

О.А. СИМАКОВ¹

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
г. Москва, Россия

ПРИМЕНЕНИЕ ТОРКРЕТ-БЕТОНА ДЛЯ УСИЛЕНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ

***Аннотация.** Технология усиления конструкций методом торкретирования известна более ста лет. Первые опыты применения данного метода относятся примерно к 1910-1912 годам. В то же время на данный момент остаются вопросы как с методикой расчета усиливаемых конструкций, так и с учетом новых свойств торкрет-бетона, которые появляются у данного материала в результате совершенствования оборудования и материала для торкретирования непосредственно. В настоящей статье рассмотрен опыт расчета, проектирования и применения торкрет-бетона для усиления несущих конструкций из каменной кладки, накопленный за последние два года. Представлены актуальные методики производства работ, а также соответствующие им методика расчетного обоснования (учитывающих этапность проведения работ по усилению конструкций) для сложных с инженерной точки зрения объектов: сводов, кирпичных стен с большим процентом повреждения, в том числе в результате минно-взрывных воздействий. Показаны результаты реализации усиления каменной кладки методом односторонних аппликаций из торкрет-бетона.*

Ключевые слова: торкрет-бетон, каменная кладка, усиление, восстановление.

OL.A. SIMAKOV¹

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

THE USE OF SHOTCRETE TO STRENGTHEN MASONRY

***Abstract.** The technology of reinforcing structures by the shotcrete method has been known for more than a hundred years. The first experiments using this method refer to approximately 1910-1912. At the same time, at this moment there are questions both with the calculation methodology of reinforced structures, and taking into account the new properties of shotcrete, which appear in this material as a result of improving equipment and material for shotcrete directly. This article examines the experience of calculating, projecting and applying shotcrete to strengthen load-bearing masonry structures accumulated over the past two years. The current methods of work are presented, as well as the corresponding methods of calculation justification (taking into account the stage of work on strengthening structures) for objects that are difficult from an engineering point of view: arches, brick walls with a large percentage of damage, including as a result of mine-explosive impacts. The results of the implementation of reinforcement of stone masonry by the method of one-sided applications of shotcrete are shown.*

Keywords: shotcrete-concrete, masonry, reinforcement, restoration.

© Симаков О.А., 2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мальцев А.М. Основы железобетонного строительства. Транспечать НКПС, 1929. 62 с.
2. Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Кошаев В.В. Методика экспериментальных исследований по усилению зданий из каменной кладки железобетонными аппликациями // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2005. № 6. С. 63-65.
3. Тонких Г.П., Кабанцев О.В., Симаков О.А., Баев С.М. Экспериментальные исследования сейсмоусиления каменной кладки наружными бетонными аппликациями // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2011. № 2. С. 35-41.

4. Альбом конструктивных решений по сейсмоусилению каменных зданий и сооружений / Под ред. Тонких Г. П., Кабанцева О. В. Томск. 2010. 114 с.
5. Lawrence F., Kahn L. Shotcrete retrofit for unreinforced brick masonry // 8th WCEE, USA, 1984. Pp. 583-590.
6. Кабанцев О. В., Симаков О. А., Нещадимов В. А., Штырлов Д. А. Усиление несущих стен из каменной кладки поврежденных многоэтажных зданий // Промышленное и гражданское строительство. 2023. № 7. С. 29-35. doi:10.33622/0869-7019.2023.07.29-35.
7. Scamardo M., Cattaneo S., Pietro Crespi, Biolzi L. Design method for masonry structures retrofitted with steel reinforced plaster // Journal of Building Engineering. 2023. Vol. 79. Pp. 107828. DOI:10.1016/j.jobbe.2023.107828
8. Abrams D. P., Lynch J. M. Flexural behavior of retrofitted masonry piers // EERC-MAE Joint Seminar on Risk Mitigation for Regions of Moderate Seismicity, Illinois, USA. 2001.
9. Iuorio O., Dauda J. Retrofitting Masonry Walls against Out-Of-Plane Loading with Timber Based Panels // Engineering Applied Sciences. 2021. No 11 June.
10. Facconi L., Lucchini S.S., Minelli F., Plizzari G.A. Analytical model for the in-plane resistance of masonry walls retrofitted with steel ber reinforced mortar coating // Eng. Struct. 2023. Vol. 275. 115232. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115232>.
11. Wang F., Kyriakides N., Chrysostomou C. et al. Experimental Research on Bond Behaviour of Fabric Reinforced Cementitious Matrix Composites for Retrofitting Masonry Walls // Int J Concr Struct Mater. 2021. Vol. 15. <https://doi.org/10.1186/s40069-021-00460-1>.
12. Jin Y.H., Zhou Z., Bao B., Wang H., Wang T. Experimental study on the seismic performance of clay brick masonry wall strengthened with stainless steel strips // Journal of Building Engineering. 2023. Volume 69, 15 June 2023, 106076.
13. Wang F. Experimental Research on Seismic Performance of Masonry-Infilled RC Frames Retrofitted by Using Fabric-Reinforced Cementitious Matrix Under In-Plane Cyclic Loading // Int J Concr Struct Mater. 2023. Vol. 17. No. 31. <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00594-4>
14. Aminulai H. O., Baiguera M., Crump D., Sextos A., Kashani M. Experimental qualification of seismic strengthening of URM buildings in Nepal // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2023. Volume 173, October 2023, 108130.
15. ElGawady M., Lestuzzi P., Badoux M. In-Plane Seismic Response of Unreinforced Masonry Walls Upgraded with Fiber Reinforced Polymer // J. Comp. for Constr. 2005. 9(6).
16. ElGawady M., Lestuzzi P., Badoux M. Static cyclic response of masonry walls retrofitted with fiber reinforced polymers // J. Comp. for Constr. 2007. Volume 11. Issue 1.
17. Iaria C., Maura I., Elio S. Experimental tests and numerical modelling of reinforced masonry arches // Engineering Structures. 2010. Vol. 32. Pp. 776–792.
18. Технологические правила торкретирования кладки инженерных сооружений. М., 1985. 25 с.
19. Технологические правила применения набрызгбетона при ремонте и реконструкции инженерных сооружений. М., 1978. 22 с.
20. Джабаров М. К, Мардон М. Методы усиления кирпичных зданий пневмобетоном и штукатурными слоями в сейсмических районах. Ташкент, 1985.

REFERENCES

1. Maltsev A.M. Osnovy zhelezobetonogo stroitel'stva [Fundamentals of reinforced concrete construction]. Transpechat' NKPS, 1929.
2. Tonkih G.P. Kabancev O.V., Koshaev V.V. Metodika eksperimental'nyh is-sledovaniy po usileniyu zdaniy iz kamennoy kladki zhelezobetonnyimi aplikatsiyami [Methodology of experimental research on strengthening of masonry buildings with reinforced concrete applications]. *Sejstmotojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2005. No 6. Pp. 63-65. EDN: TSQAKB
3. Tonkih G.P., Kabancev O.V., Simakov O.A., Baev S.M. Eksperimental'nye issledovaniya sejsmosileniya kamennoy kladki naruzhnymi betonnyimi aplikatsiyami [Experimental investigations of the seismic strengthening of the masonry by the external concrete applications]. *Sejstmotojkoe stroitel'stvo. Bezopasnost' sooruzhenij*. 2011. No 2. Pp. 35-41. EDN: QCWDBZ
4. Al'bom konstruktivnyh reshenij po sejsmosileniyu kamennyh zdaniy i sooruzhenij [Album of constructive solutions for seismic strengthening of masonry buildings and structures]. Eds. Tonkih G. P., Kabantsev O. V. Tomsk. 2010. 114 p.
5. Lawrence F., Kahn L. Shotcrete retrofit for unreinforced brick masonry. 8th WCEE, USA, 1984. Pp. 583-590.
6. Kabantsev O.V., Simakov O.A., Neshchadimov V.A., SHtyrlov D.A. Usilenie ne-sushchih sten iz kamennoy kladki povrezhdennyh mnogoetazhnyh zdaniy [Reinforcement of bearing walls made of masonry of damaged multistory buildings]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2023. No. 7. Pp. 29-35. doi:10.33622/0869-7019.2023.07.29-35

7. Scamardo M., Cattaneo S., Pietro Crespi, Biolzi L. Design method for masonry structures retrofitted with steel reinforced plaster. *Journal of Building Engineering*. 2023. Vol. 79. Pp. 107828. doi:10.1016/j.jobbe.2023.107828
8. Abrams D. P., Lynch J. M. Flexural behavior of retrofitted masonry piers. EERC-MAE Joint Seminar on Risk Mitigation for Regions of Moderate Seismicity, Illinois, USA. 2001
9. Iuorio O., Dauda J. Retrofitting Masonry Walls against Out-Of-Plane Loading with Timber Based Panels. *Engineering Applied Sciences*. 2021. No. 11 June.
10. Facconi L., Lucchini S.S., Minelli F., Plizzari G.A. Analytical model for the in-plane resistance of masonry walls retrofitted with steel fiber reinforced mortar coating. *Eng. Struct.* 2023. Vol. 275. 115232. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2022.115232>.
11. Wang F., Kyriakides N., Chrysostomou C. et al. Experimental Research on Bond Behaviour of Fabric Reinforced Cementitious Matrix Composites for Retrofitting Masonry Walls. *Int J Concr Struct Mater*. 2021. Vol. 15. <https://doi.org/10.1186/s40069-021-00460-1>.
12. Jin Y.H., Zhou Z., Bao B., Wang H., Wang T. Experimental study on the seismic performance of clay brick masonry wall strengthened with stainless steel strips. *Journal of Building Engineering*. 2023. Volume 69, 15 June 2023, 106076.
13. Wang F. Experimental Research on Seismic Performance of Masonry-Infilled RC Frames Retrofitted by Using Fabric-Reinforced Cementitious Matrix Under In-Plane Cyclic Loading. *Int J Concr Struct Mater*. 2023. Vol. 17. No. 31. <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00594-4>
14. Aminulai H. O., Baiguera M., Crump D., Sextos A., Kashani M. Experimental qualification of seismic strengthening of URM buildings in Nepal. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2023. Volume 173, October 2023, 108130.
15. ElGawady M., Lestuzzi P., Badoux M. In-Plane Seismic Response of Unreinforced Masonry Walls Upgraded with Fiber Reinforced Polymer. *J. Comp. for Constr.* 2005. Vol. 9(6).
16. ElGawady M., Lestuzzi P., Badoux M. Static cyclic response of masonry walls retrofitted with fiber reinforced polymers. *J. Comp. for Constr.* 2007. Volume 11. Issue 1.
17. Ilaria C., Maura I., Elio S. Experimental tests and numerical modelling of reinforced masonry arches. *Engineering Structures*. 2010. Vol. 32. Pp. 776–792.
18. Tekhnologicheskie pravila torkretirovaniya kladki inzhenernyh sooruzhenij [Technological rules for shotcreting of masonry of engineering structures]. Moscow, 1985. 25 p.
19. Tekhnologicheskie pravila primeneniya nabryzgbetona pri remonte i rekonstrukcii inzhenernyh sooruzhenij [Technological rules of application of nabryzgbeton at repair and reconstruction of engineering constructions]. Moscow, 1978. 22 p.
20. Dzhabarov M. K, Mardon M. Metody usileniya kirpichnyh zdaniy pnevmobetonom i shtukатурными слоями в сейсмических районах [Methods of reinforcement of brick buildings with pneumatic concrete and plaster layers in seismic areas]. Tashkent, 1985.

Информация об авторе:

Симаков Олег Александрович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Москва, Россия

кандидат технических наук, доцент кафедры Железобетонных и каменных конструкций.

E-mail: simakov-ne@mail.ru

Information about author:

Simakov Oleg A.

National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia,

candidate of technical sciences, associate professor of the department of Reinforced Concrete and Stone Structures.

E-mail: simakov-ne@mail.ru