

METODA ANALITICĂ DE CALCUL AL REZISTENȚEI PEREȚILOR STRUCTURALI DE BETON ARMAT AI CLĂDIRILOR LA ACȚIUNI SEISMICE

Doctor habilitat în științe tehnice **Anatolie ZOLOTCOV**, Laureat al Premiului Național 2016
Viceministrul Dezvoltării Regionale și Construcțiilor

ANALYTICAL METHOD OF CALCULATION OF THE CONCRETE WALLS REINFORCEMENT TO SEISMIC ACTIONS

Summary. The results of the completed scientific research fundamentally contributed to the development of a new scientific direction in the area of seismic resistant design of building construction by calculation of monolithic walls resistance in oblique sections actions. The developed analytical method of calculation, as well as the dynamic model, based on the classic generalized calculated wall model, which reproduces fairly accurately its physical original, will allow increasing the safety of buildings and constructions with regards to seismic influence.

For the first time was developed an analytical method for calculating monolithic buildings walls in oblique sections, taking into account the simultaneous action in the calculated oblique section of bending moments, transverse and normal forces, as well as the impact of technological peculiarities of monolithic buildings construction, such as separate concreting of walls and the structure of technological seams.

Was proved that the developed method of calculation of monolithic buildings provides more reliable results than existing methods.

Keywords: monolith building construction, earthquake resistant construction, vibrator, seismic impact, vibration-dynamic tests of buildings, structures damage levels, dynamic characteristics, analytical method, system of concrete walls reinforcement.

Rezumat. Rezultatele cercetărilor științifice au determinat crearea unei noi direcții științifice în domeniul proiectării construcțiilor antiseismice privind calculul rezistenței pereților structurali de beton armat la ruperea după secțiuni înclinate. Metoda analitică de calcul elaborată, precum și modelul dinamic, bazat pe un model de calcul generalizat al peretelui, care reproduce suficient de apropiat originalul fizic al acestuia, ne va permite să obținem o siguranță mai mare a clădirilor și edificiilor la acțiunea cutremurelor de pământ.

Pentru prima dată a fost elaborată metoda analitică de calcul al rezistenței pereților structurali ai clădirilor de beton armat în secțiuni înclinate, care iau în considerare acțiunea concomitentă în secțiunea înclinată de calcul a aspectelor de încovoiere, a eforturilor transversale și normale, precum și a influenței particularităților tehnologice de edificare a clădirilor din beton monolit, printre care betonarea separată a pereților și amenajarea rosturilor tehnologice.

S-a demonstrat că metoda elaborată de calcul al rezistenței pereților structurali ai clădirilor de beton armat în secțiuni înclinate oferă rezultate mult mai autentice decât metodele existente.

Cuvinte-cheie: construcția clădirilor cu pereți structurali de beton armat, clădiri din beton monolit, construcții seismic rezistente, mașini de vibrații, acțiuni seismice, încercări vibrodinamice ale clădirilor, metode analitice, sistem de armare a pereților.

INTRODUCERE

Dezvoltarea durabilă a unei țări depinde de mulți factori, inclusiv de capacitatea de combatere a fenomenelor naturale periculoase. Republica Moldova este o țară cu un nivel înalt al pericolelor naturale, cum ar fi: cutremure de pământ, inundații și subinundații, alunecări de teren, terenuri tasabile ș.a.

Unul dintre cele mai periculoase hazarduri naturale, căruia este supus teritoriul Republicii Moldova, se consideră cel seismic, generat de procesele tectonice și geologice din regiunea Carpatică – zona Vrancea. Aici, la adâncimi mari, de până la 200 km, se produc cutremure de pământ cu magnitudini care uneori depășesc

valoarea 7,5 după scara Richter. Undele seismice din aceste epicentre se răspândesc în toate direcțiile, acoperind întregul teritoriu al Republicii Moldova și provocând intensități de 8 și chiar 9 grade, conform scării MSK de 12 grade.

Pe parcursul secolului al XX-lea, teritoriul Republicii Moldova a suferit câteva cutremure puternice: în 1940, 1977 și 1986, soldate cu victime și pagube materiale însemnate. La cutremurul din 4 martie 1977, numărul total de clădiri afectate a constituit 11 849, dintre care 8 914 au fost afectate puternic și au necesitat reconstrucții capitale, iar 2 765 au fost distruse complet. La cutremurul din 30 august 1986 (magnitudinea 7,0)

numărul persoanelor rănite a constituit 561, numărul persoanelor decedate – 2. Au rămas fără locuințe 3 737 de familii (14 457 de persoane). Daunele directe, aduse de cutremur, au fost evaluate la circa 680 de milioane \$ SUA.

Harta seismică a Republicii Moldova arată impactul cutremurelor de pământ asupra construcțiilor, în conformitate cu acesta urmând a fi stabilite cerințele față de rezistența construcțiilor, normele de proiectare, condițiile de exploatare, tehnologiile de reparații și renovare a lor.

De-a lungul timpului, s-au elaborat procedee și norme care să asigure protecția antiseismică a construcțiilor în zonele de producere a cutremurelor, inclusiv a clădirilor cu pereți structurali de beton armat. Însă din păcate, proiectarea și construcția lor a început prin utilizarea metodelor clasice privind calculul elementelor din beton armat, fără a efectua cercetările științifice respective și a elabora normativelor corespunzătoare.

În СНиП II-7-81* «Строительство в сейсмических районах» [1] lipsește capitolul privind proiectarea și construcția clădirilor cu pereți structurali de beton armat, capitolele însumate vizând doar clădirile din zidărie, cadre, elemente mari prefabricate. La proiectarea clădirilor cu pereți structurali de beton armat până în prezent se utilizează metode de calcul care nu iau în considerare specificul lor tehnologic și constructiv. Drept rezultat, consumul de armătură pe 1 m² din suprafața totală a acestor clădiri ajunge până la 100 kg și mai mult. Pentru că nu putem fi de acord cu asemenea practici, am inițiat desfășurarea unor ample investigații științifice privind comportarea clădirilor cu pereți structurali de beton armat la acțiunea diferitor solicitări – încărcări statice și dinamice.

EXPERIMENTE ȘI REZULTATE

Scopul cercetărilor efectuate a fost elaborarea unei scheme de calcul al pereților structurali de beton armat la solicitări cu caracter oscilant de semn alternant și elaborarea metodei analitice de calcul al rezistenței pereților structurali ai clădirilor de beton armat la ruperea lor în secțiunea înclinată în urma acțiunii seismice.

Pentru atingerea acestui scop au fost puse următoarele obiective:

1. Identificarea caracterului de formare a fisurilor în pereții structurali de beton armat ai clădirilor multietajate la o încărcare complexă;

2. Identificarea secțiunilor de calcul în care se produce ruperea peretelui structural de beton armat;

3. Determinarea formei diagramelor eforturilor normale (σ_y) și tangențiale (τ_{xy}) în secțiunile de calcul ale peretelui structural de beton armat în faza de rupere;

4. Stabilirea caracterului variației eforturilor unitare pe lungimea armăturii de contur comprimate (σ_s) și întinse (σ_t);

5. Elaborarea unui model nou de calcul al traectoriei fisurii critice a clădirilor cu pereți structurali de beton armat ținând cont de acțiunea seismică;

6. Elaborarea unei metode noi analitice de calcul al rezistenței pereților structurali de beton armat la ruperea după secțiuni înclinate, care va ține cont de acțiunea concomitentă în secțiunea înclinată de calcul a aspectelor de încovoiere, eforturilor transversale și normale, precum și de influența particularităților tehnologice de edificare a clădirilor cu pereți structurali de beton armat – betonarea separată a pereților, ame-

Tabloul 1

Caracteristica panourilor experimentale

Codul panoului	Limita de rezistență a betonului la compresiune, MPa		Armare	
	Cub	Prismă	de contur	de câmp
П-1	12,10	10,00	carcasă 4Ø14 A-III	-
П-2	12,30	10,00	carcasă 4Ø14 A-III	plasă Ø4 Bp-I, 200x200
П-3	15,10	12,00	mănunchi 4Ø14 A-III	-
П-4	7,40	5,10	carcasă 4Ø14 A-III	carcase diagonale 4Ø8A-III
П-5	12,60	10,30	mănunchi 4Ø14 A-III, legat cu spirală	-
П-6	15,80	12,60	mănunchi 4Ø14 A-III, legat cu spirală	-
A-1	14,80	11,80	carcasă 4Ø14 A-III	carcase diagonale 4Ø10A-III
A-2	11,90	9,50	carcasă 4Ø14 A-III	plasă Ø4 Bp-I, 200x200
A-3	19,90	16,00	carcasă 4Ø14 A-III	plasă Ø5 Bp-I, 100x100
A-4	14,40	11,50	carcasă 4Ø14 A-III	plasă Ø5 Bp-I, 50x50

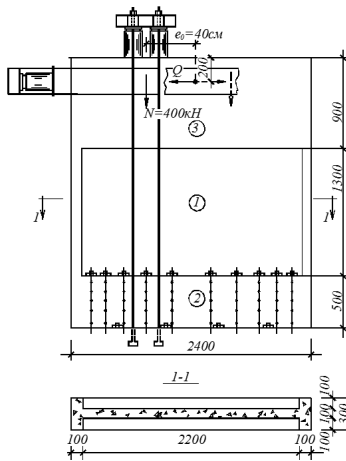


Figura 1. Construcția panourilor experimentale și schema încercării lor: 1 – câmpul panoului; 2 – zona de reazem; 3 – zona de încărcare.

najarea rosturilor tehnologice etc.;

Acest spectru de sarcini a determinat elaborarea modelelor experimentale, determinarea numărului lor și a metodei de încercări (figurile 1, 2, tabelul 1).

Practic în toate panourile cu armare de contur sub formă de carcasa clasice spațiale a avut loc flambarea barelor longitudinale și desprinderea betonului comprimat de pe acestea (figura 3, a).

Armătura verticală de contur, alungită în urma întinderii, nu este în stare să revină la condiția sa inițială și este nevoită să se încovoie pe lungime. Îndoindu-se, armătura deteriorează betonul în care este fixată. Din această cauză se distruge prematur zona comprimată a panoului și ca urmare scade capacitatea sa portantă. La încărcarea ciclică alternantă a panoului, procesul

se intensifică soldându-se cu distrugerea lui completă.

Cu totul diferit s-au comportat, la etapa de rupere, pereții ale căror mănunchiuri de armături de contur în zonele de reazem au fost ranforsate cu spirale (efectul beton fretat), având un procent de armare foarte mic. În acești pereți, până la ruperea lor completă, zonele comprimate s-au păstrat absolut intacte. Desprinderea și fărâmițarea betonului nu s-a observat, iar armătura nu s-a încovoiat (figura 3, b).

Prin urmare, utilizarea efectului betonului fretat mărește rezistența pereților la încovoiere, precum și la forfecare, localizând complet acțiunea agresivă a armăturii de contur asupra betonului comprimat de pe aceștia.

Pentru examinarea comportării pereților structurali de beton armat la solicitări dinamice, au fost executate și testate două fragmente cu înălțimea de șase nivele. Experimentele efectuate – statice, precum și dinamice – au furnizat informații importante privind comportarea în stadiul de rupere a pereților structurali de beton armat. Însă prin încercări experimentale este imposibil de a cuprinde tot spectrul de probleme ce apar la elaborarea unei metode de calcul al unor astfel de construcții, în primul rând, identificarea cauzelor formării fisurilor înclinate și cercetarea traiectoriilor acestora. De aceea a apărut necesitatea de a efectua studii teoretice corespunzătoare, capabile să completeze rezultatele încercărilor experimentale descrise mai sus.

Cercetările teoretice aveau următoarele sarcini:

1. Identificarea caracterului de formare a fisurilor în pereții structurali de beton armat ai clădirilor mul-

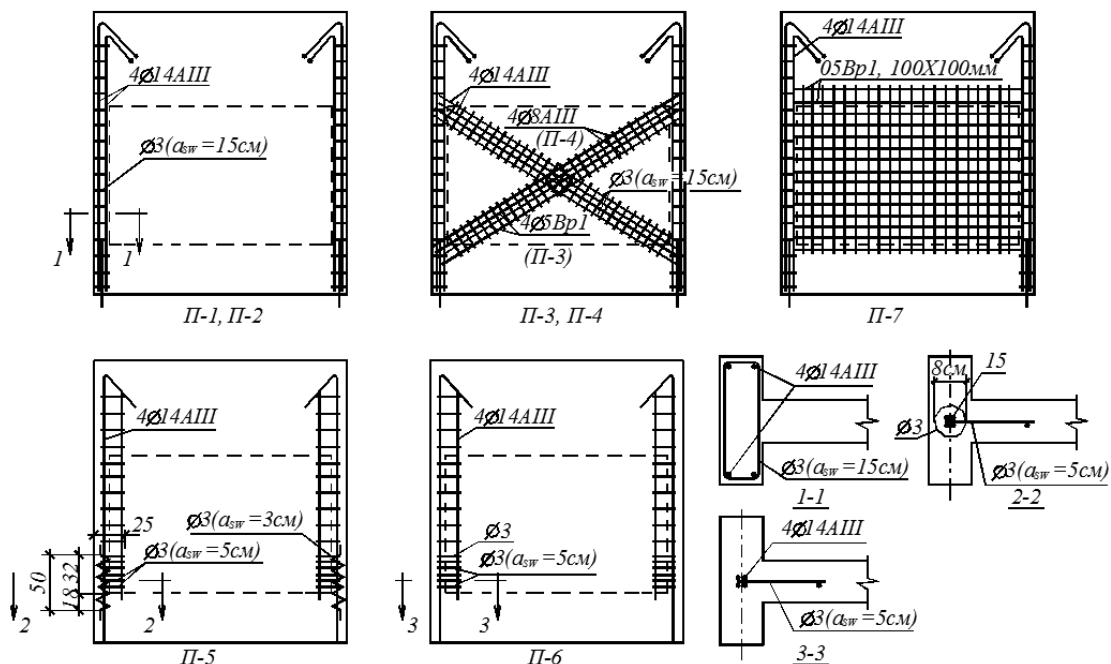


Figura 2. Armarea panourilor experimentale (armarea zonelor de reazem și încărcare convențional nu sunt arătate)

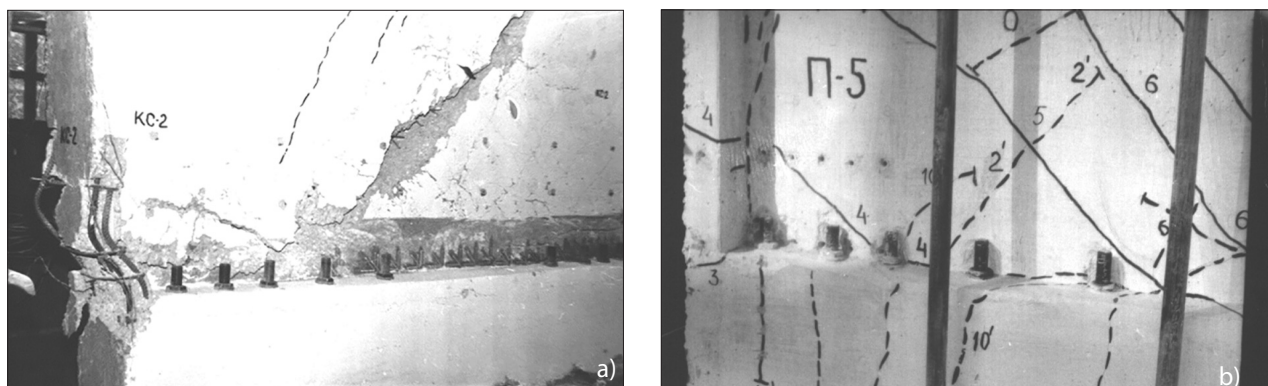


Figura 3. Starea zonei comprimate a panourilor fără ranforsare (a) și cu ranforsare sub forma de spirală (b) a mănunchiului armăturii de contur la etapa de rupere.

tietajate la o încărcare complexă.

2. Determinarea secțiunilor de calcul în care are loc ruperea peretelui structural de beton armat.

3. Determinarea formei diagramelor eforturilor normale (σ_y) și tangențiale (τ_{xy}) în secțiunile de calcul ale peretelui structural de beton armat în faza de rupere.

4. Stabilirea caracterului variației eforturilor unitare pe lungimea armăturii de contur comprimate (σ_s) și întinse (σ_s).

Obiectul cercetărilor teoretice l-au constituit pereții structurali de beton armat ai clădirii de șase nivele cu diferite valori ale caracteristicii geometrice (β_p) la acțiuni seismice. Cercetările teoretice au permis identificarea traiectoriei de calcul al fisurii critice, similară traiectoriilor fisurilor critice, după care pereții structurali de beton armat ai fragmentelor experimentale fuseseră distruși cu rosturi tehnologice.

Datele experimentale obținute au confirmat ipoteza potrivit căreia secțiunea înclinată de calcul, după care se produce ruperea peretelui la o încărcare complexă, este în formă de zigzag, compusă din două sectoare înclinate, legate prin segmentul orizontal cu lungimea „t” (figura 4).

Cercetările experimentale – statice și dinamice, precum și teoretice, – au permis elaborarea schemei de calcul și metodei analitice de calcul al rezistenței pereților structurali ai clădirilor de beton armat la ruperea lor în secțiunea înclinată în urma acțiunii seismice (figura 5).

Mulți autori, care au studiat funcționarea construcțiilor plane și a grinzilor la ruperea lor după secțiunile înclinate, consideră necesar ca în calculele de rezistență să se țină cont de forțele de agățare a dinților din fisuri, care apar pe ambele margini ale fisurilor înclinate. Cu acest fapt nu putem să nu fim de acord când este vorba de încărcarea statică a construcțiilor. În cazul dat forțele de agățare a dinților din fisuri pot avea un rol semnificativ la formarea

rezistenței construcției la acțiunea forțelor exterioare.

Însă cu totul altă situație se atestă la încărcarea dinamică multiciclică. După cum au arătat experimentele dinamice, forțele de agățare a dinților pe ambele părți ale fisurilor oblice sunt suficiente în momentul apariției acestora, apoi scad rapid pe măsura deschiderii fisurilor și măcinării lor.

De aceea, la calculul în faza de rupere a sistemelor, care preiau acțiunea seismică, este logic de pornit de la faptul că forțele de agățare a dinților în fisura de calcul sunt egale cu zero.

Încă o observație merită să fie făcută referitoare la rezistența armăturii față de eforturile unitare transversale, așa numitul „efectul de dorn” (dowel effect).

Conform datelor multor cercetători, valoarea acestor eforturi nu depășește 1-2% din rezistența generală a îmbinărilor la forfecare, considerându-se că **influența eforturilor unitare transversale asupra formării rezistenței construcției la forfecare nu este semnificativă și poate fi neglijată [2].**

Pornind de la cele expuse mai sus, condiția de rezistență conform secțiunii înclinate de calcul i (figura 6) se prezintă sub forma unui sistem de ecuații:

$$N_i = N_b + N'_s - N_s + N_t - N_{sq} - T_{(s,inc)} \cdot \cos \gamma; \quad (1)$$

$$Q_i = Q_b + Q_t + Q_{sw} + T_{(s,inc)} \cdot \sin \gamma; \quad (2)$$

$$M_{i(o)} = Q_t Z_Q = N_b Z_b + N'_s Z'_s + N_t Z_t + Q_t Z_{qt} - N_{sq} Z_{sq} + Q_{sw} Z_{sw} + T_{s,inc} Z_{s,inc} - N_i Z_N \quad (3)$$

În relațiile (-1) ... (3):

N_i – rezultanta sarcinii verticale pentru secțiunea i de calcul, care cuprinde toate forțele exterioare, aplicate în secțiunea de calcul (orizontală sau înclinată);

Q_i – forța tăietoare de la sarcina exterioară orizontală în secțiunea i . Pentru modelul de calcul al peretelui (figura 6), Q_i se determină ținând cont de forța S_i care se distribuie între blocurile «A» și «B»;

$M_{i(o)}$ – suma momentelor în raport cu punctul O al

Caracterul armării de câmp al pereților	Sistemul de armare	Locul sistemului de armare	Consumul de armare de câmp pentru un panou, kg
Carcase plane verticale		Fragmentul nr. 2 axa 1	33,99
Carcase spațiale încrucișate		Fragmentul nr. 2 axa 2	15,58
Fără armare		Fragmentul nr. 1 axa 1	-
Carcase spațiale diagonale		Fragmentul nr. 1 axa 2	23,69

Figura 4. Schema de armare de câmp a pereților ai fragmentelor 1 și 2

forțelor horizontale S_k ;

$$M_{i(o)} = \sum_{k=i+1}^n S_k h_k \quad (4)$$

Valoarea $M_{i(o)}$ se determină altfel, ca un moment al rezultantei forțelor horizontale S_k în raport cu punctul O aflat la intersecția secțiunii i cu linia de acțiune a efortului N_s (figura 6).

$$M_{i(o)} = Z_Q Q_i \quad (5)$$

$$Z_Q = \frac{\sum_{k=i+1}^n S_k h_k}{\sum_{k=i+1}^n S_k} \quad (6)$$

$N_{sq}, Q_{sw}, T_{s,inc}$ - rezultanta eforturilor unitare, corespunzător în barele de câmp verticale și înclinate, intersectate de secțiunea de calcul;

N_t - rezultanta eforturilor unitare σ_y pe sectorul orizontal al secțiunii înclinate de calcul;

Q_i - rezultanta forțelor de frecare pe sectorul ori-

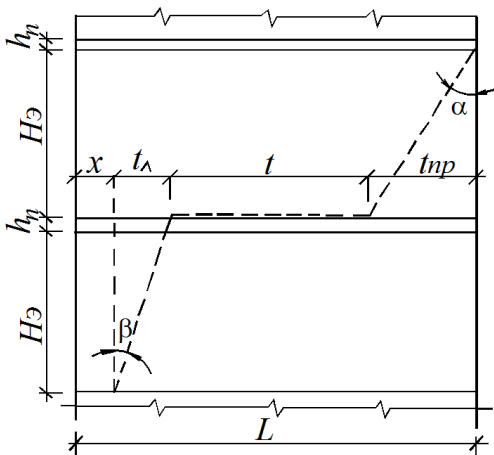


Figura 5. Traectoria de calcul al fisurii critice

zontal al secțiunii înclinate de calcul;

Q_b - rezistența zonei comprimate a betonului la forfecare;

N_b - rezultanta eforturilor unitare σ_y în zona comprimată a peretelui;

C - proiecția verticală a secțiunii înclinate de calcul (figura 6);

$$C = H_e + h_p + H_e$$

x - lungimea zonei comprimate a peretelui;

$Z_p, Z_s, Z_{Np}, Z_p, Z_{qp}, Z_{sq}, Z_{sw}, Z_{(s,inc)}$ - brațele forțelor corespunzătoare în raport cu punctul O ;

N_s, N_s' - rezultanta eforturilor unitare corespun-

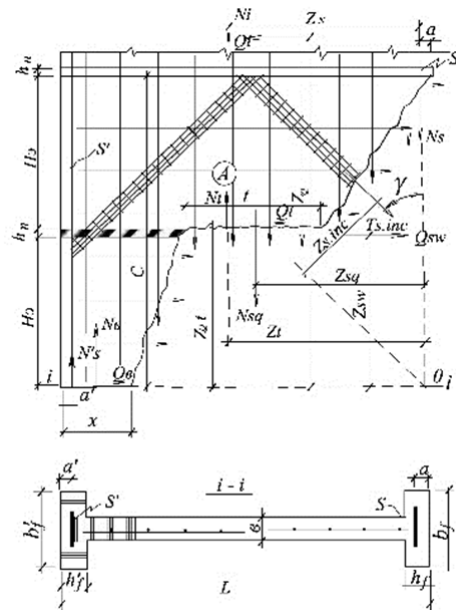


Figura 6. Schema de calcul privind calculul analitic al pereților structurali de beton armat în secțiuni înclinate

zător în armătura de contur întinsă și comprimată în secțiunea de calcul;

$$N'_s = nR_b A'_s \frac{x-a'}{x} \quad (7)$$

în care, A'_s – aria secțiunii transversale a armăturii S' .

Formula (7) este valabilă în cazul $R_{nb} \leq R_{sc}$. La nerespectarea acestei condiții, în formula (7) nR_b se substituie cu R_{sc} (în care, $n = E_s/E_b$).

În secțiunile de calcul:

$$\text{orizontale: } N_s = R_s A_s, \quad (8)$$

$$\text{încinate: } N_s = \psi_s R_s A_s, \quad (9)$$

în care A_s – aria secțiunii transversale a armăturii S ,

ψ_s – coeficient egal cu $\psi_s = 0,4$.

Valorile eforturilor, cuprinse în relațiile (1)... (3), se determină pentru două cazuri de funcționare a peretelui: $x \leq h'_f$ și $x > h'_f$.

În ambele cazuri, se respectă principiul:

$$G = G(p) + G(n) \quad (10)$$

în care, G – rezultanta eforturilor în zona comprimată a secțiunii peretelui,

$G(p), G(n)$ – partea rezultantei efortului G , care acționează corespunzător în inima și-n bulbul secțiunii peretelui.

Verificarea rezistenței pentru secțiunea înclinată de calcul i a peretelui se efectuează din condiția:

a) la $x \leq h'_f$

$$N_i = R_b \left(0,47b'_f x + nA'_s \frac{x-a'}{x} \right) - \psi_s R_s A_s + N_t - q_{sq}(L-h_f-x-S_q) - A_{s,inc} R_{s,inc} \cos y \quad (11)$$

$$Q_i = 0,74R_{bsh} [b + 0,7(b'_f - b)]x + fN_t + q_{sw}(c-S_w) + A_{s,inc} \cdot R_{s,inc} \cdot \sin y \quad (12)$$

$$M_{i(o)} = R_b \left[0,74b'_f x \left(L - a - \frac{x}{3} \right) + nA'_s \frac{x-a'}{x} (L-a-a') \right] + N_t \left\{ \frac{2}{3} [L - (H_e + h_p) \text{tg} \beta + 0,5H_e \text{tg} \alpha - x] - a + f(H_e + h_p) \right\} - 0,5q_{sq}(L-h_f-t-x-S_q)(L-a-x-S_q) + 0,5q_{sq}(c-S_w)^2 - A_{s,inc} \cdot R_{s,inc} \cdot Z_{s,inc} - N_t Z_N \quad (13)$$

b) la $x > h'_f$

$$N_i = R_b \left\{ 0,47 \left[bx + \frac{2x-h'_f}{x} (b'_f - b)h'_f \right] + nA'_s \frac{x-a'}{x} \right\} - \psi_s R_s A_s + N_t - q_{sq}(L-h_f-t-x-S_q) - A_{s,inc} R_{s,inc} \cos y \quad (14)$$

$$Q_i = 0,74R_{bsh} [bx + (1,04 - 0,44 \frac{h'_f}{x})(b'_f - b) \frac{h'_f}{x}] + fN_t + q_{sw}(c-S_w) + A_{s,inc} \cdot R_{s,inc} \cdot \sin y \quad (15)$$

$$M_{i(o)} = R_b \left\{ 0,47 \left[bx \left(L - a - \frac{x}{3} \right) + \frac{2x-h'_f}{x} (b'_f - b) \frac{h'_f}{x} \right] \right. \\ \left. (L - a - \frac{h'_f}{3} \cdot \frac{3x-2h'_f}{2x-h'_f}) \right\} + nA'_s \frac{x-a'}{x} (L-a-a') + N_t \left\{ \frac{2}{3} [L - (H_e + h_p) \text{tg} \beta + 0,5H_e \text{tg} \alpha - x] - a + f(H_e + h_p) \right\} - 0,5q_{sq}(L-h_f-t-x-S_q) \cdot (L-a-x-S_q) + 0,5q_{sw}(c-S_w)^2 - A_{s,inc} \cdot R_{s,inc} \cdot Z_{s,inc} - N_t Z_N \quad (16)$$

$$Z_t = \frac{2}{3} [L - (H_e + h_p) \text{tg} \beta + 0,5 \text{tg} \alpha - x] - a. \quad (17)$$

în care, f – coeficient de frecare, $f = 0,7$;

q_{sq}, q_{sw} – efortul de calcul corespunzător în barele verticale și orizontale ale armăturii de câmp;

$$q_{sq} = \frac{A_{sq} R_{sq}}{S_q}, \quad (18)$$

$$q_{sw} = \frac{A_{sw} R_{sw}}{S_w}, \quad (19)$$

în care A_{sq}, A_{sw} – aria secțiunii transversale a unei suprafețe corespunzător în barele verticale și orizontale a armăturii de câmp,

R_{sq}, R_{sw} – rezistența de calcul corespunzător în barele verticale și orizontale ale armăturii de câmp,

S_s, S_w – distanța (pasul) corespunzător în barele verticale și orizontale ale armăturii de câmp,

a, a' – distanța de la muchia exterioră până la punctul de aplicare a rezultantei eforturilor corespunzător în armătura întinsă și comprimată.

Expresia $h_f(3x-2h_f)/(2x-h_f)$ din formula (16) se înlocuiește cu $0,45h_f$.

Rezistența betonului la forfecare (R_{bsh}) din formulele 12 și 15 se determină prin formula

$$R_{bsh} = \sqrt{0,5R_b R_b'}$$

Valoarea segmentului t al traiectoriei de calcul a fisurii critice poate fi identificată din expresia (figura 6):

$$t = L - \text{tg} \beta (H_e + h_p) - \text{tg} \alpha \cdot H_e \quad (20)$$

$$\alpha = 16,52\beta, \beta = 9,6\beta_p \quad (21)$$

în care, $\beta_p = L / (H_e + h_p)$,

L – lungimea peretelui,

H_e – înălțimea etajului în lumină,

h_p – grosimea planșeului.

În tabelul 2 sunt prezentate datele privind determinarea capacității portante a peretelui, menționat anterior, cu aplicarea diferitor metode de calcul din mai multe țări.

Analiza acestor informații conduce la concluzia că, exceptând metoda prezentată în normele «Строительство монолитных зданий в сейсмических районах Молдавской ССР», Республиканские строительные нормы (PCH 13-87, Часть-I) restul metodelor dau un pronostic de calcul majorat al capacității portante a pereților structurali de beton armat la acțiunea seismică. Majorarea respectivă, în cele mai multe cazuri, este considerabilă.

În ceea ce privește **metoda autorului, aceasta este bazată pe un model de calcul generalizat al peretelui, care reproduce suficient de apropiat originalul fizic al acestuia.**

Noutatea științifică a rezultatelor obținute constă în următoarele:

1. S-a obținut un model nou de calcul al traiectoriei fisurii critice a clădirilor cu pereți structurali de beton armat ținând cont de acțiunea seismică.

2. S-a elaborat o metodă nouă analitică de calcul al rezistenței pereților structurali de beton armat la ruperea după secțiuni înclinate. Metoda respectivă se bazează pe un model de calcul ce ține cont de acțiunea concomitentă în secțiunea înclinată a momentelor de încovoiere, eforturilor transversale și normale, precum și de influența particularităților tehnologice de edificare a clădirilor cu pereți structurali de beton armat, cum ar fi betonarea separată a pereților și amenajarea rosturilor tehnologice.

3. S-a elaborat o schemă principial nouă de armare a elementelor plane din beton armat, care lucrează la solicitări cu caracter oscilant de semn alternant.

4. Rezultatele cercetărilor științifice efectuate au determinat crearea unei noi direcții științifice în domeniul proiectării construcțiilor antisismice privind calculul rezistenței pereților structurali de beton armat la ruperea după secțiuni înclinate.

CONCLUZII

Rezultatele cercetărilor au permis formularea următoarelor concluzii:

a) armarea de contur sporește capacitatea portantă a panoului, însă pentru aceasta trebuie prevenit flambajul (încovoiere longitudinală) armăturii instalate pe conturul panoului;

b) armarea de câmp pe diagonală este mult mai eficientă decât cea cu plase, deoarece traiectoria eforturilor principale de întindere coincid cu axele carcaselor;

c) eforturile unitare transversale (efectul de dorn) în calculul pereților structurali de beton armat la acțiunea seismică pot fi neglijate, deoarece în faza de rupere eforturile unitare în armătura de rezistență tind spre valorile de calcul ale rezistenței armăturii la întindere (R_s); eforturile de agățare a dinților în fisura înclinată în calculul în faza de rupere a pereților structurali de beton armat la solicitări cu caracter oscilant de semn alternant, din cauza măcinării suprafețelor fisurilor pot fi neglijate;

d) deplasările reciproce ale blocurilor de pereți, după formarea în acestea a fisurilor sub formă de zig-

Tabelul 2

Capacitatea portantă a peretelui structural de beton armat fără armare de câmp, determinată cu aplicarea diferitor metode de calcul

Nr.	Denumirea documentului (țara)	Forța transversală în secțiunea înclinată, preluată de beton, kN	Abaterea valorii de calcul a capacității portante de la cea experimentală, %
1	2	3	4
1.	Свод правил. СП 63.13330-2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003, Москва, 2012 [3]	1696	93
2.	СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения [4]	3297	276
3.	Cod de proiectare a construcțiilor cu pereți structurali de beton armat. Indicativ CR 2-1-1.1:2012. România [5]	2696	207
4.	Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. (ACI 318-11) American Concrete Institute, August, 2011. USA, 1978 [6]	5339	509
5.	EN 1992-2-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings [7]	3710	323
6.	Строительство монолитных зданий в сейсмических районах Молдавской ССР. Республиканские строительные нормы. РСН 13-87 Часть I. Кишинев „Тимпул”, 1988 [8]	1652	88
7.	Autorul [2]	943	7,5

Notă: Valoarea sarcinii experimentale la care s-a rupt peretele structural de beton armat, fără armarea de câmp, constituie 877 kN [2]

zag, contribuie la o disipare considerabilă a energiei oscilațiilor, în special pe sectoarele orizontale ale fisurilor în rosturile tehnologice;

e) analiza formării fisurilor în pereții structurali plini permite stabilirea traiectoriei fisurii critice pentru modelul de calcul al unor astfel de pereți; aceasta începe în zona întinsă a etajului imediat superior, aproximativ sub un unghi de 60° , coboară spre planșeu, trece prin rostul tehnologic și sub același unghi pleacă spre zona comprimată a etajului imediat inferior, astfel, traiectoria fisurii critice (de calcul) are un caracter de zigzag.

Capacitatea portantă a pereților structurali de beton armat în secțiunile înclinate, la proiectarea clădirilor la acțiuni seismice, poate fi determinată cu aplicarea metodei analitice de calcul elaborate. Baza acestei metode o constituie schema de calcul care ia în considerare acțiunea simultană în secțiunea înclinată de calcul:

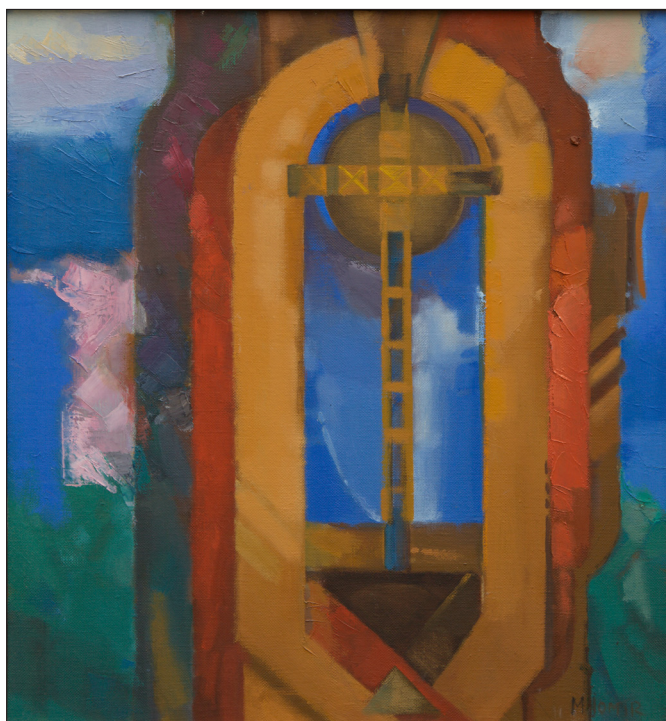
- momentele de încovoiere;
- eforturile transversale;
- eforturile normale;
- particularitățile tehnologice de edificare a clădirilor din beton monolit, așa ca betonarea separată a pereților și amenajarea rosturilor tehnologice.

Metoda analitică de calcul elaborată a rezistenței pereților structurali de beton armat la ruperea lor după secțiunile înclinate a fost utilizată în normele de construcție din Republica Moldova și anume: «Строительство монолитных зданий в сейсмических районах Молдавской ССР», Республиканские

строительные нормы (РСН 13-87, Часть-I); NCM F.02.02.-2006. Calculul, proiectarea și alcătuirea elementelor de construcții din beton armat și beton pre-comprimat. Chișinău, 2006.

BIBLIOGRAFIE

1. СНиП II-7-81*. Строительство в сейсмических районах. Москва: Стройиздат, 1985. 79 с.
2. Золотков А.С. Сейсмостойкость монолитных зданий. Кишинев: Картя Молдовой, 2000, 283 с.
3. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения». Москва: 2012. 155 с.
4. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. Москва: Стройиздат, 1985. 30 с.
5. Cod de proiectare a construcțiilor cu pereții structurali din beton armat. Indicativ CR 2-1-1.1:2011, p. 148. România.
6. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. (ACI 318-11) American Concrete Institute, August, 2011.
7. EN 1992-2-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. 209 p.
8. Республиканские строительные нормы. РСН-13-87. Строительство монолитных зданий в сейсмических районах Молдавской ССР. Часть I. Кишинев: Тимпул, 1988. 108 с.



Mihai Jomir. *Fereastra mănăstirii II*, u.p., 1998