

ВЛИЯНИЕ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ПРОЧНОСТЬ ДОРОЖНЫХ БЕТОНОВ

Толмачев С.Н., д.т.н., профессор,
Захаров Д.С., аспирант
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
Tolmach_serq@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по влиянию соотношения между заполнителями на прочность бетона. Наши исследования показали, что изменение соотношения между щебнем и песком в составе бетона приводит к изменению прочности бетона. Уменьшение содержания песка от 1000 до 600 кг/м³ бетонной смеси приводит к повышению прочности бетона на растяжение при изгибе. Дальнейшее уменьшение количества песка приводит к снижению прочности бетона на растяжение при изгибе. Увеличение количества щебня в составе бетонной смеси от 900 до 1500 кг/м³ повышает прочность бетона при сжатии.

Ключевые слова: дорожный бетон, песок, щебень, прочность при изгибе, прочность при сжатии, состав бетона.

ВПЛИВ ЗАПОВНЮВАЧІВ НА МІЦНІСТЬ ДОРОЖНІХ БЕТОНІВ

Толмачов С.М., д.т.н., професор,
Захаров Д.С., аспірант
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Tolmach_serq@mail.ru

Анотація. У статті наведено результати досліджень щодо впливу співвідношення між заповнювачами на міцність бетону. Наші дослідження показали, що зміна співвідношення між щебенем і піском в складі бетону приводить до зміни міцності бетону. Зменшення вмісту піску від 1000 до 600 кг/м³ бетонної суміші приводить до підвищення міцності бетону на розтяг при згині. Подальше зменшення кількості піску приводить до зниження міцності бетону на розтяг при згині. Збільшення кількості щебеню в складі бетонної суміші від 900 до 1500 кг/м³ підвищує міцність бетону при стиску.

Ключові слова: дорожній бетон, щебінь, пісок, міцність при згині, міцність при стиску, склад бетону.

INFLUENCE OF AGGREGATES ON THE STRENGTH OF ROAD CONCRETE

Tolmachov S.M., Doctor of Engineering, Professor,
Zakharov D.S., post-graduate
Kharkov national automobile und highway university
Tolmach_serq@mail.ru

Abstract. The article shows that the road concretes work under the action of aggressive media and traffic loads. All of these factors lead to the appearance of internal tensile stresses. Therefore, increasing of the strength of road concrete in tension is an important task. Gravel and sand have a great influence on the concrete bending-tensile strength. Our studies have shown that the change in the ratio between the sand and gravel in concrete composition leads to a change in the strength of concrete. Reduction of sand from 1000 to 600 kg/m³ of concrete mix increases the

bending-tensile strength of concrete. Further reduction of the amount of sand in concrete leads to a decrease of bending-tensile strength of concrete. The increase of the gravel amount in the concrete mix from 900 to 1500 kg/m³ increases the compressive strength of the concrete. The article shows that increasing the number of flakiness particles in the gravel from 5 to 25 % increases the bending-tensile strength of concrete. The maximum concrete compressive strength corresponds to the content of the flakiness particles in the gravel at the level of 15 %.

Keyword: road concrete, gravel, sand, bending-tensile strength, compressive strength, composition of concrete

Актуальность. Особенностью работы дорожного цементного бетона является то, что он работает в специфических условиях, когда все действующие на него нагрузки приводят к возникновению в его структуре растягивающих напряжений. Это касается динамических и статических нагрузок от транспортных средств, насыщения и высушивания при изменении влажности среды, замораживания и оттаивания при изменении температур, а также кристаллизации солей в порах и дефектах структуры при действии солевых растворов. Во всех этих случаях возникающие растягивающие напряжения приводят к трещинообразованию, которое ведет к постепенному или быстрому разрушению бетона. Поэтому актуальным является повышение прочности дорожного бетона на растяжение. В качестве легко определяемого показателя прочности при растяжении в большинстве случаев используют прочность на растяжение при изгибе. Среди многих факторов, оказывающих влияние на прочность при изгибе, в данной статье исследовано влияние качественного и количественного состава заполнителей.

Материалы, применяемые в исследованиях. В исследованиях применяли цемент ПЦ I – 500 Н Ивано-Франковского цементного завода, песок кварцевый с модулем крупности $M_{кр}=1,9$, щебень гранитный фракции 5...10 мм. Добавка суперпластификатор Sika Plast 2508 поликарбоксилатного типа (фирма Sika, Швейцария). Составы бетона отличаются соотношением песок : щебень и приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Составы бетона

№ п/п	Состав бетона, кг/м ³	Вид и количество добавки	В/Ц
1	П – 1000; Щ ₅₋₁₀ – 900	без добавки	0,57
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	0,49
2	П – 800; Щ ₅₋₁₀ – 1100	без добавки	0,54
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	0,46
3	П – 600; Щ ₅₋₁₀ – 1300	без добавки	0,5
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	0,44
4	П – 400; Щ ₅₋₁₀ – 1500	без добавки	0,46
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	0,41

Основной материал. Экспериментальные исследования показали, что в бетонах без добавок и с добавкой Sika Plast 2508 можно наблюдать характерные максимумы прочности на растяжение при изгибе в возрасте 3, 7 и 28 суток твердения. Они соответствуют содержанию песка на уровне 600 кг/м³ и щебня 1300 кг/м³ (рис. 1, 2). В бетонах с добавкой разница в прочности при изгибе между составом с расходом песка 600 кг/м³ и составами с расходом песка 800 кг/м³ и 400 кг/м³ составляет 20 % (рис. 2). В то же время, в бетонах без добавок разница в прочности между этими составами не превышает 6 %, а в возрасте 3 суток, прочность бетона с расходом песка 600 кг/м³ даже несколько меньше, чем в бетоне с расходом песка 800 кг/м³ – на 2 % (рис. 1).

Анализ изменения прочности бетонов при сжатии показывает, что в бетонах без добавки во все сроки испытания можно наблюдать постоянный рост прочности при увеличении содержания щебня в составе (рис. 3). Но в бетонах с добавкой суперпластификатора Sika Plast 2508 в области расходов песка 600 кг и щебня 1300 кг/м³ явно выражен максимум прочности (рис. 4). Это еще раз свидетельствует о том, что в бетонах без добавки рост прочности при сжатии в рассматриваемом диапазоне расходов заполнителей обусловлен только созданием каркаса из щебня, а в бетонах с добавкой, кроме этого играет роль упаковка частиц, что и обуславливает большую прочность.

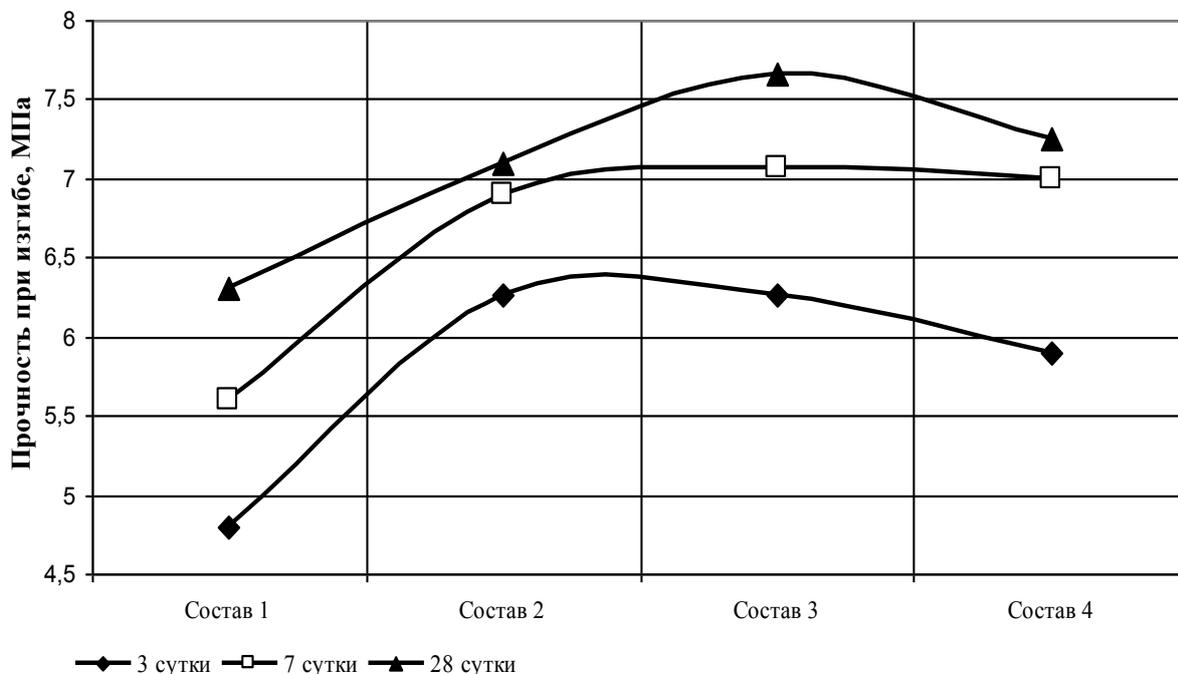


Рис. 1. Влияние соотношения песок : щебень на прочность бетона при изгибе без добавок

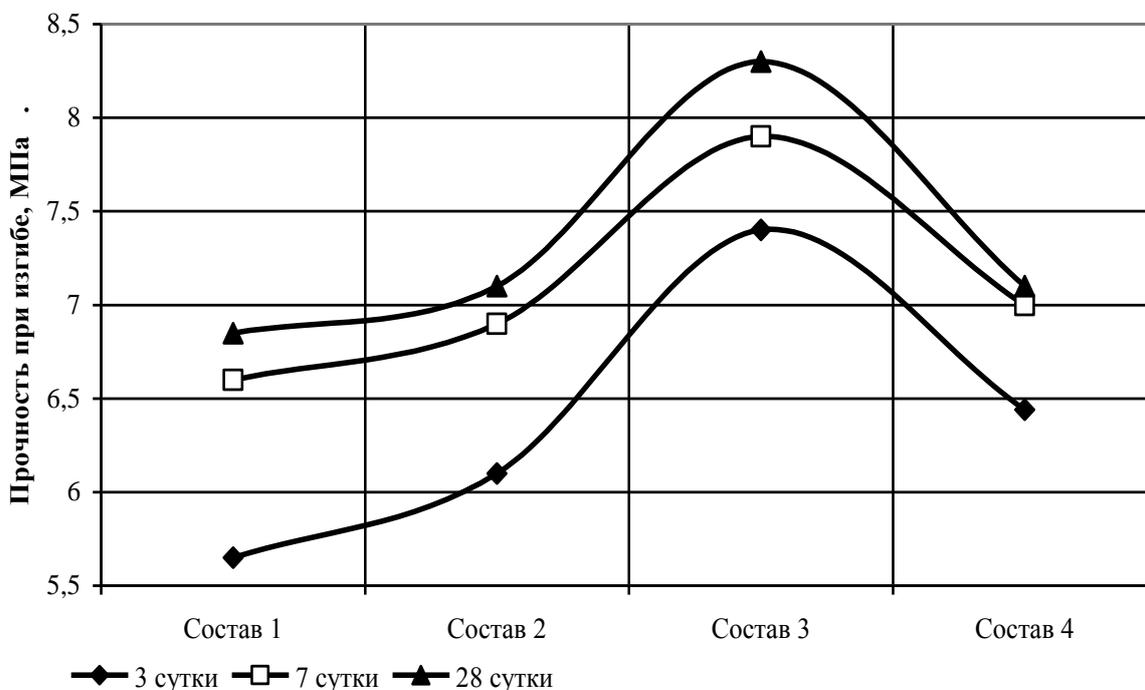


Рис. 2. Влияние соотношения песок : щебень на прочность бетона при изгибе с добавкой Sika Plast 2508

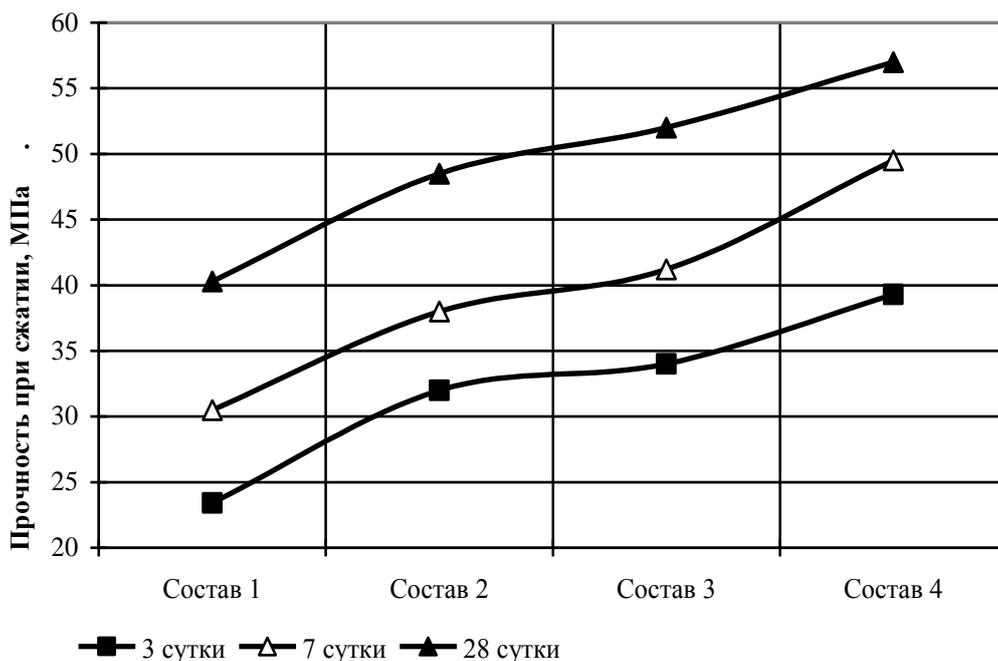


Рис. 3. Влияние соотношения песок : щебень на прочность бетона при сжатии без добавок

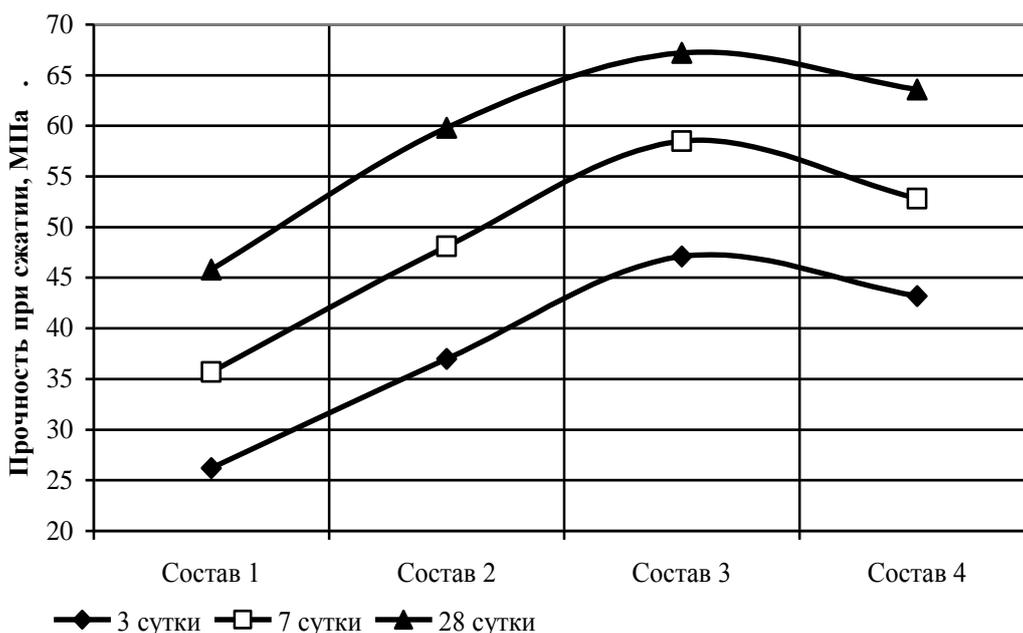


Рис. 4. Влияние соотношения песок : щебень на прочность бетона при сжатии с добавкой Sika Plast 2508

При правильно подобранном составе бетона между частицами щебня должны располагаться два ряда частиц песка. Поэтому для каждого случая подбора минеральной части бетона существует свой, оптимальный коэффициент раздвижки зерен щебня растворной частью. Считается, что при этом упаковка частиц минеральной части обеспечивает максимальную для данных заполнителей плотность. Повышение плотности бетона приводит к адекватному повышению его прочности. Экспериментальные исследования показали, что максимум прочности соответствует массовому соотношению между песком и щебнем примерно равным $600 : 1300 \text{ кг/м}^3$. Для подтверждения

правильности выбранного соотношения необходимо определить оптимальный для принятых материалов коэффициент раздвижки зерен щебня растворной частью и сравнить его с полученными коэффициентами в исследованных составах бетона.

Анализ табл. 2 показывает, что изменение соотношения между заполнителями приводит к изменению плотности бетона. Максимальные значения плотности соответствуют бетону состава 3, в котором соотношение песок : щебень составляет 600 : 1300. Несмотря на то, что колебания плотности не превышают 2,5 %, в этой области очевидно наличие максимума плотности, что подтверждает наши предположения о лучшей упаковке частиц заполнителя в случае приближения к оптимальному коэффициенту раздвижки зерен щебня растворной частью.

Таблица 2 – Плотность бетонов при различном соотношении песок : щебень

№	Отношение песок : щебень	Вид и количество добавки	Плотность бетона в возрасте 28 сут
1	1000 : 900	без добавки	2483
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	2469
2	800 : 1100	без добавки	2520
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	2473
3	600 : 1300	без добавки	2548
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	2505
4	400 : 1500	без добавки	2540
		Sika Plast 2508 – 1 % от $m_{ц}$	2510

Еще одним важным фактором, влияющим на изменение показателей прочности бетона, является количество игловатых и лещадных частиц в составе щебня. В последнее время исследователи уделяют этому вопросу мало внимания, вероятно из-за того, что за рубежом понятие лещадности частиц отсутствует. Это можно объяснить использованием более качественного дробильно-сортировочного оборудования. Но, несмотря на переход камнедробильных предприятий на новую технику, в Украине остается еще достаточно много карьеров и камнедробильных заводов, которые выпускают щебень с высоким содержанием лещадных частиц. Это обуславливает необходимость проведения исследований по вопросу влияния таких частиц на прочность и другие свойства дорожного бетона. Учитывая, что требования ДСТУ Б В.2.7-43 ограничивают содержание лещадных частиц в бетонах для дорожных покрытий 25 %, наши исследования касались только этой области.

Исследования показали, что при увеличении количества лещадных частиц в составе щебня с 5 до 25 % происходит увеличение марочной прочности мелкозернистых бетонов на растяжение при изгибе (рис. 5). Это увеличение достаточно велико и составляет: 9 % прироста прочности при содержании лещадных частиц 15 % и 19 % прироста прочности при содержании частиц 25 %. Возможно, что в рассматриваемом диапазоне содержания лещадных частиц они играют положительную роль в структуре бетона и армируют макроструктуру.

Проводя аналогию с дисперсноармированными фибробетонами, можно сказать, что фибра, армируя мезоструктуру раствора или бетона, приводит к некоторому уменьшению прочности при сжатии, или не изменяет ее значение (рис. 6). Поэтому, увеличение содержания лещадных частиц в бетоне должно приводить к аналогичным последствиям.

Однако, в нашем случае, увеличение количества лещадных частиц приводит к появлению максимума прочности при сжатии в области 15 % частиц (рис. 6). Это можно объяснить, также, как и в случае фиброармирования, наличием определенной степени армирования, соответствующей оптимальному количеству армирующих добавок, в данном случае – лещадных частиц. Превышение их содержания приводит к снижению прочности при сжатии.

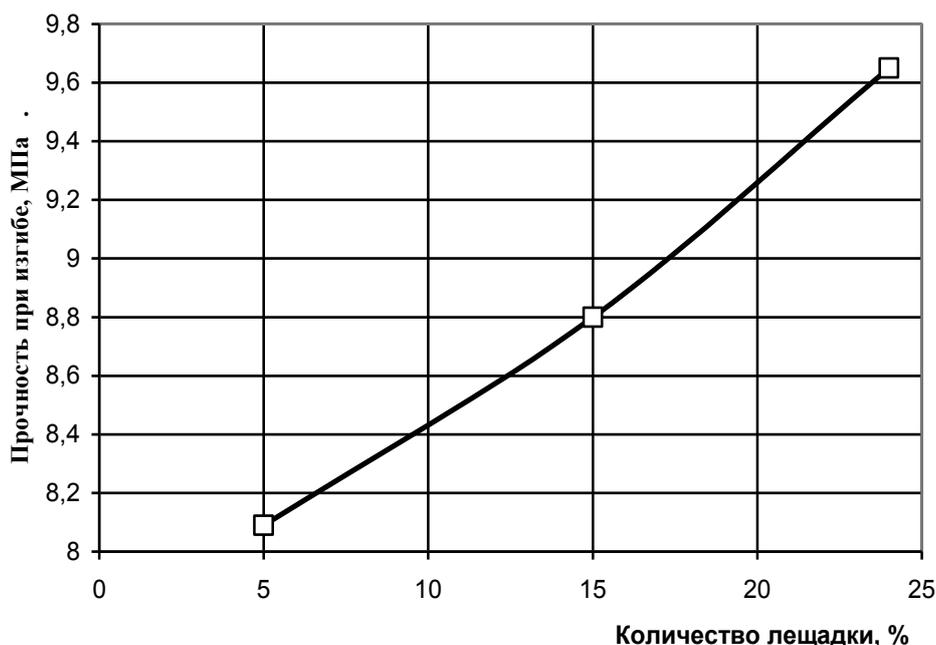


Рис. 5. Влияние количества лещадных частиц в щебне на прочность бетонов при изгибе

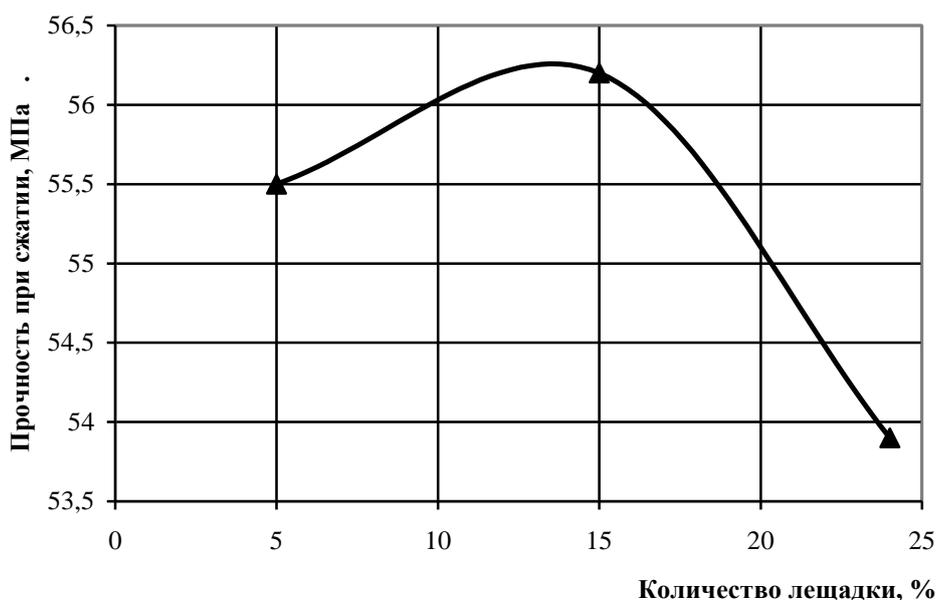


Рис. 6. Влияние количества лещадных частиц в щебне на прочность бетонов при сжатии

Выводы. 1. Показано, что изменение соотношения между содержанием песка и щебня в дорожном бетоне приводит к соответствующему изменению прочности бетона при изгибе (до 23 %) и при сжатии (до 49 %). При этом, введение суперпластификатора карбоксилатного типа Sika Plast 2508 не изменяет величину изменения показателей прочности.

2. Установлено, что для мелкозернистого бетона исследованного состава оптимальным является содержание песка 600 кг/м^3 и щебня 1300 кг/м^3 . Плотность упаковки частиц заполнителя в бетоне близка к максимальной для данных материалов.

3. Определено, что изменение количества лещадных частиц от 5 до 25 % в составе щебня приводит к постоянному увеличению прочности бетона при изгибе. Показано, что в области содержания 15 % лещадных частиц очевидно наличие оптимума по прочности бетона.