

АНОТАЦІЯ

Мищенко М.О. Несуча здатність вузла з'єднання ригеля з колоною залізобетонних каркасів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія (19 «Архітектура і будівництво»). – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка». – Полтава, 2026.

Дисертаційна робота присвячена розробленню методики оцінювання несучої здатності вузлів з'єднання елементів залізобетонних каркасів.

У першому розділі розглянуто типи стиків елементів залізобетонних каркасів, їх конструктивні різновиди, особливості передачі зусиль між ригелями та колонами. Сумісну роботу таких елементів забезпечують вузли з'єднання, реалізація яких може бути достатньо різноманітна. Розглянуто різні види жорстких і шарнірних стиків, їх можливі види руйнування та фактори, що впливають на несучу здатність. Визначено, що на практиці реалізуються чотири види руйнування коротких консолей та чотири види руйнування шпонкових стиків. Розглянуто параметри, що вказують на той чи інший вид руйнування таких елементів. Досліджено різні теоретичні підходи до визначення несучої здатності стиків залізобетонних елементів та встановлено, що у більшості випадків вони сильно різняться між собою, а кінцеві формули є емпіричними та ґрунтуються на результатах експериментальних досліджень.

У другому розділі розглянуто можливості сучасних програмних комплексів, що реалізують метод скінченних елементів для дослідження напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій. Докладно описано нелінійні моделі бетону, арматури, та можливості програмних комплексів для моделювання їх сумісної роботи. Визначено оптимальною модель бетону Concrete Damage Plasticity для моделювання опору елементів з'єднань залізобетонних конструкцій. Проведено валідацію цієї моделі на основі відомих стандартних випробувань бетонних та залізобетонних зразків та доведено її відповідність експериментальним даним.

У третьому розділі досліджено напружено-деформований стан залізобетонних консолей та шпонкових стиків методом скінченних елементів при варіації геометричних параметрів, класу бетону, армування й особливостей передачі навантаження між елементами, що з'єднуються. Зокрема, досліджено несучу здатність залізобетонних консолей з поперечним армуванням та без нього для випадків руйнування за поперечною силою (при достатній кількості поздовжньої арматури), розглянуто особливості передачі внутрішніх сил та зроблено співставлення з відповідними теоретичними моделями. Показано, що скінченноелементний аналіз показує характер руйнування, подібний до руйнування експериментальних зразків як для консолей так і для шпонкових стиків.

У четвертому розділі запропоновано застосування методики розрахунку несучої здатності коротких консолей та швів шпонкових з'єднань варіаційним методом теорії пластичності. Розглянуто теоретичне обґрунтування методу та послідовність його реалізації для поставлених задач. Наведено пропозиції щодо розрахунку опору коротких консолей та шпонкового шва при руйнуванні за похилою стиснутою смугою.

У п'ятому розділі наведено порівняльний аналіз результатів досліджень елементів з'єднання залізобетонних конструкцій за експериментальними даними, чисельними розрахунками методом скінченних елементів та за запропонованих аналітичних методиках як для консолей так і для шпонкових швів. З'ясовано, що механізми руйнування, отримані різними методами, мають спільні риси, а порівняльний аналіз підтвердив доцільність застосування запропонованої методики в практиці проєктування вузлів з'єднань залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: несуча здатність, чисельне моделювання, вузол, ригель, колона, напружено-деформований стан, моделі деформування бетону, варіаційний метод.

ABSTRACT

Myshchenko M.O. Bearing Capacity of the Beam-to-Column Joint of Reinforced Concrete Frames. – Qualification scientific work on the rights of a manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 192 – Construction and Civil Engineering (field of knowledge 19 – Architecture and Construction). – National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”. – Poltava, 2026.

The dissertation is devoted to the development of a methodology for assessing the bearing capacity of joints connecting elements of reinforced concrete frames.

The first chapter examines the types of joints between elements of reinforced concrete frames, their structural variations, and the features of force transfer between beams and columns. The compatible behaviour of such elements is provided by connection joints, which can be implemented in a fairly diverse manner. Various types of rigid and pinned joints, their possible failure modes, and the factors influencing bearing capacity are considered. It has been determined that, in practice, four types of failure of short corbels and four types of failure of keyed joints are observed. The parameters indicating one or another mode of failure of such elements are examined. Various theoretical approaches to determining the bearing capacity of joints of reinforced concrete elements have been investigated, and it has been established that in most cases they differ significantly from one another, while the resulting formulas are empirical and based largely on the results of experimental studies.

The second chapter examines the capabilities of modern software packages that implement the finite element method for investigating the stress-strain state of reinforced concrete structures. Nonlinear models of concrete and reinforcement, as well as the capabilities of software packages for modelling their compatible behaviour, are considered in detail. The Concrete Damage Plasticity model has been determined to be the optimal concrete model for simulating the resistance of joint elements of reinforced concrete structures. This model has been validated on the

basis of well-known standard tests of concrete and reinforced concrete specimens, and its agreement with experimental data has been demonstrated.

The third chapter investigates the stress-strain state of reinforced concrete corbels and keyed joints by the finite element method, with variation of geometric parameters, concrete class, reinforcement, and the features of load transfer between the elements being connected. In particular, the bearing capacity of reinforced concrete corbels with and without shear reinforcement is studied for cases of failure due to shear force (with a sufficient amount of longitudinal reinforcement); the features of internal force transfer are considered, and a comparison with the corresponding theoretical models is made. It is shown that the finite element analysis reveals a failure pattern similar to that of experimental specimens, both for corbels and for keyed joints.

The fourth chapter proposes the application of a methodology for calculating the bearing capacity of short corbels and the seams of keyed connections by the variational method of the theory of plasticity. The theoretical substantiation of the method and the sequence of its implementation for the formulated problems are considered. Proposals are presented for calculating the resistance of short corbel keyed joint in the case of failure along an inclined compressed strut.

The fifth chapter presents a comparative analysis of the results of investigations of joint elements of reinforced concrete structures based on experimental data, numerical calculations by the finite element method, and the proposed analytical methodologies for both corbels and keyed joints. It has been established that the failure mechanisms obtained by different methods share common features, and the comparative analysis has confirmed the feasibility of applying the proposed methodology in the design practice of joints of reinforced concrete structures.

Keywords: bearing capacity, numerical modeling, joint, beam, column, stress-strain state, concrete deformation models, variational method.