

УДК 624.012.45:539.415

Погрібний Володимир, к.т.н., с.н.с.,

ORCID: 0000-0001-7531-2912, e-mail: v.v.pogrebnoy1960@gmail.com

Довженко Оксана, к.т.н., професор,

ORCID: 0000-0002-2266-2588, e-mail: o.o.dovzhenko@gmail.com

Швайковський Володимир, аспірант,

ORCID: 0000-0002-0566-9999, e-mail: vova_avk@ukr.net

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ОПІР БЕТОННОГО КЛИНУ ПРИ ЗРІЗІ НАД НЕБЕЗПЕЧНОЮ ПОХИЛОЮ ТРІЩИНОЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Анотація. На несучу здатність залізобетонних конструкцій суттєво впливає опір бетону над небезпечною похилою тріщиною. Прю це свідчить і характер їх руйнування шляхом зрізу бетону стиснутої зони. Однак, з питання оцінювання вкладу опору бетонного клину в несучу здатність конструкції на даний час немає єдиної думки. Варіаційним методом у теорії пластичності встановлено вплив на опір бетонної клиноподібної зони кутів клину та напрямку дії рівнодійного зусилля на його зрізану грань. Наведені результати експериментальних досліджень зрізаного клину як моделі стиснутої зони.

Ключові слова: кут клину, варіаційний метод, поперечне зусилля.

Pohribnyi Volodymyr, Phd, Senior Researcher,

ORCID: 0000-0001-7531-2912, e-mail: v.v.pogrebnoy1960@gmail.com

Dovzhenko Oksana, Phd, Professor,

ORCID: 0000-0002-2266-2588, e-mail: o.o.dovzhenko@gmail.com

Shvaikovskyi Volodymyr, Phd student,

ORCID: 0000-0002-0566-9999, e-mail: vova_avk@ukr.net

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»

RESISTANCE OF THE CONCRETE WEDGE WHEN CUTTING OVER A DANGEROUS SLOPE CRACK OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

Abstract. The bearing capacity of reinforced concrete structures is significantly affected by the resistance of concrete over a dangerous inclined crack. This is evidenced by the nature of their destruction by shear the concrete of the compressed zone. However, there is currently no consensus on the assessment of the contribution of the resistance of the concrete wedge to the bearing capacity of the structure. The variational method in the theory of plasticity establishes the influence on the resistance of the concrete wedge-shaped zone of the wedge angles and the direction of action of the equivalent force on its shear face. The results of experimental studies of the truncated wedge as a model of the compressed zone are presented.

Keywords: wedge angle, variational method, shear force.

Досягнення рівномірності залізобетонних конструкцій, що згинаються, за нормальними та похили перерізами є одним із основних напрямків їх проектування та забезпеченні надійної експлуатації. Виконання вказаного завдання дозволить оптимізувати конструктивні рішення, уникнути зайвих витрат матеріалів та підвищити їх ефективність. При цьому важливе значення мають питання обґрунтованого уточнення розрахунків їх несучої здатності.

Слід зазначити, що несуча здатність залізобетонних конструкцій при згині в значній мірі залежить від опору дії поперечної сили на ділянках біля опор. Одним із визначальних факторів впливу та складовою сумарного поперечного зусилля, що сприймається конструкцією, є зусилля в бетоні стиснутої зони над похилою тріщиною. В чинних нормах [1] застосовується модель «фермової аналогії», котра взагалі не враховує роботу бетону клиноподібної стиснутої зони над небезпечною похилою тріщиною, а робота бетону розглядається лише у межах умовної стиснутої смуги. При цьому в якості величини поперечного зусилля, котре сприймає конструкція, приймається більше із значень зусиль у бетоні або арматурі.

Між тим, аналіз експериментального дослідження напружено-деформованого стану стиснутого бетону та поперечної арматури засвідчує, що вони сумісно працюють на сприйняття поперечної сили.

Проведено аналіз результатів експериментальних досліджень роботи клиноподібної стиснутої зони бетону над небезпечною похилою тріщиною на моделях клинів.

Випробовувалися бетонні зразки-клини із важкого бетону та керамзитобетону з різними кутами клину α від 15° до 45° , кутами β від 0 до $\alpha+10^\circ$ між напрямком дії рівнодійної зусилля P_c . Міцність бетону на стиск змінювалася в широкому інтервалі.

Для їх випробувань виготовлено спеціальний пристрій [2, 3], якій наведено га рис. 1. Передача навантаження здійснювалась через сталеву пластину, котра наклеювалася на зрізану грань за допомогою епоксидного компаунду.

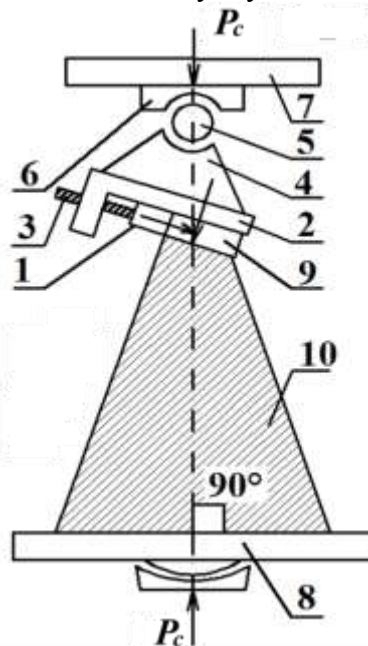


Рис. 1 – Схема випробування зрізаного бетонного клину:

**1, 2 – вантажні пластини; 3 – гвинти; 4 – корпус випробувального пристрою;
5 – шарнір; 6 – опорна пласина; 7, 8 – плити пресу; 9 – пласина; 10 – зразок**

Експериментально встановлено, що за умові збільшення кута клину α опір дослідних зразків зрізу зростає, при підвищенні кута дії рівнодійної навантаження β – величина P_c зменшувався.

У Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» на основі варіаційного методу в теорії пластичності розв'язана задача опору бетонного зрізаного клину [3].

Кінематична схема руйнування клину представлена на рис. 2.

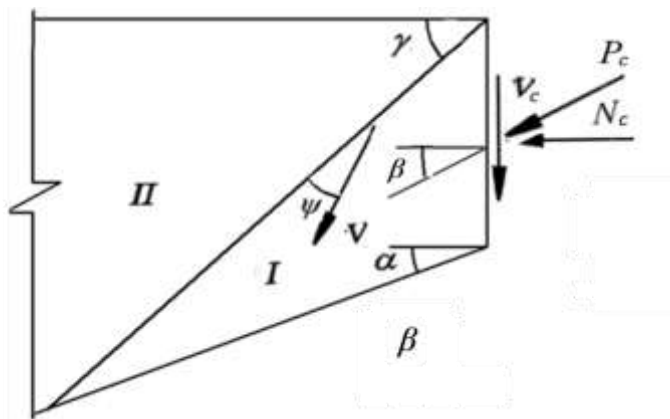


Рис. 2 – Кінематична схема руйнування клиноподібної бетонної зони над небезпечною похилою тріщиною

Дана кінематична схема реалізується за умови $\beta > \alpha/1,5$. У разі зменшення значення кута β поверхня руйнування проходить від низу зрізаної грані до верхньої поверхні клину.

Граничне значення навантаження відповідає мінімуму потужності пластичної деформації на поверхні зрізу.

Поперечне зусилля, що сприймає клиноподібний елемент, відповідає мінімуму потужності локалізованої у тонкому шарі на поверхні руйнування пластичної деформації та визначається за формулою:

$$\frac{V_c}{f_c A_c} = \frac{\tan(\gamma' + \psi') - \tan \gamma'}{\tan \gamma' - \tan \alpha} \left(\frac{\bar{d} \sqrt{1 + 4 \tan^2 \psi'}}{\tan \psi'} - \bar{m} \right) \frac{\tan \beta}{1 + \tan(\gamma' + \psi') \tan \beta}, \quad (1)$$

де $A_c = bx$ – площа зрізаної грані клину, тут b – товщина клину (ширина поперечного перерізу стиснутої зони), x – висота зрізаної грані (стиснутої зони); $\bar{m} = 1 - \chi$, $\bar{d} = \sqrt{(1 - \chi + \chi^2)}/3$, тут $\chi = f_{ct}/f_c$, f_c і f_{ct} – міцність бетону при осьовому стиску та розтязі.

В правій частині рівняння (1) варіюються кут ψ' між напрямком руху жорсткого диска I відносно диска II і кут γ' поверхні руйнування до горизонтальної грані, котрі визначають напруження на ділянці зрізу.

Зусилля стиску підраховуються із рівнянь

$$N_c = V_c / \tan \beta. \quad (2)$$

Рівнодійна зусиль, прикладених на зрізаній грані бетонного клину дорівнює

$$P_c = \sqrt{V_c^2 + N_c^2}. \quad (3)$$

Результати розрахунку зусиль, що сприймає бетонний клин, нормальних та дотичних зусиль на поверхні зрізу, параметрів ψ і γ , встановлені варіаційним методом, наведені в табл. 1.

При визначенні опору зрізу враховується напрямок дії нормальних напружень.

Висота стиснутої зони x для підрахунку опору стиснутої зони встановлюється за обрисом небезпечної похилої тріщини.

Параметри-характеристики бетонних клинів при $f_{ct}/f_c = 0,1$

За умови $N_c = f_c b x$								
$\alpha, ^\circ$	$\beta, ^\circ$	$\psi, ^\circ$	$\gamma, ^\circ$	σ_n/f_c	τ_n/f_c	$P_c/\sigma_c b x$	$N_c/\sigma_c b x$	$V_c/\sigma_c b x$
5	4,69	15,33	42,18	0,370	0,483	1,003	1	0,082
10	8,82	14,95	46,94	0,381	0,486	1,012		0,155
15	12,48	14,35	51,56	0,398	0,490	1,024		0,221
20	15,72	13,55	56,08	0,422	0,496	1,039		0,281
30	21,11	11,35	64,88	0,490	0,511	1,072		0,386
За умови $P_c = f_c b x$								
0	0	15,47	37,27	0,367	0,482	1	1	0
5	4,83	15,39	42,22	0,369	0,482		0,997	0,084
10	9,33	15,17	47,08	0,375	0,484		0,987	0,162
15	13,50	14,81	51,85	0,385	0,487		0,972	0,233
20	17,33	14,28	56,52	0,400	0,491		0,954	0,298
30	23,92	12,71	65,60	0,447	0,502		0,914	0,405
За умови $\alpha = \beta$								
5	5	15,47	42,27	0,367	0,482	0,996	0,992	0,087
10	10	15,47	47,27	0,367	0,482	0,985	0,970	0,171
15	15	15,47	52,27	0,367	0,482	0,940	0,933	0,25
20	20	15,47	57,26	0,367	0,482	0,955	0,883	0,321
30	30	15,47	67,25	0,367	0,482	0,866	0,750	0,433

Дані табл. 1 вказують на залежність зусиль P_c , N_c та V_c від кута клину α і кута напрямку дії рівнодійної навантаження β .

Висновки. На несучу здатність залізобетонної конструкції при згині на ділянка біля опор, наряду з поперечною арматурою впливає опір бетону над небезпечною тріщиною. Величина поперечного зусилля, котре сприймає бетонний клин, визначена варіаційним методом суттєво зростає при збільшенні кута клину, що підтверджено експериментально. Складова опору бетону стиснутої зони дії поперечної сили значно підвищується з наближенням до опор, так як і висота стиснутої зони також значно зростає.

Література

1. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування / Мінрегіонбуд України. – К., 2011. – 118 с.
2. Довженко О.О. Експериментальні дослідження роботи бетону стиснутої зони над небезпечною похилою тріщиною / О.О. Довженко, В.В. Погрібний, Т.Ю. Качан, О.О. Куриленко // Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди). – Рівне, 2009. – Вип. 18. – С. 186 – 193.
3. Довженко О.О. Про можливість застосування теорії пластичності до розрахунку міцності елементів із високоміцного бетону / О.О. Довженко, В.В. Погрібний, О.О. Куриленко // Научно-технический сборник: Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка, 2012. – Вып. 105. – С. 74 – 82.