

ПРОПОЗИЦІЇ З ВИРІШЕННЯ СТАТИЧНОЇ ЗАДАЧІ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ГРАНИЦІ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ОБ'ЄМНИХ БЛОКІВ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Б.Г.ДЕМЧИНА – к.т.н., доцент, ДУ "Львівська політехніка",
М.Й.КОЛЯКОВ – д.т.н., професор, КиївЗНДІП,
В.С.ФІЦИК – інженер фірми "Каменярь"

Під об'ємним блоком житлових будівель розуміємо відсік крупнопанельного будинку, що розташований між двома поперечними і двома поздовжніми (зовнішніми та внутрішніми) стіновими панелями який перекритий плоскою плитою, що оперта по контуру. Крім того, сюди можна віднести конструкції об'ємно-блочних будинків, а також конструкції просторових каркасних систем каркасної структури.

Розрахункова модель такого блоку представлена на рис.1.

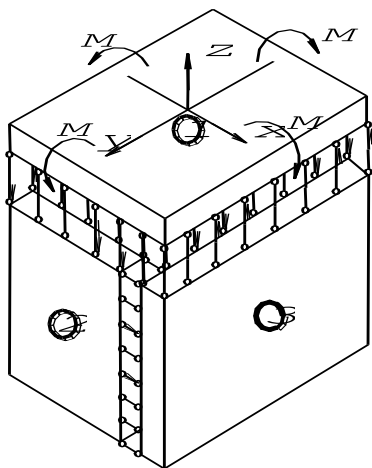


Рисунок 1. Розрахункова модель об'ємного блоку

Кожна із складових пластин блоку в загальному випадку ортотропна, і тільки верхня плита перекриття може бути ізотропною конструкцією у випадку суцільної монолітної плити. Диференціальне рівняння згину кожної з пластин може бути представлене у вигляді:

$$D_x \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + D_{xy} 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} + \nabla^2 \int_{-h/2}^{+h/2} T_z dz + \nabla^2 N + q = 0 \quad (1)$$

Розподіл температур при пожежі визначається нестационарним рівнянням теплопровідності, яке за результатами роботи [1] приймається у відомому вигляді:

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (2)$$

При визначенні, виходячи з рівнянь (1) та (2), границі вогнестійкості необхідно керуватися передісторією завантаження, як правило, вогнева дія виникає в споруді, властивості матеріалів якої стали постійними, із стабілізованими процесами повзучості і стаціонарним напруженим станом певного рівня.

У відповідності з викладеним, еволюція напружено-деформованого стану (НДС) при сумісній силовій і вогневій дії розглядається в наступній послідовності:

- визначається НДС просторового об'ємного блоку при статичній дії;
- визначається НДС при сумісній дії силових і температурних полів з наступним сумуванням напружень і деформацій.

При вирішенні статичної задачі, вважаючи що температура зовнішнього середовища і елементів блоку співпадають, для кожної i -ої пластини маємо рівняння:

$$D_x^i \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^4} + D_{xy}^i 2 \frac{\partial^4 \omega}{\partial x^2 \partial y^2} + D_y^i \frac{\partial^4 \omega}{\partial y^4} + \nabla^2 N + q = 0 \quad (3)$$

де D^i – циліндрична жорсткість i -ої пластини.

Для кожної пластини таких умов буде 8-м (по дві на кожному краю), а для системи із 5-ти пластин – 40-ок і при цьому 6-ть із них пов'язані з аналогічними умовами для інших пластин. Це свідчить про неможливість знаходження розв'язку в рамках класичної моделі [2].

Нижче пропонується наближений підхід для визначення НДС об'ємного блоку. Цей підхід пов'язаний із перерозподілом зовнішніх моментів M_x і M_y між елементами блоку.

Суть методики полягає в наступному. Відкинемо дві протилежні бокові пластини, і розглянемо пластинчасту раму (рис.2).

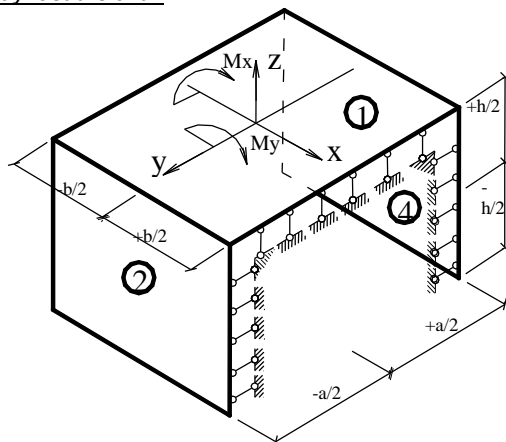


Рисунок 2. Пластинчата рама

Вплив відкинутих пластин враховується пружно податливими зв'язками рівномірно розподіленими по довжині лінії контакту.

Розглянемо зусилля і деформації в системі зв'язків між пластинками 2-1 і 1-4 у відповідності з рис.3. В результаті дії моменту M_x пластинки 1(k) і 4(i) вигнуться по деяких кривих $\omega(x,y)$ та $\omega(z,y)$, а в зв'язках між ними виникнуть відповідні реакції і переміщення, та утвориться деякий кут повороту φ , який рівний:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2 \Delta e}{h_i} \approx \varphi \quad (4)$$

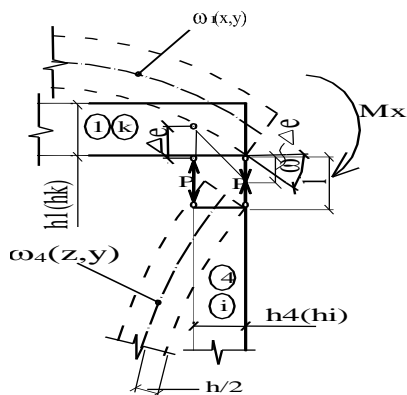


Рисунок 3. Зусилля і деформація

З іншого боку:

$$\varphi = \left. \frac{\partial \omega_i}{\partial z} \right|_{h/2} = \frac{2\Delta e}{h_i} \quad \text{і і так} \quad \Delta e = \frac{Pl}{EA}$$

Зусилля в зв'язках рівне:

$$P = \frac{\left. \frac{\partial \omega_i}{\partial z} \right|_{h/2} \left(\frac{a}{2} \right) EA h_{i(k)}}{2e} \quad (5)$$

Згинальний момент, що утворюють зв'язки:

– для пластини k , товщиною h_k :

$$M_k = Ph_k = \frac{\left. \frac{\partial \omega_k}{\partial x} \right|_{a/2} EA h_k^2}{2e} \quad (6)$$

– для пластини i , товщиною h_i :

$$M_i = Ph_i = \frac{\left. \frac{\partial \omega_i}{\partial z} \right|_{h/2} EA h_i^2}{2e} \quad (7)$$

і так як:

$$M_i = M_{(h/2)} = D_i \left. \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial z^2} \right|_{h/2} \quad (8)$$

$$M_k = M_{(a/2)} = D_k \left. \frac{\partial^2 \omega_k}{\partial x^2} \right|_{a/2}$$

то з рівнянь (6) та (7) з врахуванням (8) маємо:

$$D_i \left. \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial z^2} \right|_{h/2} = \left. \frac{\partial \omega}{\partial z} \right|_{h/2} \frac{EA h_i^2}{2e} \quad (9)$$

$$D_k \left. \frac{\partial^2 \omega}{\partial x^2} \right|_{a/2} = \left. \frac{\partial \omega}{\partial x} \right|_{a/2} \frac{EA h_k^2}{2e}$$

Зовнішній момент M_x рівний сумі $(M_i + M_k)$ моментів, що згинають пластини у вузлі:

$$M_x = D_i \left. \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial z^2} \right|_{h/2} + D_k \left. \frac{\partial^2 \omega_k}{\partial x^2} \right|_{a/2} \quad (10)$$

В розгорнутому вигляді:

$$M_x = \left. \frac{\partial \omega}{\partial z} \right|_{h/2} \frac{EA h_i^2}{2e} + \left. \frac{\partial \omega}{\partial x} \right|_{a/2} \frac{EA h_k^2}{2e} \quad (11)$$

З рівняння (11) простими перетвореннями отримаємо:

$$\frac{D_i h_i^2 \left. \frac{\partial \omega_i}{\partial z} \right|_{h/2}}{D_k h_k^2 \left. \frac{\partial \omega_k}{\partial x} \right|_{a/2}} = \frac{M_i}{M_k} = \frac{M_x - M_k}{M_k} \quad (12)$$

$$\frac{EA h_i}{l} = \frac{D_k}{l} - \text{на одиницю довжини.} \quad (13)$$

Нами отримана закономірність розподілу зовнішнього моменту M_x між суміжними пластинами. Для інших пластин використовується цей самий принцип. Але, для виконання практичних розрахунків необхідно задатися початковою жорсткістю зв'язків, наприклад:

Маючи початкову жорсткість зв'язків, проводимо розрахунок пластин у відповідності з моделлю (рис.4). Використання цієї моделі стає можливим при підстановці рівняння (13) в співвідношення (12).

Прийшовши до розрахункової моделі (рис.4) ми звели задачу розрахунку просторового об'ємного блоку до відомої задачі розрахунку пластини при дії згинальних моментів на її краях [2].

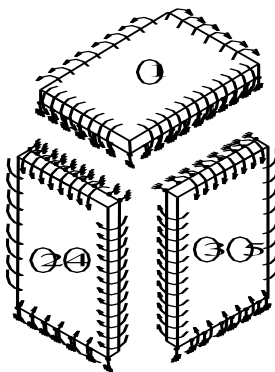


Рисунок 4. Приведена розрахункова модель

Здійснивши розв'язок кожної пластинки окремо в першому наближенні при їх стикуванні на границі стику можуть з'явитися невривноважені моменти, тобто не буде виконуватися умова (12).

Для виконня умови (12) і врівноважування моментів по лінії стику уточнюється жорсткість зв'язків EA_i . Процес повторюється до досягнення похибки меншої за 1%. Після виконання умови (12) на контурі всіх п'яти пластинок попередній лінійний розрахунок завершений і приступаємо до врахування нелінійного деформування бетону. Діаграма σ - ε для бетону може бути прийнята будь-яка з відомих [3], або по результатах випробування призм, але вона повинна бути задана в аналітичному вигляді, нехай навіть емпіричною формулою у вигляді:

$$\sigma = E\varepsilon - \beta\varepsilon^2 - \dots \quad (14)$$

та повинна обов'язково проходити через контрольні точки:

$$\left. \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right|_{\sigma=0,3R_b} = E_b; \quad \left. \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right|_{\sigma=R_b} = E_b \rightarrow 0 \quad (15)$$

при $\sigma=R_b$ $\varepsilon_{пр}=2,2^\circ/_{\infty}$ - граничний стиск бетону.

Далі переріз кожної пластини розбивається на i -шарів, тобто $\Delta h=h/i$ (рис.5). вираховуються геометричні характеристики перерізу в кожній із попередньо вибраних точок з координатами $k(x,z)$. При симетричному навантаженні, а також при симетричних напруженнях і деформаціях розрахунок можна вести лише для квадранту $k(0 \leq x \leq a/2 ; 0 \leq z \leq h/2)$.

$$S_i = \sum_1^i A_i y_i \quad (16)$$

$$y_0 = \frac{S_i}{\sum A_i}$$

Статичний момент перерізу в будь-якій точці k і положення нейтральної осі:

де A_i – площа елементарного шару $A_i=a_i h/i$; y_i – відстань від елементарного шару i до початку координат; a_i – ширина шару, що приймається рівною відстані між точками k , прийнятої сітки (рис.5).

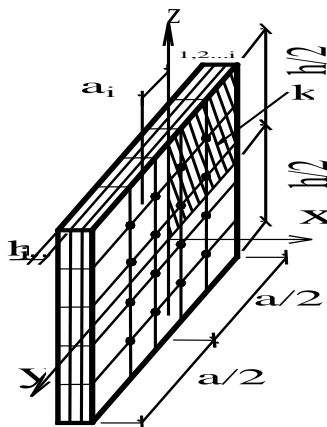


Рисунок 5 Статичний момент перерізу

Далі вираховується циліндрична жорсткість в кожній точці приймаючи попередньо $E=E_b$ при $\sigma=0,3R_b$:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n E_i i \left(\frac{h}{i}\right)^3 + 2 \sum_{i=1}^n E_i y_0^2(i) \frac{h}{i}}{12(1 - \mu^2)} \quad (17)$$

де E_i – модуль деформації i -го шару при відповідному рівні навантаження.

З рівняння (17) випливає, що до початку навантаження модуль пружності E_i для кожного шару рівний початковому модулю пружності E_0 визначеному по СНІП 2.03.01-84, або по наперед заданій діаграмі $\sigma-\varepsilon$ при $\sigma=0,3R_b$.

Цим закінчується підготовка алгоритму розрахунку пластинок з врахуванням нелінійного деформування бетону.

Далі використовується наступна послідовність процедур обчислення.

1. За формулою (12) здійснюється розподіл основних згинальних моментів (M_x і M_y , що діють на просторовий блок в цілому) по краях пластин, на які розділяється блок.

2. Здійснюється лінійний розрахунок, прийнявши $D_i=D_0$ для кожної пластини. В результаті першого циклу розрахунку отримуємо $\omega(x,y)$; $\omega(z,y)$... $\omega(z,x)$; M_x^i і M_y^i для кожної пластини.

3. Обчисливши $\left. \frac{\partial \omega_i}{\partial z} \right|_{H/2}$; $\left. \frac{\partial \omega_i}{\partial x} \right|_{a/2}$; ... –компоненти формули (12),

проводимо уточнення розподілу моментів по краях пластин, і якщо, $\frac{M_i(k) - M_i(k-1)}{M_i(k)} \leq 0,01$, то завершуємо розподіл моментів і фіксу-

ємо дані визначення – $\omega(x,y)$; $\omega(z,y)$... $\omega(z,x)$; M_x^i і M_y^i для кожної пластини.

4. Далі кожна пластина розраховується окремо.

Запропонована вище методика розрахунку не враховує можливий розподіл зусиль між окремими об'ємними блоками, тому границя вогнестійкості житлового будинку в цілому може бути вища.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Demchyna B.G., Kolyakov M.I., Lundyak V.S. Advances in the fire-resistance theory for multi-layered structures. II Medzynarodova konferencija. Bezpieczenstwo pozarowe budovli. –Warszawa, 1997. –S.27-29.
2. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер. Пластинки и оболочки. –М.: Наука, Физматгиз, 1966. -635с.
3. Вахненко П.Ф., Павліков А.М., Горик О.В., Вахненко В.П. Залізобетонні конструкції. –Київ: Вища школа, 1999. –508с.