

УДК 691.3

## ГИБКИЙ БЕТОН

Глазунова М. М. студент гр. СПмоз-211, I курс  
Гилязидинова Н. В., к.т.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева  
г. Кемерово

На рынке строительства все чаще появляются новые и усовершенствованные материалы, превосходящие аналоги по физическим свойствам, внешнему виду и цене. Такой распространенный строительный материал, как бетон давно занял уверенную позицию в промышленности и по сей день остается востребованным [1-3]. Долгое время инженеры пытались модернизировать этот материал, эмпирическим и теоретическим путем искали способы его улучшить [4-6]. Экспериментировали с химическими добавками, меняли пропорции сырья и водоцементного отношения, а также виды и качество заполнителей [7-8]. Находили взаимосвязь между водоцементным отношением и прочностью строительного материала. Привычный всем бетон имеет ряд недостатков, но главный из них это хрупкость, в результате износа появляются трещины и дефекты, такая конструкция требует соответствующих мер и дополнительного технического обслуживания [9-10]. При испытании образца на изгиб, укладываем бетонную плиту, опирая по двум коротким сторонам, и прикладываем усилие в две точки, постепенно возникают вертикальные трещины в растянутой зоне, которые начинают расширяться и происходит разрушение образца. Экспериментальная установка показана на рис.1.

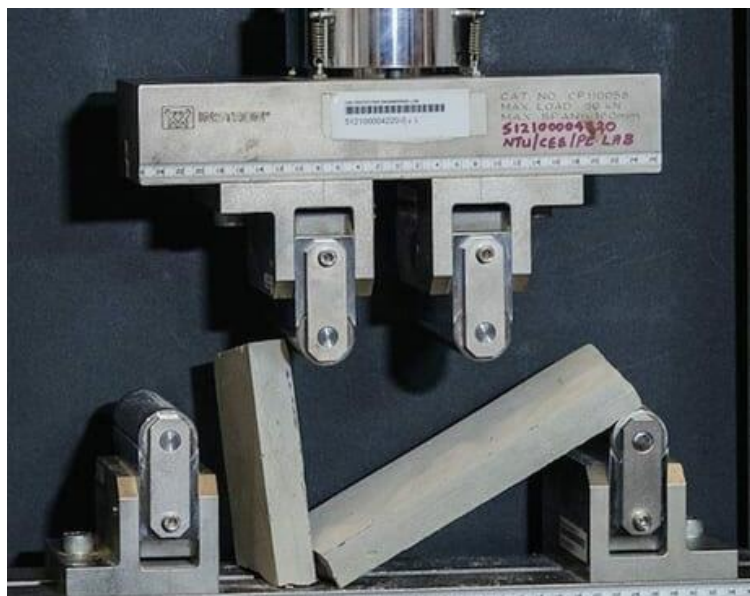


Рис. 1. Испытание образца бетона на изгиб

Обычный раствор бетона состоит из таких компонентов, как цемент, вода, крупный и мелкий заполнитель (щебень и песок). Такая смесь делает бетон прочным и твердым материалом, но она не обеспечивает его гибкостью. Поэтому бетон склонен к образованию трещин, при значительных нагрузках. Гибкий бетон был разработан с помощью сочетания определенных типов твердых материалов и полимерного микроволокна. Включение в состав смеси этого специального синтетического волокна позволило материалу деформироваться и гнуться под большим давлением.

В сейсмических районах строительства, где землетрясения не редкость, здания испытывают большие нагрузки и риск разрушения увеличивается. Возникла необходимость в материале, который при серьезных нагрузках не разламывался, а сохранял свою целостность. Был создан новый материал – гибкий бетон, он носит название *ConFlexPave* [11]. Гибкий бетон при больших нагрузках не подвергается хрупкому разрушению, а изгибается под давлением, имеет сверхвысокую прочность на сжатие и гораздо пластичнее обычного бетона. Новый тип материала при максимальных нагрузках получает микротрещины, но не разрушается. (Рис. 2.)



Рис. 2. Испытание гибкого бетона на изгиб под прессом

В состав гибкого бетона входит вода, смесь цемента, заполнители и полимерные волокна. Для изготовления гибкого бетона понадобится портландцемент с маркой М300 и более, кварцевый песок, крошка мрамора или гранита крупность фракции 2-3 мм; оптоволокно сечением 0,25-05 мм; пластификаторы, замедлители твердения. Смесь готовится в объемном соотношении: 1 часть цемента, 3 части заполнителя, 0,5 части воды [12]. Пластификаторы – по указанию инструкции изготовителя. Для достижения высокого качества компоненты перемешиваются до однородности. Приготовленная смесь должна быть подвижной, но не расслаиваться. Чтобы избежать снижения каче-

ственных характеристик бетона, количество вводимого оптоволокна должно содержаться до 5% от общего объема. Набор прочности при нормальных условиях составит 7 суток. Помимо армирующего волокна в его состав добавили присадку, которая делает поверхность плиты шероховатой. Изначально материал предназначался для дорожных покрытий, поэтому антискользящие свойства стояли в приоритете [13]. Позже его начали внедрять в строительство сейсмоустойчивых домов, а также автомобильных мостов. По характеристикам прочности можно сопоставить со сталью, а гибкость в несколько раз превышает гибкость обычных цементных образцов. Чтобы добиться гибкости в бетон добавляют ультратонкое волокно, оно равномерно воспринимает нагрузки, распределяя их по всей площади бетона. Волокна не бетонируются прочно в растворе, они как бы проскальзывают под давлением относительно друг друга, поэтому бетон напоминает своими свойствами резину. К армирующим волокнам добавляют присадку, она позволяет дополнительно образовывать шершавый рельеф на поверхности бетона и делает его антискользящим. Гибкий бетон по своему составу не напоминает фиброволокно, хотя схоже своим видом.

Гибкий бетон долговечнее и прочнее обычных бетонов, имеет способность самовосстановления, гнется как металл, высокая устойчивость к растрескиванию, небольшая масса, хорошая устойчивость к скольжению, позволяет сэкономить на рабочей силе и времени на проведение строительных работ, отказ от арматуры [14]. Но он имеет недостатки такие как: высокая стоимость, меньшая прочность на сжатие, чем у обычного бетона, качество зависит от используемых материалов и технологии изготовления. Показатели прочности гибкого бетона как на сжатие, так и на растяжение практически одинаковы и больше, чем у обычного образца почти в 3 раза при аналогичной проектной марке раствора, традиционный бетон не работает на растяжение, поэтому нуждается в армировании, арматура воспринимает растягивающие нагрузки и исключает хрупкое разрушение бетона [15]. Это относится к недостаткам железобетона, так как металл является дорогим строительным материалом, вдобавок металлургическая отрасль повышает цены на сталь в геометрической прогрессии. Также арматурные сетки и каркасы значительно утяжеляют конструкцию. На данный момент цель создателей бетона *ConFlexPave* полностью заменить громоздкую арматуру на сверхлегкое и прочное фиброволокно. На сегодняшний день пока еще ведутся разработки в этой области.

Эта перспективная разработка пока еще не получила широкого применения в России из-за высокой себестоимости, но специалисты Центра военных исследований Дальневосточного федерального университета упорно решают вопрос с удешевлением сырья гибкого бетона и рассматривают вариант изготовления из промышленных отходов. Показатели «гибкого бетона» в устойчивости к внешнему воздействию в девять раз выше по сравнению с обычным. [16]. Поэтому сооружения из нового материала прослужат дольше, и меньше будут требовать средств на реставрацию и продление срока эксплу-

атации. На данный момент этот материал завоевал рынок в таких странах, как Япония и Америка.

### Список литературы:

1. Гилязидинова Н. В. Технология строительного производства в примерах и задачах / Н. В. Гилязидинова, А. В. Угляница, Н. Ю. Рудковская, Т. Н. Санталова // Учебное пособие. Кемерово. 2007.
2. Гилязидинова Н. В. Технология сборного и монолитного бетона и железобетона в примерах и задачах / А. В. Угляница, Н. В. Гилязидинова, Т. Н. Санталова, Н. Ю. Рудковская // Учебное пособие. Кемерово. 2012.
3. Гилязидинова Н. В. Исследование применения монолитного бетона для шахтного строительства / Н. В. Гилязидинова, Н. Ю. Рудковская, Т. Н. Санталова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2017. № 1 (119). С. 31-36.
4. Gilyazidinova N.V. Studies of the possibility of using coal mining waste in concrete for mine construction / N.V. Gilyazidinova, V.B. Duvarov, A.S. Mamytov // E3S Web of Conferences. 5. Сер. "5th International Innovative Mining Symposium, IIMS 2020" 2020. С. 01012.
5. Гилязидинова Н. В. Самовыравнивающаяся строительная смесь / А. В. Угляница, Н. В. Гилязидинова, А. А. Каргин // Патент на изобретение RU 2568449 С1, 20.11.2015. Заявка № 2014139745/03 от 30.09.2014.
6. Гилязидинова Н. В. Эффективный заполнитель для легких бетонов на основе золошлаковых отходов / А. В. Угляница, Н. В. Гилязидинова, Т. Н. Санталова, Н. Ю. Рудковская // Сборник материалов XII международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах». 2017. С. 602.
7. Шабанов Е. А. Использование отхода от производства жидкого ферросиликата натрия в качестве экологически чистого утеплителя / Е. А. Шабанов, Д. С. Вершинин, Н. В. Гилязидинова // Сборник докладов студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава университета по результатам IV Всероссийской, 57 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая». 2012. С. 129-131.
8. Каргин А. А. Исследование свойств золы-уноса кемеровских ТЭС как сырья для производства щелочно-активированного вяжущего / А. А. Каргин // Материалы II Всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием «Перспективные материалы в технике и строительстве: ПМТС 2015». Томский государственный архитектурно-строительный университет. 2015. С. 416-419.
9. Покатилов Ю. В. Повышение эксплуатационной надежности промышленного здания / Д. И. Рудковский, Ю. В. Покатилов // Сборник научных статей V Международной научно-практической конференции «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью». 2018. С. 82-88.
10. Покатилов Ю. В. Обследование строительных конструкций для проведения капитального ремонта здания / Д. И. Рудковский, Ю. В. Покатилов // Ма-

териалы IV Международной научно-практической конференции «Проблемы строительного производства и управления недвижимостью» 2016. С. 164-169.

11. Гибкий бетон/ Токарев, А. С. Панин, П. А. Медведев В.А [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gibkiy-beton/viewer> (дата обращения: 28.11.2021).

12. Гибкий бетон: виды, производство и применение. [Электронный ресурс]. URL: <https://betonpedia.ru/vidy-gibkogo-betona> (дата обращения: 28.11.2021).

13. Дорожное покрытие из пластика. Мобильные дорожные покрытия // Техполимер. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.texpolimer.ru/production/mobilnye-dorozhnye-plity> (дата обращения: 28.11.2021). УДК 625.8

14. «В Сингапуре изобрели гибкий бетон с прочностью металла». [Электронный ресурс]. URL: [https://www.architime.ru/news/ntu\\_singapore/conflexpave.htm](https://www.architime.ru/news/ntu_singapore/conflexpave.htm) (дата обращения: 28.11.2021).

15. «Гибкий бетон: как российские ученые «подружили» цемент с рисовой золой». [Электронный ресурс]. URL: <https://novate.ru/blogs/111119/52370> (дата обращения: 28.11.2021).

16. Льюис Хелен. Применение вторично переработанных пластмасс // Plastinfo. [Электронный ресурс]. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/209> (дата обращения: 28.11.2021).