

сировині процедура оцінювання може бути спрощена. Враховуючи, що $p \leq 2$ і $q \leq 2$, можна послідовно оцінити параметри конкуруючих моделей процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині з різними p й q і вибрати ту з них, для якої S мінімальна. Потім варто здійснювати діагностичну перевірку тільки для цієї моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині.

Конкретні приклади, що ілюструють методіку послідовних операцій ідентифікації моделей якості руди і корисної копалини у рудній сировині, визначення центрованої постійної моделі процесу формування якості руди і корисної копалини у рудній сировині і розрахунку прогнозних оцінок якості. Гірничовидобувне виробництво як динамічної системи і дозволяє узагальнити методи прогнозування відособлених (ізольованих) рядів якості руди і корисної копалини у рудній сировині на взаємозалежні. Незважаючи на успішне вирішення теоретичних питань у цій області, залишаються ще труднощі практичної реалізації методу.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Відмінністю даної моделі є використання функції розподілу ймовірності як об'єкт інтерполяції, і як характеристика кожного елемента згаданої моделі. Інші технології побудови таких моделей оперують із оцінкою середнього вмісту металу, у той час як дана методика базується на операціях з функцією, що характеризує ймовірність появи в даному об'ємі вмістів різної величини. Побудована таким чином модель родовища, покладу, рудного тіла або ділянки корисних копалин використовується для підрахунку його запасів, оптимального проектування гірничовидобувного підприємства, а також поточного і перспективного планування гірничих робіт на уже діючому підприємстві.

Список літератури

1. **Бекжанов Г.Р., Бугаец А.Н., Лось В.П.** Методология и методы оценки месторождений твердых полезных ископаемых с помощью ЭВМ. - В кн.: Математическая геология и геологическая информация. Докл. XXVII Межд. геол. конгр. М.: Недра, 1984, с. 102-108.
2. **Бокс Дж., Дженкинс Г.** Анализ временных рядов. Прогноз и управление. Вып. 1. М., Мир, 1974.
3. **Давид М.** Статистические методы при оценке запасов руд. Л., Недра, 1980.
4. **Дэвис Дж.** Статистика и анализ геологических данных. М., Мир, 1977.
5. **Карлин С.** Основы теории случайных процессов. М., Мир, 1971.
6. **Марголин А.М.** Оценка запасов минерального сырья. Математические методы. М., Недра, 1974.
7. **Матерон Ж.** Основы прикладной геостатистики. М., Мир, 1968.
8. **Шолох Н.В., Переметчик А.В.** Геометризация размещения качественных характеристик железистых кварцитов Кривбасса // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. науч.-техн. сб. - Кривой Рог: КТУ. - 2004. - Вып. 86 - С. 44-47.
9. **Шолох Н.В., Топчий А.Л.** Направления развития системы обработки маркшейдерско-геологической информации. - В сб. «Разработка рудных месторождений». Вып. 93. Кривой Рог, 2010. - С. 94-97.
10. **Agterberg F.P.** Autocorrelation function in geology. In: Geostatistics. New-York, Plenum Press, 1970, p. 113-141.
11. **Hartly D., Ranson M.A.** Development of interactive graphics within the National Coal Board -In: 18 th Int. Symp. APCOM. London, 1984, p. 201-210.
12. **Huijbregts Ch.** Estimation of a mass proved by random diamond drillholes-In: 13 th Int. Symp. APCOM. Clausthal, 1975, Al. p. 1-17.
13. **Huijbregts Ch., Materon G.** Universal kriging - an optimal approach to trend surface analysis. - In: Decision-Making in the Min. Industry Can. Inst. Min. Met., 1977, v. 12," p. 159-169.
14. **Krige D.G.** Geostatistics and the definition of uncertainty-In: 18th Int. Symp. APCOM, London, 1984, p. 1-7.
15. **Kwa B.L., Mousset-Jones P.F.** Indicator approach to the mineral reserve estimation of a gold deposit in Nevada - In: 18 th Int. Symp. APCOM, London, 1984, p. 343-366.

Рукопис подано до редакції 14.03.16

УДК 624.012.45

О.І. ВАЛОВОЙ, канд. техн. наук, проф., П.І. ГЕРБ, канд. техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КОНТАКТНОГО ШВА ПРИ ПІДСИЛЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ МЕТОДОМ ПРИКЛЕЮВАННЯ

Наведено і проаналізовано результати випробувань підсиленних балок на якість роботи клееного контактного шва при різних рівнях повторного навантаження. Нарощування згинальних залізобетонних елементів знизу виконують зазвичай при неможливості підсилення нарощуванням зверху, і при необхідності, не дуже великого збільшення

несучої здатності конструкції В останній час у будівництві виникла проблема дослідження напружено-деформованого стану контактної шва підсиленних конструкцій при високому рівні напруги, особливо з урахуванням змін у процесі експлуатації.

Існуючі методи розрахунку міцності контактної шва у збірно-монолітних і підсиленних конструкціях передбачають забезпечення міцності контактної шва за допомогою конструктивних і технологічних заходів. Це дозволяє при розрахунку обмежитися перевіркою міцності у граничному стані в місці найбільших згинальних моментів та за похилим перерізом. Враховуючи, що фактично діюче зусилля в межах контактної шва є відносно малим, і розширення візуально не спостерігалось в жодній з балок, спосіб улаштування контакту з використанням клею Cerinol ZH є доцільним, а розрахунок міцності контактної шва відомим способом з корективами запропонованими в роботі для розрахунку шва з клею, виявило цілком задовільні якісні та кількісні результати.

Одним із сучасних методів збільшення несучої здатності залізобетонних згинальних елементів є встановлення додаткової арматури в розтягнутій зоні й улаштування монолітної плити в стиснутій зоні. Нарощування згинальних залізобетонних елементів знизу виконують зазвичай при неможливості підсилення нарощуванням зверху, і при необхідності, не дуже великого збільшення несучої здатності конструкції В останній час у будівництві виникла проблема дослідження напружено-деформованого стану контактної шва підсиленних конструкцій при високому рівні напруг, особливо з урахуванням змін у процесі експлуатації.

Ключові слова: балка, підсилення, випробування, розтягнута зона, навантаження

Стан питання та задачі дослідження. Одним із сучасних методів збільшення несучої здатності залізобетонних згинальних елементів є встановлення додаткової арматури в розтягнутій зоні й улаштування монолітної плити в стиснутій зоні.

Нарощування згинальних залізобетонних елементів знизу виконують зазвичай при неможливості підсилення нарощуванням зверху, і при необхідності, не дуже великого збільшення несучої здатності конструкції В останній час у будівництві виникла проблема дослідження напружено-деформованого стану контактної шва підсиленних конструкцій при високому рівні напруг, особливо з урахуванням змін у процесі експлуатації.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню роботи підсиленних залізобетонних конструкцій присвятили свої роботи Л.В. Афанасьєва, А.Я. Барашиков, С.В. Бондаренко, Б.А. Боярчук, О.І. Валовой, Г.В. Гетун, О.Б. Голишев, А.Ю.Еременко, О.Д.Журавський, П.И.Кривошеєв, Е.Ф. Лисенко, Г.А. Молодченко, Л.А. Мурашко, Й.П. Новаторський, Р.С. Санжаровський, П.О. Сунак, Г.Н. Хайдуков, О.Л. Шагин, В.С. Шмуклер, А. Касассбех, Г.В. Чанг, Л.М. Чи, М.А. Максур і ін.

Дослідженню роботи бетонних і залізобетонних елементів при дії малоциклових навантажень присвятили свої роботи Е.М. Бабич, А.Я. Барашиков, Н.М. Битько, О.І. Валовой, А.В. Войцеховський, А.В. Гергель, А.Б. Григорчук, А.С. Залісів, В.В. Караван, Н.И. Карпенко, А.М. Кокарев й ін.

У той же час вивчення роботи конструктивних елементів підсиленних у розтягнутій зоні шаром залізобетону методом проклеювання при дії повторних навантажень дотепер не проводилося.

Мета досліджень - порівняти експериментальні й розрахункові значення міцності контактних швів підсиленних у розтягнутій зоні залізобетонних балок при малоциклових навантаженнях, та виявити ефективність роботи підсилення за допомогою клею.

Методика досліджень. Для експериментальних досліджень були виготовлено п'ять серій залізобетонних балок з бетону на відходах збагачення залізних руд [1]. Усі серії балок, крім першої, були попередньо навантажені зусиллям, яке становило 0,7-0,8 від руйнівного навантаження першої серії. Після чого балки були розвантажені та підсилені нарощуванням у розтягнутій зоні шаром бетону

Балки першої та другої серії є контрольними і випробовувалися монотонним навантаженням до руйнування. Випробування третьої, четвертої та п'ятої серії балок проводилося циклічним навантаженням. Максимальний рівень повторного навантаження приймався наступним: для балок третьої серії - 0,75, четвертої - 0,85 та для п'ятої - 0,9 від руйнівного. Зусилля прикладали протягом 10 циклів, після чого навантаження доводили до руйнівного.

Момент утворення тріщин у балці та подальший розвиток ширини розкриття визначали візуально мікроскопом з 24-кратним збільшенням, а також на підставі показів тензорезисторів.

За момент руйнування підсиленних балок було прийнято момент перевищення ширини нормальних тріщин та поздовжнього прогину над нормативними значеннями і руйнування балки у верхній частині середньої третини прольоту.

Результати досліджень. Існуючі методи розрахунку міцності контактної шва у збірно-монолітних і підсиленних конструкціях передбачають забезпечення міцності контактної шва за допомогою конструктивних і технологічних заходів. Це дозволяє при розрахунку обмежитися

перевіркою міцності у граничному стані в місці найбільших згинальних моментів та за похилим перерізом (рис. 1), за методикою наведеною у [2,3], виходячи з умови

$$T_{sh} \leq T_{sh,u} \quad (1)$$

де T_{sh} - зсувне зусилля у контактному шві від дії зовнішнього навантаження; $T_{sh,u}$ - граничне зсувне зусилля, яке сприймає контактний шов.

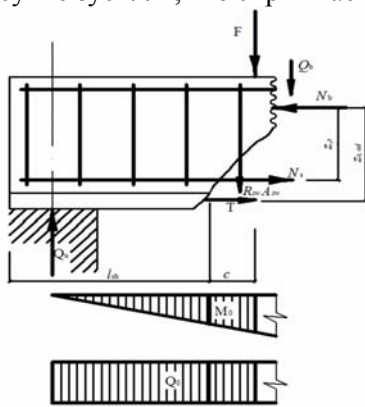


Рис. 1. Розрахункова схема контактної шви

Граничне зсувне зусилля, яке сприймає контактний шов, у загальному випадку визначають за формулою

$$T_{sh,u} = R_{sh} b_{sh} l_{sh} \quad (2)$$

де R_{sh} - середній за довжиною ділянки зсуву розрахунковий опір зсуву контактної шви; b_{sh} - розрахункова ширина поверхні зсуву; l_{sh} - розрахункова довжина поверхні зсуву.

У загальному випадку середній сумарний розрахунковий опір зсуву контактної шви приймають за формулою

$$R_{sh} = R_{sh,b} + R_{sh,k} + R_{sh,s} + R_{sh,n} \quad (3)$$

де $R_{sh,b}$ - опір шви зсуву за рахунок зчеплення, механічного зачеплення та обтиску бетону; $R_{sh,k}$ - опір шви зсуву за рахунок роботи клею, введення цього опору запропоновано на підставі експериментальних досліджень описаних у [4], $R_{sh,k} = 0,08$ МПа; $R_{sh,s}$ - опір шви зсуву за рахунок роботи на зрізуванні поперечної арматури, яка перетинає шов; $R_{sh,n}$ - опір шви зсуву за рахунок поперечних шпонок.

У розглядуваному випадку, поперечної арматури, яка б перетинала шов немає. Поперечні шпонки між поверхнею розтягнутої зони підсилюваних балок і шаром підсилення відсутні. Таким чином, у даному випадку для розрахунку лишається лише два члени рівняння (3), тобто

$$R_{sh} = R_{sh,b} + R_{sh,k} \quad (4)$$

де $R_{sh,b}$ - згідно з [2] визначають за формулою

$$R_{sh,b} = \gamma_{b1} \gamma_{b2} \gamma_{b3} R_{bt,m} \left(1 + \gamma_{b4} \frac{\sigma_{bm}}{R_{bt,m}} \right) \quad (5)$$

У співвідношенні (5) використовують такі значення співмножників $R_{bt,m}$ - середній розрахунковий опір бетону підсилення $R_{bt,1}$ та основного бетону підсилюваної конструкції $R_{bt,2}$, тобто

$$R_{bt,m} = \frac{R_{bt,1} + R_{bt,2}}{2} \quad (6)$$

γ_{b1} - коефіцієнт, який враховує вплив багаторазово повторюваного навантаження, (для балок серії БКП $\gamma_{b1}=1$, а для БП-0,75, БП-0,85 та БП-0,9 $\gamma_{b1}=0,75$); γ_{b2} - коефіцієнт, який враховує вплив тривалого навантаження; у даному випадку розрахунок був проведений тільки для короткочасних експериментальних випробувань, тому $\gamma_{b2}=1$; γ_{b3} - коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні контактної шви на зчеплення бетону; його приймають за табл. 1 [2]; γ_{b4} - коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні контактної шви при його обтиску; його значення знаходять за табл. 1;

Таблиця 1

Характеристики контактних швів

Стан поверхні контакту підсилюваної конструкції	Коефіцієнти γ_{b3} і γ_{b4} при міцності бетону R_b , МПа				
	0,5	10,0	15,0	20,0	40,0
Поверхня гладка, контакт здійснюється по декількох площинах	0,4	0,6	0,9	1,2	1,0
	1,6	1,1	0,7	0,5	0,65
Те ж, контакт плоский	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5
	2,2	1,3	1,1	1,1	1,3
Поверхня шорстка, контакт здійснюється по декількох площинах	0,5	0,8	1,2	1,6	1,3
	1,3	0,8	0,55	0,4	0,5
Те ж, контакт плоский	0,4	0,7	0,8	0,8	0,6
	1,6	0,9	0,8	0,8	1,1

Примітки: 1. Над рискою наведені значення γ_{b3} , під рискою - γ_{b4} ; 2. Під гладкою мається на увазі поверхня з відбитком дерев'яної опалубки або заглажена вручну по свіжому бетону; під шорстою – поверхню, що має штучні або природні виступи висотою (або западини висотою) до 10 мм

σ_{bm} - середнє значення напруження обтиску контактнoго шва, яке визначають за формулою

$$\sigma_{bm} = Q_u / (b_{sh} l_{sh}), \quad (7)$$

де Q_u - опорна реакція в момент руйнування; b_{sh} та l_{sh} - розрахункова ширина та довжина поверхні зсуву.

Розрахунки міцності контактних швів для різних серій балок виконано при таких початкових даних.

Ширина горизонтальної ділянки для усіх серій балок прийнята однаковою і дорівнює ширині балки, тобто $b_{sh}=120$ мм.

Оскільки похилі тріщини були майже відсутні, то за розрахунковий переріз приймаємо по тріщині, що є крайньою, а значення величини l_{sh} реалізується, коли ця тріщина перетинає контактний шов.

Значення коефіцієнтів γ_{b3} і γ_{b4} у формулі (5) знаходяться за табл. 1, яка рекомендована у роботі [2]. Були прийняті до уваги найгірші умови зчеплення шарів підсилення з крайніми розтягнутими волокнами. Це відповідає визначенню згаданих коефіцієнтів за рядком 2 у табл. 1. Для міцності основного бетону підсилюваних балок прийнято $R_{b1}=20,95$ МПа, знайдені за інтерполяцією коефіцієнти дорівнюють: $\gamma_{b3}=0,605$, $\gamma_{b4}=1,115$. Зсувне зусилля від дії зовнішнього навантаження визначали із співвідношення

$$T_{sh} = \frac{M - R_s A_s z}{z_{s,ad}}, \quad (8)$$

та перевіряли за формулою

$$T_{sh} = \frac{c}{z_s} \left(Q_o - q_{sw} \frac{c}{2} \right), \quad (9)$$

де усі умовні позначення наведено на рис. 1.

Усі вихідні дані та результати обчислень наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку міцності контактних швів підсилюваних балок

Найменування величини	Розрахункові величини, для балок серії			
	БКП	БП-0,75	БП-0,85	БП-0,9
Середній експериментальний згинальний момент при руйнуванні, кН·м, $M_u^{екп}$	41,1	42,3	42,9	43,2
Значення згинаючого моменту від дії зовнішнього навантаження у нормальному перерізі, який проходить через кінець похилого перерізу, що розглядається, кН·м, М	35,55	35,25	34,67	35,14
Експериментальні значення руйнуючої поперечної сили, кН, Q_u	68,5	70,5	71,5	72
Середнє значення напруження обтиску контактнoго шва, МПа, σ_{bm}	0,87	0,93	0,96	0,96
Середнє розрахункове значення міцності при зсуві, МПа, $R_{b,m}$	3,105	3,105	3,105	3,105
Довжина поверхні зсуву, мм, l_{sh}	526	635	620	623
Коефіцієнт, що враховує вплив багаторазово повторюваного навантаження, γ_{b1}	1	0,75	0,75	0,75
Коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні контактнoго шва, γ_{b3}	0,6	0,6	0,6	0,6
Коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні контактнoго шва при його обтиску, γ_{b4}	1,1	1,1	1,1	1,1
Розрахунковий опір шва зсуву за рахунок механічного зачеплювання та обтиску бетону, МПа, $R_{sh,b}$	2,44	1,86	1,87	1,87
Розрахунковий опір шва зсуву за рахунок роботи клею, МПа, $R_{sh,k}$	0,08	0,08	0,08	0,08
Граничне зсувне зусилля, яке сприймає контактний шов, кН, $T_{sh,u}$	197,70	147,46	145,30	146,08
Зсувне зусилля у шві від зовнішнього навантаження, кН, T_{sh}	59,48	54,53	47,44	47,90
$T_{sh,u}/T_{sh}$	3,32	2,70	3,06	3,05

Аналізуючи дані табл. 2 та враховуючи характер руйнування дослідних зразків, можна сказати, що при руйнуванні підсилених зразків міцність контактних швів не була визначальною. Перевищення розрахункових значень над фактично діючими в площині контакту “старого” та “нового” бетонів склало:

для зразків серії БКП - 3,32 рази;
 для зразків серій БП-0,75, БП-0,85, БП-0,9, - 2,7-3,06 рази.

Висновки Враховуючи, що фактично діюче зусилля в межах контактного шва є відносно малим, і розшарування візуально не спостерігалось в жодній з балок, спосіб улаштування контакту з використанням клею Cerinol ZH є доцільним, а розрахунок міцності контактного шва відомим способом [2] з корективами запропонованими в роботі [4] для розрахунку шва з клею, виявило цілком задовільні якісні та кількісні результати.

Список літератури

1. **Лазовский Д.Н.** Усиление железобетонных конструкций эксплуатируемых строительных сооружений / **Д.Н. Лазовский**. – Новополоцк: Изд-во Полоцкого гос. ун-та, 1998. – 240 с.
2. **Тур В.В.** Расчёт железобетонных конструкций при действии перерезывающих сил / **В.В. Тур, А.А. Кондратчик** – Брест: изд. БГТУ, 2000. – 400 с.
3. **Герб П. И.** Задачи и методика экспериментальных исследований железобетонных балок, усиленных наращиванием в растянутой зоне бетоном из отходов обогащения железных руд / **П. И. Герб** // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2009. – Вип. 18. – С. 477–482.
4. **Герб П. И.** Особенности работы контактного шва подсиленных железобетонных балок за технологией клееного наращивания, при малоцикловых навантаженнях високих рівнів / **П. И. Герб, Валовой О.І., Романенко К.М** / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. пр. – Рівне : НУВГП, 2012. – Вип. 24. – С. 418–424.
5. Проектирование железобетонных сборно-монолитных конструкций. Справочное пособие к СНиП. – Стройиздат, 1991. – 68 с.
6. Проектирование усиленных несущих железобетонных конструкций производственных зданий и сооружений / **А.Б.Гольшев, И.Н.Ткаченко**. – К.:Логос., 2001. – 172 с.
7. **Попруга Д.В.** Міцність стикових з'єднань при підсиленні залізобетонних згинальних елементів у стиснутій зоні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.23.01 “Будівельні конструкції, будівлі та споруди” / **Д.В. Попруга**. – Кривий Ріг, 2009. – 20 с.
8. **Ditlevsen O.** Stochastic Model of Self – Weight load // Journal of Struct. Engineering, ASCE V. 113, № 1, 1988. – P.P. 38 – 49.
9. **Ditlevsen O.** Narrow Reliability Analysis of Frame Structures // Journal of Struct. Mechacics. V.1, № 4, 1979.- P.P.457 – 472.
10. **Cornel C.A.** Stochastic Process Models in Structural Engineering. Dept. Of Civ. Engineering Stanford University. Technical Report. № 34, 1969. – P.P. 14 – 18.
11. **Попруга Д. В.** Ефективні матеріали для підсилення залізобетонних конструкцій / **М. О. Валовой, Д. В. Попруга** // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. пр. – Вип. 17. – Рівне : НУВГП, 2008. – С. 7–13.
12. **Гордеева Т.Ф.** Исследование изгибаемых железобетонных элементов при повторных статических нагрузках. Автореф. дис. канд. техн. наук. – Киев, 1970, – 20 с.
13. **Валовой А.И.** Влияние кратковременных переменных нагрузок на прочность, деформативность и трещиностойкость железобетонных элементов из бетоном на отходах обогащения железных руд. Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Киев: КИСИ, 1980. – 20 с.
14. Железобетонные конструкции из бетонов на отходах горнорудной и металлургической промышленности / **Л.И. Стороженко, Б.Н. Шевченко и др.** – К.: Будівельник, 1982.
15. **Московитин В.В.** Циклическое нагружение элементов конструкций. – М.: Наука, 1981.

Рукопис подано до редакції 22.03.16