

ХАРКІВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

МОТОВИЛОВ ОЛЕКСАНДР ВАЛЕРІЙОВИЧ

УДК 624.046.5:539.385

**МІЦНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ПРЯМОКУТНОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ
ПРИ КРУЧЕННІ**

Спеціальність 05.23.01 – будівельні конструкції,
будівлі та споруди

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1999

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі будівельної механіки та гідравліки Харківської державної академії залізничного транспорту Міністерства транспорту України.

Науковий керівник –

доктор технічних наук, професор

Чихладзе Елгуджа Давидович,

завідувач кафедри будівельної механіки та гідравліки

Харківської державної академії залізничного транспорту.

Офіційні опоненти:

- доктор технічних наук, професор

Шимановський Олександр Віталійович,

професор кафедри будівель та споруд аеропортів Київського міжнародного університету цивільної авіації;

- кандидат технічних наук, доцент

Кириленко Віталій Федорович,

доцент кафедри металевих та дерев'яних конструкцій Кримського інституту природоохоронного та курортного будівництва.

Провідна установа - Харківський державний технічний університет

будівництва та архітектури Міністерства освіти України.

Захист відбудеться 4 березня 1999 р. о 13⁰⁰ годині
на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.02 Харківської державної академії залізничного транспорту за адресою: 310050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківської державної академії залізничного транспорту за адресою: 310050,
м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий ' 3 ' лютого 1999р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

кандидат технічних наук,

доцент

Єрмак Є.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Задачі зниження металоємності, вартості і трудомісткості будівництва можуть бути успішно вирішені шляхом застосування конструкцій із зовнішнім армуванням замість сталевих, і в багатьох випадках залізобетонних. Цьому сприяють переваги сталевобетонних конструкцій: спрощення технології виготовлення; скорочення витрат на опалубку та закладні деталі; простота зборки, ремонту та підсилення; поєднання функцій робочої арматури з захисними огороженнями від механічних та інших впливів; зменшення висоти перерізу елементів за рахунок відсутності захисного прошарку і компактного розташування арматури.

Для підвищення ефективності і більш широкого поширення конструкцій із зовнішнім армуванням необхідна розробка теорії і методів їх розрахунку при різноманітних впливах, зокрема при крученні.

Мета дисертаційної роботи полягає в розробці способу розрахунку сталевобетонного елемента прямокутного поперечного перерізу на міцність при крученні.

Задачі дослідження: провести експериментальні дослідження сталевобетонних брусів прямокутного перерізу при крученні і на підставі отриманих даних розробити математичний та обчислювальний апарат для визначення напружено-деформованого і граничного стану сталевобетонних елементів.

Наукова новизна отриманих результатів визначається:

- результатами випробувань на кручення залізобетонних, сталевобетонних і сталезалізобетонних брусів;
- способом визначення напружено-деформованого стану сталевобетонного елемента прямокутного перерізу при крученні, заснованому на розкритті контакту між сталеву оболонкою і бетонним ядром, що знаходиться в умовах об'ємного напруженого стану;
- способом визначення напружено-деформованого стану сталевобетонного елемента прямокутного поперечного перерізу, виділеного із бруса, що скручується похилими перетинами;
- способом визначення несучої спроможності бетонних, залізобетонних і сталевобетонних брусів прямокутного поперечного перерізу при крученні, заснованому на перетворенні крутного навантаження в згинальне.

Практичне значення роботи. Використання в будівництві сталобетонних балок та колон прямокутного перерізу, розрахунок яких провадиться за розробленою методикою, дозволить значно знизити витрати сталі в порівнянні із залізобетонними балками і колонами.

Впровадження. Результати дисертаційної роботи у вигляді програм розрахунку на міцність при крученні сталобетонних балок і колон впроваджені в проектних інститутах: "Харківтрансмашпроект", "Укргідропроєкт".

Особистий внесок здобувача визначається експериментальними дослідженнями міцності та деформативності сталобетонних брусів прямокутного перерізу при крученні, розробленою методикою розрахунку напружено-деформованого стану та несучої спроможності сталобетонних елементів прямокутного поперечного перерізу при крученні.

Апробація результатів дисертації. Результати експериментально-теоретичних досліджень доповідались і обговорювались на 2-й та 3-й міжнародних науково-технічних конференціях "Сталобетонні конструкції: дослідження, проектування, будівництво, експлуатація" (Кривий Ріг), що проходили, відповідно, у 1996 і 1998 роках, на 60-й науково-технічній конференції кафедр ХарДАЗТ та спеціалістів залізничного транспорту (Харків, 1998).

Публікації. Опубліковано 4 роботи за темою дисертації.

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, що включають експериментальну та теоретичну частини, списку використаних джерел і додатків. В цілому робота викладена на 141 сторінці машинописного тексту, у ній міститься 59 рисунків та 8 таблиць. Список використаних джерел складає 68 робіт.

Автор виражає глибоку вдячність доктору технічних наук Колчунову В.І. за допомогу у постановці та проведенні експериментальних досліджень.

СТИСЛИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Перший розділ дисертації присвячений огляду існуючих типів сталобетонних конструкцій та методам їх розрахунку. Питання теорії розрахунку конструкцій із зовнішнім армуванням і пов'язаних із ними комбінованих конструкцій розглянуті в роботах В.С. Бабича, О.Я. Берга, П.Ф.Вахненка, А.А. Гвоздева, Г.А. Генієва, А.А. Долженка, В.І. Єфименка, А.І. Кікіна, Ф.Є. Клименка, В.Ф. Кириленка, Л.К. Лукші, Г.П. Передерія, С.Ф. Пічугіна, В.А.Росновського, Р.С. Санжаровського, Л.І. Стороженка, В.М. Сурдіна, Н.Н. Стрелецького, В.А. Трулля, Е.Д. Чихладзе, О.Л. Шагіна, О.В. Шимановського, В.М. Фонова, Л.М. Фомиці та ін.

У цих роботах достатньо широко висвітлена проблема сталобетона, але значна кількість практично і теоретично важливих задач потребує вирішення. Зокрема, слабо вивчені питання розрахунку сталобетонних елементів прямокутного перерізу на міцність при крученні, а існуючі роботи на цю тему носять емпіричний характер. Тому задачі теперішньої роботи були сформульовані таким чином: експериментально вивчити процес деформування і руйнування сталобетонних брусів прямокутного перерізу при крученні, порівняти отримані дані з результатами випробувань залізобетонних брусів, що мають аналогічний поперечний переріз і встановити особливості роботи сталобетонних брусів; дати теоретичну оцінку напружено-деформованому і граничному стану сталобетонного елемента при крученні; розробити алгоритм і програму розрахунку сталобетонних елементів при крученні; упровадити результати досліджень у практику проектування і будівництва.

Другий розділ роботи присвячений експериментальному дослідженню сталобетонних брусів при крученні.

Випробовувалися три типи брусів: сталобетонні, сталезалізобетонні та залізобетонні. Для випробувань була створена експериментальна установка, що забезпечувала замурування одного з торців бруса і передачу крутного моменту на протилежний торець за допомогою гідравлічних домкратів.

Зразки мали розміри 1500x300x100 мм і підрозділялися на 4 групи, кожна з яких була представлена зразками, що відрізняються, крім перерахованих нижче ознак, тільки схемою розташування датчиків опору для виміру деформацій. Перша група була представлена сталобетонними зразками (СБ1 і СБ2), що мали суцільну металеву оболонку, виготовлену з листа товщиною 2 мм (рис. 1,а).

Рис. 1. Поперечні перерізи сталобетонного (а), сталезалізобетонного (б) та залізобетонного (в) брусів

Друга і третя групи склалися із сталезалізобетонних зразків (СЗБ1, СЗБ2, СЗБ3, СЗБ4), що мають, крім обойми, додатковий каркас із поздовжньою арматурою класу А-ІІ, діаметром 12 мм і поперечною - діаметром 16 мм того ж класу. Каркас установлювався посередині меншого розміру поперечного перерізу (рис. 1,б). Сталезалізобетонні зразки СЗБ3 і СЗБ4 відрізнялися від зразків СЗБ1 і СЗБ2 наявністю оглядових вікон для спостереження за процесом тріщиноутворення. Представники четвертої групи зразків - залізобетонні зразки ЗБ1 і ЗБ2 армовані такими ж каркасами, що і сталобетонні (рис. 1,в).

На зразках СБ1 і СБ2 були установлені тільки зовнішні датчики опору типу КФ5П. 1.-20-100-А-12, а на зразках СЗБ3 і СЗБ4 - тільки внутрішні того ж типу. Всі інші зразки оснащувались як внутрішніми, так і зовнішніми датчиками. Внутрішні датчики розташовувалися в спеціальних пропилах на арматурі.

У процесі випробування на кожному етапі навантаження показання датчиків знімались приладом АІД-4.

Для всіх типів зразків у результаті випробувань отримана діаграма “крутний момент - кут закручування”, на якій можна виділити дві ділянки, що плавно переходять одна в одну. Перша ділянка лінійна, друга - нелінійна, перехід до якої намітився після утворення тріщин. У залізобетонних зразках перші тріщини з'являлися при навантаженні, яке дорівнювало $0,9-0,93 M_{гр}$ і мали локальний характер (рис. 2). У зразках з обоймою тріщини в бетоні виникали на етапі навантаження, яке відповідає $0,8-0,85 M_{гр}$. Тріщини в цих зразках на відміну від залізобетонних мали гвинтоподібний характер і розташовувались по всій довжині зразка з інтервалом 10-15 см (рис.2). Нахил тріщин у всіх зразках мав постійне значення, яке дорівнювало 45° . Характер руйнування зразків в обоймі принципово відрізняється від характеру руйнування залізобетонних зразків. У залізобетонних зразках локальні тріщини, розкриваючись при руйнуванні, утворюють одну суцільну просторову тріщину. У сталобетонних та сталезалізобетонних зразках процес руйнування характеризується розвитком значних пластичних деформацій в обоймі по гвинтових лініях, що відповідають лініям тріщиноутворення в бетонному ядрі. Після досягнення граничного крутного моменту, зразки в обоймі спроможні сприймати довгий час навантаження, яке дорівнює $(0,85-0,9) M_{гр}$ (рис. 2).

У таблиці 1 наведені розміри граничних моментів, отриманих в експерименті, із котрих очевидно, що зовнішнє армування суцільною обоймою дозволяє збільшити граничний крутний момент у 5-7 разів. При цьому внутрішній каркас у сталезалізобетонних зразках незначно підвищує несучу спроможність бруса в порівнянні із сталобетонними зразками (рис. 2).

Таблиця 1

Розміри граничних крутних моментів

Найменування зразків							
ЗБ1	ЗБ2	СБ1	СБ2	СЗБ1	СЗБ2	СЗБ3	СЗБ4
$M_{гр}, \text{кН}\cdot\text{м}$							
3,6	3,94	24,3	24,3	24,8	25,2	15,3	15,3

Рис.2. Діаграма крутний момент - кут закручування та схеми тріщиноутворення: а) залізобетонні бруси; б) сталобетонні бруси

На підставі результатів експерименту були побудовані графіки, що показують розміри деформацій в обоймі сталобетонних зразків у залежності від розміру крутного моменту (рис. 3). Їхній аналіз показує, що максимальні деформації виникають у серединах довгих сторін поперечного перерізу бруса, а в кутах перерізу деформації дорівнюють нулю. При цьому відношення деформацій, що виникають у середині довгих сторін, до деформацій у середині коротких, складає $\cong 0,77$. Таке ж співвідношення спостерігається і у залізобетонних зразках.

Рис. 3. Розміри деформацій в обоймі в залежності від розміру крутного моменту

У третьому розділі дисертації визначається напружено-деформований стан сталобетонного елемента прямокутного перерізу, виділеного із бруса поперечними і похилими перерізами.

При визначенні НДС у поперечному перерізі бруса використовується підхід, розроблений проф. Чихладзе Е.Д.: розрахункова схема обойми і ядра подана у вигляді елементів, що контактують між собою (рис. 4). Вважається, що ядро й обойма працюють спільно, без відриву і прослизання. За невідомі приймаються нормальні x_i, x_j та дотичні x_λ, x_θ контактні сили. Вважається, що матеріал обойми має властивості ідеальної пружнопластичності.

Рис.4. Сталобетонний елемент (а), розрахункова схема обойми (б) та ядра (в)

При описі процесу деформування бетону в умовах трьохосьового напруженого стану використовуються рекомендації НДІЗБа та експериментальні дослідження Е.Д. Чихладзе, де бетон приводиться до ізотропного матеріалу з перемінними параметрами деформування \tilde{E} і $\tilde{\nu}$:

$$\tilde{E} = \frac{9KG}{G + 3K}, \quad (1)$$

$$\tilde{\nu} = \frac{3K - 2G}{2[G + 3K]}, \quad (2)$$

де K - січний модуль відносних об'ємних змін бетону;

G - січний модуль зсуву.

Зовнішні впливи на елемент прийняті у вигляді пари сил у площині поперечного перерізу, статичним еквівалентом яких є крутний момент, і змушеної деформації в поздовжньому напрямку, що враховує перекручування перерізу через депланацію.

Сили взаємодії між ядром і обоймою знаходяться із умови рівності переміщень на межі контакту із системи рівнянь:

$$A\vec{X} = -\vec{H}, \quad (3)$$

де $(\delta_{ki} - \delta_{ki}^*), (\delta_{kj} - \delta_{kj}^*), (\delta_{k\theta} - \delta_{k\theta}^*), (\delta_{k\lambda} - \delta_{k\lambda}^*)$ - елементи матриці A являють собою різниці поперечних переміщень точки K обойми і ядра від одиничних сил i, j, θ, λ станів; елементи Δ_{kF} (Δ_{kC}) матриці стовпчика H - поперечні переміщення від зовнішніх впливів і вимушеної деформації.

Поперечні переміщення $\delta_{ki}, \delta_{kj}, \delta_{k\lambda}, \delta_{k\theta}, \Delta_{kF}$ визначаються для обойми одиничної довжини в замкнутому вигляді. Поперечні переміщення Δ_{kC} визначаються в результаті вирішення просторової задачі теорії пружності. Для знаходження переміщень у бетонному ядрі від одиничних сил $X_i, X_j, X_\lambda, X_\theta$ вирішується в різницевій формі диференціальне рівняння плоскої задачі з перемінними по полю параметрами деформування \tilde{E} і $\tilde{\nu}$:

$$\begin{aligned} \frac{d^2}{dy^2} \left[\frac{1 - \tilde{\nu}^2}{\tilde{E}} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dy^2} - \frac{\tilde{\nu}(1 + \tilde{\nu})}{\tilde{E}} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dx^2} \right] + \frac{d^2}{dx^2} \left[\frac{1 - \tilde{\nu}^2}{\tilde{E}} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dx^2} - \right. \\ \left. - \frac{\tilde{\nu}(1 + \tilde{\nu})}{\tilde{E}} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dy^2} \right] + \frac{d^2}{dxdy} \left[\frac{2(1 + \tilde{\nu})}{\tilde{E}} \cdot \frac{d^2 \varphi}{dxdy} \right] = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Для визначення функції φ на контурі використовується рамна аналогія.

Лінеаризація здійснюється в процесі послідовних наближень, перемінними параметрами якого є січний модуль деформації бетону \tilde{E}_{ij} та коефіцієнт поперечної деформації ν_{ij} .

Процес послідовних наближень продовжується до

досягнення задовільної збіжності за величинами модулів пружності. На кожному кроці розрахунку визначаються контактні сили, знаходяться положення головних площадок, головні напруження в бетоні σ_{b2} , σ_{b3} , σ_{b1} та сталі σ_{s1} .

Елементи перерізу, у яких головні розтягувальні напруження досягають граничних значень, виключаються з розрахунку, також як і контактні сили, що перевищують сили зчеплення між обіймою і бетонним ядром. Розрахунок продовжується до появи граничних напружень у стиснутому бетоні або в розтягнутій частині обойми.

Для визначення напружено-деформованого стану в похилому перерізі, на підставі аналізу схеми тріщиноутворення в бетоні і розвитку пластичних деформацій в обіймі, виділяється прямокутний елемент скрученого сталобетонного стержня зі сторонами під кутом 45° до поздовжньої осі (рис. 5).

Рис. 5. Одиничний елемент, схема напруженого стану

На виділений елемент за напрямком головних площадок діють згинальні моменти різних знаків. Використовуючи відомий вираз для перетворення тензора моменту:

$$M_{кр} = (M_1 - M_2) \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

одержимо значення крутного моменту :

$$\begin{aligned} \text{де } M_{кр} = & -\frac{1}{3} \cdot \bar{x}_1^2 \cdot E_b \frac{\varepsilon'_{b1} - \nu_{bt} \varepsilon'_{bt2}}{1 - \nu_{bt}^2} + \frac{1}{3} \cdot \bar{x}_{t1}^2 \cdot E_{bt} \frac{(\varepsilon'_{bt1} - \nu_b \varepsilon'_{b2})}{1 - \nu_b^2} + \\ & + \frac{A_s E_s (h_0 - x_1) (\varepsilon_{s1} - \nu_s \varepsilon'_{s2})}{1 - \nu_s^2} - \frac{A_s E_s x_1 (\varepsilon'_{s1} - \nu_s \varepsilon_{s2})}{1 - \nu_s^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Деформації ε_{si} , $\varepsilon_{s'i}$, ε_{bi} , ε_{bti} , $\varepsilon_{b'i}$, $\varepsilon_{b'ti}$ визначаються в залежності від кривизни перерізу K_i та від висоти стиснутої і розтягнутої зон.

Положення нейтральних осей знаходять із умови рівності нулю проєкцій усіх сил, що діють у перерізі на горизонтальну площину:

$$\int_{\bar{x}_i}^0 \sigma_{bi} dz + \int_0^{\bar{x}_{ti}} \sigma_{bti} dz + \sigma_{Si} A_S - \sigma'_{Si} A_S = 0 \quad (7)$$

Розв'язок рівняння (7) щодо x_i здійснюється в процесі послідовних наближень разом із

$$\begin{aligned} \varepsilon_{Si} &= (h_0 - x_i)k_i; & \varepsilon'_{Si} &= (x_i + \delta/2)k_i; \\ \varepsilon'_{bi} &= x_i \cdot k_i; & \varepsilon'_{bti} &= x_{ti} \cdot k_i. \end{aligned} \quad (8)$$

$$i = 1, 2.$$

У дисертації розроблено інженерний спосіб визначення несучої спроможності сталобетонних брусів прямокутного поперечного перерізу при крученні. В основу покладена схема граничної рівноваги елемента бруса довжиною, яка дорівнює висоті перетину h (рис. 6). Взаємно пересічні лінії пластичних шарнірів розташовані на верхній та нижній гранях елемента. Кругле навантаження у вигляді пар сил, прикладених до торців елемента, створює вигин щодо ліній пластичних шарнірів. При знаходженні граничного згинального моменту розглядається два варіанти, у першому із яких розкривається контакт між сталеву оболонкою і бетонним ядром, що знаходиться в умовах об'ємного напруженого стану; у другому варіанті по лініях пластичних шарнірів міцність бетону приймається рівною міцності при одноосьовому стиску, напруження в сталі визначаються з притягненням енергетичної теорії Мізеса. Перехід від вигину до кручення здійснюється за формулою, отриманою з геометричних міркувань.

Порівняння результатів розрахунку за запропонованою методикою з даними експерименту показало, що розбіжності не перевищують 5-6%.

Рис.6. Одиначний елемент, розрахункова схема

У четвертому, заключному, розділі дисертації пропонується конструкція сталобетонного бруса, який сприймає значні крутні та згинальні впливи. Зроблено порівняння запропонованого елемента з аналогічним залізобетонним, при цьому показано, що

застосування сталобетонних колон замість залізобетонних дозволяє досягти економії сталі в середньому на 30-40%.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі викладено результати експериментальних та теоретичних досліджень міцності сталобетонних елементів прямокутного поперечного перерізу при крученні.

Проведений аналіз отриманих результатів дозволяє зробити такі висновки:

1. Аналіз існуючих методів розрахунку сталобетонних конструкцій показав, що питання розрахунку сталобетонних елементів прямокутного поперечного перерізу на міцність при крученні вивчені недостатньо.
2. Експериментальні дослідження сталобетонних, залізобетонних та сталезалізобетонних брусів прямокутного поперечного перерізу показали, що зовнішнє армування суцільною металевою оболонкою бетонних і залізобетонних брусів дозволяє збільшити несучу спроможність при крученні в 5-7 разів.
3. При крученні брусів прямокутного перерізу максимальні деформації виникають на більшій стороні поперечного перерізу, у кутах деформації дорівнюють нулю.
4. Сталобетонні та сталезалізобетонні бруси (при випробуванні) практично не вдається зруйнувати; після досягнення граничного крутного моменту вони спроможні сприймати довгий час навантаження, яке дорівнює $(0,85-0,9) M_{Tp}$ при значному рості деформацій.
5. Тріщини в бетонному ядрі сталобетонних зразків розташовуються гвинтоподібно по всій довжині бруса і складають кут 45° із поздовжньою віссю зразка.
6. Розроблено спосіб визначення напружено-деформованого стану сталобетонного елемента прямокутного поперечного перерізу при крученні, заснований на розкритті контакту між сталеву оболонкою і бетонним ядром, що знаходиться в умовах об'ємного напруженого стану.
7. Розроблено спосіб визначення напружено-деформованого стану сталобетонного елемента, виділеного з бруса похилими перерізами.
8. На підставі аналізу схеми тріщиноутворення в бетонному ядрі запропонована схема граничної рівноваги для визначення несучої спроможності бетонного, залізобетонного та сталобетонного бруса при крученні.
9. Порівняння залізобетонних елементів прямокутного перерізу при крученні із сталобетонними

показало, що використання сталобетонних конструкцій дозволяє заощадити в середньому 30- 35% сталі.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНІ У РОБОТАХ:

1. Э.Д. Чихладзе, А.В. Мотовилов Теория деформирования сталобетонных элементов прямоугольного сечения.//Сб. докл. Междунар.конф. “Сталежелезобетонные конструкции: исследование, проектирование и строительство”. - Кривой Рог. - 1996. - С.26.

2. Э.Д. Чихладзе, В.И. Колчунов, А.В. Мотовилов Экспериментальное исследование сталобетонных брусьев прямоугольного сечения при кручении. // Сб. докл. междунар. конф. “Сталежелезобетонные конструкции: исследование, проектирование и строительство”. - Кривой Рог. - 1998. - С.223-226.

3. Э.Д. Чихладзе, А.В. Мотовилов Напряженно-деформированное состояние сталобетонного бруса при кручении. //Республик.межведомств. науч.-тех.сб. “Коммунальное хозяйство городов”. - Выпуск 16. - Харьков. -1998.-С.35-39.

4. Э.Д. Чихладзе, В.И. Колчунов, А.В. Мотовилов Экспериментальное исследование сталобетонных брусьев прямоугольного сечения при кручении //Иzv.ВУЗов . Строительство. - 1999. - №1. - С. 139-141.

АНОТАЦІЯ

Мотовилов О.В. Міцність сталобетонних елементів прямокутного поперечного перерізу при крученні. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 - будівельні конструкції, будівлі та споруди . Харківська державна академія залізничного транспорту, Харків, 1999

Розглянуті існуючі типи сталобетонних конструкцій і методи їх розрахунку. Відмічено, що питання розрахунку сталобетонних елементів прямокутного перерізу на кручення вивчені слабо.

Проведено експериментальне дослідження сталобетонних, сталезалізобетонних і залізобетонних брусьїв прямокутного поперечного перерізу при крученні. Показані особливості роботи зразків в обоймі. Розроблені методи визначення напружено-деформованого стану в поперечному і нахиленому перерізі сталобетонного елемента, а також інженерний спосіб

визначення несучої здатності сталобетонного бруса прямокутного перерізу при крученні. Запропонована конструкція сталобетонного бруса, який сприймає значні крутні та згинальні впливи.

Ключові слова: сталобетонний елемент, напружено-деформований стан, граничне навантаження, прямокутний поперечний переріз.

ANNOTATION

Motovilov A.V. The strength of the steelconcrete elements with rectangular diametrical section in torsion. - Manuscript.

Dissertation for the scientific degree of the candidate of technical sciences by speciality 05.23.01 - building constructions, buildings and structures. - Kharkov state academy of railway transport, Kharkov, 1999.

Existent types of the steelconcrete constructions and methods of their analysis have been considered. It was noted that questions of torsion analysis of steelconcrete elements with rectangular diametrical section have been studied weekly. There was executed experimental researches of steelconcrete beams and reinforced concrete beams with rectangular diametrical section in torsion. Features of specimens work in a casing have been demonstrated. Methods of the stress and deformation state determination for transversal and inclined sections of a steelconcrete element as well as engineering method of limit strength determination for a steelconcrete beam have been developed. The design of a steelconcrete beam carrying considerable torsion and bending has been proposed.

Key words: the steelconcrete element, the stress and deformation state, , the limit strength, rectangular diametrical section

АННОТАЦИЯ

Мотовилов А.В. Прочность сталобетонных элементов прямоугольного поперечного сечения при кручении. - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Харьковская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 1999.

Рассмотрены существующие методы расчета сталебетонных конструкций и выполнен их анализ. Показано, что вопросы расчета сталебетонных элементов прямоугольного сечения на прочность при кручении изучены недостаточно.

С целью определения специфики деформирования и разрушения сталебетона при кручении испытано 8 образцов прямоугольного сечения, 4 из которых сталежелезобетонные, 2 - сталебетонные и 2 - железобетонные. Испытание производилось на специально созданной экспериментальной установке. На всех образцах были установлены датчики сопротивления, показания которых снимались прибором АИД-4 на каждом этапе нагружения. Результаты эксперимента показали принципиальное отличие процесса трещинообразования и разрушения сталебетонных и железобетонных образцов. В сталебетонных и сталежелезобетонных образцах в процессе деформирования в бетоне образуются трещины, располагающиеся винтообразно по всей длине образца (в отличие от бетонных, где трещины образуются посередине длины образца), при этом наклон трещин составляет угол 45° с продольной осью бруса. Разрушение образцов в обойме по сравнению с железобетонными, более плавное: при достижении предельного крутящего момента образцы продолжают держать нагрузку при значительном росте деформаций. Полностью разрушить сталебетонные и сталежелезобетонные брусья практически не удается. На основании данных эксперимента для всех образцов получены диаграммы “крутящий момент - угол закручивания”, построены графики, показывающие величины деформаций в обойме сталебетонных образцов в зависимости от величины крутящего момента.

Разработаны методы определения напряженно-деформированного состояния в поперечном и наклонном сечениях сталебетонного бруса. При определении НДС в поперечном сечении раскрывается контакт между стальной оболочкой и бетонным ядром, находящимся в условиях объемного напряженного состояния. Контактные усилия определяются методом сил, а при описании процесса деформирования бетона используется подход, при котором бетон приводится к условно изотропному материалу с переменными параметрами деформирования. Для определения НДС в наклонном сечении из скручиваемого бруса выделяют единичный элемент со сторонами под углом 45° к продольной оси, на который по направлению главных площадок действуют изгибающие моменты разных знаков. При определении этих моментов раскрывается НДС на боковых гранях элемента. Для определения несущей способности сталебетонного бруса прямоугольного сечения при кручении разработан инженерный способ, в

основу которого положена схема предельного равновесия элемента бруса длиной, равной высоте сечения. При этом действующая на брус крутящая нагрузка создает изгиб относительно линий пластических шарниров, расположенных на верхней и нижней гранях элемента. Сравнение результатов расчета по предлагаемой методике с данными эксперимента показало их высокую степень сходимости.

Предложена конструкция сталебетонного бруса, способного воспринимать значительные крутящие и изгибающие воздействия.

Ключевые слова: сталебетонный элемент, напряженно-деформированное состояние, предельная нагрузка, прямоугольное поперечное сечение.

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

МІЦНІСТЬ СТАЛЕБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ПРЯМОКУТНОГО ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ ПРИ КРУЧЕННІ

МОТОВИЛОВ ОЛЕКСАНДР ВАЛЕРІЙОВИЧ

Відповідальний за випуск
Романенко В.В.

Формат паперу 60x84 1/16 Папір для розмножувальних апаратів.
Друк офсетний. Умов.- друк. арк. 1,0. Обл.-вид. арк. 1,2.
Зам. № 88 . Тираж 100 прим. Безплатно.

Вид. ХарДАЗТ, 310051, м. Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Друк. ХарДАЗТ, 310051, м. Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.