

Кріпак В.Д., к.т.н., доц., Шинкарюк Ю.М., асп., Адаменко В.М., асп.  
(Київський національний університет будівництва і архітектури)

## СТЕНД ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ, ЩО ЗГИНАЮТЬСЯ В ДВОХ НАПРЯМКАХ

Розроблена та здійснена конструкція випробувального стенду з принципово новою системою завантаження та контролю за навантаженням дослідних зразків залізобетонних плит через систему важелів. Шляхом комбінації величин та часу дії фіксованих навантажень на важелі дослідна плита завантажується по краях згинальними моментами  $M_1$  та  $M_2$  різної інтенсивності та тривалості. Конструктивне рішення стенду запатентовано.

Однією з важливих проблем будівельної науки є створення нових і вдосконалення існуючих методів розрахунків і конструювання будівельних конструкцій, направлених як на зменшення витрат сировини і матеріалів, що, в цілому, знизить собівартість, так і на підвищення їх надійності в процесі експлуатації. Ця проблема особливо актуальна для залізобетонних плитних конструкцій, застосування яких в будівництві в останній час значно розширюється. Залізобетонні плити, що працюють в двох напрямках, зустрічаються в суцільних монолітних фундаментних плитах, монолітних плитах перекриття житлових та промислових будівель, стінах бункерів, силосів та резервуарів, плитних мостових конструкціях. Теоретична база [1] та можливості універсальних програмних комплексів (МІРАЖ, ЛІРА, СКАД і т.п.), дозволяють досліджувати числовими методами поведінку таких конструкцій при дії різних силових факторів як в лінійній так і в нелінійній постановках задач.

Але ряд проблем залишаються мало дослідженими, тому, що вимагають постановки і проведення цілеспрямованих програм експериментальних досліджень роботи залізобетонних плит та їх фрагментів. Більшість відомих експериментальних досліджень залізобетонних плит проведені на зразках плит, які оперті по контуру, або згинаються по балочному типу. Тому виготовлення нових дослідницьких стендів продовжує бути актуальним.

Важливою проблемою є також чистота експерименту, яка залежить від багатьох факторів, таких як точність замірів прикладених зусиль, схеми завантаження, системи контролю за змінами зусиль під час досліді, кількості зразків та їх одноманітності, точності приладів і т. п.

Основна кількість відомих експериментів була присвячена вивченню плит затиснутих чи шарнірно опертих по контуру повністю або частково.

Завантаження плит проводилось різними поперечними навантаженнями по балочному типу. Утворення тріщин відбувалось тільки в одному напрямку. Можливе їх відхилення від напрямку дії лінії навантаження досяглося за рахунок спеціальної орієнтації арматурних стержнів і зміни погонного армування в різних напрямках. Відомі дослідження круглих плит. Але всі дослідницькі стенди мали ряд недоліків: слабку стійкість, погано, або й зовсім неконтрольовані зусилля в опорних вузлах, наявність різних поперечних зусиль по площі плити, неможливість вільного згину країв плити, а тим більше, можливість досліджувати плити, в основному, тільки по балочному типу.

Виходячи з актуальності вдосконалення і розробки нових методів дослідження плит, на кафедрі залізобетонних і кам'яних конструкцій Київського національного університету будівництва і архітектури створено дослідницький стенд, який максимально відповідає вище приведеним вимогам та дає можливість прикладати до плит рівномірно розподілені моменти по чотирьом сторонам одночасно, моменти попарно різні за інтенсивністю та ще й має можливість прикладання до плити циклічних навантажень при високій точності замірів прикладених зусиль і прослідковування передачі цих зусиль до експериментальної плити.

Поставлена ціль була досягнута за рахунок того, що стенд має опорну раму з системою незалежних завантажувальних важелів консольно-балочного типу, пристроїв для їх „жорсткого” приєднання до плити, завантажувальних домкратів та системи домкратів, розміщених в опорних точках по типу з'єднаних судів. Силове устаткування стенда - гідростанція, що здатна підтримувати тиск в гідросистемі до 200 атмосфер. При цьому зусилля, яке приходиться на важіль від домкрату, вираховується за формулою:

$$N = P * S,$$

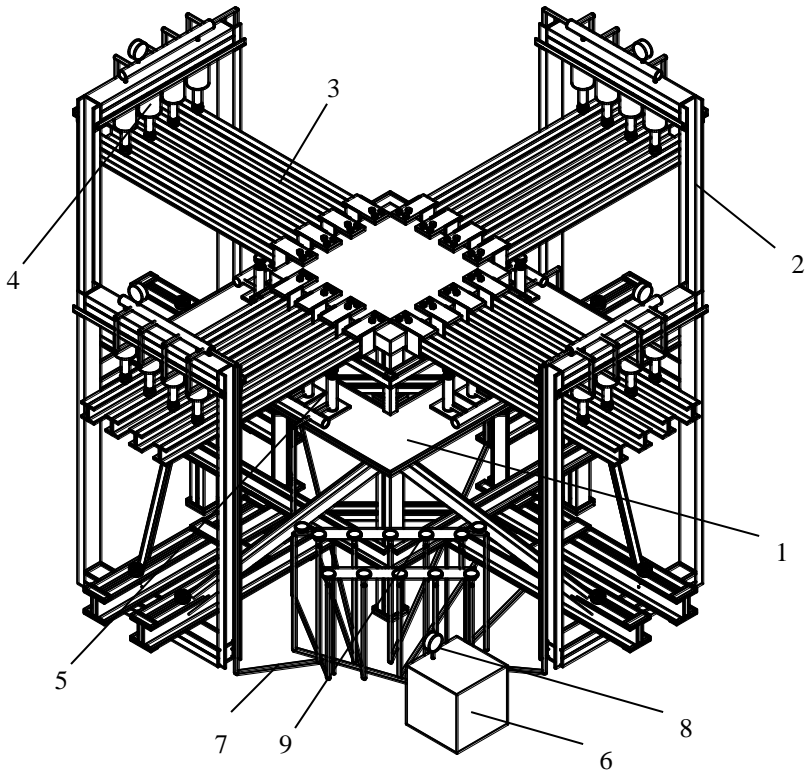
де P—тиск в гідросистемі в  $KГ/см^2$ , а S—площа гідроциліндра в  $см^2$ . Момент, що діє на плиту вираховується за формулою:

$$M = N * l,$$

де l - довжина важеля між осями опорного і завантажувального домкратів.

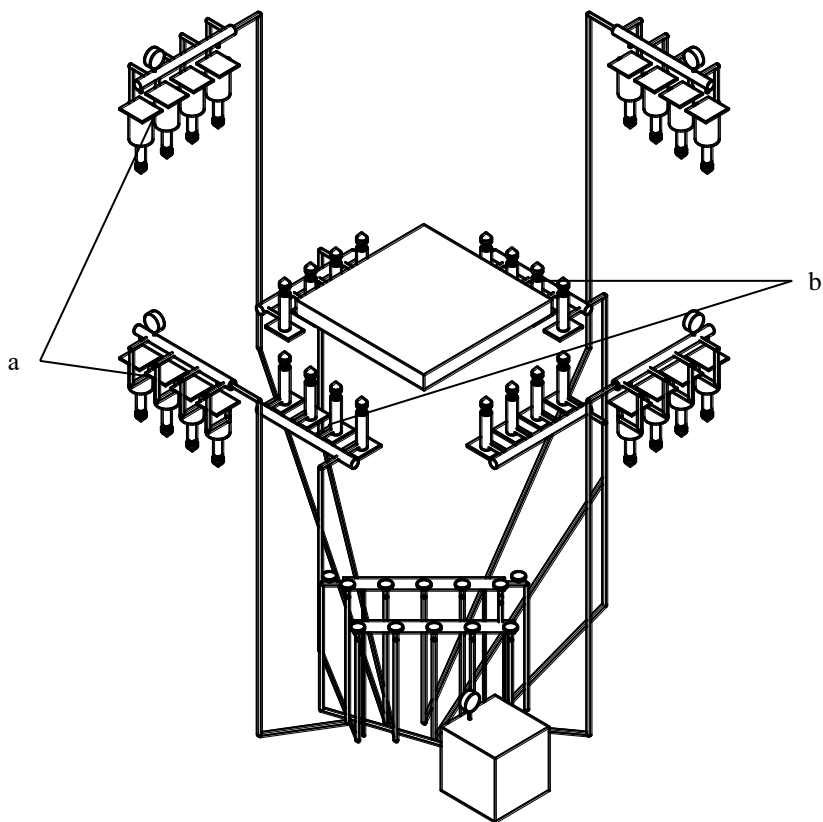
За тиском в другому контурі гідросистеми визначаються зусилля в опорах для порівняння з завантажувальними, що дає змогу контролювати чистоту експерименту. Всі заміри проводяться по манометрам, які попередньо таруються. Але манометри для високого тиску мають малоточну шкалу, тому для контролю були застосовані спеціальні динамометри. Їх розташовували вибірково під завантажувальні домкрати на важелях та над опорними домкратами під важелями. Це дає більш точне визначення діючих зусиль. Експеримент показав доцільність цих заходів, так як при невеликих зусиллях (до 10 атмосфер) похибка на ширину стрілки манометра може складати біля 10% від ціни ділення шкали (що в процентному відношенні суттєво при навантаженнях розмірних відповідно до величин градації манометра). При

тиску в гідросистемі 50-150 атмосфер навантаження по динамометрам точно співпадають з теоретичними значеннями  $N$ .



**Рис. 1. Влаштування стенду**

- 1—станина базова.
- 2—рама для кріплення завантажувальних домкратів.
- 3—важіль з гвинтовими кріпленнями.
- 4—завантажувальний домкрат.
- 5—опорний домкрат.
- 6—гідростанція (200 атм.) з автоматичним підтриманням заданого тиску в системі.
- 7—маслопровід високого тиску.
- 8—манометр.
- 9—вентиль.



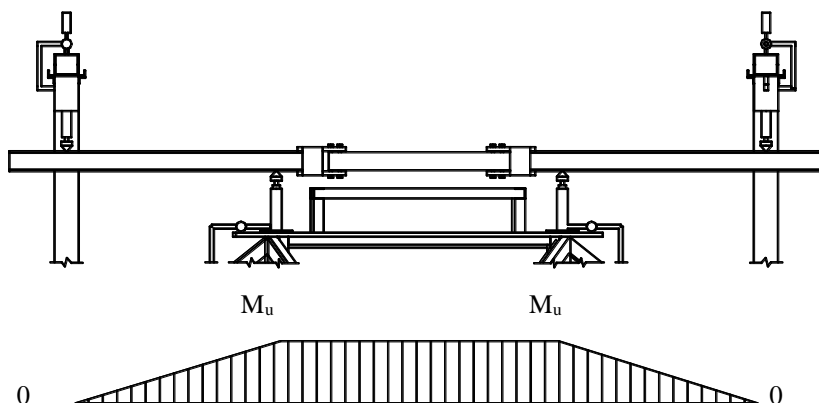
**Рис. 2. Схема контурів домкратів**

a—верхній (завантажувальний) домкрат.

b—нижній (опорний) домкрат.

Об'єднані домкрати в два контури: перший - по чотири в чотири групи для завантаження важелів і другий - по чотири в чотири групи для сприйняття опорних реакцій по принципу з'єднаних посудин.

Завантажувальні важелі виготовлені з пари швелерів №10. Захватні губки з металевієї полоси шириною 90мм і товщиною 20мм приварені з одного кінця до них і мають різьбові отвори для розпірних гвинтів. При приєднанні важелів до плити гвинти заходять в висвердлені на поверхні закладних деталей лунки, що усуває можливість зсуву між різними елементами системи і забезпечує передачу моментів без втрат.



**Рис. 3. Принципова схема завантаження та характер епюри моментів**

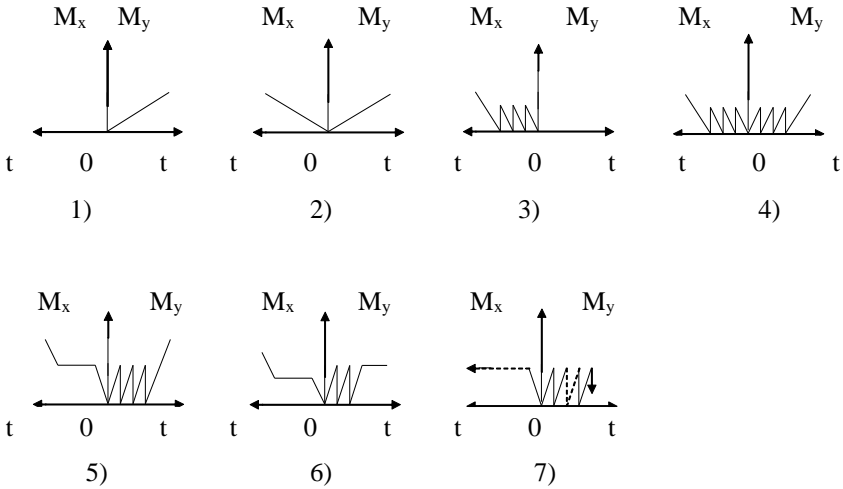
Обстеження закладних деталей після експериментів (по характеру змінання країв лунок) дає можливість говорити про добре конструктивне рішення важелів.

Технічні характеристики стенду: розміри в плані - 6 x 6 м, висота – 1,6 м, розміри досліджуваних зразків фрагментів плит – 0,9...1,1 x 0,9...1,1 x 0,1...0,15 м, діапазон фіксованих зосереджених навантажень 0,1 ... 100 кН, величина розподіленого погонного моменту по краю плити – 0,1...100 кНм.

Стенд надійний в експлуатації, простий в управлінні, володіє суттєвою новизною в порівнянні з відомими аналогами [2], його технічне рішення і реалізація захищені патентом [3].

Конструктивно стенд вирішено таким чином, що розтягнута зона дослідного зразка плити розташована знизу. Для замірів деформацій плити (прогинів) застосовуються індикатори часового типу ИЧ-10МН з ціною ділення 0,01мм. На полі плити (900 мм x 900 мм) по сітці 150 мм x 150 мм розміщені 22 індикатори в спеціальній рамі, яка опирається трьома штангами (в трьох вузлах сітки, але закріплюється жорстко тільки одна) на плити (в цих місцях прогини фіксуються як “нулі”, а всі інші 22 будуть змінюватися відносно площини, що проходить через 3 точки обпирання штанг). Таке закріплення рами відносно плити, а не відносно нерухомої базової станини, дає можливість одержувати точні результати без похибок від згину та переміщень самих важелів.

При проведенні дослідів було чітко відслідковано реагування опорних домкратів в одному напрямку на прогини плити в другому: дві середні підіймались, а дві крайні опускались (по принципу з'єднаних посудин рідина перетікала, даючи можливість реагувати на прогини, але тиск був незмінний і, відповідно, незмінні опорні реакції).



**Рис. 4. Схеми можливих завантажень**

- 1) — згин в одному напрямку ( $y$ ) по балочному типу.
- 2) — згин в двох напрямках.
- 3) — циклічні завантаження в одному напрямку.
- 4) — циклічні завантаження в двох напрямках.
- 5) — циклічні і постійні завантаження з руйнуванням в двох напрямках.
- 6) — циклічні і постійні завантаження з руйнуванням в одному напрямку.
- 7) — різні завантаження великої тривалості.

Простота створення та контролю за навантаженнями дозволила значно розширити діапазон наукових досліджень над зразками залізобетонних плит, що згинаються в двох напрямках та значно підвищити їх точність та надійність. На рис. 4 наведені схеми можливих завантажень плит, за якими сьогодні авторами ведуться експериментальні дослідження. Отримані результати свідчать про високі експлуатаційні якості стенду, можливість стійко контролювати задані навантаження тривалий час, змінювати їх під час експерименту по заданій програмі.

1. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. —М.: Стройиздат, 1976. — С. 208.
2. Крипак В.Д., Ибрагим Мохамед И. Патент № 1811603. Стенд для испытания плит, изгибаемых в двух направлениях. Госкомизобретений, 1992.
3. Кріпак В.Д., Шинкарюк Ю.М. Патент № 48726 А. Спосіб Кріпака-Шинкарюка досліджень залізобетонних плит, що працюють на згин в двох напрямках, та пристрій для його здійснення. Україна, 15.08.2002, Бюл. №8.