmărit evaluarea științifică și economică a clădirilor multietajate, în baza unui program de investigații care va permite analiza factorilor distructivi ce au contribuit la degradarea acestora precum și analiza impactului posibil a fi generat prin punerea în valoare a componentelor structurale sau arhitecturale.

Capitolul 2

Scurt istoric al construcțiilor multietajate. Soluții constructive, materiale și tehnologii

Acest capitol cuprinde un scurt istoric al construcțiilor multietajate, soluțiile constructive, materiale și tehnologii utilizate, începând cu sfârșitul secolului XIX.

În România primele construcții, s-au realizat cu pereți structurali din zidărie, clădiri de locuit condominii care de regulă aveau unitati comerciale la parter și două sau trei etaje. Astfel de construcții au avut fundații din cărămidă sau zidărie din piatra, planșee în bolți din cărămidă și de regulă ultimele planșee din lemn cu profile metalice, cu sisteme de ancorare adecvate momentului respectiv. Astfel de construcții se întâlnesc cu două până la cinci etaje, în medii urbane. Utilizarea zidărilor nearmate în zone seismice, a ridicat probleme deosebite la acțiunile seismice, dar acolo unde au existat profile metalice în structura planșeelor sau tiranți metalici montanți în structura zidăriei, construcțiile s-au comportat satisfăcător.

Dupa 1915 s-au proiectat și executat clădiri multietajate folosind planșee din beton armat, scări din beton armat, dar la începutul secolului XX nu se utiliza zidăria confinată.

Construcțiile multietajate au aparut cu precădere ca o soluție după primul război mondial, generată de lipsa de locuințe dar și de necesitatea structurării spațiului functional pe o suprafață redusă de teren. Cu toate că în București existau clădiri cu 3-4 etaje, izolat chiar 5, înainte de 1916, totuși amploarea lor poate fi considerată după 1918. O problemă deosebită a ridicat-o modalitatea de distribuție a proprietatii în cadrul clădirilor multietajate, motivat de existența unor spații comune dar și de o distribuție a utilitatilor. Construcția multietajată, ca efect al proprietatii distribuite pe niveluri nu poate fi considerată o creație a secolului 20 motivat de faptul că în secolul XVIII existau clădiri multietajate în Franța, în Anglia, în Corsica, Sardinia și în țările Scandinave, iar posibilitatea de inspirație a existat încă cu două secole înainte.

Începuturile teoriei de urbanism în România apare la sfârșitul primului deceniu al secolului al XX-lea, moment în care apare și conceptul de dezvoltare planificată a orașului iar locuința de masă – vine în preocupările edililor timpului începând cu ultimul deceniu al secolului XIX, pentru ca, în perioada interbelică, problema locuințelor să ocupe un loc de frunte atât în teoria, cât și în legislația urbană.

Dupa aceasta perioada în România s-au construit construcții multietajate cu structura de rezistență în cadre din beton armat, la care se folosea denumirea structuri cu stâlpi și grinzi iar pereții purtau denumirea de pereți de umplutura.

Dupa 1950, s-au realizat construcții din zidărie confinată cu sâmburi, amplasați la început mai rar, ulterior distribuția lor fiind mai densă.

Luând modelul țărilor din Europa de Est în perioada de după Al Doilea Război Mondial, numărul construcțiilor multietajate a crescut, fiind utilizate structuri atât cu armatură flexibilă cât și cu armatură rigidă.

Pe arterele principale ale orașelor începând cu anul 1956 au început să se construiască blocuri cu regim de înălțime important P+4-10E, cu structură din zidărie de cărămidă

confinată, plansee din beton armat monolit, cele cu regim de înălțime peste 3 etaje având și diafragma longitudinală și diafragmă de frontoane din beton armat.

În 1956 s-a executat prima clădire de locuit din panouri mari S+P+4E. Până în anul 1959 s-a perfecționat sistemul îmbinărilor pentru structurile din panouri mari.

Apariția normativului P13/1963 reprezintă o evoluție importantă în proiectarea clădirilor multietajate, bazat atât pe modalitatea de calcul cât și bazat pe prescripțiile constructive de care proiectanții și executanții trebuiau să le aibă în vedere.

O trecere în revistă a acestor soluții evidențiază prezența după 1963, a clădirilor multietajate ordonate simetrice, la care centrul de rigiditate să coincidă cu centrul masic, astfel încât să fie evitate potențialele efecte de torsiune.

În 1963-1964 s-au aplicat primele principii de alcătuire a blocurilor, cu prefabricate, prima dată pentru planșee și ulterior și pentru structurile de rezistență.

Prefabricarea în ansamblu a adus beneficii importante, productivității muncii și nevoii de asigurare a spațiilor locative, în procesul de industrializare a țării, în care forța de muncă era asimilată de către centrele urbane.

După 1970 se promovează conceptul blocurilor din panouri mari. Inițial s-au realizat blocuri tip fagure din beton armat monolit, după care s-a trecut la conceptul ca aceste blocuri să fie realizate din elemente prefabricate.

Analiza modului de comportare a acestor construcții la cutremur a evidențiat o comportare bună în ansamblu nesemnalandu-se avarii la elementele structurale care să afecteze stabilitatea și rezistența.

Această comportare bună se explică prin rigiditatea relativ ridicată a clădirilor realizate cu panouri mari, rigiditate dată de diafragmele distribuite după ambele direcții. Singurele avarii identificate sunt cele legate de apariția unor fisuri în zonele de îmbinare, rareori expulzarea betonului din aceste zone. O altă inadvertență în comportare a constituit-o apariția fisurilor înclinate în zona buiandrugilor.

După această perioadă, spre sfârșitul secolului XX se construiau pe scară largă apartamente cu structuri în cadre din beton armat cu diafragme – structuri duale.

Capitolul 3

Scurt istoric al evoluției prescripțiilor tehnice de proiectare

În acest capitol s-au realizat cercetări și comparații între toate normativele care au reprezentat baza proiectării seismice în România.

Importanța în evoluția prescripțiilor tehnice o constituie modalitatea de comportare a clădirii la acțiuni seismice, dat fiind faptul că țara noastră are un amplasament specific unor acțiuni importante seismice.

Sunt prezentate toate normativele din România, pentru construcțiile realizate după primul Razboi Mondial până în prezent.

Zonarea seismică a teritoriului Romaniei a suferit deseori mai multe modificări de substanță care au vizat, în general următoarele:

- delimitarea și numărul zonelor pe care intensitatea seismică se considera a fi constantă, și anume a crescut numărul de la două regiuni (conform Reglementării - Instrucțiuni pentru prevenirea deteriorării construcțiilor din cauza cutremurelor nr.120 din 30 Mai 1945), la 3 zone de intensitate seismică (conform STAS 2923 din 1952), ulterior la patru zone (în hărțile din STAS 2923-1963 și STAS 11100/1), la șase zone (în harta din Normativul P 100-1992) și,

mai apoi, la șapte zone, în hărțile din Normativele P100/1 din anul 2006 și P 100/1 din anul 2013;

- măsura intensității seismice care inițial a fost exprimată în grade pe scara macro-seismică MSK (care a fost adoptată în România prin standardul STAS 3684/1971), în Normativele anterioare anului 1992, ulterior a fost reprezentată prin accelerația de vârf a mișcării terenului (a_g), asociată cu perioada de control (sau perioada de colț) a spectrului de răspuns în accelerații (TC), începând cu P100 - 1992;
- intervalul mediu de recurență (IMR) asociat valorii de vârf a accelerației orizontale a terenului (a_g);
- parametrii și forma spectrului elastic de răspuns al accelerației orizontale.

Bineînțeles că și normativele de calcul la acțiunea vântului cât și calculul încărcărilor din exploatare au avut o evoluție.

Metodele de calcul în sine au avut o evoluție substanțială, bazându-se foarte mult pe teoria probabilităților. Astfel că în decursul celor 100 de ani, din secolul XX, s-a trecut de la metoda de calcul a rezistenței admisibile, la metoda de calcul a stărilor limită, care a oferit un concept analitic aproape real, al stării de tensiune și deformare, al capacității portante de care dispune o construcție atât oferită prin conceptul de proiectare dar și în modalitatea reală de exploatare.

Tabelul nr. 1 - Exemple de amplasamente, coeficienți seismici k_s Perioade de colț și grad de intensitate seismică								
Exemple de Localități	P13-63 (70)	P100-78 (81)	P100-90 (92)		P100/1-2006		P100/1-2013 (2019)	
	Grad de intensitate seismică	Grad de intensitate seismică	T_C	k_s	T_C	a_g	T_C	a_g
București	VII	VIII	1,5	0,20	1,6	0,24	1,6	0,30
Constanța	VII	VII	0,7	0,12	0,7	0,16	0,7	0,20
Ploiești	VIII	VIII	1,5	0,25	1	0,28	1,6	0,35
Bacău	VII	VIII	1,0	0,20	0,7	0,28	0,7	0,35

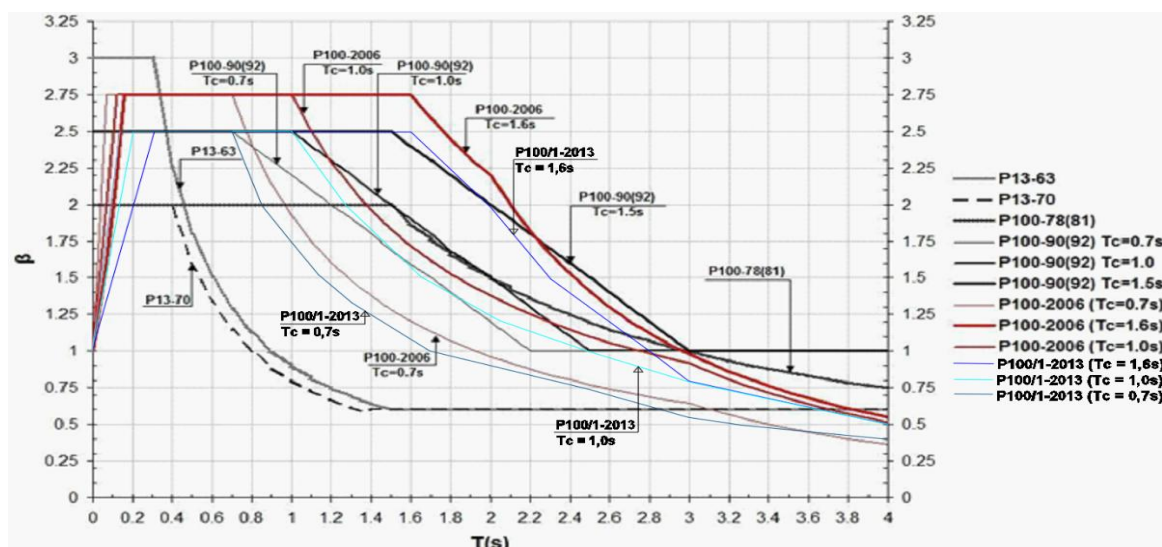


Figura nr. 1- Evoluția factorului β din anul 1963 până în prezent

Tabelul nr. 2 - Exemplu pentru clădirile cu structura din cadre din beton armat - Valorile coeficientului Ψ_1 , respectiv Ψ_2					
P13-63	Construcții cu schelet din beton armat și construcții cu acoperișul articulat pe stâlpi din beton armat				Ψ_1 1,2
P13-70	Construcții cu structura în cadre				Ψ_1 1,0
P100-78(81)	Clădiri multietajate în cadre, cu regularitate în plan și pe verticală:				Ψ_2
	a) Cu o singură deschidere				0,25
	b) Cu mai multe deschideri				0,2
P100-90(92)	Clădiri multietajate în cadre:				Ψ_2
	a) Pereții de umplutură sunt tratați ca elemente structurale asigurându-se conlucrarea cu elementele din beton				0,25
	b) Pereții de umplutură nu sunt tratați ca elemente structurale				0,2
P100-1-2006 Și P100/1-2013 (2019)	Clasa H de ductilitate $q = 5,0 \alpha_u / \alpha_1$	Cadre din beton armat sau structuri duale cu cadre preponderente:	α_u / α_1	q	$\Psi_2 = 1/q$
		a) Clădiri cu un nivel	1,15	5,75	0,1739
		b) Clădiri cu mai multe niveluri și o singură deschidere	1,25	6,25	0,160
		c) Clădiri cu mai multe niveluri și deschideri	1,35	6,75	0,1481
	Clasa M de ductilitate $q = 3,5 \alpha_u / \alpha_1$	a) Clădiri cu un nivel	1,15	4,025	0,2484
		b) Clădiri cu mai multe niveluri și o singură deschidere	1,25	4,375	0,2285
		c) Clădiri cu mai multe niveluri și deschideri	1,35	4,725	0,2116
P100/1-2013 (2019)	Clasa L de ductilitate $q = 2,0$	Cadre, sistem dual sau pereți zvelți cuplați, structuri duale	1,00	2,00	0,500

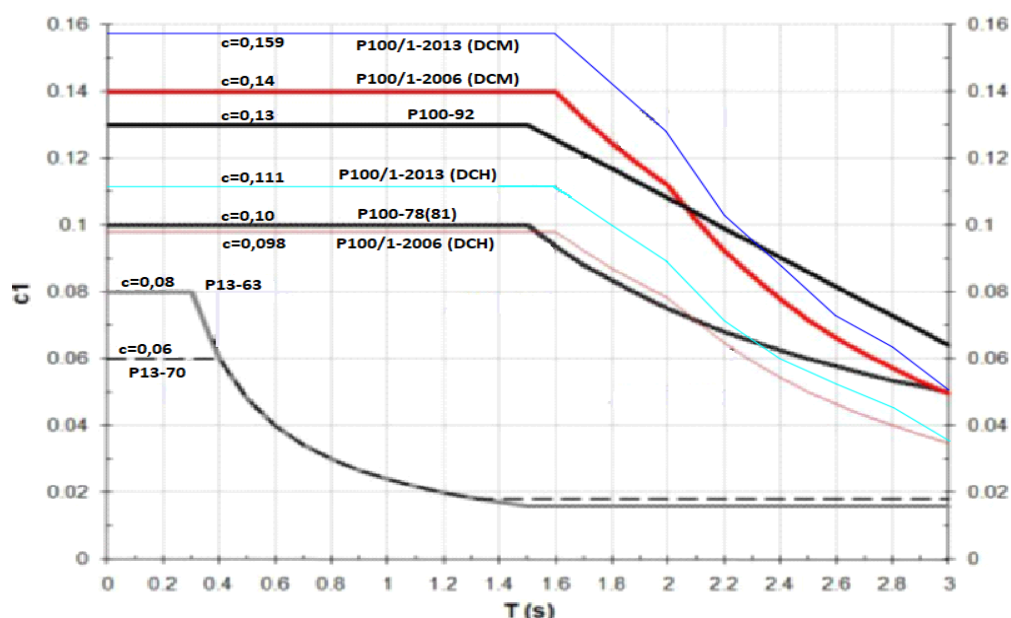


Figura nr. 2 - Evoluția coeficientului seismic global C_s pentru o clădire cu structură în cadre din beton armat, amplasată în București, având clasa III de importanță, (având factorul de corecție $\lambda=1$ pentru normativele P100/1-2006 și P100/1-2013)

Capitolul 4

Durabilitatea și factorii de influență

Acest capitol cuprinde sinteza cercetării multiplelor cauze care conduc la degradarea diferitelor tipuri de structuri și comportarea în timp a acestora.

O prima cauză o constituie defecte produse de utilizare a unor materiale necorespunzătoare: materiale cu rezistențe diminuate care nu îndeplinesc cerințele și exigentele de calitate. De regulă astfel de situații s-au întâlnit la clădirile mai vechi la care betoanele erau de calitate inferioară sau caramizile nu aveau o rezistență corespunzătoare.

Un alt efect îl are tehnologia de execuție : segregările care se produc la betoane, abaterile de la orizontalitate și verticalitate, care conduc la încărcarea plăcilor suplimentare, cu șape, sau o încărcare a tencuielilor la pereți.

Un alt aspect sunt deficiențele de proiectare, de exemplu căderea blocului Carlton din București, la cutremurul din 1940, având regim de zece niveluri, care avea un stâlp comun cu cinematograful (pe acest stâlp descărca și acoperisul cinematografului).

Se poate spune că cei mai importanți factori care influențează creșterea gradului de risc al comportării în timp a diferitelor tipuri de structuri multietajate sunt:

- Greșelile de proiectare;
- Greșelile în execuție;
- Fenomenele meteorologice;
- Atacul biologic, chimic, acțiunea vibrațiilor în mod repetat;
- Intervenții neautorizate asupra construcțiilor;
- Lipsa lucrărilor de mentenanță sau neefectuarea la timp a acestora și de o calitate scăzută;
- Exploatarea neadecvată a clădirii;
- Evoluția deprecierilor funcționale și influența factorului uman;
- Modificări funcționale care pot afecta structura de rezistență;
- Acțiunea seismică;
- Acțiunea focului (incendii);
- Tasări diferențiate;
- Lipsa unei legislații corespunzătoare funcționării condominiului;
- Lipsa de educație în domeniul construcțiilor pentru toate categoriile de personal care contribuie la asigurarea calității clădirilor pe tot parcursul vieții;
- Evoluția prescripțiilor tehnice și a actelor normative din domeniu care contribuie la cuantificarea unui grad de risc diferit într-o analiză structurală – și lipsa de implicare în asigurarea unui răspuns structural adecvat al fondului construit existent (acțiunea vântului, zăpezii, acțiunea seismică s.a).

Deficiențele de proiectare și de construcție sunt deseori mai periculoase decât materialele improprii folosite, putând produce într-o proporție mai mare distrugeri. În cazul materialelor, corodarea armaturii provoacă mai multe probleme decât deteriorarea în sine a betonului.

Este prezentat și conceptul de durabilitate, care se poate defini ca perioada de timp în care o construcție își poate păstra toate caracteristicile pentru o funcționare în parametrii obișnuiți. Durabilitatea este influențată de diverși factori și în foarte multe situații aceștia acționează în mod simultan.

În general, acești factori se pot clasifica în patru mari categorii:

- prima categorie o reprezintă degradarea internă a materialului și anume reacția alcaliilor din ciment în contact cu agregatele și conversia cimentului super-aluminos;

- a doua categorie o reprezintă pătrunderea clorului, carbonatarea, atacul sulfatilor, în general componentele fluidelor și ionilor din mediul înconjurător care pătrund în structura betonului și atacă betonul și/sau armătura;
- a treia categorie o reprezintă impactul și uzura directă a materialului: eroziunea, cavitația;
- a patra categorie este reprezentată de distrugerile mecanice din cauza deformațiilor excesive datorate acțiunii temperaturii, apariția fisurilor din încovoiere, acțiunea înghețului, umezirea și uscarea materialului.

Factori adversi care afectează durabilitatea pot fi clasificați astfel:

a) Factori externi

- Mediu ambiant (ciclul îngheț-dezghet conduce la exfoliere și pierdere de rezistență; variații de umiditate și temperatura care creează fisuri conducând la pierderea durabilității);
- Acțiune chimică (săruri anorganice care pot cauza corodarea armaturilor, carbonatarea cauzează corodarea armaturilor, acizii care erodează suprafețele);
- Acțiune mecanică (vibrații, apa și vântul care erodează suprafețele);

b) Cauze interne

- Săruri, clorurile care pot coroda armatură;
- Schimbări de volum ce produc fisuri care duc la pierderea durabilității;
- Reacții alcalii-agregate care pot cauza pierderi de rezistență și durabilitate;

c) Cauze structurale

- Rezerve din articulații care produc fisuri și duc la pierderea durabilității;
- Supraîncărcări structurale care de asemenea produc fisuri;

d) Factori accidentali - din categoria factorilor accidentali fac parte explozii, incendii, prăbușiri de teren, ș.a.

Capitolul 5

Cerințe și exigențe ale construcțiilor multietajate

În acest capitol sunt prezentate principiile de proiectare ductilă, apariția deformații plastice, zonele plastice potențiale și cerințele de ductilitate, rezistență și rigiditate.

Cercetările efectuate în cadrul acestui program au evidențiat o serie de probleme complexe cu care se confruntă construcțiile multietajate, atât cele noi cât și cele existente.

Problematica este legată atât de conceptul structural, condițiile de exploatare dar și calitatea lucrărilor executate respectiv calitatea materialelor puse în operă. Literatura de specialitate prezintă numeroase exemple de cedare a construcțiilor multietajate în urma carora, pe baza expertizelor tehnice întocmite, s-au evidențiat o serie de cauze pe care specialistii le-au stocat, cuantificat statistic și care ne oferă o plajă largă de cazistici și interpretări.

Bineînțeles că în cazul unor evenimente produse se întâlnesc un ansamblu de cauze care pot fi interpretate ca aspecte contravenționale dar întotdeauna există o cauză dominantă.

În acest context cercetarea efectuată a vizat diferite tipuri de structuri multietajate urmărind a evidenția modalitatea de afectare a durabilității acestora, colectarea unor concluzii asupra cauzelor de cedare, colectarea unor măsuri de intervenție precum și crearea unei baze de date cu referire la optimizarea calculului structural pentru construcții multietajate.

În cadrul programului de cercetare s-a urmărit evaluarea științifică și economică a acestor clădiri multietajate pornind de la un program de investigații care a permis analiza conceptului structural, analiza factorilor dominanți de degradare, analiza măsurilor de

intervenție și dezvoltarea unui concept optimizat de intervenție structurală care să permită efectuarea lucrărilor concomitent cu exploatarea clădirii.

Cercetarea efectuată a continuat cu o analiză a structurilor de rezistență a construcțiilor multietajate evidențiindu-se unele aspecte foarte importante în stabilirea soluțiilor de consolidare.

Analiza structurală a construcțiilor existente a evidențiat faptul că principiile de proiectare seismică, realizarea unei structuri bine concepute ca formă în plan și în elevație, ca distribuție a maselor poate conduce la o comportare foarte bună, un rol important avându-l respectarea prescripțiilor tehnice a calitatii materialelor și a tehnologiilor de execuție.

Pentru structurile analizate în cazul proiectului de cercetare s-au putut identifica o categorie de măsuri de intervenție structurată pe tip de structură, de material constitutiv și pe tipul de degradare.

Principalele proprietăți ce trebuie examinate în proiectarea unui sistem structural pentru acțiuni seismice sunt rigiditatea, capacitatea de rezistență și ductilitatea.

Fiecare din cele trei sisteme structurale: cadre, pereți structurali și sisteme duale își are proprietățile sale specifice, alegerea urmând să se facă atât în funcție de considerente arhitectonice sau de destinație a clădirii, cât și în funcție de intensitatea acțiunilor seismice așteptate.

Capitolul 6

Comportarea clădirilor multietajate la acțiuni seismice

Construcțiile de locuințe, la fel ca și unele clădiri social-culturale, precum spitalele, sunt de obicei ocupate aproape la capacitatea maximă datorită funcționalității lor specifice. Acest fapt conferă o importanță majoră comportamentului acestor clădiri în timpul cutremurelor. Majoritatea victimelor în urma cutremurelor severe provin din prăbușirea clădirilor de locuit.

Diversitatea modului în care construcțiile au reacționat la seismul din anul 1977 a fost evidentă în special în cazul clădirilor de locuit. Acestea, reprezentând ponderea cea mai mare de clădiri din zonele și centrele grav afectate de seism, au suferit cel mai mult și au prezentat o varietate mare în ceea ce privește forma, înălțimea, destinația, structura, gradul de rezistență la cutremur, calitatea execuției, vârsta construcțiilor și influențele perioadei de exploatare.

În prezentarea comportamentului clădirilor de locuit la cutremur, este necesar să se facă distincția între perioadele de realizare ale construcțiilor respective (clădiri vechi și clădiri noi). De asemenea, este important să se evidențieze unele aspecte specifice privind comportamentul clădirilor din București, datorită concentrării acestora într-o zonă centrală grav afectată de cutremur și caracteristicilor particulare ale înălțimii lor (până la 13 etaje pentru clădirile vechi și până la 20 de etaje pentru cele noi). Aceste caracteristici au crescut pericolul expunerii la acțiuni seismice.

În prezentul capitol este prezentat în detaliu modul de comportare al următoarelor tipuri de clădiri:

1. Clădiri de locuit realizate înainte de anul 1950

Aceste clădiri au fost clasificate în clădiri foarte vechi; clădiri cu structură din zidărie portantă; clădiri cu structuri combinate; clădiri cu schelet din beton armat având regimul de înălțime P+6-12 etaje.

Nici unul dintre aceste tipuri de clădiri nu a fost proiectat pentru încărcări seismice și multe nu au respectat regulile de proiectare și execuție pentru condiții normale. Schemele statice au fost neordonate, cu mase excentrice și rezemări intermediare ale elementelor de structură. Aceste clădiri au suferit degradări în cutremurul din 1940, care nu au fost remediate corespunzător, agravând comportamentul necorespunzător la cutremur și avariile suferite în 1977. Din cele circa 300 de blocuri vechi, cu peste 8 niveluri, 25 s-au prăbușit complet în timpul cutremurului din 1977, iar alte trei au fost demolate ulterior din cauza avariilor severe.

Aproximativ 100 de clădiri au prezentat avarii grave, necesitând consolidări de urgență.

Seismul din 1940 a epuizat o bună parte din capacitatea portantă a blocurilor vechi de locuințe din București, fără ca aceasta să fie compensată printr-o consolidare corespunzătoare, influențând astfel comportarea acestora la cutremurul recent, soldat cu efectele cunoscute. Astfel, o parte din blocurile menționate mai sus și citate în literatura de specialitate, precum și altele care au fost consolidate numai parțial și, în multe cazuri, insuficient, s-au prăbușit total sau parțial la cutremurul din 4 martie 1977, neputând rezista la al doilea cutremur puternic.

De asemenea, cea mai mare parte din blocurile înalte vechi din București au suferit avarii grave la structura de rezistență, precum și la elementele nestructurale.

2. Clădiri de locuit realizate după 1950

Clădirile de locuit construite după 1950 și până în prezent prezintă o varietate considerabilă de scheme funcționale și soluții constructive, determinate de eforturile diferitelor institute de proiectare de a integra multiple cerințe. Aceste cerințe includ realizarea unui număr crescând de locuințe corespunzătoare creșterii continue a nivelului de trai economic și ecologic al populației.

Aceste soluții au fost implementate în special în proiectele tip aplicate pe scară largă, începând cu perioada de după 1960, de când s-au realizat peste 90% din totalul clădirilor noi de locuit din țara noastră, în cadrul economiei planificate socialiste. Soluțiile tipizate ale clădirilor de locuit de mare serie, utilizate în perioada menționată, inclusiv în regiunile seismice, pot fi grupate în următoarele sisteme constructive principale:

a) Pentru clădiri cu puține niveluri:

- Zidărie portantă (adesea întărită cu sâmburi de beton armat) pentru parter + 1-4 etaje, cu planșee monolite și, în special, prefabricate;
- Panouri mari pentru parter și 4 etaje;
- Diafragme de beton armat monolit pentru parter și 4 etaje, în sistem fagure sau celular, realizat cu diverse tehnologii (cofraje glisante, cofraje plane, cofraje spațiale tunel etc.), cu planșee monolite sau prefabricate;
- Cadre de beton armat pentru parter și 4 etaje, cu stâlpi monolit, grinzi monolite sau prefabricate, iar planșeele, de regulă, din panouri prefabricate sau predale suprabetonate și mai rar din beton armat monolit;
- Elemente spațiale pentru parter și 4 etaje.

b) Pentru clădiri cu multe niveluri:

- Panouri mari pentru parter și 7-8 etaje;
- Diafragme de beton armat monolit pentru parter și 10 etaje, în sistem fagure sau celular, asemănător ca la parter și 4 etaje;
- Cadre de beton armat pentru parter și 6-14 etaje, cu stâlpi monolit și restul elementelor asemănător ca la parter și 4 etaje;

- Nucleu central și stâlpi de beton monolit pentru parter și 10 etaje, cu grinzi și planșee monolite sau prefabricate.

O situație specifică prezintă clădirile de locuit executate în București după anii 1950 și înainte de cutremurul din 4 martie 1977, care însumează aproape 400.000 de apartamente, dintre care majoritatea (circa 80%) sunt apartamente în clădiri colective realizate din fondurile de stat sau prin credite acordate de stat.

Clădirile colective de locuit din capitală au fost realizate, în marea majoritate a cazurilor, cu multe niveluri (circa două treimi din total), ponderea principală fiind formată de clădirile care au diafragme din beton armat turnate monolit (60%), urmate de clădirile din panouri mari (23%), zidărie portantă (13%) și cadre de beton armat (4%).

În cadrul diferitelor tipuri de sisteme structurale constructive au fost folosite, pe lângă multitudinea de tehnologii menționate (prefabricate, cofraje industrializate pentru beton turnat monolit ș.a.), și variante privind forma în plan a clădirilor (inclusiv numărul și poziția diafragmelor), modul de asamblare al tronsoanelor de clădiri și materialele pentru pereții exteriori și interiori.

O caracteristică generală a comportamentului la cutremur al clădirilor noi de locuit, executate în serie, este că acestea au avut o performanță mult mai bună în comparație cu clădirile vechi. Cazurile de prăbușire au fost izolate, iar cele cu avarii grave au fost semnificativ mai puține. Această diferență se datorează proiectării acestor clădiri pentru a rezista la încărcările seismice și faptului că aceste clădiri nu au mai fost supuse unui alt cutremur de-a lungul duratei lor de viață.

În București, comportamentul la cutremur al clădirilor noi de locuit a fost, în ansamblu, mai bun decât al celor vechi, cu doar două cazuri de prăbușiri. Clădirile avariate reprezintă doar 2% (cu avarii importante) și 11% (cu avarii reduse), conform statisticilor Institutului Proiect București.

Buna comportare la cutremur a clădirilor noi de locuit reflectă competența inginerilor români, care au adoptat rapid tehnicile de proiectare și realizare a noilor sisteme constructive rezistente la cutremur.

3. Clădiri social-culturale și administrative

Clădirile vechi din această categorie au prezentat, în general, aceleași efecte ca și clădirile de locuit vechi cu structură asemănătoare. Prăbușirile, cu excepția unor cazuri importante din București, au avut loc în mare parte la clădiri foarte vechi și mici. Avariile, similare celor de la clădirile vechi de locuit, au afectat aproape toate categoriile de clădiri social-culturale și administrative din zidărie portantă sau cu structură de beton armat din București și provincie, cum ar fi hoteluri, spitale, școli, clădiri culturale și administrative etc.

Nu s-au semnalat prăbușiri la clădirile adăpostind săli mari de spectacol, iar avarii grave doar în cazuri particulare la unele săli foarte vechi, de mică importanță.

Capitolul 7

Aspecte de analiză structurală cu referire la starea de degradare a clădirii

În acest capitol se studiază modalitatea în care elementele structurii de rezistență prezintă degradări vizibile, cedări cauzate de intervenții ulterioare cu impact asupra capacității portante, deficiențe de instalații, lipsa lucrărilor de intervenție efectuate la timp dar cu impact asupra structurilor de rezistență, sau structura are tasări din umidități excesive cu implicații asupra structurii de rezistență. Un element important în aceasta analiză îl reprezintă vechimea structurii pentru a avea în vedere principiile de proiectare care au stat la baza proiectării și execuției construcției multietajate, dacă au fost supuse unei deformații remanente anterioare sau nu, dacă a suferit incendii, explozii, sau dacă au fost efectuate refuncționalizări respectiv modificări ale spațiului funcțional.

Cercetarea efectuată în cadrul rapoartelor de cercetare a evidențiat modalitatea de comportare a diferitelor structuri constructive, aspecte care trebuie considerate în analiza structurală prin factorii de comportare. Construcțiile realizate după 1950, așa cum s-a arătat în capitolul anterior, au fost realizate cu structură din zidărie slab confinată cu diafragme din beton armat la frontoane, planșee din beton armat monolit.

O altă situație cercetată în cadrul programului o reprezintă deficiențele de execuție care pot influența rezistența și stabilitatea și a căror neconformități trebuie soluționate pe parcursul execuției prin măsuri reparatorii de creștere a capacității portante. Evaluarea implicațiilor neconformităților are în vedere impactul neconformităților identificate în șantier asupra cerințelor de rezistență și stabilitate.

Toate aceste aspecte pot defini un grad de apreciere a riscului seismic pe baza evaluării calitative care se bazează pe alcatuirea clădirii, pe gradul de afectare structurală, oferind o apreciere în continuare în continuare un rol deosebit de important îl are evaluarea prin calcul (analitică) care se bazează pe modelarea structurii, pe rezistențele caracteristice ale materialelor componente (când nu se cunosc, încercări de laborator) și gradul de comportare cunoscute prin factorul de comportare. În metoda analitică un rol important îl are gradul de cunoaștere (KL) grad de cunoaștere care poate fi avansat, atunci când există date tehnice a construcției sau se estimează conform normativului. Rezultatul calculului analitic este consemnat într-un raport de sinteză care oferă elemente certe și fundamentează măsurile de intervenție propuse de către expert. Prin urmare metodele de consolidare a structurilor multietajate au la bază o analiză criterială complexă făcută de către un specialist atestat conform ordinului 817/2021 MLPDA.

În capitolul următor se vor prezenta câteva metode de intervenție pentru structuri ale construcțiilor multietajate. De remarcat este faptul că legiuitorul oferă posibilitatea unei intervenții locale pe structuri atunci când există o cauză în urma căreia a fost afectată local o construcție, pentru construcțiile edificate după anul 1981, respectiv după P100/1981.

Acest normativ, C254/2022 *indrumator pentru cazuri particulare de expertizare tehnica a clădirilor la cerința fundamentală rezistența mecanică și stabilitate în conformitate cu prevederile legale aceste cazuri particulare se referă la:*

- amplasare în zona adiacentă a unei construcții noi față de o clădire existentă;
- Reconfigurare funcțională;
- Degradare locală.

Capitolul 8

Criterii de apreciere a gradului de vulnerabilitate a construcțiilor multietajate

În baza cercetărilor efectuate și sintetizate în raportul de cercetare nr. 1, se retine o idee foarte importantă referitoare la vulnerabilitate. Vulnerabilitatea fiind definită ca modalitate de a răspunde o construcție multietajată la ansamblul condițiilor generate de condițiile determinate de factori fizici, sociali economici și de mediu care se adaugă factorilor sau hazardurilor naturale. În acest context observăm că asigurarea rezistenței mecanice și a stabilității este strâns legată de evaluarea vulnerabilității diferitelor categorii de construcții multietajate.

Având în vedere caracteristicile seismice, vulnerabilitatea seismică este cea care își pune amprenta decisivă asupra fondului construit existent în România. După criteriile prevăzute de prescripțiile tehnice și actele normative putem clasifica vulnerabilitatea ca fiind vulnerabilitate observată estimată prin investigații vizuale, vulnerabilitate determinată prin calcule. Totodată, vulnerabilitatea poate fi statică sau evolutivă. Vulnerabilitatea seismică este apreciată ca fiind o vulnerabilitate evolutivă motivat de faptul că după fiecare mișcare seismică nu se iau măsuri efective de restabilire a capacității portante, ci, de regulă, se intervin cu lucrări care tin mai mult de aspectul vizual respectiv finisaje. În acest context o construcție are o evoluție istorică defavorabilă din punct de vedere a comportării la acțiuni seismice.

Trebuie să reținem faptul că în România cutremurul din 1940 și-a pus amprenta asupra unor construcții multietajate care erau realizate la acel moment iar cutremurul din 1977 a suplimentat starea de degradare a acestora fiind distruse circa 28 de clădiri înalte cu schelet din beton armat, executate între cele două războaie mondiale. Având în vedere aceste aspecte, în cadrul cercetării doctorale s-a urmărit modalitatea de cedare a structurilor multietajate pe un eșantion de câte un număr de blocuri de aceleași tip structural exprimându-se pe funcții de vulnerabilitate sau matrici de vulnerabilitate. Eșantionul studiat a avut în vedere următoarele tipuri de structuri :

- Clădiri multietajate cu pereți din cărămidă portantă și planșee din beton armat;
- Clădiri multietajate cu structura din zidărie slab confînata și planșee de beton armat;
- Structuri de clădiri multietajate din grinzi și stâlpi realizate între cele 2 războaie mondiale (cadre subtiri);
- Structuri din cadre din beton armat și diafragme;
- Structuri din panouri mari.

În alegerea acestor eșantioane s-a avut în vedere faptul că în prima categorie construcțiile nu s-au bazat pe normative de calcul seismic, în a 2 a categorie au fost proiectate pe baza normativului P13/63 iar următoarele din P13/1970 și P100/1981.

De fapt se poate observa că și prescripțiile tehnice actuale impun obligativitatea calculării gradului de risc seismic pentru construcții executate până la anul 1971 respectiv după normativele vechi.

Vulnerabilitatea analizată după cutremurul din 1977 a evidențiat faptul că factorii primordiali într-o comportare deficitară a clădirilor multietajate sunt constituiți din :

1. Concepție eronată de proiectare care se manifestă prin:

- Lipsa unui calcul structural
- Alegerea unei forme geometrice deficitare

- Alcatuirea defectuasa a ansamblului structural care prezinta deficiente în modalitatea de transmitere a încărcărilor
- Predimensionare necorespunzătoare a elementelor structurale
- Lipsa unor detalii corespunzătoare necesare executiei

2. Defectiuni majore de executie

- Betoane cu rezistente necorespunzătoare
- Deficiente de turnare
- Modificări aduse pe tipul executiei fără a fi autorizate

3. Deficiente de exploatare

- Lipsa lucrărilor de mentenanță efectuate la timp și de calitate
- Modificări ale spatiilor functionale executate fără a fi autorizate
- Refunctionalizarea unor spatii de la parter care au implicat modificări majore

Toate aceste aspecte mai sus prezentate au avut ca răspuns la actiunea seismică o serie de avarii care s-au manifestat prin:

- Fisurarea peretilor din zidărie
- Desprinderi ale buiandrugilor
- Aparitia fisurilor la structurile în cadre din beton armat pe zona capetelor de grinzi
- Fisurarea în diagonala a diafragmelor mediane la etajele superioare
- Aparitia articulatiilor plastice pe stâlpi , cedarea unor tronsoane
- Expulzarea betonului din zonele de monolitizare la clădirile din panouri mari

Ceea ce se poate aprecia este faptul că la construcțiile cu spatiu functional tip fagure realizate din beton armat nu au apărut degradări, acestea comportându-se ca o cutie rigidă.

Capitolul 9

Criterii pentru alegerea soluțiilor de intervenție

Acest capitol prezintă diferitele criterii pe care se bazează alegerea tehnicilor și soluțiilor de intervenție asupra unei clădiri.

Alegerea planului de intervenție este condiționată de o înțelegere completă a deficiențelor elementelor structurale și nestructurale, precum și a deficiențelor globale privind rezistența, redundanța, regularitatea structurii și deformabilitatea.

Măsurile de intervenție sunt necesare a fi corelate cu nivelul de degradare al materialelor și structurii, urmărind reducerea sau eliminarea deficiențelor pentru a obține condiția de siguranță: cerința seismică să fie mai mică sau egală cu capacitatea construcției. Strategia de intervenție poate include reducerea cerințelor seismice, îmbunătățirea caracteristicilor mecanice sau măsuri combinate.

În general, în cadrul unei expertize tehnice, se analizează minim două alternative de intervenție, evaluând reducerea vulnerabilității față de sursele de hazard seismic și se selectază cea mai eficientă soluție.

Concluziile raportului pentru evaluare seismică vor fi la baza proiectul de intervenție, (unde sunt identificate deficiențele structurale și/sau nestructurale) și unde este stabilită clasa de risc seismic.

Performanța seismică are ca obiective de bază cele două cerințe și anume limitarea degradărilor și siguranța vieții.

Decizia de remediere și consolidare a construcțiilor avariate de cutremur implică considerarea mai multor factori esențiali pentru fundamentarea soluției alese din punct de vedere tehnic, economic și al altor condiții.

Pe baza analizei prin calcul efectuată în cadrul expertizei tehnice sau dezvoltată ulterior în cadrul proiectului (inclusiv sub aspectul comportării la solicitări dinamice în stadiul postelastice, pentru construcțiile mai importante), se stabilesc și se proiectează lucrările necesare de remediere și consolidare, având ca obiectiv principal restabilirea structurii de rezistență la starea inițială. Este important ca proiectul de remediere și consolidare să includă o evaluare cât mai precisă a capacității reale de rezistență a structurii la cutremur, iar rezervele de rezistență considerate să fie certe.

În continuare, se impune monitorizarea atentă a comportării în timp a acestor construcții, realizându-se analizele și intervențiile necesare atunci când se constată anomalii de comportare sau un început de defecțiune.

În stabilirea soluțiilor de remediere și consolidare a construcțiilor avariate de cutremur, trebuie respectate o serie de principii fundamentale, aplicabile mai multor tipuri de construcții. De asemenea, trebuie specificate obiectivele ce urmează a fi atinse, ținând cont de modul în care construcția reacționează la cutremur.

Lucrările de remediere și consolidare prezintă caracteristici distincte de cele ale lucrărilor obișnuite pentru construcții noi. Deși utilizează, în majoritatea cazurilor, materiale și procedee comune, necesită adaptări specifice fiecărui tip de construcție, în funcție de situația concretă a avariilor și de mijloacele disponibile. Soluțiile și metodele de remediere și consolidare variază în funcție de natura materialelor și de tipul structurii (zidărie portantă, cadre de beton armat, diafragme de beton armat, structuri metalice etc.), de gradul avariei, de nivelul tehnicii de execuție și de condițiile economice.

Este important să se facă distincție între consolidarea de ansamblu a structurii, pentru asigurarea rigidității spațiale la forțe laterale, și consolidarea elementelor individuale, pentru conferirea capacității portante necesare fiecăruia.

De asemenea, este crucial ca soluțiile și metodele de consolidare de ansamblu să nu împiedice consolidarea elementelor structurale individuale sau a legăturilor dintre acestea.

În cuprinsul tezei se regăsesc metode de remediere pentru elementele masive de beton, construcțiilor din beton armat, clădirilor din zidărie portantă, construcțiile metalice și elementelor de beton simplu și sunt exemplificate unele soluții remediere și consolidare aplicate după cutremurul din 4 martie 1977 la diferite categorii de construcții.

Capitolul 10

Studiu de caz

În capitolul 10 al lucrării de doctorat sunt prezentate două studii de caz pentru clădiri multietajate, construite în perioada 1962-1972, amplasate în București.

1. Studiu de caz – Clădire de locuințe colective multietajată D+P+9E

Imobilul expertizat se află pe Str. Gării de Nord, nr. 6-8, bloc A, scara 1, sector 1, București. clasa III de importanță și de expunere la cutremur și categoria "C" de importanță - normală. S-a realizat o evaluare pentru determinarea stării de eforturi și de deformații, cu ajutorul programului de calcul structural Scia Engineering. S-a realizat un model tridimensional al structurii, care a fost analizată în domeniul elastic, prin metoda de calcul modal cu spectre de răspuns pentru amplasamentul considerat, conform P100-1/2013.

Fiind o structură cu parter flexibil s-au verificat elementele verticale ale parterului.

Deplasările relative de nivel au verificat valoarea admisibilă pentru Starea Limită Ultimă dar nu și pentru Starea Limită de Serviciu. Perioada proprie dată de translația pe latura scurtă este de 0,74s și nu implică fenomenul de cvasi-rezonanță față de perioada de colt $T_c = 1,6s$. Deplasările maxime rezultate din clasa de încărcare a înfășurătorii maxime pe cele două direcții sunt U_x – deplasarea pe latura scurtă global 87,0 mm și U_y - deplasarea pe latura lungă global 57,8mm, iar $U_{total} = 103,3$ mm.

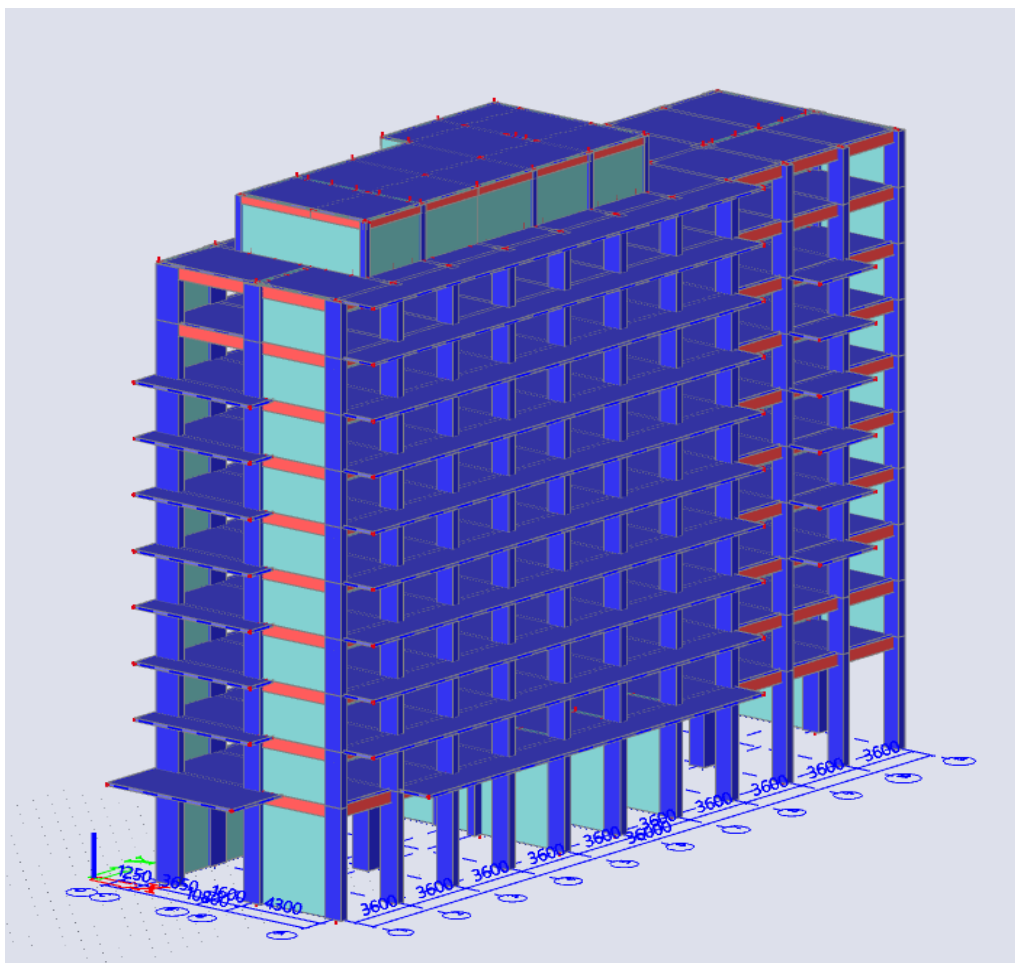


Figura nr. 3 - Model 3D al imobilului

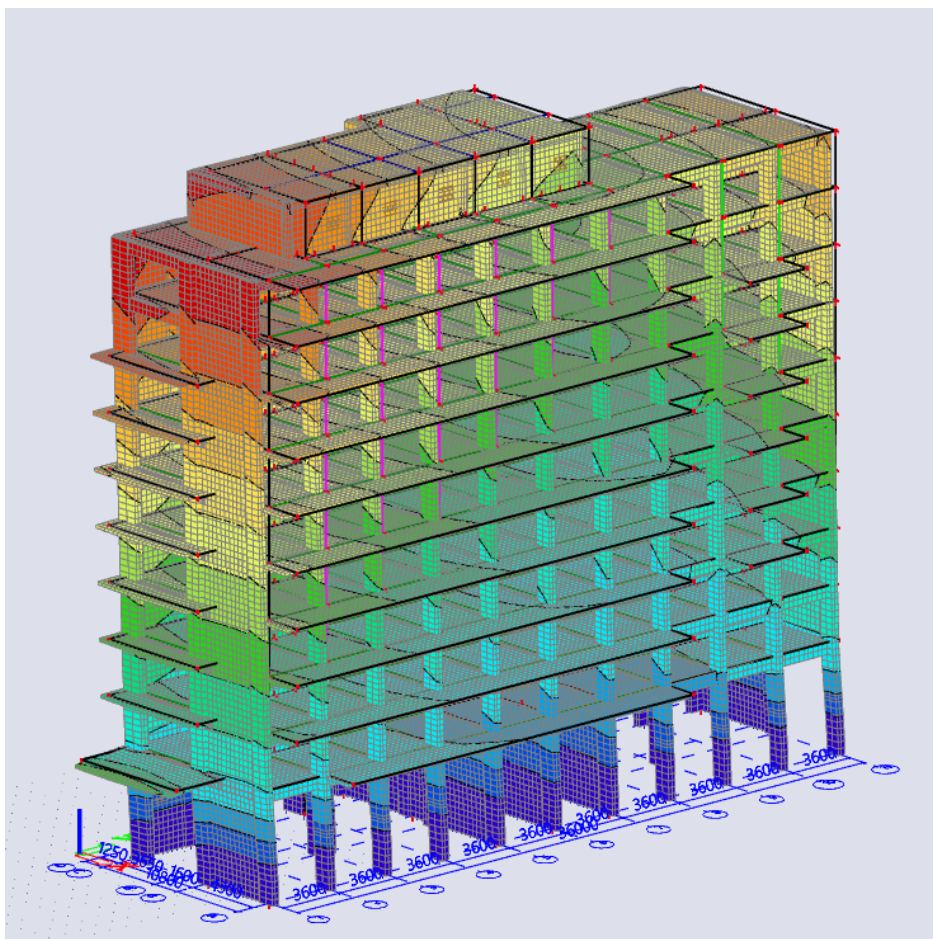


Figura nr. 4 - Model 3D deformat al imobilului - U_{total} – deplasarea totală

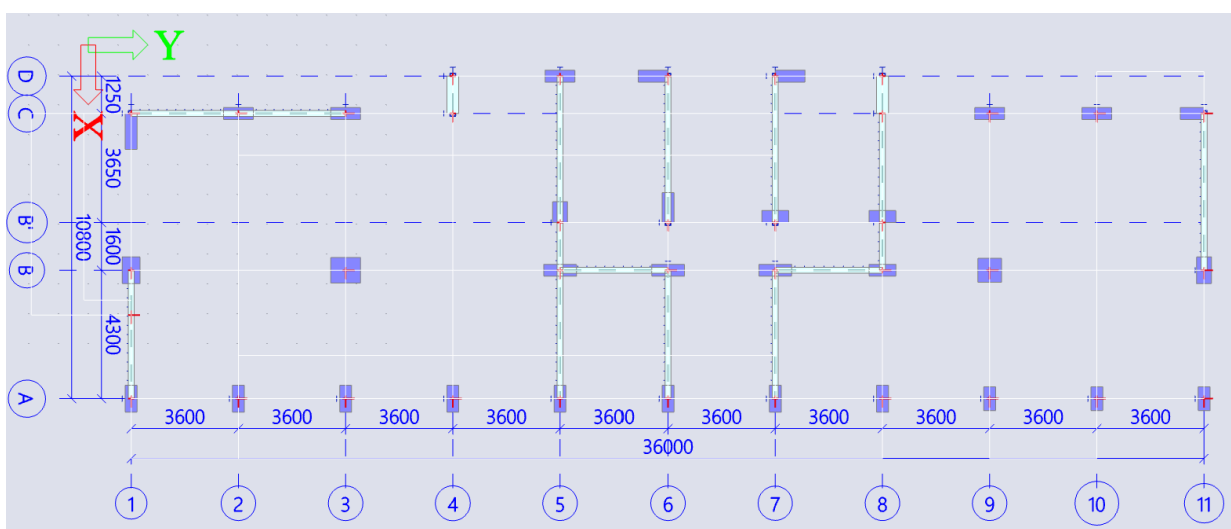


Figura nr. 5 – Plan parter cu elementele de rezistență verticale

Gradul de îndeplinire al momentelor încovoietoare R_3^M este 0.68 și al forțelor tăietoare R_3^V este 0.32, pentru acțiune seismică pe direcția longitudinală.

Gradul de îndeplinire al momentelor încovoietoare R_3^M este 0.50 și al forțelor tăietoare R_3^V este 0.41, pentru acțiune seismică pe direcția transversală.

Rezultă necesitatea de consolidare a structurii.

2. Studiu de caz – Clădire administrativă multietajată D+P+2E

Construcția este amplasată în Mun. București, are destinația de birouri, este încadrată în clasa I de importanță – expunere la cutremur și se înscrie, în categoria "B" de importanță.

Structura de rezistență la acțiuni orizontale și verticale este reprezentată de cadre spațiale din beton armat. Plăcile sunt de asemenea din beton armat, cu grosimea de aprox. 12cm (conform carotelor extrase). Sistemul de infrastructură este reprezentat de fundații izolate din beton armat.

Stabilirea încadrării în clasa de risc seismic a fost făcută în conformitate cu prevederile din codul P100-3:2019, în urma analizei indicatorilor R1 și R3.

Valoarea indicatorului $R1 = 54$ corespunde încadrării clădirii în clasa de risc seismic RsII. Aceasta înseamnă că, la nivel global, viciile de conformare pe care le prezintă clădirea sunt grave.

Valoarea R3=27 corespunde încadrării corpului în Rsl.

În scenariul în care nu este considerat aportul pereților din zidărie (scenariul considerat în calculul R3), se poate observa faptul că indicatorul R3 este la limita încadrării construcției în clasa de risc seismic RsII. Se poate aprecia că riscul real de prăbușire totală a clădirii este mai scăzut (comparativ cu cel al unei clădiri încadrate hotărâtor în RsI), deci prezentul corp s-ar încadra mai degrabă în clasa de risc seismic RsII.

În consecință, se consideră relevantă încadrarea clădirii în clasa de risc seismic RsII.

Analiza structurii de rezistență a imobilului și determinarea capacității portante a elementelor componente propuse s-a realizat pe baza unui model numeric tridimensional, printr-o analiză liniar elastică utilizând „metoda de calcul modal cu spectre de răspuns”. Evaluarea seismică a fost efectuată utilizând spectre de proiectare scalate care să corespundă situației propuse (nivel de asigurare 70%, clasa de risc seismic RsIII).

Se prezintă metoda de consolidare propusă, care ținea seama și de utilizarea optimă a demisolului: 12 pereți orientați longitudinal și 10 pereți orientați transversal, cu grosimea de 20cm și cămășuirea celor 5 stâlpi.

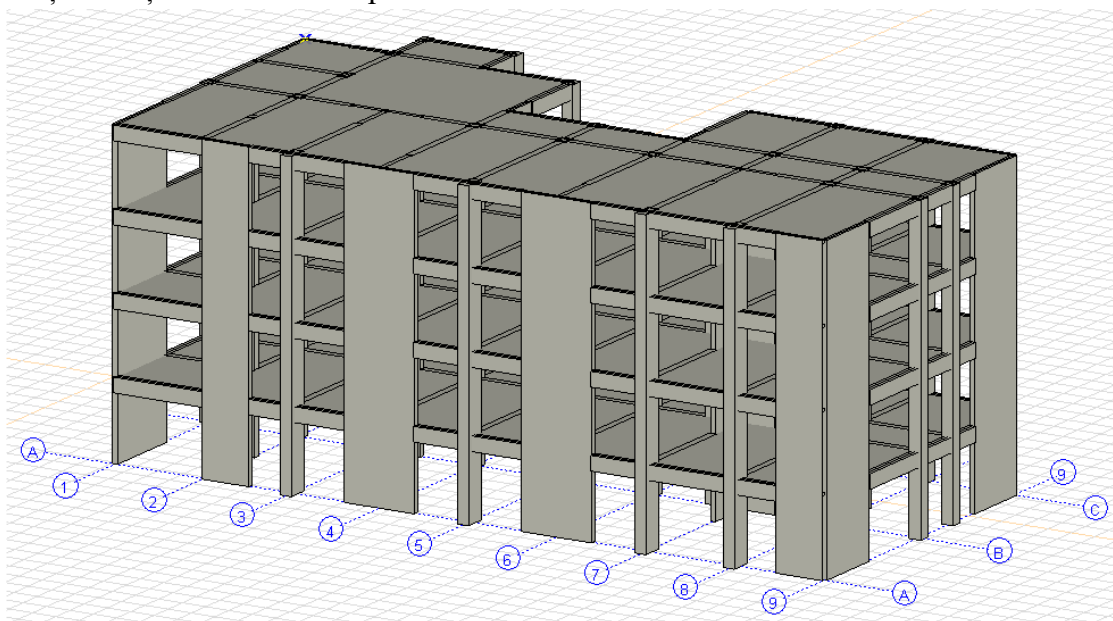


Figura nr. 6 – Vedere 3D extrudată model de calcul structural

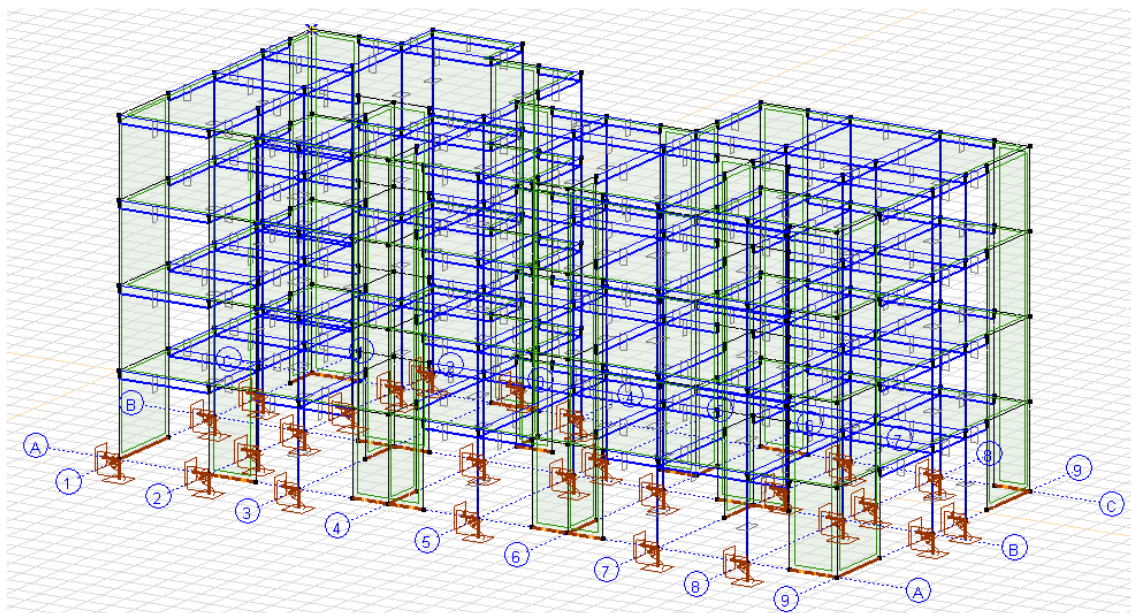


Figura nr. 7 – Vedere 3D model de calcul structural

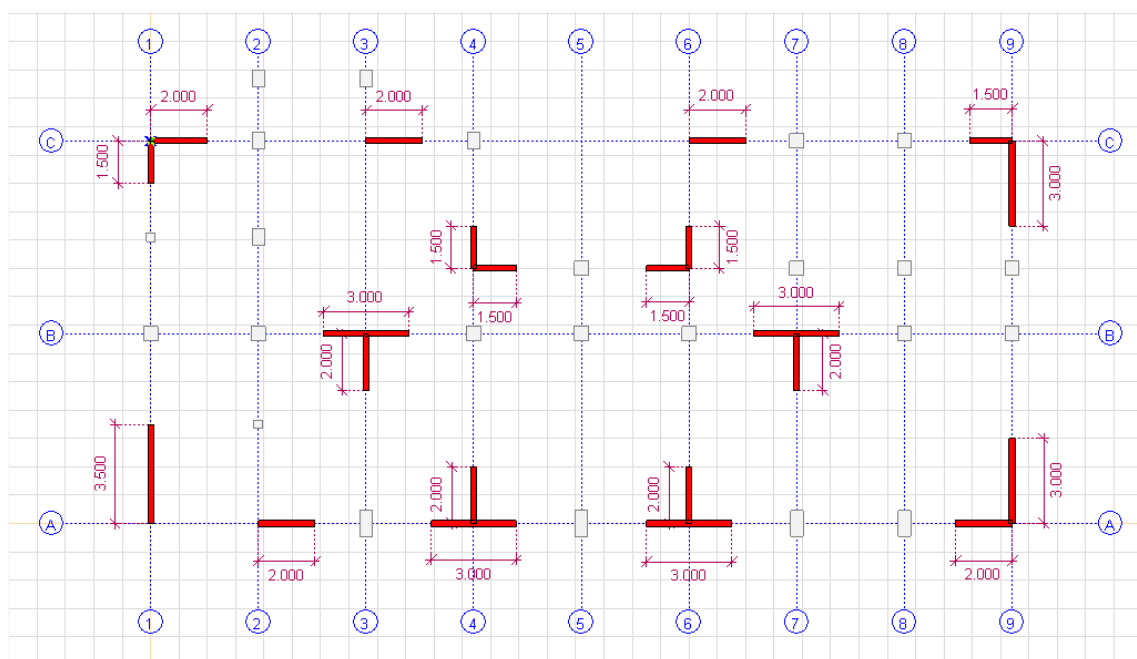


Figura nr. 8 – Plan de principiu pentru dispunerea noilor pereți structurali

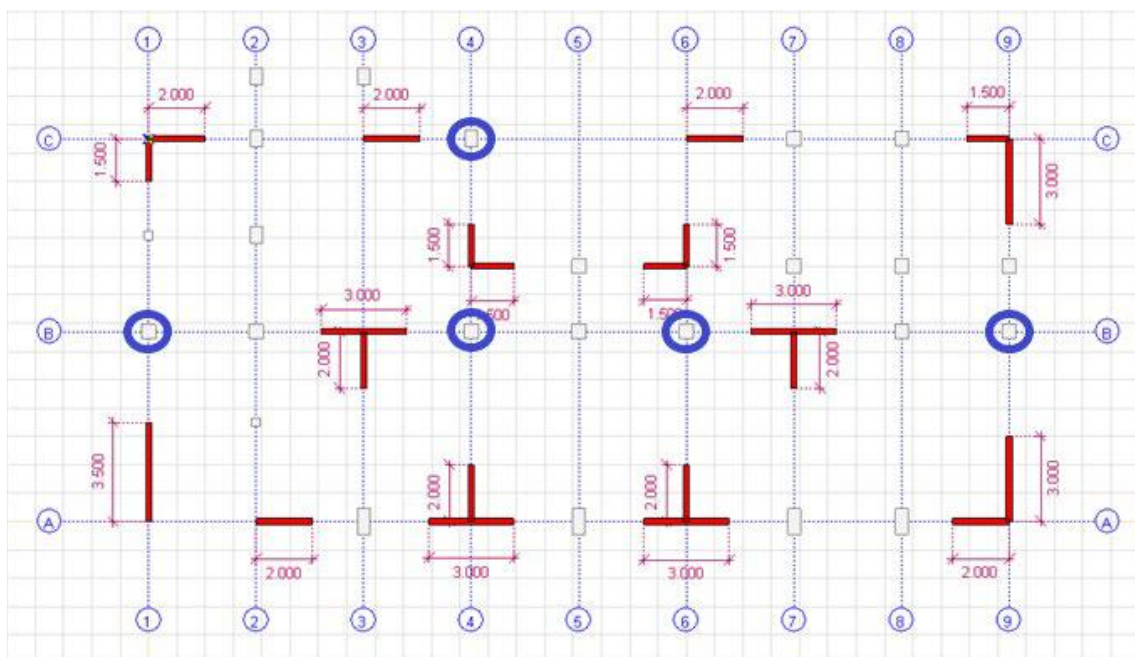


Figura nr. 9 – Propunere cămășuire stâlpi

Verificarea deplasărilor relative de nivel este îndeplinită pentru ambele stări ultime.

Verificarea capacității structurale a elementelor s-a realizat prin compararea cantităților de armătură necesare pentru a asigura o capacitate suficientă elementelor la eforturile rezultate din calculul static-liniar cu cantitățile de armătură efective propuse. Pentru evaluarea fiecărui element în parte, s-au considerat stările de eforturi/solicitare cele mai defavorabile identificate în toate grupările de încărcări. A fost verificată și posibilitatea de armare a grinzilor noi (20x60cm) care vor conecta pereții propuși.

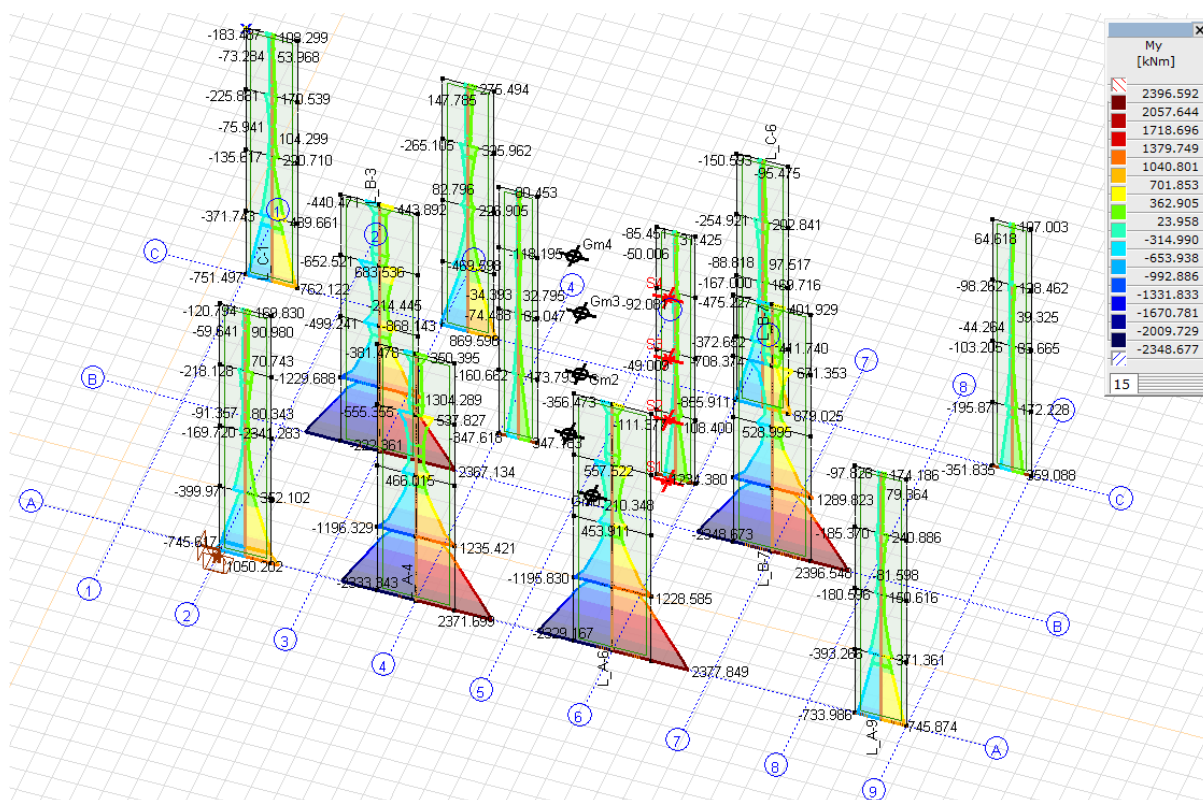


Figura nr. 10 – Înfășurătoare momente încovoietoare pereți longitudinali

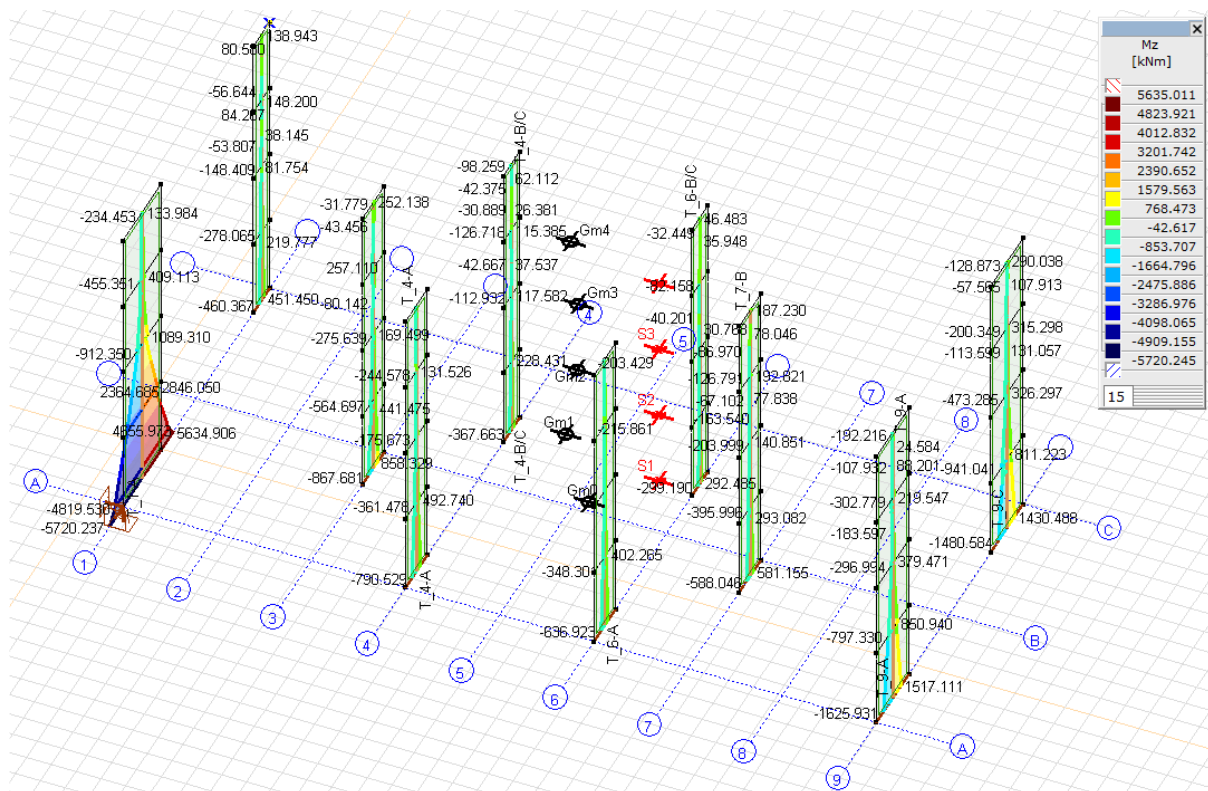


Figura nr. 11 – Înfășurătoare momente încovoietoare pereți transversali

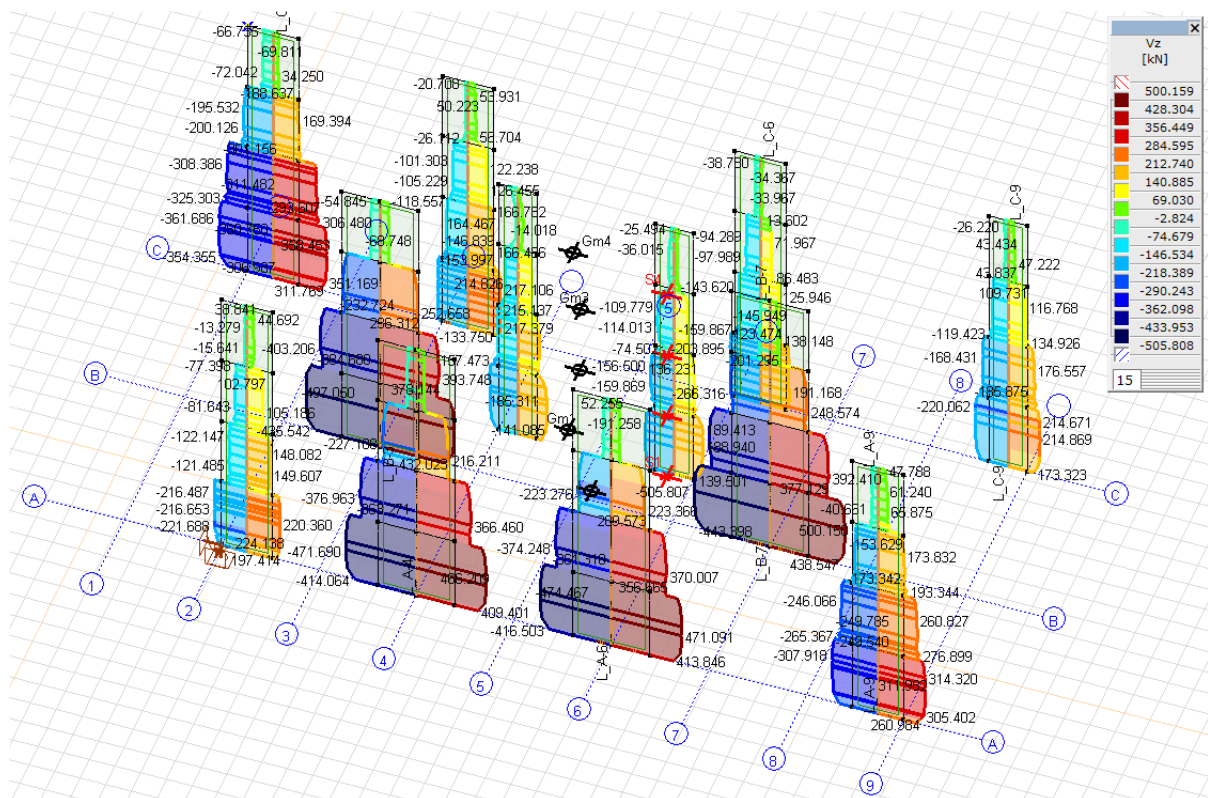


Figura nr. 12 – Înfășurătoare forțe tăietoare pereți longitudinale

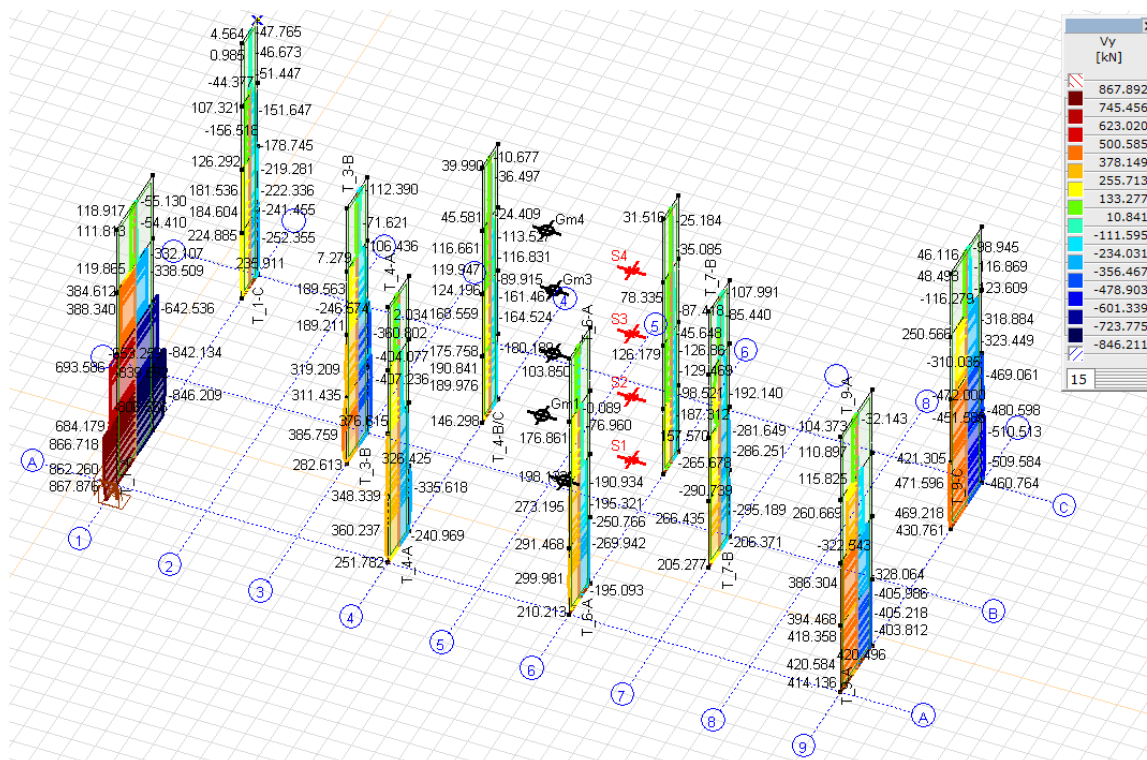


Figura nr. 13 – Înfășurătoare forțe tăietoare pereți transversali

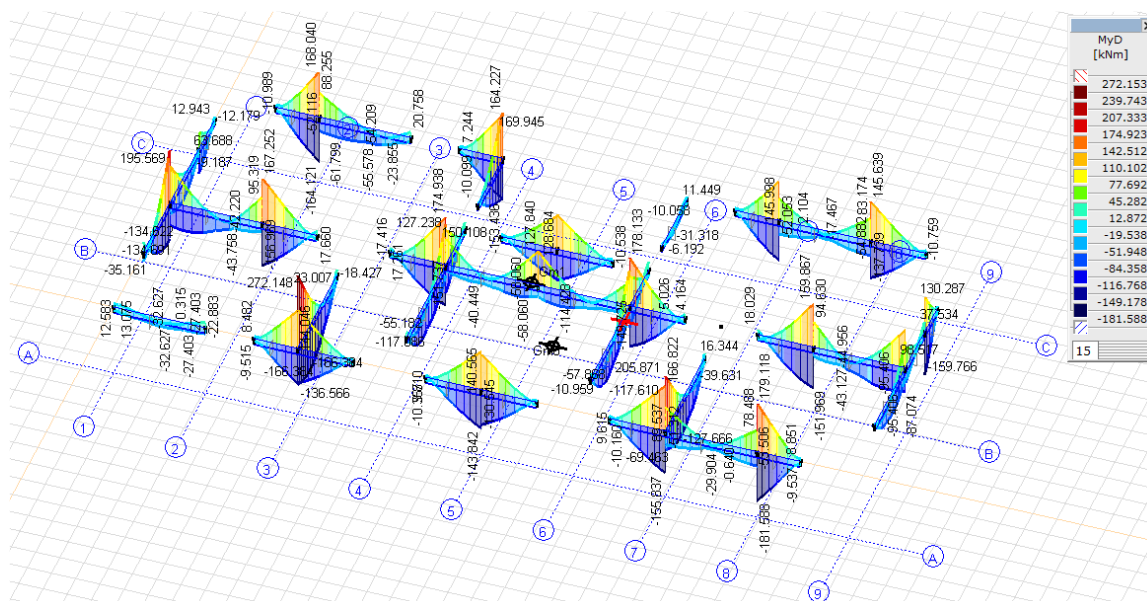


Figura nr. 14 – Înfășurătoare momente încovoietoare grinzi propuse parter - 20x60cm
($M_{max}=272 \text{ kNm}$; $M_{min}=182 \text{ kNm}$)

Aplicarea soluțiilor prezentate anterior, conduce la o încadrare a clădirii în clasa de risc seismic RsIII. Pentru încadrarea clădirii în clasa de risc seismic RsIV se păstrează soluția prezentată și se măresc secțiunile elementelor verticale cu 5cm.

Cercetarea în domeniul metodelor și tehnicilor de consolidare a clădirilor multietajate este esențială pentru asigurarea integrității structurale și a siguranței publice. Într-o lume expusă constant la riscuri seismice, schimbări climatice și alte fenomene naturale extreme, clădirile multietajate trebuie să fie capabile să reziste la solicitări semnificative fără a compromite stabilitatea structurală.

Capitolul 11

Concluziile finale

Proiectul de cercetare a evidențiat importanța cunoașterii clădirii multietajate din toate punctele de vedere pornind de la alcătuirea structurală, perioada de realizare, prescripțiile tehnice valabile la data proiectului, calitatea executiei, comportarea în timp a construcției cu identificarea tuturor factorilor care contribuie la deprecierea acesteia, precum și faptul că după fiecare cutremur construcția a fost sau nu a fost reabilitată. Cercetarea efectuată a evidențiat și faptul că după marile cutremure, construcțiile multietajate nu au fost supuse unui program de consolidare, în cele mai multe cazuri acestea fiind reabilite în exclusivitate prin sistem de finisare. Acest aspect ne îndreptățește să apreciem că vulnerabilitatea construcțiilor multietajate poate fi considerată evolutivă.

Prin programul de cercetare s-au stabilit un număr de 7 obiective care au vizat efectuarea unui studiu al istoriei blocurilor în România, a prescripțiilor de proiectare cu identificarea factorilor care influențează durabilitatea, a materialelor și soluțiilor tehnice utilizate, date absolut necesare pentru adoptarea unor soluții de intervenție. Evaluarea corectă a gradului de risc seismic pe baza aspectelor mai sus consemnate coraborate cu analiza comportării în timp contribuie la creșterea gradului de cunoaștere, la posibilitatea aplicării unor tehnologii noi.

Proiectul de cercetare prin obiectivele propuse dar și prin rezultatele obținute se înscrie în programele de sustenabilitate și reziliență promovate de către guvern dar și a celor inițiate la nivel european.

Astfel în cadrul obiectivului 1 al proiectului de cercetare s-au efectuat analize și cercetări pe diferite tipuri de structuri multietajate identificându-se atât materialul constitutiv, tehnologia de execuție, conceptul structural realizat conform prescripțiilor tehnice valabile la data edificării, aspect care a fost coraborat cu evoluția prescripțiilor tehnice, permițând identificarea punctelor critice pentru a fi considerate în investiții viitoare dar și factorii care le-au generat.

În cadrul obiectivului 2, pe baza cercetărilor efectuate pe diferitele tipuri de structuri, pornind de la cele edificate la sfârșitul secolului al-XIX-lea, urmate de cele interbelice, cât și cele edificate după 1950, considerându-se toată evoluția științifică a normativelor de proiectare, s-a putut realiza prin rezultatele cercetărilor obținute o bază de date absolut utilă în cunoscerea gradului de risc și vulnerabilitate.

În cadrul obiectivului 3, s-au identificat măsurile de intervenție cele mai permissive, stabilindu-se criterii de alegerea a acestora în funcție de deficiențele constatate, de neconformități dar și de neajunsurile prescripțiilor tehnice și a actelor normative care au stat la baza diferitelor etape de realizare a acestor construcții. Totodata, în cadrul tezei de doctorat s-au identificat proceduri de calcul, de modelare a construcțiilor existente, aspect care a permis punerea în evidență a zonelor vulnerabile, a elementelor critice, pentru a fi adoptat un management adecvat situațiilor de criză. În acest mod proiectul de cercetare și-a atins toate obiectivele propuse.

Foarte important în parcursul de îndeplinire a obiectivelor a fost faptul că s-a folosit o metodă de cercetare care combină analiza teoretică cu testarea experimentală, bazată pe studiile și cercetările laboratoarelor autorizate, testare experimentală care s-a realizat atât distructiv, prin prelevarea carotelor din diferite elemente dar și nedistructiv prin folosirea

ultrasunetelor, a radiografiei, a vibrațiilor sau termografiei pentru a detecta fisuri sau degradări fără a afecta structura construcției.

Pentru realizarea obiectivului 6, în teză se prezintă o analiză a unei construcții multietajate realizată în 1962, cu regim D+P+9E și o altă structură realizată în 1966-1972 cu regim D+P+2E, utilizând elementul finit supus sub diferite solicitări. Simularea s-a realizat utilizând programe de calcule structurale pentru a cuantifica performanța structurală în diferitele scenarii. Interpretarea comportării în timp s-a efectuat prin monitorizare structurală, care a putut cuantifica în timp real comportamentul structurii.

Nu în ultimul rând, în cadrul tezei de doctorat s-au prezentat o serie de posibilități de aplicare a BIM atât într-o cuantificare sistemică și realistă a comportării și a identificării zonelor vulnerabile dar totodată în a aprecia în viitor zonele cu vulnerabilitate ridicată în scopul adoptării unor măsuri eficiente.

Obiectivele au fost îndeplinite iar rezultatele cercetării au putut oferi informații deosebit de valoroase necesarea aplicării construcțiilor multietajate, putându-se cuantifica real atât riscul cât și coordonarea intervenției în situația unor acțiuni excepționale.

În cadrul derulării proiectului de cercetare s-a studiat un volum de publicații apreciabil iar rezultatele cercetării s-au sintetizat în teza de doctorat care conține 243 pagini, 112 imagini și grafice.

Se poate observa că o evidență cronologică a soluțiilor constructive, a materialelor utilizate, a principalelor deficiențe de comportament, dar și a vulnerabilităților identificate pot oferi o bază de date necesară ipotezelor de lucru în activitatea de monitorizare.

În cuprinsul tezei se face o analiză sistemică a categoriilor lucrărilor de intervenție, analiză care are în vedere posibilitatea executării consolidării fără afectarea unităților locative. Acest aspect reprezintă o concepție originală dat fiind faptul că în România, dar și în întreaga Uniune Europeană, lucrările de consolidare și reabilitare ridică probleme deosebite prin conceptul de intervenție.

Originalitatea cercetării o constituie și faptul că prin rezultatele obținute s-a constatat că modelarea informațiilor pentru clădiri, respectiv BIM, nu mai poate fi folosită numai pentru proiectare, ci și pentru:

- Simularea comportamentului structural (identificat în studiul de caz);
- Gestionarea riscului în timp real (identificat în studiul de caz);
- Coordonarea intervențiilor în situația unui nou seism.

Apreciez că rezultatele cercetării urmează a fi utilizate în următoarea etapă, la construcțiile aflate în proprietatea sau în administrarea instituțiilor statului, aceste rezultate oferind un suport valoros în gestionarea intervențiilor în timp real.

Rezultatele cercetării au fost valorificate prin întocmirea a două rapoarte de cercetare care au fost diseminate în cadrul evenimentelor științifice organizate la Universitatea „Ovidius” din Constanța, publicarea a cinci articole, din care: unul în curs de publicare într-o revistă ISI, MDPI; două articole publicate în reviste cotate BDI; două articole, publicate în reviste tip C, Index Copernicus International, CEEOL, ROAD, IBN și prin participarea la șapte conferințe naționale și internaționale și la prelegeri la evenimente științifice.

Prin obiectivele proiectului de cercetare au fost aduse contribuții personale importante care au contribuit în mod esențial la dezvoltarea cunoașterii și totodată acestea vor reprezenta un progres în procesul digitalizării proceselor de construcții.

Cercetarea efectuată va contribui la reducerea riscurilor structurale, la modernizarea fondului construit existent și prin urmare la implementarea politicii de creștere a siguranței construcțiilor în România prin abordarea integrată a actelor normative și a politicilor guvernamentale.

Rezultatele cercetării deschid noi direcții privind sustenabilitatea și reziliența construcțiilor, privind răspunsul acestora la dezastrele naturale, la eficiența energetică, dar și la schimbările climatice.