

ПОЛТАВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ВАСЮТА ВАСИЛЬ ВАСИЛЬОВИЧ

МІЦНІСТЬ ТА ДЕФОРМАТИВНІСТЬ
ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ
КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ
СТАЛЕВИХ ТРУБ КВАДРАТНОГО ПЕРЕРІЗУ,
ЗАПОВНЕНИХ БЕТОНОМ

05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Полтава - 1996

№ 36.298

Дисертацією є рукопис.

Праця виконана на кафедрі
пластмас Полтавського технічного

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00743819 (W)

Науковий керівник док
професор Стороженко Л.І.

Офіційні опоненти доктор технічних наук,
професор Шагія О.Л.
кандидат технічних наук,
доцент Губій М.М.

Ведуча організація Державний науково- дослідний
інститут будівельних конструкцій

Захист дисертації відбудеться " 24 " грудня 1996 року о 14 годині
на засіданні спеціалізованої ради Д-25-01-02 по спеціальності
"Будівельні конструкції, будівлі та споруди" при Полтавському
технічному університеті за адресою:

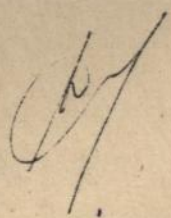
314601, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, ауд. 234

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці університету.

Відгуки на автореферат просимо надсилати на ім'я вченого
секретаря у двох примірниках, завірених печаткою.

Автореферат розіслано " 22 " листопада 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук, доцент



Семко О.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРАЦІ

Актуальність роботи. Розвиток сучасного будівельного виробництва вимагає від несучих конструкцій високої надійності в поєднанні з малою матеріаломісткістю і низькими працезатратами при виготовленні і монтажі. Цим вимогам в повній мірі відповідають конструкції із трубобетону.

Трубобетонними називають конструкції із сталевих труб, заповнених бетоном. Бетон в таких конструкціях працює в умовах об'ємного стиску, що дозволяє ефективніше використовувати специфічні властивості матеріалів та призводить до економії цементу і сталі. При відносно малому поперечному перерізі трубобетонні конструкції порівняно з залізобетонними мають ряд переваг і за рахунок раціонального сполучення бетону і сталі при їх сумісній роботі здатні витримувати значні навантаження. Труба-оболонка таких конструкцій виконує одночасно функції як поздовжнього, так і поперечного армування, а бетон за рахунок об'ємного напруженого стану сприймає поздовжні напруження, що значно перевищують його призмову міцність. Це дозволяє інтенсивніше використовувати міцнісні властивості матеріалів і приводить до суттєвої економії бетону. В порівнянні з залізобетонними трубобетонні конструкції індустриальніші при виготовленні та монтажі, мають меншу вагу і зручніші при транспортуванні. При їх виготовленні не потрібні арматурні каркаси, опалубка та закладні деталі.

До цього часу основним матеріалом для виготовлення трубобетону були сталеві труби круглого перерізу. Наша промисловість виготовляє труби квадратного перерізу і в зв'язку з цим є актуальним використання цих труб в якості труби-оболонки для трубобетонних елементів, що працюють при позacentровому стиску в коротких та гнучких конструкціях. До виконання цієї роботи всі рекомендації по

ЛНБ ім. В. Стефанишин
АН України

розрахунку і конструюванню трубобетонних елементів переважно подавались для циліндричних елементів. Таким чином задача про дослідження міцності та деформативності позацентрово стиснутих елементів із сталевих труб квадратного перерізу, заповнених бетоном, і розробка методики їх розрахунку є дуже важливою та актуальною.

Мета праці:

- експериментальне дослідження міцності та деформативності позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу в залежності від їх геометричних розмірів, ексцентриситету діючого навантаження та фізико-механічних властивостей матеріалів;
- розробка методів розрахунку несучої здатності і переміщень з урахуванням гнучкості позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу на підставі експериментально-теоретичного дослідження.

Автор захищає:

- результати експериментальних досліджень несучої здатності та деформативності позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу;
- методи розрахунку несучої здатності та деформативності з урахуванням гнучкості позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу;
- розроблені рекомендації по проектуванню несучих конструкцій з трубобетону квадратного перерізу.

Наукова новизна роботи:

- розроблені методи розрахунку несучої здатності та деформативності з урахуванням гнучкості позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу;

- запропоновано метод розрахунку несучої здатності та деформативності позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу з використанням спеціально складених таблиць;

- одержані нові експериментальні відомості про роботу під навантаженням стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу з різними ексцентриситетами, геометричними розмірами та різними властивостями матеріалів.

Практичне значення роботи:

- за результатами роботи зроблені висновки про раціональне застосування в будівництві в якості несучих конструкцій трубобетонних елементів квадратного поперечного перерізу;

- запропонована методика визначення несучої здатності та переміщень трубобетонних елементів з урахуванням гнучкості;

- на основі запропонованого методу розроблено алгоритм і програму для розрахунку несучої здатності та переміщень трубобетонних елементів з урахуванням гнучкості за допомогою ПЕОМ;

- розроблені рекомендації по проектуванню стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу.

Реалізація роботи. Результати досліджень використані при розробці рекомендацій по розрахунку та проектуванню стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу.

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опублікований в 11 друкованих роботах.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри КМДіП, вузівських, республіканських і міжнародних науково-технічних конференціях у м. Полтаві (1993 - 1996р.р.), м. Києві

(1996р.), м. Львові (1996р.), Рівне (1996р.), м. Києві (1996р.), м. Кривому Розі (1996р.), м. Кривіці, ПНР (1996р.).

Обсяг виконаної роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти глав, загальних висновків, списку літератури із 170 найменувань і додатку. Робота викладена на 163 стор., що включають до свого складу 109 стор. основного тексту, 43 малюнка і 16 таблиць.

Дисертаційна робота виконана на кафедрі конструкцій із металу, дерева та пластмас Полтавського технічного університету під керівництвом доктора техн. наук, професора Стороженка Л.І.

КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* обґрунтовується необхідність теоретичних та експериментальних досліджень позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу, актуальність, наукова новизна та практичне значення роботи.

В *першій главі* проведено аналіз конструкцій із трубобетону і методів їх розрахунку. Відзначені переваги та недоліки трубобетону. Зроблено аналіз праць, присвячених дослідженню трубобетонних конструкцій, що працюють на позацентровий стиск, аналізуються роботи, в яких досліджувались трубобетонні конструкції квадратного перерізу.

На даний час відомі роботи, присвячені дослідженню особливостей напружено-деформованого стану трубобетонних конструкцій при різних способах навантаження О.М. Алперіної, Ю.В. Бондаренко, І.Д. Белова, О.М. Гайдук, Г.А. Гамбарова, О.О. Гвоздева, О.А. Долженко, М.Г. Добудогло, В.І. Єфіменка, М.М. Жербіна, А.Б. Квядараса, В.М. Кебенка, О.І. Кікіна, К. Клепеля, Ю. Козака, С.Г. Кусябгалієва, А.Ф. Ліпатова, Л.К. Лукіні, О.Е. Лопатто, В.І. Маракуци, В.Ф. Мареніна, І.Г. Людковського, Г.П. Передерія, В.О. Пермякова, В.А. Росновського, Р.С. Санжаровського, М.Ф. Скворцова, Л.І.

Стороженка, В.М. Сурдіна, В.А. Труля, С.О. Харченка, В.М. Фонова, Е.Д. Чікладзе, О.Л. Шагіна, І.С. Ярового та інших. Запропоновані ними теоретично-експериментальні залежності дозволяють розраховувати трубобетонні елементи при статичному навантаженні.

Різноманітність теорій, що розкривають особливості роботи трубобетону під навантаженням, можна пояснити тим, що трубобетон, на відміну від елементів, армованих іншими видами арматури, не має яскраво вираженого моменту руйнування.

На основі проведеного аналізу досліджень роботи трубобетону зроблено висновок, що всі дослідження проведені для трубобетону круглого перерізу. На даний час залишається практично не дослідженою робота позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу.

Зроблено огляд праць, в яких досліджувалась робота трубобетону при позацентровому навантаженні О.А. Долженко, О.І. Кікіна, В.А. Росновського, Р.С. Санжаровського, М.Ф. Скворцова, Л.І. Стороженка, В.А. Труля, Е.Д. Чікладзе, І.С. Ярового, О.Л. Тарановського та інших. Проаналізувавши методи розрахунку позацентрово стиснутих трубобетонних елементів зроблено висновок, що практично відсутні рекомендації по розрахунку позацентрово стиснутих гнучких трубобетонних елементів квадратного перерізу. На підставі огляду формулюються задачі дослідження:

- 1) експериментально дослідити особливості роботи під навантаженням і характер втрати несучої здатності позацентрово стиснутих сталевих труб квадратного перерізу, заповнених бетоном в залежності від величини ексцентриситета прикладення навантаження, геометричних розмірів і фізико-механічних властивостей вихідних матеріалів;

2) розробити методику визначення несучої здатності та деформацій позацинтрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу з урахуванням гнучкості і скласти програму розрахунку за допомогою ПЕОМ;

3) розробити рекомендації по розрахунку і проектуванню стиснутих труботетонних конструкцій квадратного перерізу.

Друга глава присвячена методиці проведення експерименту і дослідженню фізико-механічних властивостей прийнятих * до виготовлення матеріалів.

Для всебічного вивчення роботи позацинтрово стиснутих труботетонних елементів була складена програма експерименту, яка наведена в таблиці. Програма була складена таким чином, щоб дослідити роботу позацинтрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу в залежності від фізико-механічних властивостей використаних матеріалів, геометричних характеристик дослідних зразків, ексцентриситету діючого навантаження.

Досліджувались короткі труботетонні елементи, в яких висота зразка приблизно дорівнювала чотирьом розмірам поперечного перерізу, а також гнучкі елементи висотою 1000 та 3000 мм (мал.1).

Для оцінки впливу масштабного фактору на несучу здатність та деформативність досліджувались зразки із труб перетином 100×100, 160×160, 180×180 мм з товщиною стінки відповідно 3, 4 і 6 мм.

Для контролю фізико-механічних властивостей бетону одночасно з виготовленням дослідних зразків виготовлялись бетонні призми і куби. Дослідження зразків проводилось на пресі ПММ - 500. Зразки досліджувались при досягненні проектної міцності бетону, але не раніше ніж через 28 діб після бетонування. Ексцентриситет навантаження дорівнював 0, 50 та 100 мм. Завантаження здійснювалось через парніри ступенями, що дорівнювали 0.1 - 0.05 від граничного

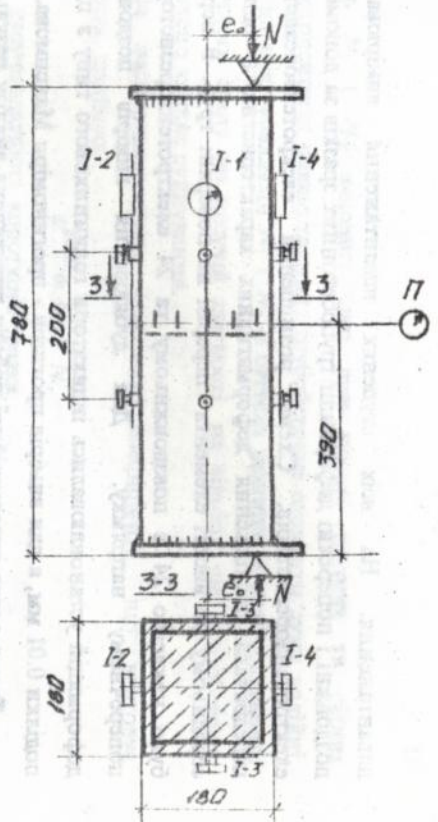
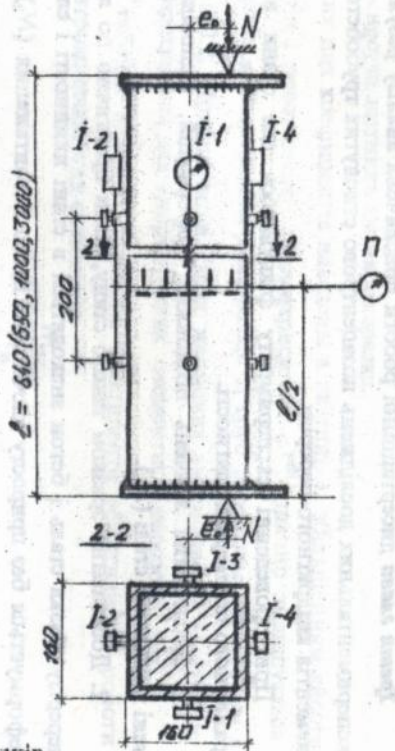
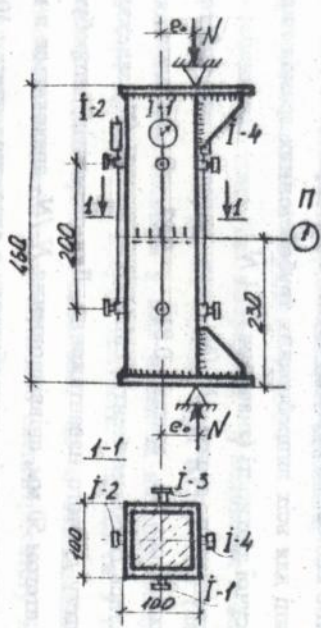
Таблиця

Програма експериментальних досліджень та несуча здатність труботонних елементів

Серія	Висота ℓ , мм	Переріз, мм	R_b , МПа	$\lambda = \ell / b$	Ексцентриситет e_0 , мм	N_1 , кН	N_2 , кН	$\psi = \frac{N_1}{N_2}$	$\eta = \frac{N_{н.д.}}{N_n}$	$\varphi_{н.д.} = \frac{N_t}{N}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЦТ-1-1	400	100×100×3	—	4.00	0	—	425	—	—	1.00
ЦТ-2-2	640	160×160×4	—	4.00	0	—	625	—	—	1.00
ЦТ-3-3	720	180×180×6	—	4.00	0	—	1055	—	—	1.00
ВТ-1-11	400	100×100×3	—	4.00	50	—	125	—	—	1.00
ВТ-2-21	640	160×160×4	—	4.00	50	—	380	—	—	1.00
ВТ-3-31	720	180×180×6	—	4.00	50	—	735	—	—	1.00
ЦТ-2-4	650	160×160×4	—	4.06	0	—	640	—	—	1.00
ЦТ-2-5	1000	160×160×4	—	6.22	0	—	540	—	—	0.86
ЦТ-2-6	3000	160×160×4	—	18.7	0	—	460	—	—	0.74
ВТ-2-41	650	160×160×4	—	4.06	50	—	380	—	—	0.60
ВТ-2-51	1000	160×160×4	—	6.22	50	—	350	—	—	0.56
ВТ-2-61	3000	160×160×4	—	18.7	50	—	300	—	—	0.48
ВТ-2-42	650	160×160×4	—	4.06	100	—	220	—	—	0.35
ВТ-2-52	1000	160×160×4	—	6.22	100	—	170	—	—	0.27
ВТ-2-62	3000	160×160×4	—	18.7	100	—	130	—	—	0.20
ЦТБ-1-101	400	100×100×3	8.8	4.00	0	520	623	0.83	1.46	1.00
ЦТБ-1-102	400	100×100×3	19.6	4.00	0	620	717	0.86	1.68	1.00

Продовження табл.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ЦТБ-2-201	640	160×160×4	8.8	4.00	0	1000	1207	0.83	1.93	1.00
ЦТБ-2-202	640	160×160×4	19.6	4.00	0	1200	1300	0.92	2.08	1.00
ЦТБ-3-301	720	180×180×6	8.8	4.00	0	1300	1730	0.76	1.63	1.00
ЦТБ-3-302	720	180×180×6	19.6	4.00	0	1700	1970	0.86	1.86	1.00
ЦТБ-2-401	650	160×160×4	8.8	4.06	0	1000	1060	0.83	1.65	0.86
ЦТБ-2-501	1000	160×160×4	8.8	6.22	0	600	850	0.71	1.57	0.70
ЦТБ-2-601	3000	160×160×4	8.8	18.7	0	490	710	0.69	1.54	0.58
ВТБ-1-112	400	100×100×3	19.6	4.00	50	265	327	0.81	2.61	1.00
ВТБ-2-212	640	160×160×4	19.6	4.00	50	716	842	0.85	2.21	1.00
ВТБ-3-312	720	180×180×6	19.6	4.00	50	1070	1225	0.87	1.66	1.00
ВТБ-2-411	650	160×160×4	8.8	4.06	50	505	640	0.79	1.68	0.53
ВТБ-2-511	1000	160×160×4	8.8	6.22	50	330	430	0.77	1.23	0.35
ВТБ-2-611	3000	160×160×4	8.8	18.7	50	250	310	0.82	1.10	0.26
ВТБ-2-421	650	160×160×4	8.8	4.06	100	330	390	0.86	1.77	0.33
ВТБ-2-521	1000	160×160×4	8.8	6.22	100	270	300	0.90	1.76	0.25
ВТБ-2-621	3000	160×160×4	8.8	18.7	100	220	240	0.92	1.84	0.20



Мал. 1. Конструкції дослідних зразків та розміщення вимірвальних приладів.

навантаження. На всіх ступенях навантаження вимірювались поздовжні і поперечні деформації трубобетонних зразків за допомогою електротензорезисторів. Схема розміщення електротензорезисторів передбачала дослідження деформативних характеристик в одному, середньому по висоті елемента перерізі на поверхні труб. В перерізі було наклеїно 24 в поздовжньому та 24 електротензорезистора в поперечному напрямку. Для дублювання вимірів поздовжніх деформацій устанавлювались індикатори годинникового типу з ціною поділки 0.01 мм, а для вимірів прогинів - прогиноміри Максимова.

Третя глава дисертаційної роботи присвячена аналізу результатів експериментальних досліджень позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу.

При проведенні експерименту фіксувалось два стани в ролі граничного по несучій здатності.

1. Досягнення значень поздовжніх деформацій, відповідаючих межі плинності сталі (N_1).

2. Досягнення зразком такого стану, коли практично по всьому перерізу зразка сталь і бетон знаходяться в стані плинності і елемент деформується без приросту діючого на нього навантаження (N_2). Цей стан практично відповідає повному зруйнуванню зразка.

В таблиці для всіх випробуваних трубобетонних зразків наведені значення несучої здатності (значення N_1 і N_2).

Співвідношення зусиль N_1/N_2 для коротких трубобетонних зразків знаходилось в межах 0.81 - 0.87. В випадках, коли випробовувались гнучкі елементи, співвідношення N_1/N_2 залежало від ексцентриситету діючого навантаження. Для елементів, випробуваних з ексцентриситетом 50 мм, співвідношення N_1/N_2 знаходиться в межах 0.77 - 0.82, а для елементів, випробуваних з ексцентриситетом 100 мм, співвідношення N_1/N_2 знаходиться в межах 0.86 - 0.92. Із аналізу

зусиль N_1 і N_2 виходить, що при різних висотах та різних ексцентриситетах навантаження труботонні елементи дуже надійні, тому що між зусиллями N_1 і N_2 є суттєва різниця, а при досягненні граничного стану по несучій здатності, на відміну від залізобетону, виключено крижке руйнування.

За експериментальне значення коефіцієнта, що враховує гнучкість, прийнято:

$$\varphi^{\text{гнч}} = N_g / N,$$

де N - несуча здатність короткого зразка,

N_g - несуча здатність гнучкого зразка.

Значення цих коефіцієнтів наведені в таблиці. Із збільшенням висоти елементів і початкового ексцентриситета $\varphi^{\text{гнч}}$ значно зменшується. Коефіцієнт $\varphi^{\text{гнч}}$ коливався для зразків із труб перерізом 160×160 мм в межах 1±0.2. Приблизно в таких же межах змінювався і коефіцієнт $\varphi^{\text{гнч}}$, вирахований для випробуваних елементів із порожніх труб.

В таблиці наведені значення коефіцієнта ефективності роботи позацентровано стиснутих елементів:

$$\eta = \frac{N_{\text{т.б.}}}{N_{\text{т.}}},$$

де $N_{\text{т.б.}}$ - несуча здатність труботонного елемента,

$N_{\text{т.}}$ - несуча здатність порожньої труби.

Із таблиці виходить, що коефіцієнт η коливався в межах від 2.6 (зразки серії ВТБ-1-112) до 1.1 (зразки серії ВТБ-2-411). Таким чином заповнювати труби бетоном у всіх випадках вигідно, тому що це в значній мірі збільшує їх несучу здатність. Виходячи з наведених залежностей можна зробити висновок, що із збільшенням висоти труботонного елемента та початкового ексцентриситету знижується ефективність заповнення труб бетоном.

Характер розвитку поздовжніх, поперечних деформацій і руйнування зразків залежали від ексцентриситету діючого навантаження та геометричних розмірів трубобетонних елементів. Аналізуючи залежності деформацій від навантаження можна зробити висновок, що всі вони носять криволінійний характер. Це пояснюється тим, що згинальний момент збільшується не тільки з підвищенням N , а і з збільшенням ексцентриситету в наслідок вигину зразків (мал. 2, 3). На це впливає також особливість роботи бетону, в якому пластичні деформації починають зростати з самого початку завантаження. Тому криволінійність залежності $N - \varepsilon$ яскравіше проявляється в стиснутій зоні зразків.

Аналізуючи характер розподілу поздовжніх та поперечних деформацій по контуру випробованих трубобетонних елементів можна зробити висновок, що з зростанням навантаження нейтральна вісь практично не переміщувалась (мал. 4) і що в даному випадку практично виконувалась гіпотеза плоских перерізів.

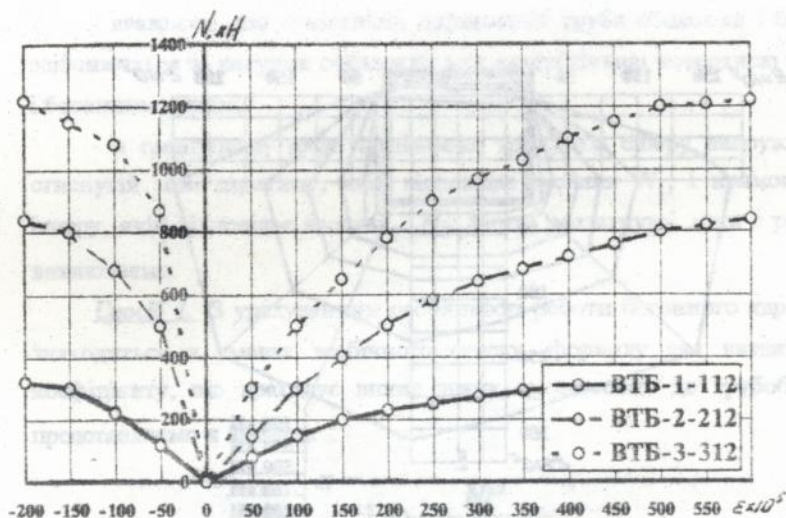
Першочергова поява ліній Чернова і руйнування зразків у вигляді появи гофр простежувалась в середньому перерізі.

При однакових навантаженнях вигини трубобетонних зразків в 1.5-2 рази менші в порівнянні з зразками із порожніх труб.

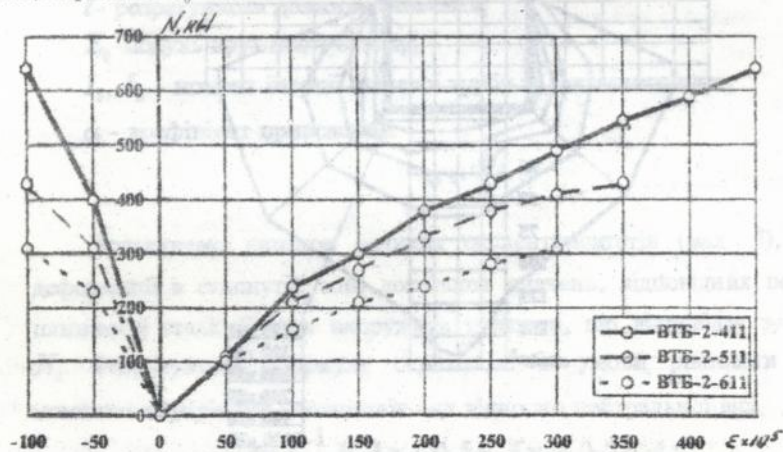
В четвертій главі розглянуто розрахунок позациентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу. В основу розрахунку покладені такі предумови:

- вважається справедливою гіпотеза плоских перерізів, вважаємо, що при малих ексцентриситетах еюра напружень однозначна, а при великих - двозначна;

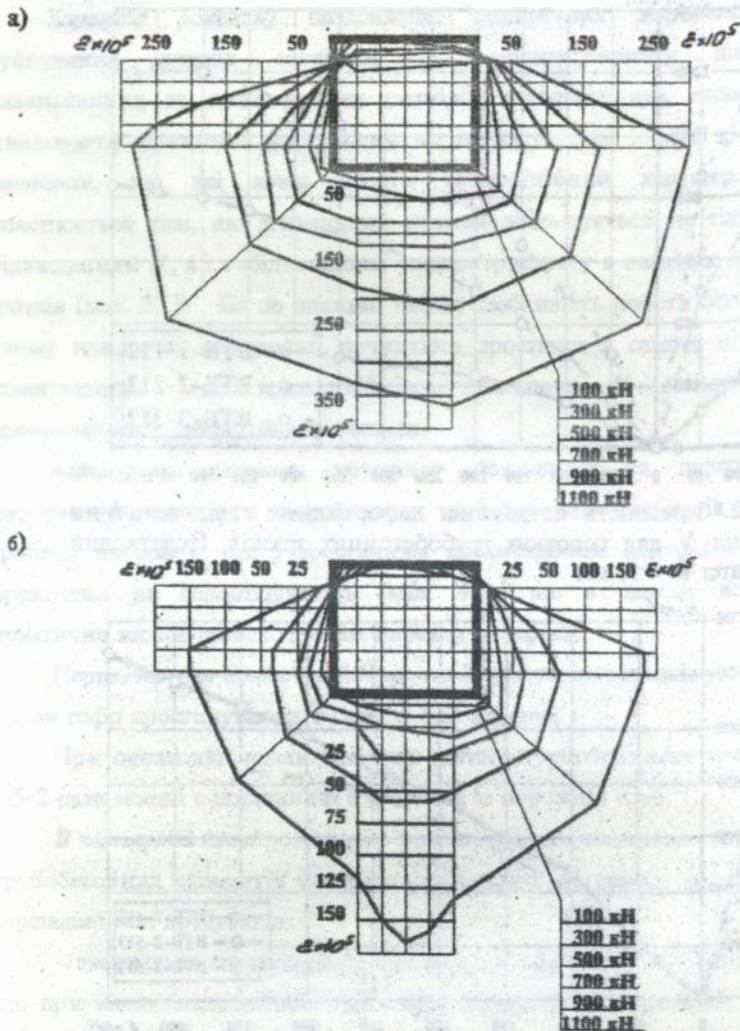
- форму згину вісі елемента приймаємо плоскою та використовуємо приблизне рівняння для кривизни;



Мал. 2. Залежність поздовжніх деформацій ϵ від величини навантаження N для коротких трубобетонних зразків. Початковий ексцентриситет $e_0 = 50$ мм



Мал. 3. Залежність поздовжніх деформацій ϵ від величини навантаження N для гнучких трубобетонних зразків перерізом 160×160 мм. Початковий ексцентриситет $e_0 = 50$ мм



Мал. 4. Залежність деформацій від величини навантаження для трубобетонних зразків серії ВТБ-3-312. Початковий ексцентриситет $e_0 = 50$ мм. а)- поздовжні деформації, б)- поперечні деформації

- вважаємо, що сумісність деформацій труби-оболонки і бетону здійснюється за рахунок счеплення між внутрішньою поверхнею труби і бетонним ядром;

- в граничному стані приймаємо трикутню епюру напружень в стиснутій зоні перетину, якій відповідає зусилля N_1 , і прямокутню епюру, якій відповідає зусилля N_2 , бетон розтягнутої зони з роботи виключаємо.

Сносіб 1. З урахуванням особливості роботи бетонного ядра, яке знаходиться в умовах всебічного стиску, формулу для визначення коефіцієнту, що враховує вплив згину η , стосовно до труботбетону представляємо в вигляді:

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{Nl^2}{E_b(I_b + \alpha I_s)}}$$

де N - зовнішня поздовжня сила;

l - розрахункова довжина елемента;

E_b - модуль пружності бетону;

I_s, I_b - момент інерції сталевий труби та бетонного ядра;

α - коефіцієнт приведення.

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$$

Розглянемо випадок великих ексцентриситетів (мал. 5), коли деформації в стиснутій зоні досягають значень, відповідних початку плинності сталі. Епюри напружень трикутні, що відповідає зусиллю N_1 . Розрахункову формулу отримуємо із умови рівноваги суми моментів внутрішніх і зовнішніх сил відносно нейтральної вісі.

$$Ne \leq \frac{1}{3} R_b^* A_b x + 0.5 R_s A_s y_1 + 0.5 \sigma_s A_s y_2,$$

де R_b^* - розрахунковий опір бетону стиску в сталевій оболонці;

x - висота стиснутої зони бетону;

y_1 - відстань від нейтральної вісі до центру тяжіння стиснутої зони труб;

y_2 - відстань від нейтральної вісі до центру тяжіння розтягнутої зони труб;

A_0 - площа стиснутої зони бетону;

A_1 - площа стиснутої зони труби;

A_2 - площа розтягнутої зони труби.

$$A_0 = x(b - 2t);$$

$$A_1 = 2bt + 2xt;$$

$$A_2 = bt + 2t(b - x - 2t);$$

$$y_1 = \frac{bt(x + 0.5t) + tx^2}{bt + 2tx};$$

$$y_2 = \frac{bt(b - x - 1.5t) + t(b - x - 2t)^2}{bt + 2t(b - x - 2t)},$$

де b - зовнішній розмір труби;

t - товщина стінки труби;

$$e = e_0 \eta - b/2 + x + t,$$

де e_0 - початковий ексцентриситет зовнішнього навантаження.

Висоту стиснутої зони бетону визначаємо з умови рівноваги поздовжніх сил.

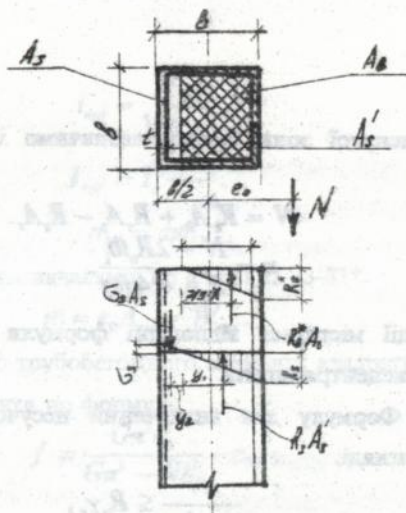
$$N = 0.5(R_c A_0 + R_s A_1 - \sigma_s A_2),$$

де σ_s - максимальне напруження в розтягнутій зоні труби.

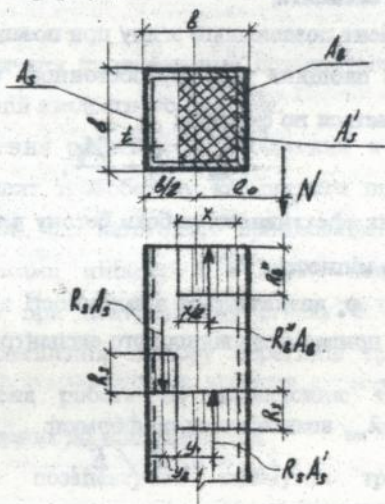
$$\sigma_s = \frac{R_s(b - x - t)}{x + t}.$$

Розглянемо випадок (мал. 6), коли епюри напружень прямокутні, що відповідає зусиллю N_2 . Розрахункову формулу отримаємо із умови рівноваги суми моментів внутрішніх і зовнішніх сил відносно нейтральної вісі.

$$Ne_0 \leq 0.5 R_c A_0 x + R_s A_1 y_1 + R_s A_2 y_2.$$



Мал. 5. Розрахункова схема позцентровано стиснутого трубобетонного елемента квадратного перерізу для визначення сили N_1 .



Мал. 6. Розрахункова схема позцентровано стиснутого трубобетонного елемента квадратного перерізу для визначення сили N_2 .

Висоту стиснутої зони бетону визначимо із умови рівноваги поздовжніх сил.

$$N = R_b A_b + R_s A_s - R_s A_s \\ x = \frac{N + 2R_s b h}{R_b b + 4R_s f}$$

В дисертації містяться відповідні формули для розрахунку у випадку малих ексцентриситетів.

Спосіб 2 Формулу для визначення несучої здатності можна представити у вигляді:

$$\frac{N}{\phi_s A_{red}} \leq R_y \gamma_c,$$

де A_{red} - приведена до сталі площа поперечного перерізу трубобетонного елемента;

ϕ_s - коефіцієнт поздовжнього згину при позацентровому стиску.

Приведена площа A_{red} трубобетонного елемента квадратного перерізу визначається по формулі:

$$A_{red} = A_s + \frac{\zeta A_b}{\alpha},$$

де ζ - коефіцієнт ефективності роботи бетону в трубі, що залежить від класу бетону по міцності.

Коефіцієнт ϕ_s визначається в залежності від приведеної умовної гнучкості λ_{red} і приведеного відносного ексцентриситету m_y по табл.73 СНиП II-23-81*.

Значення λ_{red} визначається по формулі:

$$\lambda_{red} = \lambda \sqrt{R_y / E_s},$$

де λ - приведена гнучкість.

$$\lambda = \frac{\ell}{i_{red}},$$

ℓ - розрахункова висота елемента;

i_{red} - приведений до сталі радіус інерції.

$$i_{rad} = \sqrt{\frac{I_{rad}}{A_{rad}}}$$

$$I_{rad} = I_0 + \frac{I_{01}}{\alpha}$$

$$m_{ef} = \eta m,$$

де η - коефіцієнт, що визначається по СНІП II-23-81*.

$$m = e_0 A_{rad} / W_{rad}$$

Прогини гнучкого труботетонного елемента квадратного перерізу рекомендується визначати по формулі:

$$f = \frac{G\pi^2 e_0}{G\pi^2 - Nl^2} - e_0$$

де $G = E_b I_{rad}$.

По запропонованій методиці була розроблена програма RPFS для розрахунку позacentрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу

П'ята глава присвячена проектуванню позacentрово стиснутих труботетонних конструкцій квадратного перерізу.

З метою впровадження результатів дослідження в будівництво був розроблений сортамент труботетону квадратного перерізу, який включає в себе всі труби, що виготовляє промисловість, заповнені бетоном з різними класами міцності і в якому наведені несучі здатності всіх елементів при центральному стиску без урахування гнучкості. З метою полегшення підбору перетинів труботетонних елементів була проведена робота по визначенню геометричних характеристик для приведених до сталі перерізів.

При проектуванні позacentрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу з урахуванням гнучкості несучу здатність рекомендується визначати по формулі:

$$N_s = \varphi_c N_c$$

де N_c - несуча здатність гнучкого елемента;

N - несуча здатність короткого елемента;

φ_e - коефіцієнт поздовжнього згину.

Коефіцієнт φ_e визначається в залежності від приведеної умовної гнучкості та приведеного відносного ексцентриситету по СНІП II-23-81*.

На підставі запропонованого методу розроблені рекомендації по проектуванню стиснутих трубобетонних конструкцій квадратного перерізу, що дає можливість ширшого застосування трубобетонних елементів в якості несучих будівельних конструкцій.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертація присвячена дослідженню міцності та деформативності позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу і носить експериментальний характер. На основі проведених досліджень зроблені такі висновки:

1. В процесі експериментальних досліджень були випробувані зразки, які мали висоту 400-3000 мм з розміром поперечного перерізу 100×100, 160×160, 180×180 мм з товщиною стінки 3, 4, 6 мм, що являють собою фактично натурні стиснуті конструкції.

2. В результаті експериментальних досліджень встановлено, як впливають на несучу здатність позацентрово стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу висота, розмір поперечного перерізу, ексцентриситет навантаження, фізико - механічні властивості матеріалів. Трубобетонні елементи мали в 1.5 - 2 рази більшу несучу здатність в порівнянні з аналогічними елементами із порожніх труб.

3. В позацентрово стиснутих трубобетонних елементах квадратного перерізу в момент досягнення несучої здатності N_1 епора деформацій в поперечному перерізі близька до трикутної, а в момент досягнення N_2 - до прямокутної. Залежність між зусиллями, деформаціями та переміщеннями на всіх етапах роботи елементу

криволінійна, що пояснюється специфікою роботи під навантаженням бетонного ядра і всього елемента в цілому. На всіх етапах навантаження нейтральна вісь практично не переміщувалась.

4. Наведені в дисертації методи дають можливість визначати несучу здатність з урахуванням гнучкості та переміщення позacentрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу.

5. Запропонований метод визначення несучої здатності позacentрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу з використанням готових таблиць значно спрощує розрахунки конструкцій.

6. Розроблені рекомендації по проєктуванню стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу.

7. Позacentрово стиснуті труботетонні елементи квадратного перерізу раціонально використовувати в конструкціях, які сприймають великі стискаючі навантаження. При цьому можливий значний техніко-економічний ефект, який призводить до економії матеріалів, працевитрат та зменшення вартості конструкцій.

Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в наступних статтях і препринтах:

1) Васюта В.В. Робота зігнутих труботетонних елементів квадратного перетину //Тези доповідей 46 наукової конференції ПолтІБІ, Полтава, 1994.-С. 44.

2) Васюта В.В. Проблеми використання труботетонних елементів в зігнутих конструкціях //Тези доповідей 47 наукової конференції Полт ІБІ, Полтава, 1995.-С. 24.

3) Васюта В.В. Експериментальне дослідження позacentрово стиснутих труботетонних елементів квадратного перерізу // Тези доповідей 48 наукової конференції ПолтІБІ, Полтава, 1996.-С. 51.

4) Васюта В.В. Несуча здатність та деформативність зігнутих трубобетонних елементів //Тези доповідей 48 наукової конференції ПолтГІБІ, Полтава, 1996.-С. 52.

5) Васюта В.В. Расчет трубобетонных элементов квадратного сечения на внецентренное сжатие //Сталежелезобетонные конструкции: исследование, проектирование и строительство / Сборник трудов конференции, Кривой Рог, 1996г.-С.31.

6) Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головки Г.В., Семко А.В. Несущая способность сжатых конструктивных элементов из стальных тонкостенных гнуто - сварных профилей квадратного сечения, заполненных бетоном // Международная конференция "Металлостроительство -96" / Сборник трудов.- Максевка, 1996г. - Том 1. - С. 76-77.

7) Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головки Г. В., Семко О.В. Експериментальне дослідження несучої здатності стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу // Матеріали II Міжнародного симпозіуму "Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій", Львів, 1996р.-С.86.

8) Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головки Г. В. Сортамент конструктивных элементов из трубобетона квадратного сечения //Сталежелезобетонные конструкции: исследование, проектирование и строительство / Сборник трудов конференции, Кривой Рог, 1996г.- С.31.

9) Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головки Г. В. Розрахунок несучої здатності стиснутих трубобетонних елементів квадратного перерізу // Матеріали науково-технічної конференції.- Рівне, 1996р.- С. 84.

10) Storozhenko L., Vasyuta V., Golovko G. Concrete filled square steel tubular elements under compression //XLII Konferencja Naukowa Kiliw Pan i PZITB "Krynica '96"-Krakow, 1996. - p.103-110.

11) Стороженко Л.И., Васюта В.В., Головко Г.В. Несущие трубобетонные конструкции квадратного поперечного сечения // Материалы научно-технической конференции "Науково-практичні проблеми сучасного залізобетону". - Киев, 1996г. -с.170-172.

АННОТАЦИЯ

Васюта В.В. "Прочность и деформативность внецентренно сжатых конструктивных элементов из стальных труб квадратного сечения, заполненных бетоном".

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Полтавский технический университет. Полтава, 1996.

Экспериментально исследована работа трубобетонных элементов квадратного сечения при внецентренном сжатии. Предложен метод расчета несущей способности и деформаций внецентренно сжатым трубобетонным элементам квадратного сечения.

Разработаны рекомендации по проектированию конструкций из трубобетона квадратного сечения.

Ключові слова: трубобетон, елемент, несуча здатність, деформативність, позацентровий стиск.

ANNOTATION

Vasyuta V.V. "Strength and deformation of concrete filled square steel tubular elements under eccentric compression."

Dissertation for degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.23.01 - Building Structures, Buildings & Structures. Poltava Technical University, Poltava, 1996.

Work concrete filled square steel tubular elements under eccentric compression is experimentally researched. Deformation state of concrete filled square steel tubular elements under eccentric compression and method for estimation of limit strength has been proposed.

Proposed recommendations for design concrete filled square steel tubular elements.

Key words: concrete filled steel square tube, element, strength and deformation, limit strength, reinforcement, compression.

Підписано до друку 21.11.96р. Формат 60x84 1/16. Папір друкарський.
Друк офсетний. Умсьн. прук. арк. 1. Замовлення №919. Тираж 100.
Безкоштовно. Дільниця оперативного друку статистичного управління
Полтавської області. м. Полтава, вул. Пушкіна, 103.

437410

AB 36.298