

ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Шадыханов К.Т., к.т.н., КГУСТА им. Н. Исанова

Мелкозернистый бетон (МЗБ) характеризуется большой однородностью, повышенным содержанием вяжущего, отсутствием жесткого скелета из крупного заполнителя, повышенной пористостью и удельной поверхностью твердой фазы, что и обуславливает специфику технологии.

Имеется несколько направлений изготовления МЗБ: использование комплексных вяжущих, виброперемешивание, струйное или дезинтеграторная обработка и силовое уплотнение смеси с жесткостью более 200с; силовое уплотнение смеси, имеющей жесткость 60с и более и простая технология.

Использование специальной технологии позволяет без перерасхода цемента получать МЗБ, который по своим свойствам не уступает обычным бетонам или превосходит его. Если используется крупный песок, то целесообразно вводить тонкодисперсные отходы (отходы камнеобработки, золы, шлаки).

Сложные технологии целесообразно применять для мелкогабаритных изделий (бордюры, тротуарные плиты).

Для получения удобоукладываемости смесей расход песка на 1 м^3 бетона принимают ориентировочно равным его насыпной плотности или вводят коэффициент раздвижки 1,05-1,10. При этом расходуется много цементного теста. Для уменьшения расхода цемента необходимо стремиться к уменьшению исходной пустотности и водопотребности песка; вводить в бетонную смесь повышенное количество заполнителей; часть цемента заменять мелкозернистыми гидравлическими добавками; уменьшить водосодержание бетонной смеси путем понижения суммарной поверхности твердых компонентов смеси, вводить пластифицирующие добавки и т.д.

Использование мелких песков в МЗБ приводит к повышению удельной поверхности, межзерновой пустотности и водопотребности.

Однако по данным Ступакова Г.И. чистые мелкозернистые пески более плотно укладываются в жидкой фазе, и вода выжимается вверх, тогда как при использовании крупных песков и сравнительно меньшей исходной пустотности стабилизировавшийся скелет МЗБ имеет более крупные поры, в которых удерживается много воды. Поэтому деформируемость МЗБ под нагрузкой резко снижается с уменьшением крупности песка.

Прочностные характеристики МЗБ, в первую очередь, зависят от соотношения вяжущего к заполнителю (Ц:П) и водоцементного отношения (В/Ц). С увеличением в составе МЗБ расхода цемента, прочность повышается. Однако, при пониженных В/Ц, прочность образцов проходит через максимум и снижается из-за недоуплотнения бетонной смеси в виду ее недостаточной удобоукладываемости.

Прочность МЗБ зависит от плотности которая обеспечивается при прочих равных условиях, правильным подбором В/Ц.

В работе изучались свойства МЗБ на природном песке при различном соотношении вяжущего к цементу Ц:П, 1:1 (1); 1:2 (2); 1:2,5 (3); 1:3 (4); 1:4 (5). Водоцементное отношение (В/Ц) для всех составов оставалось постоянным, равным 0,45. Результаты исследований приведены на рис.1.

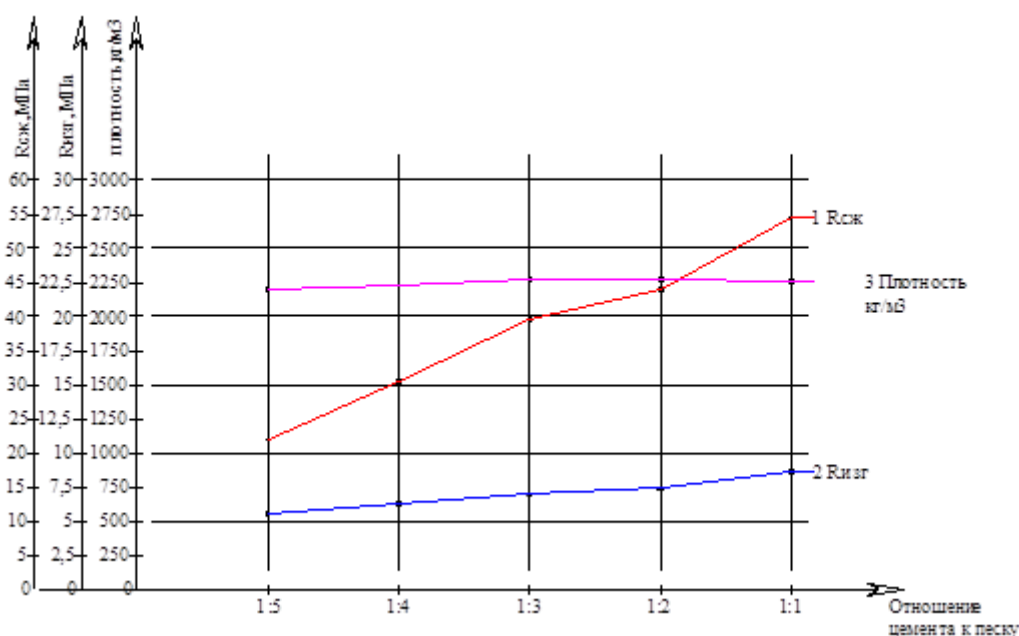


Рис.1. Влияние состава МЗБ на прочностные характеристики при постоянном В/Ц (0,45).

1 – R_{сж}, МПа, 2 – R_{изг}, МПа, 3 – плотность, кг/м³

Если сравнить прочность бетона МЗБ разных составов при одинаковых водоцементных отношениях, то наиболее прочным будет цементный камень при низких значениях В/Ц. С повышением значений водоцементного отношения наибольшую прочность показывают бетоны оптимального состава, т.е. такие, у которых все пустоты между зернами песка заполнены цементным тестом с некоторым избытком, обеспечивающим хорошую удобоукладываемость цементно-песчаного состава. Обычно это цементно-песчаные бетоны составов 1:1,5-1:3 (более жирные составы являются оптимальными при применении мелкого песка) обладающего повышенной

пустотностью. При еще более высоких В/Ц наибольшая прочность характерна для более тощих составов, т.е. для растворов. Это обусловлено тем, что при средних и высоких значениях В/Ц на прочность МЗБ начинают воздействовать процессы водоотделения и расслоения. Они способствуют образованию в бетоне крупных пор, ослабляют зону контактов между цементным камнем и заполнителем, снижают прочность бетона.

С уменьшением расхода цемента в составах МЗБ прочность его снижается, но все исследуемые составы имеют достаточно высокие прочности 17,6-57,3 МПа, т.е. они, могут быть использованы для конструкций различного назначения.

При постоянном В/Ц, равном 0,45, плотность рассматриваемых составов колеблется в пределах 2191-2309 кг/м³. Наибольшую плотность имеют образцы из состава 1:2 (2309); 1:2,5 (2292) и соответственно, прочности 42,4 и 39,2 МПа.

Выше было отмечено, что для регулирования удельной поверхности твердой фазы в МЗБ возможно использование отсева.

Влияние качества отсева на свойства МЗБ исследовалось на смеси состава 1:4. Отсев вводился в количестве 10, 20, 30, 40, 50% от массы песка. Модуль крупности отсева 4,2. Результаты исследований приведены на рис.2.

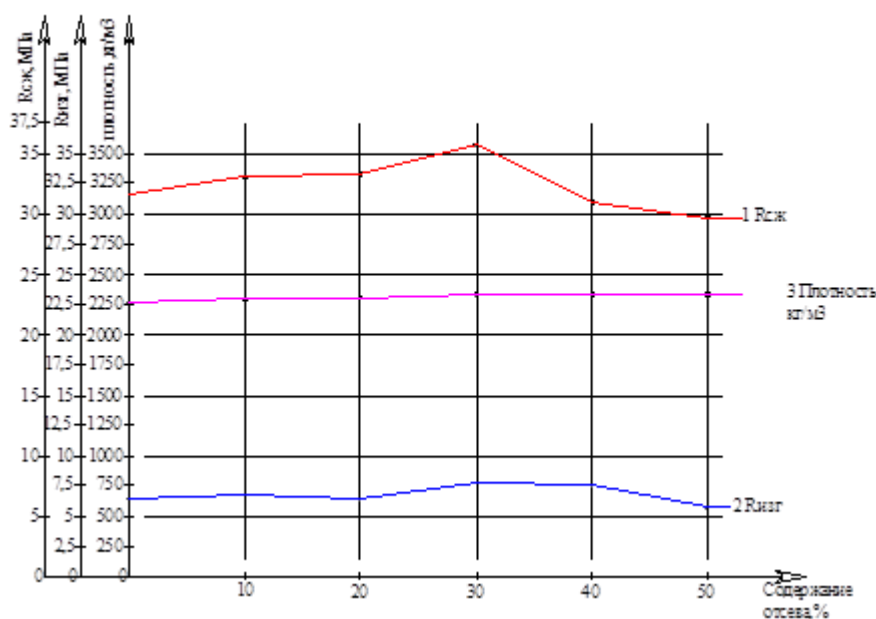


Рис.2. Влияние количества отсева на свойства МЗБ.

1 – R_{сж}, МПа, 2 – R_{изг}, МПа, 3 – плотность, кг/м³

Обогащение песка отсевом от 10 до 30% способствует повышению прочности образцов, что объясняется снижением водопотребности смеси при прочих равных условиях за счет снижения удельной поверхности зерен заполнителя и их более плотной упаковки в единице объема.

При повышении количества отсева свыше 30% прочность снижается, что объясняется снижением количества мелкого заполнителя в единице объема бетона и увеличением объема межзерновых пустот, что подтверждается соответствующим изменением плотности бетона.

Выводы:

- МЗБ состава 1:2; 1:3 характеризуется высокой прочностью (42,4 и 39,2 МПа) и плотностью 2309 и 2292 кг/м³;

- использование в составе МЗБ отсева песка в количестве 10-30% способствует снижению расхода цемента и повышению прочности образцов, твердевших как в нормальных условиях, так и при тепловой обработке.

Значительное влияние на прочность МЗБ оказывает качество песка, т.к. песок играет большую роль в структурообразовании МЗБ, чем в обычном тяжелом бетоне. Наивысшая прочность характерна для МЗБ на песке хорошего зернового состава. С уменьшением крупности песка увеличивается его удельная поверхность и пустотность. Это подтверждается данными, приведенными в табл.1

Таблица 1. - Расчетная удельная поверхность отдельных фракций песка

Фракции в мм	Предельные размеры частиц в мм	Средний ориентировочный размер частиц в мм	Расчетная удельная поверхность в м ² /л абсолютного объема
10-5	5-10	0,0075	0,8
2,5-5	2,5-5	0,00375	1,6
2,5-1,2	1,2-2,5	0,00185	3,25
1,2-0,6	0,6-1,2	0,0009	6,67
0,6-0,3	0,3-0,6	0,00045	13,33
0,3-0,15	0,15-0,3	0,000225	26,67
Менее 0,15	0-0,15	0,000075	80
Пылевидные частицы	0,05-0,15	0,0001	60
Илистые частицы	0,005-0,05	0,0000275	218
Глинистые частицы	Менее 0,005	0,0000025	2400

Удельная поверхность песков особенно возрастает для зерен мельче 0,3-0,6мм, в результате чего значительно повышаются техническая вязкость и водопотребность смеси и, следовательно, уменьшаются оптимальное В/Ц и прочность бетона.

Бетон, приготовленный на песке, отсеянном от фракции, мельче 0,6мм, имеет повышенную прочность, т.к. такой песок позволяет укладывать жирные цементно-песчаные смеси при низких В/Ц.

Степень влияния качества песка на прочность МЗБ зависит от соотношения между цементом и песком. Наименьшая прочность при использовании мелкого песка наблюдается в тощих составах МЗБ (1:4, 1:5). В этих бетонах зерна песка находятся в непосредственном контакте друг с другом, цементного теста не хватает на заполнения всех пустот в песке полностью, оно скрепляет песок лишь в местах контактов между собой.

Поверхность зерен песка является наиболее слабым местом в МЗБ, т.к. при загрязнении её или вследствие седиментации или усадочных явлений вместе контакта песка и цементного камня могут возникать микродефекты структуры бетона. Увеличение удельной поверхности песка ведет к увеличению слабой зоны контакта цементного камня и песка и снижению прочности.

Влияние удельной поверхности песка на прочность бетона в большей мере проявляется в жирных в МЗБ, в которых зона контакта цементного камня с песком распространяется по всей поверхности. С уменьшением содержания цементного теста уменьшается поверхность контактов между цементным камнем и песком. В этом случае приобретает большее значение зерновой состав песка.

Для повышения прочностных показателей МЗБ необходимо оптимизировать гранулометрический состав песка, чтобы обеспечить минимальную пустотность и однородность структуры. Это может быть достигнуто исключением грубых зерен и подбором соответствующих фракций.

В работе использовался природный песок, который был просеян на фракции 1,25-0,63; 0,63-0,315; 0,315-0,16; 0,16-0,063.

Регулируя соотношение указанных фракций получили пески, которые характеризовались наибольшей насыпной плотностью 1690 кг/м³ и 1750 кг/м³ (табл.2).

Таблица 2. - Физико-механические характеристики фракционированного песка

№ п/п	1,25-0,63	0,63-0,315	0,315-0,16	0,16-0,063	$P_{нас}$, кг/м ³	S, см ² /г	M_k	П, %
1	60	10	30	-	1690	39,6	2,3	34,3
2	70	-	10	20	1750	49,5	2,5	39,6

Несмотря на то, что насыпная плотность песков отличаются незначительно друг от друга 1690 кг/м^3 (1) и 1750 кг/м^3 (2), пески отличаются гранулометрическим составом. Доминирующим в составе песков является содержание фр. 1,25-0,63- 60 и 70%.

Второй состав песков отличается прерывистой гранулометрией (отсутствует фр. 0,63-0,315мм), однако 20% составляет фр. 0,16-0,063мм. Такой гранулометрический состав обеспечивает максимальную упаковку зерен песка.

Важную роль при получении МЗБ кроме максимальной упаковки зерен песка играет удельная поверхность заполнителя, влияющая на водопотребность смеси и площадь сцепления зерен заполнителя с цементной матрицей.

Стандартным методом определяли указанные характеристики песков.

Модуль крупности песка первого состава 2,3; второго состава -2,5. Состав второго песка характеризуется большей удельной поверхностью $49,5 \text{ см}^2/\text{г}$ и пустотностью 39,6% в сравнении с первым составом. Эти факторы обуславливают повышение площади сцепления зерен заполнителя с цементной матрицей, что будет способствовать повышению прочности МЗБ, изготовленного на втором составе.

На основе фракционированных песков получен МЗБ, характеристики которого приведены в табл.3.

Таблица 3 - Физико-механические характеристики МЗБ на фракционированном песке

№ п/п	В/Ц	Подвижность, мм	Предел прочности после пропарки, МПа		Плотность образцов, кг/м^3
			$R_{\text{изг}}$	$R_{\text{сж}}$	
1	0,28	115	7,81	41,3	2,390
2	0,27	114	8,79	44,3	2,350

На фракционированном заполнителе получен МЗБ $\rho=2,350-2,390 \text{ кг/м}^3$ и прочностью $R_{\text{сж}}=41,3-44,3 \text{ МПа}$; $R_{\text{изг}}=7,81-8,79 \text{ МПа}$. Учитывая, что результаты прочностных характеристик приведены после тепловлажностной обработки, когда бетон набирает прочность 70% марочной прочности, получен бетон марки 500.

Литература

1. Гочаров Ю.И., Рахимбаев Ш.М., Малькова М.Ю., Иванов А.С., Терсенова Л.А., Морозова А.Ю. Коррозинно-стойкие мелкозернистые шлакобетоны.// Строительные материалы №6. 2004.

2. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках: Автореферат дис . д.т.н. Пенза, 2008.
3. Тулемышев М.Ш., Шадыханов К.Т. Процессы структурообразования при форсированном разогреве бетонных смесей. Бишкек изд. «Илим», 1998г.