

САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ ЛЕГКИЙ БЕТОН: СОСТАВ И СВОЙСТВА

Острыжнюк М.В.

*Одесская национальная академия строительства и архитектуры,
Украина*

В последние годы разработка и исследования самоуплотняющихся легких бетонов (SCLWC) являют собой важный инновационный шаг. Чтобы получить представление о данном материале необходимо сказать несколько слов о легком и самоуплотняющемся бетоне.

Легкий бетон сегодня находит очень широкое применение благодаря своей высокой производительности и долговечности. При использовании в конструктивных элементах, собственный вес бетонной конструкции является важным показателем, поскольку он представляет собой большую часть общей нагрузки. Снижение собственного веса легкого бетона уменьшает гравитационную нагрузку и сейсмическую инерционную массу, что приводит к снижению веса элементов конструкции и нагрузки на фундамент. Благодаря вакуумирующему действию пористого заполнителя цементный камень легких бетонов более плотный, нежели в равнопрочном тяжелом бетоне. Поэтому ползучесть цементной пасты легких бетонов ниже аналогичного показателя у тяжелого бетона, ввиду чего общая ползучесть легкого бетона может быть также ниже, чем у тяжелого [1-2].

Самоуплотняющаяся бетонная смесь (SCC) является высоко текучим материалом с сохранением стабильности, который легко может распространяться на месте укладки, полностью заполняя опалубку и покрывая арматуру без какого-либо механического воздействия, не оставляя пустот и не подвергаясь расслоению. SCC имеет много преимуществ перед обычным бетоном: (1) устранение необходимости в вибрации, (2) сокращение времени строительства и затраты на рабочую силу за счет увеличения оборачиваемости опалубки, (3) снижение шумового загрязнения, (4) улучшение межфазной переходной зоны между цементной пастой и заполнителем или арматурой, (5) уменьшение проницаемости, (6) улучшение долговечности бетона и его конструктивности, (7) обеспечение качественной структуры [3].

Самоуплотняющийся легкий бетон сочетает в себе все положительные свойства этих материалов: самоуплотнение под собственной массой, высокую текучесть, низкий вес при высокой

прочности. Являясь перекачиваемым бетоном, он обеспечивает высокое качество поверхности, что позволяет использовать его как в заводских условиях, так и непосредственно на строительной площадке.

Различие между самоуплотняющимся и легким самоуплотняющимся бетонами показано на рис. 1.

Воздух		Воздух
Суперпластификатор		Суперпластификатор
Вода		Стабилизатор
Щебень 42%		Вода
Песок 42%		Водонасыщенный керамзит 30%
Наполнитель 16%		Песок 50%
Цемент		Наполнитель 20%
		Цемент

Рис. 1 Различие между самоуплотняющимся и легким самоуплотняющимся бетонами

Успешное развитие и производство SCLWC лежит прежде всего в тщательном регулировании реологических свойств растворной матрицы и матрицы порошковой пасты бетона. Основные критерии, необходимые для получения самоуплотняющегося легкого бетона: высокая технологичность, высокая проходимость или сопротивления к сегрегации.

Самоуплотняющиеся бетоны, заполняя форму под собственным весом, не имеют достаточную внутреннюю энергию движения при использовании легкого заполнителя, и, по сравнению с бетонами на рядовых заполнителях, они несколько медленнее и хуже протекают через густой слой арматуры. Решение этой проблемы достигается за счет водопоглощения керамзитовых заполнителей при подготовке состава бетонной смеси, которое имеет сильное влияние на реологические свойства, основанное на тщательном насыщении заполнителя водой.

Помимо этого существует опасность возникновения сегрегации бетонной смеси в следствии седиментации цементного теста [4]. Для реальной дисперсности цемента ее уменьшение может быть достигнуто за счет повышения плотности раствора при снижении содержания химически несвязанной воды введением пластифицирующих добавок, изменение вязкости раствора введением стабилизирующих добавок и дисперсных наполнителей [5].

К добавкам стабилизаторам относят полиоксиэтилен (ПОЭ), метилцеллюлозу (МЦ-100), карбоксиметилцеллюлозу (КМЦ). Они обеспечивают снижение раство- и водоотделения легкобетонных смесей марки ПЗ не менее чем в 2 раза. При этом водоотделение обычно не превышает 2 %, а раствооотделение – 2,5 %. Эти добавки также повышают однородность и понижают проницаемость бетона [6].

Обеспечение требуемой текучести бетона достигается путем введения химических добавок-модификаторов – супер- и гиперпластификаторов поликарбоксилатного типа и увеличением содержания пасты, но это влечет за собой тенденцию к сегрегации. Добавка СП позволяет снизить тепловыделения при гидратации цемента, что положительным образом сказывается на сохранении влаги в водонасыщенных зернах пористого заполнителя. Это позволяет продлить период отдачи влаги в цементную матрицу бетона, обеспечивая нормальные условия гидратации.

В качестве мелкого заполнителя в SCLWC принимают как легкий так и тяжелый песок различной фракции. Результаты реологических исследований паст и растворов с мелким легким песком и легким песком, показывают, что предел текучести, а также пластическая вязкость исследуемых суспензий значительно уменьшиться при повышении содержания воды. Более того, обе характеристики будут зависеть от состава материала смеси и свойств отдельных твердых сырьевых материалов (распределение частиц по размерам, форм частиц и т.д.). Для того чтобы обеспечить высокую проходимость, а также хорошее удаление воздуха из бетона, нужен низкий предел текучести и вязкость. В то же время, обе характеристики должны быть подобраны достаточно высокими, чтобы соответствующим образом предотвратить всплывание наверх легких заполнителей или блокирование [7].

В исследуемых бетонах могут применяются различные пористые заполнители: керамзит, вулканический туф, известняк-ракушечник, вспученный перлит и др. Но как показал зарубежный опыт [8], для самоуплотняющейся бетонной смеси оптимальным является использование керамзита фракцией 5-10 мм. Керамзитовые заполнители хорошо пригодны для использования в SCLWC по причине сферической формы, что улучшает реологические свойства свежей бетонной смеси, а также может влиять на повышение прочности. Тем не менее недостатком керамзитовых заполнителей является низкая прочность на сжатие, что приводит к снижению прочности на сжатие бетона.

В качестве замены части цемента и увеличения доли пасты смеси используются разнообразные наполнители, такие как тонкомолотые шлаки пылеугольного сжигания, зола уноса, микрокремнезем,

метакаолин, молотый известняк-ракушечник, вид которых зависит от местоположения производственно-строительного комплекса.

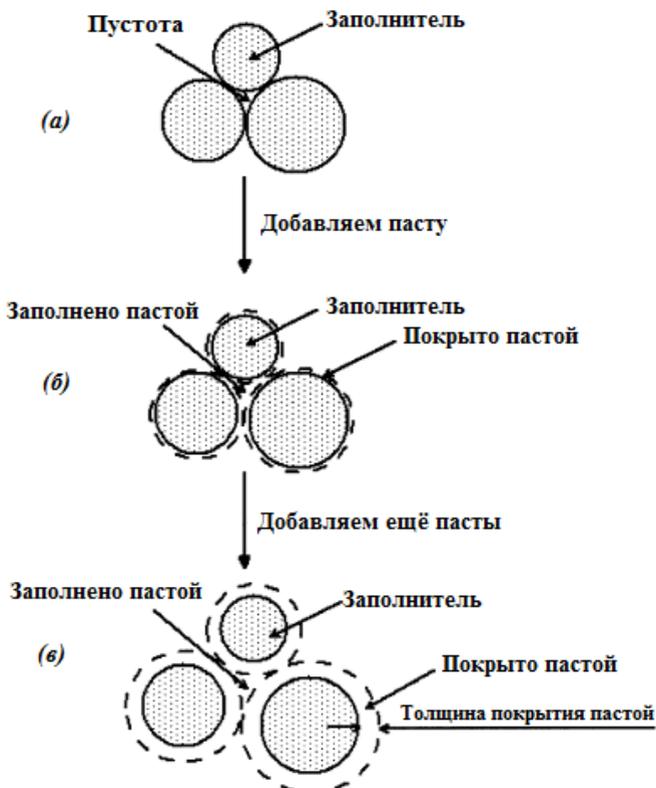


Рис. 2 Схема уплотненные заполнителя и бетонной смеси

Рисунок 2 (а) показывает уплотненные частиц заполнителей. Для того чтобы получить бетонную смесь с нужной обрабатываемостью, необходимо не только иметь достаточное количество цементного теста для заполнения пустот между частицами заполнителя, но и достаточно пастой, чтобы сформировать тонкий слой покрытия на поверхности заполнителями, чтобы преодолеть трение между частицами заполнителя, как показано на рисунке 2 (б). Движение заполнителей затрудняется, не имея, в качестве смазки, пленки цементного теста вокруг своих зерен. Для дальнейшего повышения обрабатываемости бетонной смеси, чтобы стать самоуплотняющимся бетоном, необходимо увеличить объем покрытия пастой или расстояние между частицами заполнителя, как показано на рисунке 2 (в). Требуемый объем покрытия пастой зависит от фракции, формы и характера

поверхности используемых заполнителей и может быть определен с помощью лабораторных экспериментов [9].

Применение крупного пористого заполнителя оптимальной фракции в комплексе с песком и ультрадисперсным наполнителем позволяет получить оптимальную структуру зернового каркаса, что положительно сказывается на реологии и качественных показателях легкой самоуплотняющейся смеси и свойствах готового бетона. Для их оценки используются стандартные методики [10], применяемые для самоуплотняющихся бетонов, при этом особое внимание будет уделено изучению свойств однородности смеси с использованием метода сравнения слоев [11].

Легкие самоуплотняющиеся бетоны, в том числе высокопрочные, можно получать с помощью рационально подобранного пористого заполнителя, например, керамзита, обеспечивающего необходимый для получения реологической стабильности баланс плотности компонентов смеси и величину средней плотности затвердевшего бетона не более 1800 кг/м^3 , при одновременном использовании эффективной добавки эфира поликарбоксилата в качестве суперпластифицирующего компонента, обеспечивающей оптимальное соотношение в системе «подвижность-вязкость» смеси.

Вывод. Таким образом, применение SCLWC является ключом к увеличению экономичности производства работ, снижению трудовых и материальных затрат, а также улучшения показателя рентабельности строительного комплекса в целом.

Summary

Self-compacting lightweight concrete combines all the positive properties of self-compacting and lightweight concretes materials: self-compacting under its own weight, high flowability, low weight with high strength. Being pumped concrete, it provides a high quality surface, which can be used both at the factory and at the construction site.

Литература

1. Комисаренко Б.С., Чикнорьян А.Г. О возможности перехода крупнопанельных жилых домов с трехслойных на однослойные керамзитобетонные панели. Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, №2, 2006 г. с. 57.

2. Нагиевский С.Ю. Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях. Строительные материалы, - №6, 2006 г. с. 78-81.

3. A.A. Maghsoudi, Sh. Mohamadpour, M. Maghsoudi, Mix design and mechanical properties of self compacting lightweight concrete. *International Journal of Civil Engineering*, Vol. 9, No. 3, September 2011.
 4. Кравченко. П.В. Будівельне матеріалознавство. – К.: УВПК ЕксОб, 2004. – 704 с.
 5. Коваль С.В. Моделирование и оптимизация состава и свойств модифицированных бетонов. – Одесса: Астропринт, 2012. – 264 с.
 6. Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин, О.М. Бордюженко, Ю.В. Гарницкий, В.В. Житковский. Практическое Бетонovedение. – С-Пб.: Стройбетон, 2008. – 328 с.
 7. Muller, H.S. & Haist, M. Erste Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung Selbstverdichtender Leichtbeton. (First General Technical Approval Self Compacting Lightweight Concrete). Bundesverband Leichtzuschlag Industrie e.V. 2004. Gerhard Koch Strate 2. 73760 Ostfildem (Scharnhäuser Park).
 8. Hubertova, M.; Hela, R. Development and experimental study on the properties of light-weight self compacting concrete. In 5th RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete. Ghent, Belgium. 2007.
 9. Shi, C.J., and Wu, Y.Z, (2005), "Mixture Proportioning and Properties of Self-Consolidating Lightweight Concrete Containing Glass Powder", *ACI Material Journal*, Vol. 102, Issue 5, pp. 355 - 363.
 10. EFNARC: Specification and Guidelines for Self-Compacting Concrete. Farnham, February 2002.
- Jamrozzy Z. Beton i jego technologie. – Warszawa-Kraków: PWN, 2000. 488 p.