

ПОЛТАВСКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ПЕНЦ ВОЛОДИМИР ФЕДОРОВИЧ

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ
СТАН ОГОЛОВКІВ
ТРУБОБЕТОННИХ СТОЯКІВ

05.23.01 - будівельні конструкції, будови та споруди

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Полтава - 1995



Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі
пластмас Полтавського технічного

Науковий керівник

доктор технічних наук,
професор Стороженко Л.І.

Офіційні опоненти

доктор технічних наук,
професор Фомиця Л.М.
кандидат технічних наук,
доцент Мітрофанов В.П.

Ведуча організація

УкрНДІпроектстальконструкція
(Полтавський відділ)

Захист дисертації відбудеться "11" липня 1995 року о 10⁰⁰ годині
на засіданні спеціалізованої ради Д-25-01-02 по спеціальності
"Будівельні конструкції, будови 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 " 8 " червня 1995 р.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
доктор технічних наук

Бондар В.О.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРАЦІ

Актуальність роботи. Сучасний рівень 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.

За останній час в будівництві будівель і споруд на Україні і особливо за кордоном широке застосування здобувають трубобетонні конструкції. При їх використанні стальна арматура у вигляді замкнених циліндричних профілів стає зовнішньою. У більшості випадків, особливо в стиснутих елементах з малими ексцентриситетами прикладення навантаження, вона працює ефективніше, ніж стержнева. При спорудженні трубобетонних конструкцій є можливість використати індустріальні методи виробництва безпосередньо на будівельному майданчику. Конструкції із трубобетону найчастіше використовують в основному у вигляді колон.

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 зусилля. 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 призову міцність. Це дозволяє інтенсивніше використовувати міцнісні властивості матеріалів і приводить до суттєвої економії бетону.

На даний час досліджена робота трубобетону як несучих конструкцій, працюючих на стиск і згин в своїй основній частині. Однак дослідження, пов'язані з вивченням стану оголовків

Однако дослідження, пов'язані з вивченням стану оголовків трубобетонних стояків при різних способах передачі навантаження до виконання цієї роботи не проводились. Відсутність рекомендацій по розрахунку і проектуванню таких конструкцій в значній мірі стримує їх широке використання в будівництві. Таким чином задача про дослідження оголовків трубобетонних стояків при різних способах їх підсилення і різних схемах передачі навантаження є дуже важливою та актуальною.

Мета праці:

- розробка і виявлення найбільш ефективного типу підсилення оголовка трубобетонних стояків;
- експериментальне дослідження міцності і характеру втрати несучої здатності оголовків трубобетонних стояків в залежності від їх конструктивної схеми, процента армування і схеми навантаження вісьовою силою;
- розробка методу оцінки напружено-деформованого стану і методики визначення несучої здатності оголовків трубобетонних стояків при центральному стиску.

Автор захищає:

- результати експериментальних досліджень напружено-деформованого стану та міцності оголовків трубобетонних стояків;
- метод оцінки напружено-деформованого стану оголовків;
- методику визначення несучої здатності оголовків трубобетонних стояків, які працюють на стиск;
- результати дослідного проектування несучих конструкцій із трубобетону.

Наукова новизна роботи:

- вперше експериментально досліджена робота оголовків трубобетонних стояків при різних способах їх підсилення і різних схемах прикладення навантаження;

- запропонований метод оцінки напружено-деформованого стану підсилених оголовків трубобетонних стояків;

- запропонована методика визначення несучої здатності оголовків трубобетонних стояків в залежності від їх конструктивної схеми і схеми прикладення навантаження.

Практичне значення роботи:

- за результатами роботи зроблені рекомендації по раціональних способах підсилення оголовків трубобетонних стояків, які можуть бути виконані в стержневих конструкціях при дії великих навантажень, а також при дії місцевого навантаження;

- на основі запропонованого методу розроблено алгоритм і програму для оцінки напружено-деформованого стану оголовків трубобетонних стояків за допомогою ПЕОМ;

- запропонована методика визначення несучої здатності оголовків трубобетонних стояків при різних способах їх підсилення і різних схемах передачі навантаження;

- виконано дослідне проектування і будівництво трубобетонних конструкцій, в яких при передачі навантаження на конструкцію потрібно підсилення оголовка.

Реалізація роботи. Результати досліджень використані при підсиленні стрічкових фундаментів і фундаментів під колони за допомогою трубобетонних паль з різними типами оголовків адміністративної будови ВО "Кривбасруда" і дев'ятиповерхового житлового будинку.

Публікації. Основний зміст дисертаційної роботи опублікований в 8 друкованих роботах.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на наукових семінарах кафедри, обласних і міжнародних науково-технічних конференціях у м. Полтаві (1992 - 1995 р.р.), м. Суми (1994 р.). Результати роботи відображені в звіті по держбюджетній темі "Розробка методів

розрахунку, проєктування і будівництва трубобетонних конструкцій на основі досліджень їх дійсної роботи."

Обсяг виконаної роботи. Дисертація складається з вступу, п'яти глав, загальних висновків, списку літератури із 168 найменувань і додатку. Робота викладена на 187 стор., що включають до свого складу 127 стор. основного тексту, 54 малюнка і 13 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 оголовків трубобетонних стояків, 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 конструкцій з іншими видами побічного армування і праць, що характеризують роботу залізобетону при місцевій передачі навантаження.

На даний час відомі роботи, присвячені дослідженню особливостей напружено-деформованого стану трубобетонних конструкцій при різних способах навантаження О.М. Алперіної, Ю.В. Бондаренко, Г.А. Гамбарова, Г.А. Генієва О.О. Гвоздева, О.А. Долженко, М.Г. Добудогло, В.І. Єфіменко, М.М. Жербіна, А.Б. Квядараса, В.М. Кебенко, О.І. Кікіна, К. Клепеля, Ю. Козака, С.Г. Кусябгалієва, А.Ф. Ліпатова, Л.К. Лукші, 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. Трулля, В.М. Фонова, Е.Д. Чіхладзе, 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 середньої частини трубобетонного елемента. На даний час залишається практично не досліджуваною робота оголовків трубобетонних стояків як при комплексному, так і при місцевому навантаженні.

Зроблено огляд праць, в яких досліджувалась робота бетону при місцевому навантаженні і оголовків залізобетонних конструкцій Баушінгера, В.М. Баташева, О.О. Гвоздева, Г.А. Генієва, В.І. Гнедовського, В.І. Довгалюка, О.А. Довженко, В.Г. Кваші, В.П. Мітрофанова, К.В. Михайлова, Б.П. Філіпова, В.А. Червонобаби та інших. Проаналізувавши методи розрахунку оголовків залізобетонних конструкцій при місцевому навантаженні було зроблено висновок, що існуюча методика СНиП 2.01.03.84* не дозволяє врахувати всіх факторів, які характеризують роботу трубобетону. На підставі огляду формулюються залячі дослідження роботи оголовків трубобетонних елементів при центральному стиску:

1) експериментально дослідити особливості роботи під навантаженням і характер втрати несучої здатності оголовків трубобетонних зразків в залежності від їх конструктивної схеми, процента армування і схеми навантаження вісьовою силою;

2) розробити методикку оцінки напружено-деформованого стану оголовків трубобетонних стояків при центральному стиску і скласти програму розрахунку деформацій, переміщень і напружень за допомогою ПЕОМ;

3) розробити методику визначення несучої здатності оголовків трубобетонних стояків;

4) виконати дослідне проектування трубобетонних конструкцій, в яких при передачі навантаження на конструкцію потрібно підсилення оголовка;

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

Для всебічного вивчення роботи оголовків трубобетонних стояків була складена програма експерименту, яка наведена в таблиці. Програма була складена таким чином, щоб дослідити роботу оголовків трубобетонних стояків в залежності від фізико-механічних властивостей використаних матеріалів, геометричних характеристик перерізу, конструктивних особливостей і різних схем передачі навантаження на оголовок конструкції.

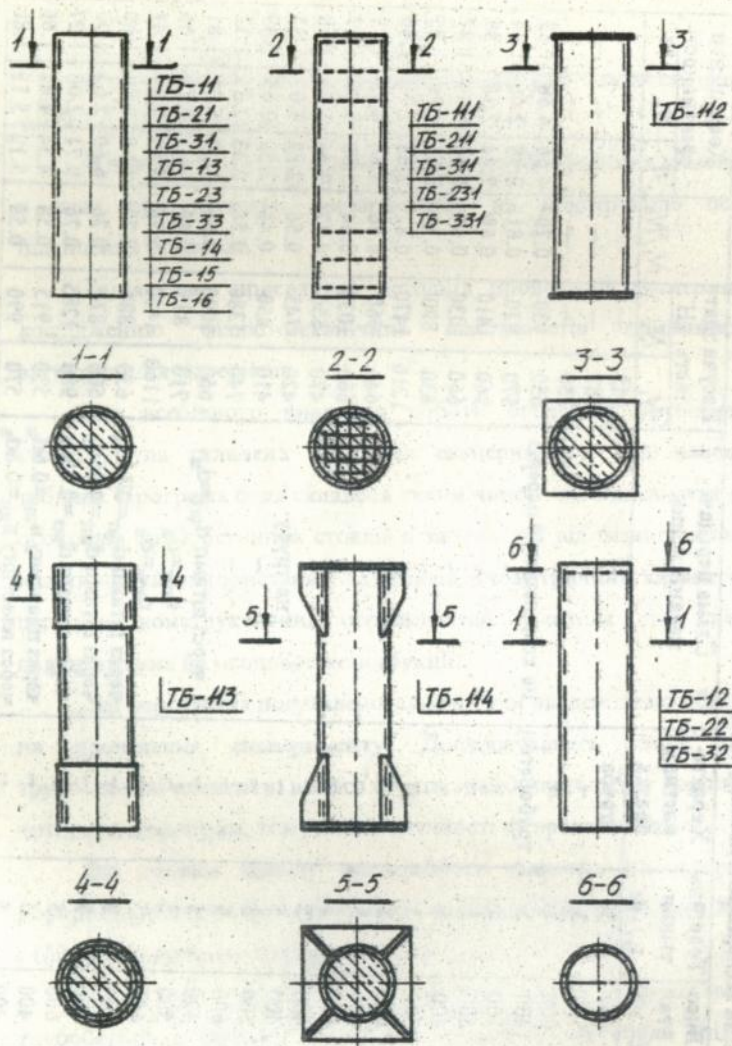
Для спрощення поставленої задачі були введені деякі обмеження на проведення експерименту. Досліджувались лише короткі трубобетонні елементи, в яких висота зразка приблизно дорівнювала чотирьом діаметрам, тому вплив гнучкості не враховувався.

Для оцінки впливу масштабного фактору на напружено-деформований стан досліджувались зразки із труб діаметром 102, 127 і 159 мм з товщиною стінки відповідно 5, 3 і 5 мм.

Згідно плану експеримента були виготовлені дослідні зразки із трубобетону з різними способами підсилення оголовка слідуючих конструкцій: без підсилення оголовка (ТБ-11, ТБ-21, ТБ-31, ТБ-13, ТБ-23, ТБ-33, ТБ-14, ТБ-15, ТБ-16); підсилення оголовка забезпечується армуванням бетонного ядра сітками із арматурного дроту (ТБ-111, ТБ-211, ТБ-311, ТБ-231, ТБ-331); підсилення оголовка сталльної труби за допомогою привареної пластини до торців труби (ТБ-112); підсилення оголовка сталльної труби за допомогою труби-оболонки

Програма експериментальних досліджень та несуча здатність трубетонних елементів

Шифр серії зразків	Діаметр зразка D_n , мм	Висота L , мм	Товщина стінки t_s , мм	Характеристика зразка	Схема передачі навантаження	Несуча здатність, кН		N_1/N_2	Коефіцієнти ефективності		
						N_1	N_2		η	η_1	m
ТР-1	102	400	5	груба	—	445	—	—	—	—	—
ТР-2	159	500	3	~	—	387	—	—	—	—	—
ТР-3	127	600	5	~	—	730	—	—	—	—	—
ТБ-11	102	400	5	трубетон	на комплексний переріз	650	930	0.70	4.56	4.68	1.68
ТБ-21	127	500	3			~	~	670	820	0.81	2.38
ТБ-31	159	600	5	~	~	960	1410	0.68	2.44	2.38	1.39
ТБ-111	102	400	5	~	~	660	1030	0.64	5.50	5.39	1.87
ТБ-211	127	500	3	~	~	630	890	0.70	2.86	2.70	1.55
ТБ-311	159	600	5	~	~	1210	1470	0.82	2.65	2.78	1.46
ТБ-112	102	400	5	~	~	640	960	0.66	4.84	4.89	1.74
ТБ-113	102	600	5	~	~	660	1030	0.64	5.50	5.39	1.87
ТБ-114	102	400	5	~	~	470	650	0.72	2.06	1.93	1.18
ТБ-12	102	400	5	~	на трубу	420	745	0.56	2.82	3.01	1.35
ТБ-22	127	500	3	~	~	410	850	0.48	2.52	2.65	1.49
ТБ-32	159	600	5	~	~	740	1380	0.54	2.33	2.33	1.37
ТБ-13	102	400	5	~	через штамп $d_{шт}=d_B$	660	1000	0.66	11.7	5.21	1.81
ТБ-23	127	500	3	~	$d_{шт}=d_B$	710	885	0.80	15.5	2.71	1.55
ТБ-33	159	600	5	~	$d_{шт}=d_B$	1160	1480	0.78	5.85	2.69	1.47
ТБ-14	102	400	5	~	через штамп $d_{шт}=0.65d_B$	630	880	0.72	12.6	4.09	1.60
ТБ-231	127	500	3	~	через штамп $d_{шт}=0.85d_B$	660	870	0.76	6.60	2.63	1.52
ТБ-331	159	600	5	~	через штамп $d_{шт}=0.65d_B$	980	1285	0.76	9.71	2.00	1.27
ТБ-15	102	400	5	~	через пластину $v_{шт}=0.6d_B$	530	915	0.58	4.34	4.42	1.66
ТБ-16	102	400	5	~	через пластину $v_{шт}=0.8d_B$	570	990	0.58	5.12	5.12	1.80



Мал. 1. Конструкції дослідних зразків

(ТБ-113); підсилення оголовка сталюї труби за допомогою привареної до торця пластини і ребер жорсткості в поздовжньому напрямку труби (ТБ-114); без підсилення оголовка, в яких заповнення труби бетоном в області оголовка виконано нижче торця труби на 15 мм (ТБ-12, ТБ-22, ТБ-32), (мал. 1).

Трубобетонні дослідні зразки були розділені на три групи в залежності від схеми передачі навантаження. В першу групу входили зразки, присвячені дослідженню оголовків з різними способами підсилення при передачі навантаження на комплексний переріз, до другої - при передачі навантаження на трубу, до третьої - при місцевій передачі зусилля на бетон при вісьовому завантаженні круглими і прямокутними штампами різного діаметра і ширини. При місцевому навантаженні зусилля передавалось тільки на бетон при використанні круглого штампі і частково на бетон і трубу при прямокутному штампі.

Дослідні зразки виготовлялися на спеціалізованій базі металокопструкцій ПСУ - 38 з суцільнозварних прямошовних труб (сталь ВСтЗсп5-2). Бетонування проводилось в промислових умовах на заводі ЗБВ - 1 м. Полтави.

Для контролю фізико-механічних властивостей бетону одночасно з виготовленням дослідних зразків виготовлялися бетонні призми і куби. Дослідження зразків проводилось на пресі ПММ - 500 в лабораторії кафедри ЗБіКК Полтавського технічного університету. Зразки досліджувались при досягненні проєктної міцності бетону, але не раніше ніж через 28 діб після бетонування. Випробування трубобетонних зразків проводилось при вісьовій дії навантаження. Завантаження здійснювалось ступенями, що дорівнювали 0.1 - 0.05 від граничного навантаження. На всіх ступенях навантаження вимірювались поздовжні і поперечні деформації трубобетонних зразків за допомогою електротензорезисторів типу ПКБ 50 - 100.

Схема розміщення електротензорезисторів передбачала дослідження деформативних характеристик по чотирьом перерізам на поверхні труб. В кожному перерізі було наклеїно 8 електротензорезисторів. Три дослідних перерізи розміщувались в області оголовка, із яких перший знаходився на 15 мм нижче торця труби, третій розміщувався на віддалі від торця, що дорівнювала діаметру труби, другий - посередині між першим і третім перерізом. Четвертий переріз розміщувався посередині довжини зразка. Для дублювання вимірів поздовжніх деформацій установлювались індикатори годинникового типу з ціною поділки 0.01 мм.

Третя глава дисертаційної роботи присвячена аналізу результатів експериментальних досліджень оголовків центрально-стиснутих трубобетонних елементів.

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

1. Досягнення значень поздовжніх деформацій, які відповідають 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 граничного стану по несучій здатності, які відповідають пунктам "1" і "2" (значення N_1 і N_2).

Співвідношення зусиль N_1/N_2 при передачі навантаження на комплексний переріз і через круглий штамп було в межах 0.65 - 0.8. В випадках, коли навантаження передається на трубу і на комплексний переріз через прямокутний штамп співвідношення N_1/N_2 знаходиться в межах 0.48. - 0.58. Це пояснюється тим, що досягнення зусилля N_1 наступає раніше дякуючи місцевой передачі навантаження на

оболонку труобетонного зразка. Із порівняння зусиль N_1 і N_2 виходить, що при різних схемах передачі навантаження на оголовки конструкції труобетонні 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.

Відомо, що в стиснутих труобетонних елементах стальна труба перешкоджає розвитку тріщин відриву в бетоні, завдяки чому в ядрі виникає об'ємний напружений стан. Для оцінки ефективності роботи труобетонних елементів з урахуванням об'ємного напруженого стану вибираємо два коефіцієнти. Коефіцієнт ефективності роботи бетонного ядра в трубі в області оголовка η (переріз I-I, II-II) і в середній частині η_1

$$\eta = \frac{\sigma_b}{R_b}; \quad \eta_1 = \frac{\sigma_{b1}}{R_b},$$

де σ_b, σ_{b1} - напруження в бетоні відповідно в області оголовка і середньої частини зразка при досягненні зразком граничного стану по несучій здатності

$$\sigma_b = \frac{N_{zb} - N_z}{A_b}; \quad \sigma_{b1} = \frac{N_{z1} - N_z}{A_b};$$

R_b - призмova міцність бетону; N_{zb}, N_{z1} - несуча здатність оголовка при визначенні коефіцієнта η і несуча здатність труобетонного елемента в середній частині при визначенні коефіцієнта η_1 ; N_z - несуча здатність порожньої труби; A_b - площа поперечного перерізу бетонного ядра.

Коефіцієнт ефективності елемента в цілому

$$m = \frac{N_{zb}}{N_z + R_b A_b}.$$

Із табл. витікає, що коефіцієнти η і η_1 , які свідчать про величину перевищення поздовжніх напружень в бетоні в порівнянні з призмovoю міцністю значно більші одиниці. Це свідчить про

складний напружено-деформований стан, в якому знаходиться бетон. Із аналізу значення коефіцієнта m слідує, що труобетонні зразки мають несучу здатність в 1.3 - 1.9 рази більшу, ніж елементи із звичайного залізобетону.

При вісьовому стиску великої різниці в несучій здатності оголовків не спостерігалось. Найміцнішими виявились оголовки, в яких в області передачі навантаження бетонне ядро підсилено арматурними сітками, а також зразки, в яких підсилення виконано за допомогою труби-оболонки. Досить надійними і ефективними виявились труобетонні оголовки, де навантаження передається тільки на бетон через круглий штамп при $d_{\text{шт}} = d_{\text{в}}$.

Характер розвитку поздовжніх, поперечних деформацій і руйнування зразків залежали від способу підсилення оголовка і схеми передачі навантаження. За результатами експерименту встановлено, що для зразків без підсилення оголовка серій ТБ - 11, ТБ - 21, ТБ - 31 при передачі навантаження на комплексний переріз і зразків ТБ - 12, ТБ - 22, ТБ - 32 при передачі навантаження на трубу розвиток деформацій інтенсивніше протікає в області оголовка. Поява ліній Чернова і руйнування зразків внаслідок втрати місцевої стійкості стінки труби з послідуєчим утворенням гофр спочатку спостерігається в області оголовка і пізніше в середній частині зразків. Для зразків без підсилення оголовків ТБ - 13, ТБ - 23, ТБ - 33, ТБ - 14 при передачі навантаження через круглий штамп деформації набагато інтенсивніше протікали в області оголовка з послідуєчим руйнуванням зразків у вигляді випинання стінки труби по всьому діаметру зразка на висоті 60 - 100 мм. Для зразків ТБ-231, ТБ-331, в яких підсилення оголовка забезпечувалось армуванням бетонного ядра сітками із арматурного дроту при завантаженні через круглий штамп розвиток деформацій в області оголовка за рахунок арматурних сіток протікає повільніше, активніше деформації

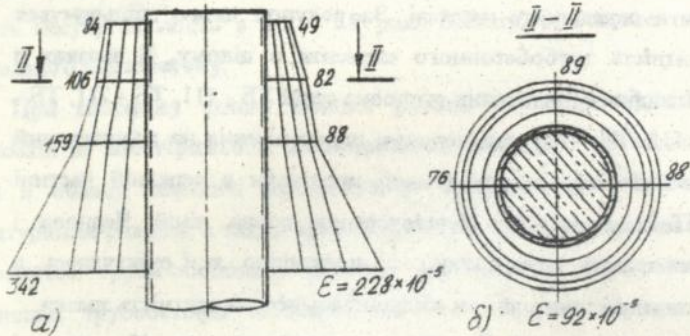
протікали в середній частині зразка (мал. 2). Першочергова поява ліній Чернова і руйнування зразків в вигляді появи гофр також проходить в середньому перерізі. За рахунок цього збільшується несуча здатність труобетонного елемента в цілому. В зразках з різними способами підсилення оголовка серій ТБ - 111, ТБ - 211, ТБ - 311, ТБ - 112, ТБ - 113 при передачі навантаження на комплексний переріз найінтенсивніше деформації протікали в середній частині зразка (ТБ-211, мал. 3). Першочергова поява ліній Чернова і руйнування зразків через появу гофр проходило, як і очікувалось, в середній частині і таким чином збільшилась несуча здатність зразка.

Аналіз результатів дослідів показує, що спосіб передачі навантаження на елементи перерізу і схема підсилення оголовка суттєво впливають як на роботу оголовка, так і на роботу зразка в цілому. Виявлено, що при трьохвісьовому напруженому стані вплив об'ємних сил настільки значний, що практично неможливо зруйнувати труобетонний зразок.

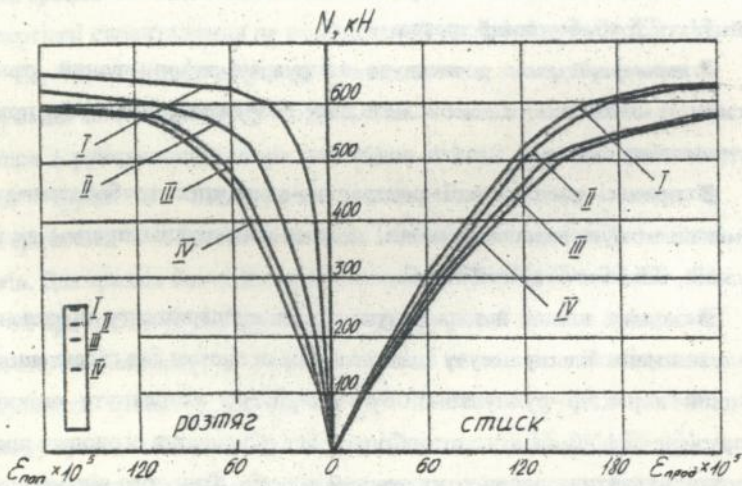
В четвертій главі розглянуто напружено-деформований стан підсилених оголовків, а також методику розрахунку оголовків при центральному стиску.

В процесі експлуатації центрально-стиснутих труобетонних елементів можуть виникати умови, за яких конструкція працює як в пружній, так і в пластичній стадії.

В зв'язку з тим, що за результатами експерименту підсилені оголовки мали більшу несучу здатність, ніж оголовки без підсилення, і інший характер руйнування, було вирішено розглянути оцінку напружено-деформованого стану тільки для підсилених оголовків при передачі навантаження на комплексний переріз. Крім того відомо, що досліджено напружено-деформований стан труобетонного елемента при вісьовому стиску в середній частині, тому задачу розглядаємо тільки в області оголовка. При розв'язанні задачі в пружній стадії



Мал. 2. Характер розподілу поздовжніх (а) по висоті і поперечних (б) по перерізу деформацій зразка серії ТБ-231 в залежності від величини навантаження



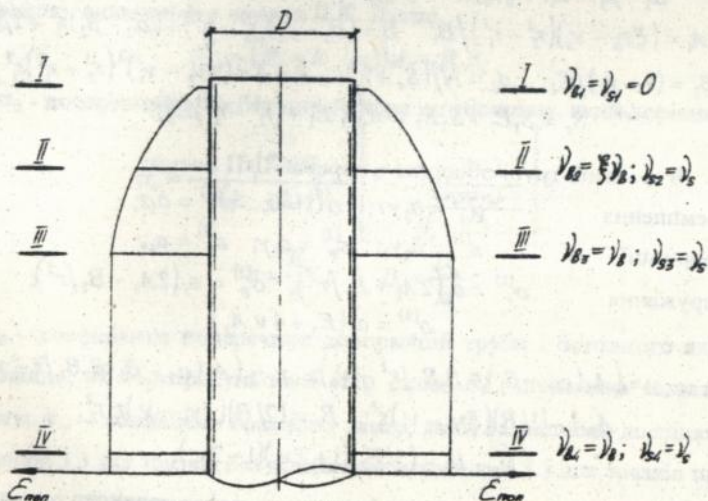
Мал. 3. Залежність поздовжніх і поперечних деформацій від величини навантаження для зразка серії ТБ-211

припущені наступні відомі передумови і гіпотези теорії пружності: напруження задовільняють диференційним умовам рівноваги та заданим функціям навантаження на основах; бокова поверхня вільна від напружень; на поверхні розділення різних матеріалів виконується умова рівності напружень і зміщень; на торцях елемента виконуються умови завантаження. Також за результатами експерименту прийнято передумову про розвиток коефіцієнта поперечних деформацій в області оголовка (мал. 4), який описується рівнянням, отриманим за апроксимацією дослідних даних

$$v_{\alpha z} = z^{12} / (A + Bz^{12}),$$

де A і B - постійні: $A=0.35$, $B=1.52$.

Значення коефіцієнта поперечної деформації в області оголовка залежить від відстані z від опори зразка до перерізу, що



Мал. 4. Характер розподілення поперечних деформацій в області оголовка трубобегонного елемента

розглядається, і характеризується коефіцієнтом

$$\xi = v_{\omega} / v_{\sigma},$$

де v_{ω} , v_{σ} - відповідно коефіцієнти поперечної деформації в області оголовка і в середній частині зразка;

Розв'язання задачі побудовано як комбінація рішень по поліномах першого та другого ступеня в відповідності з теорією М.І. Мусхелішвілі, при цьому використані функції комплексної змінної та результати отримані Л.І. Стороженко стосовно трубобетону.

В результаті рішення задачі отримані формули для визначення переміщень, деформацій і напружень в бетоні і сталі в області оголовка.

В перерізі II-II в бетоні маємо:

$$\begin{aligned} \text{переміщення} \quad u^{(1)} &= a_3(A_1(\alpha_1 - \beta_1) - \xi v_b) r; \quad v^{(1)} = 0; \quad \omega^{(1)} = a_3 z; \\ \text{деформації} \quad \varepsilon_r^{(1)} &= a_3(A_1(\alpha_1 - \beta_1) - \xi v_b); \quad \varepsilon_{\theta}^{(1)} = \varepsilon_r^{(1)}; \quad \varepsilon_z^{(1)} = a_3; \\ \text{напруження} \quad \sigma_r^{(1)} &= 2a_3 A_1; \quad \sigma_{\theta}^{(1)} = 2a_3 A_1; \quad \sigma_z^{(1)} = a_3(E_1 - 4\xi v_b A_1). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Тут} \quad \alpha_1 - \beta_1 &= 2(1 + \xi v_b)(1 - 2\xi v_b)/E_1; \quad \alpha_2 - \beta_2 = 2(1 + v_s)(1 - 2v_s)/E_2; \\ A_1 &= (\xi v_b - v_s)(r_2^2 - r_1^2)/B; \quad B = (\alpha_1 - \beta_1)(r_2^2 - r_1^2) + (\alpha_2 - \beta_2)r_1^2 + 2\beta_2 r_2^2; \\ \beta_2 &= (1 + v_s)/E_2; \quad a_3 = N/(S_c + k); \quad k = 4\pi(\xi v_b - v_s)^2(r_2^2 - r_1^2)r_1^2/B; \\ S_c &= S_1 E_1 + S_2 E_2 = \pi(r_1^2 E_1 + (r_2^2 - r_1^2) E_2). \end{aligned}$$

В сталій трубі-оболонці в перерізі II-II маємо:

$$\begin{aligned} \text{переміщення} \quad u^{(2)} &= a_3 \gamma r; \quad v^{(2)} = 0; \quad \omega^{(2)} = a_3 z; \\ \text{деформації} \quad \varepsilon_r^{(2)} &= a_3 \gamma; \quad \varepsilon_{\theta}^{(2)} = a_3 \gamma; \quad \varepsilon_z^{(2)} = a_3; \\ \text{напруження} \quad \sigma_r^{(2)} &= a_3(2A_2 + B_2/r^2); \quad \sigma_{\theta}^{(2)} = a_3(2A_2 - B_2/r^2); \\ &\quad \sigma_z^{(2)} = a_3(E_2 + 4v_s A_2). \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Тут} \quad \gamma &= (A_2(\alpha_2 - \beta_2) - \beta_2 B_2/r^2 - v_s); \quad \gamma_1 = (A_2(\alpha_2 - \beta_2)\beta_2 B_2/r - v_s); \\ A_2 &= -(1/B)(\xi v_b - v_s)r_1^2; \quad B_2 = (2/B)(\xi v_b - v_s)r_1^2 r_2^2; \\ \alpha_2 - \beta_2 &= (2/E_2)(1 + \xi v_b)(1 - 2v_s). \end{aligned}$$

При розгляданні напружено-деформованого стану трубобетонного елемента за межами пружності в точній постановці

задачу вирішити важко, тому вона вирішувалась приблизно, числовим методом з використанням змінних параметрів пружності. Сутність методу полягає в тому, що систему рівнянь подають у формі рівнянь теорії пружності з змінними параметрами пружності і використовують метод послідовного їх обчислення (метод ітерацій). В кожному наближенні вирішується пружна задача із змінним модулем деформацій і змінним коефіцієнтом поперечних деформацій.

Методика повністю описує напружено-деформований стан центрально-стиснутого трубобетонного елемента в області оголовка на будь-якій ступені навантаження. Отримані теоретичні значення деформацій близько співпадають з експериментальними даними. На всіх етапах навантаження різниця не перевищує 9 %.

Отримавши по даній методиці напруження в бетоні і сталі σ_b та σ_s , які відповідають граничному стану, можна знайти несучу здатність оголовка трубобетонного елемента за формулою

$$N_{zb} = \sigma_b A_b + \sigma_s A_s.$$

Несучу здатність оголовків можна також визначити за формулою, виведеною в працях Л.К. Лукші

$$N_{zb} = (R_b + k_- |\sigma_0|) A_b + R_s A_s,$$

де σ_0 - поперечний тиск бетонного ядра на оболонку, який дорівнює

$$\sigma_0 = - \frac{\sigma_s \approx n R_b}{n(k_- - 2\nu_b) - 1} \left[1 - \frac{1}{\beta_s^{1-\nu_s}} \right];$$

$$n = \frac{E_s}{E_b}; \quad \beta_s = \frac{D_n}{d};$$

ν_s, ν_b - коефіцієнти поперечних деформацій труби і бетонного ядра відповідно; R_s - розрахунковий опір сталі; R_b - призмova міцність бетону; k_- - коефіцієнт бокового тиску, який за нашими дослідями дорівнює 3.3 для зразків без підсилення оголовка і 3.5 для зразків при підсиленні оголовка при завантаженні на комплексний переріз.

При передачі навантаження на бетонне ядро через круглий штамп несучу здатність оголовка рекомендується визначати за формулою

$$N_{об} = R_{в,loc} A_{loc2} + R_s A_s,$$

де $R_{в,loc}$ - розрахунковий опір бетону зім'яттю

$$R_{в,loc} = \alpha \varphi_b \eta R_b;$$

α і φ_b приймаються згідно рекомендацій СНиП 2.03.01-84*
 $\alpha \varphi_b \geq 1.0$:

$\alpha = 1.0$ для бетону класу нижче В25;

$\alpha = 13.5 \frac{R_{br}}{R_b}$ для бетону класу В25 і вище;

$$\varphi_b = \sqrt[3]{A_{loc2}/A_{loc1}};$$

A_{loc1} - площа зім'яття; A_{loc2} - розрахункова площа зім'яття; η - коефіцієнт ефективності роботи трубобетонного ядра в області оголовка при місцевій передачі навантаження при зусиллі N_1 , який залежить від співвідношення площ A_{loc1}/A_{loc2} , діаметра штампа і процента армування. Результати обчислень несучої здатності дають задовільну збіжність з експериментальними даними.

Пряма глава присвячена дослідному проєктуванню трубобетонних конструкцій, в яких при передачі навантаження потрібно підсилення оголовка, і оцінці техніко-економічної ефективності таких конструкцій. Перелічені в даній роботі позитивні особливості трубобетонних конструкцій використовувались при підсиленні фундаментів адміністративної будови ВО "Кривбасруда" і дев'ятиповерхового житлового будинку в м. Кривому Розі.

В процесі експлуатації цих будинків сталися деформації основи, за рахунок чого виникло багато тріщин в стінах і перекриттях. Проїшло нерівномірне осідання фундаментів і стін. Розвиток тріщин вивчав необхідність обстежити несучі конструкції стін і фундаментів, проаналізувати стан основи під фундаментами. За результатами

розвідування визначено, що фундаменти опираються на лесові просадочні ґрунти товщиною 3.3 - 4.0 м, а рівень ґрунтових вод з відмітки 6.6 - 7.0 м при будівництві піднявся на даний час на відмітку 2.8 м. В зв'язку з тим, що основою під фундаменти є лесові ґрунти при наявності високого рівня ґрунтових вод, було прийнято рішення підсилувати фундаменти за допомогою трубобетонних паль. Цей спосіб підсилення в результаті техніко-економічного порівняння виявився найбільш економічним.

Для підсилення фундаментів під зовнішні та внутрішні стіни використовувалось декілька варіантів в залежності від того, чи є в будові підвал, чи немає.

Сутність одного із способів підсилення стрічкових фундаментів у випадку, коли під внутрішні стіни в суміжних приміщеннях є підвал полягає в наступному. В стіні підвалу під стелею пробивається отвір. В отвір вводиться несуча конструкція траверси, яка виготовлена із двох швелерів або із двотавру. Траверса заклинюється в пробитому отворі за допомогою двох кутників, приварених до верхньої полиці траверси, з двох сторін стіни. Порожнина між верхньою частиною траверси і кам'яною кладкою фундаменту якісно заповнюється цементним розчином складу 1:1. На відстані 600 - 900 мм від фундаменту в залежності від ширини стрічкової подушки за допомогою домкратів, розміщених між нижньою частиною траверси і верхньою частиною палі, з двох сторін одночасно проводиться вдавнення до необхідної відмітки відрізків сталевих труб $D_H = 273$ мм довжиною 1000 мм з послідовним їх зварюванням між собою, за рахунок чого отримуємо сталеву палю. З метою передачі навантаження від палі на траверсу в області оголовка палі-труби приварюються спеціальні стояки із кутників, які опираються на нижню полицю траверси. При досягненні заданого зусилля і вдавнення труби-палі до необхідної відмітки домкрати знімаються, а

палі і порожнина висотою 200 мм між нижньою полицею траверси і стояками-кутниками після армування сітками заповнюється бетоном. Необхідність підсилення оголовка трубобетонної палі пояснюється тим, що при подальшій осадці будови діюче навантаження, яке перерозподіляється з стрічкового фундаменту на траверсу, а з траверси на оголовок трубобетонної палі, буде зростати.

Аналіз техніко-економічної ефективності дозволяє зробити висновок, що підсилення фундаментів за допомогою трубобетонних паль є найбільш економічним і раціональним в порівнянні з іншими способами підсилення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячується експериментально-теоретичному дослідженню напружено-деформованого стану оголовків трубобетонних стояків. Загальні результати роботи такі.

1. Експериментально досліджена несуча здатність різних типів оголовків центрально-стиснутих трубобетонних елементів в залежності від геометричних розмірів перерізу, міцностних характеристик матеріалів і різних схем передачі навантаження на оголовок конструкції. Доведено, що на всіх етапах навантаження бетон і сталь працюють разом, а при досягненні зразком граничного стану виключено крихке руйнування. Запропоновані конструкції оголовків трубобетонних елементів забезпечують сприйняття великих навантажень при передачі їх від ригеля на колону.

2. Встановлено, що в трубобетонних елементах, оголовки яких не підсилені, при комплексному завантаженні першочергове руйнування у вигляді утворення гофр у поперечному напрямку спостерігається біля опори. При підсиленні оголовка утворення гофр спостерігається в середній частині зразка, що підвищує несучу здатність трубобетонного елемента в цілому. Найміцнішими виявились елементи, в яких бетонне ядро оголовка підсилено

арматурними сітками, а також при підсиленні оголовка за допомогою труби-оболонки. Дуже ефективно працюють підсилені оголовки при місцевій передачі навантаження.

3. Отримана на основі проведених теоретичних досліджень методика дозволяє оцінити напружено-деформований стан підсилених оголовків центрально-стиснутих трубобетонних елементів при комплексному навантаженні. За результатами обчислень можна визначити переміщення, деформації і напруження в області оголовка з моменту прикладення навантаження і до досягнення граничного значення. Отримані залежності дозволяють моделювати і оцінювати сумісну роботу бетону і сталі в комплексному перерізі на різних стадіях навантаження при різних геометричних і фізико-механічних характеристиках. Розроблена програма, яка дозволяє оцінити напружено-деформований стан підсилених оголовків за допомогою ПЕОМ.

4. Отримані формули для визначення несучої здатності оголовка трубобетонного елемента при передачі навантаження на комплексний переріз і через штамп. Встановлено, що результати обчислень несучої здатності добре співпадають з дослідними даними.

5. За результатами дослідного проєктування зроблено висновок про доцільність і техніко-економічну ефективність використання в будівництві трубобетонних стояків з умовою підсилення оголовка при дії великих навантажень.

Основний зміст дисертаційної роботи опубліковано в наступних статтях і препринтах:

1) Пенц В.Ф. Экспериментальное исследование оголовков трубобетонных стоек // Тези доповідей 45 наукової конференції Полт. ІБІ, Полтава, 1993. - С. 287.

2) Стороженко Л.И., Пенц В.Ф. Несущие трубобетонные конструкции покрытия // Депонированная рукопись в ГНТБ Украины 26.07.93, № 1625 - Ук. 93, 1993. - 8 с.

3) Рябико Г.Д., Пенц В.Ф. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния и несущей способности центрально-сжатых и внецентренно-сжатых пластмассотрубобетонных элементов // Конструкции зданий и строительное производство: сб. научн. трудов / Полт. ИСИ. - К., 1993. - С. 42 - 52.

4). Пенц В. Ф. Особливості роботи оголовків стиснутих трубобетонних елементів // Тези доповідей 46 наукової конференції Полт. ІБІ, Полтава, 1994. - С. 41.

5). Пенц В. Ф. Місцеві напруження в бетонному ядрі стиснутих трубобетонних елементів // Тези доповідей 46 наукової конференції Полт. ІБІ, Полтава, 1994. - С. 42.

6). Пенц В. Ф. Работа оголовков сжатых трубобетонных элементов // Материалы Международной научно-практической конференции "Совершенствование строительных материалов, технологий и методов расчета конструкций в новых экономических условиях." - Сумы, ИПП "Мрия" ЛТД, 1994. - С. 146.

7) Стороженко Л.И., Пенц В.Ф. Напряжения в бетонному ядрі оголовка при місцевій передачі навантаження через круглі штампи // Тези доповідей 47 наукової конференції Полт. ТУ, Полтава, 1995. - С. 22.

8) Пенц В.Ф. Напружено-деформований стан підсилених оголовків трубобетонних елементів // Тези доповідей 47 наукової конференції Полт. ТУ, Полтава, 1995. - С. 22.

АННОТАЦИЯ

Пенц В.Ф. "Напряженно-деформированное состояние оголовков трубобетонных стоек".

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Полтавский технический университет. Полтава, 1995.

Экспериментально исследована работа оголовков трубобетонных стоек при центральном сжатии. Предложен метод оценки напряженно-деформированного состояния оголовков и методика определения их несущей способности.

Предложенные конструкции оголовков запроектированы и внедрены при строительстве трубобетонных конструкций.

Ключові слова: трубобетон, оголовок, елемент, напружено-деформований стан, несуча здатність, підсилення, стиск.

ANNOTATION

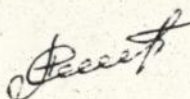
Pents V.F. "Stress and deformation state caps columns of concrete filled steel tube."

Dissertation for degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.23.01 - Building Structures, Buildings & Structures. Poltava Technical University, Poltava, 1995.

Work of concrete filled steel tube caps under axial compression is experimentally researched. Both the estimation of stress and deformation state of caps and method for estimation of limit strength has been proposed.

Proposed structures of caps are designed and implemented in the construction of concrete structures of filled steel tubes.

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



Д. Сидоренко. Т.М. СІМ'ЯТИНА. Статистика та економіка
Київ: Видавничий центр «Київський університет».
1993. 143 с. - Укр. 93. 1993. - 3.

Вступ. Частина I. Статистика та економіка.
1. Статистика та економіка. 2. Статистика та економіка.
3. Статистика та економіка. 4. Статистика та економіка.

Частина II. Статистика та економіка.
5. Статистика та економіка. 6. Статистика та економіка.
7. Статистика та економіка. 8. Статистика та економіка.

Частина III. Статистика та економіка.
9. Статистика та економіка. 10. Статистика та економіка.
11. Статистика та економіка. 12. Статистика та економіка.

Частина IV. Статистика та економіка.
13. Статистика та економіка. 14. Статистика та економіка.
15. Статистика та економіка. 16. Статистика та економіка.

Підписано до друку 5.06.95р. Формат 60x84 1/16. Папір друкарський.
Друк плоский. Умова друк. арк. 1. Замовлення №554. Тираж 100. Безкоштовно.
Дільниця оперативного друку статистичного управління Полтавської області.
м. Полтава, вул. Пушкіна, 103.

1871

AB 32.659