

втискують бетон між ними, тим самим ущільнюючи нижній шар виробу. Рама 9 з бункерами, візком 1 і стінкою 7 рухається в бік порожньої частини пресформи, при цьому пустотоутворювачі 11 лишаються нерухомими. Система гідроциліндрів 10, 8 і стінки 7 дозволяє рухатись пустотоутворювачам відносно рами 9. Така принципова схема дозволяє за один прохід формувати пустотну панель як на довгих лінійних, так і на звичайних стендах. При цьому можливо забезпечити формування суцільної, без пустот, частини панелі.

Створення таких машин та агрегатів відкриває широкі можливості для інтенсифікації робочих процесів виробництва будівельних матеріалів та формування залізобетонних виробів.

УДК 666.97

*Г.В. Бадеян, д-р техн. наук, главный инженер Корпорация "Познякижилстрой",
Х.А. Меграбян, инженер Корпорация "Познякижилстрой"*

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ, ЛЕЖАЩИЕ В ОСНОВЕ ПРОЦЕССОВ ВИБРОУПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Бетонная смесь представляет собой многокомпонентную среду, состоящую из тщательно подобранных по составу крупного и мелкого заполнителей, вяжущего и воды. В процессе приготовления и обработки смеси в нее неизбежно вовлекается воздух, количество которого меняется в зависимости от вида обработки. Конечная цель обработки смеси состоит в удалении воздуха и создании плотной однородной структуры.

Физика процесса уплотнения смеси кроется в установлении природы сил, препятствующих образованию плотной структуры. В общем, это силы сухого и вязкого трения, которые появляются в виде трения между зёрнами заполнителя и трения бетонной смеси об опалубку.

Чтобы более полно и аргументировано оценить физику процесса вибрационного уплотнения, рассмотрим изменение коэффициента внутреннего трения, попытками определения занимались ряд исследователей.

Рассмотрим физику и механизм процесса уплотнения в историческом аспекте развития и исследования этого вопроса.

Очевидно, что процесс уплотнения состоит в такой укладке твердых частиц, при которой объем не занятый твердыми частицами, является наименьшим и неизменным для данной смеси. Уплотнение может быть естественным и принудительным. Процесс естественного уплотнения представляется таким образом, что случайные внешние воздействия нарушают равновесие между силами трения, сцепления и весом частиц. В результате сила веса частиц оказывается больше сил трения и сцепления. Под действием собственного веса частицы приходят в движение, стремясь занять самое низшее положение. Происходит перегруппировка расположения частиц в более компактную структуру, объем смеси уменьшается и смесь уплотняется. Аналогично осуществляется и принудительное уплотнение, когда внешним воздействием стремятся снять силы трения и сцепления между частицами смеси и придать им такие перемещения, при которых происходит переукладка частиц в более плотную и в результате расстояния между частицами уменьшается и смесь уплотняется. Другими словами, каждая частица смеси должна получить первоначальный импульс, который будет достаточным для нарушения сил трения и сцепления частицы с соседними. Такое условие должно поддерживаться в определенном диапазоне времени, то есть частицы совершают колебательное движение.

Так видится процесс уплотнения. Сам же механизм этого явления трактуется различными исследователями по разному.

Механизм уплотнения, описанный в работе [2] заключается в том, что при вибрации частица смеси движется подобно газу. Наличие относительного движения частицы и пересечение их траекторий создают возможность обмена импульсами, статическая равнодействующая которых препятствует внешнему давлению, собственному весу и силам сцепления частиц.

Механизм уплотнения с помощью вибрации по данным исследований [5] состоит в обеспечении вихрей и турбулентного движения смеси. Считается, что уплотнение статическим давлением сопровождается только деформациями - как упругими, так и остаточными. При уплотнении с помощью вибрации происходят лишь конечные перемещения частиц без деформации.

В работе [7] моделируется движение частиц вибрируемой смеси как движение точки расположенной на наклонной под углом к горизонту плоскости.

В работе [4] также рассматривается процесс как движение отдельных частиц под воздействием вибрации. Эти, как и некоторые другие исследователи, являются сторонниками дискретной, так называемой, корпускулярной теории процесса. Отсюда вытекает и выбор модели бетонной смеси, и установление необходимых аналитических зависимостей.

Существует и иная точка зрения на процесс и механизм уплотнения.

Так, в работе [13] отмечается, что деформационные процессы являются главными. Здесь речь идет о том, что в процессе колебаний распространяются волны, которые вызывают деформации слоев смеси и в конечном итоге смесь уплотняется.

Исследованиями [12] установлено, что процесс уплотнения является деформационным и, в процессе наложения вибрации на смесь, в ней распространяются упругие и пластические волны. Таким образом, при определенном динамическом воздействии смесь становится пластической и происходит процесс её уплотнения.

В работе [9] рассматривается механизм процесса уплотнения как состоящий из сплошной среды. Считается, что каждая "физическая" точка смеси одновременно участвует в двух движениях:

1) общем, представляющем смещение, соответствующее непрерывным деформациям смеси как тела (упругого, упруговязкого, упруговязкопластического и др.);

2) относительном, представляющем смещение частиц как абсолютно твердого тела.

В некоторых работах рассматриваемый процесс разделяется на фазы или стадии.

Процесс уплотнения по Н.В. Михайлову [8] представляется следующим образом.

В первой фазе происходит разрушение структурных связей, связности частиц и смесь превращается в вязкую жидкость. Степень разрушения структуры в каждый данный момент пропорциональна градиенту скорости, возникающему при относительном движении частиц. Вторая фаза - самоуправление. Освободившись от связей, частицы под действием собственного веса занимают наинизшее положение, смесь приобретает наибольшую плотность.

В работе [3] рассматриваю процесс вибрационного формирования бетонной смеси условно состоящим из двух стадий. На первой стадии происходит взаимное перемещение и вместе с ним перекомпоновка крупного заполнителя, активное выделение заземленного воздуха с последующим уменьшением объема, занимаемого смесью, при этом создается макроструктура бетона. На второй стадии доуплотняется растворная часть за счет максимального тиксотропного разжижения цементного теста и заземленного воздуха и формируются элементы микроструктуры бетона.

В работе [11] процесс разделяют не на две, а на три стадии. На первой стадии происходит переукладка составляющих смеси и интенсивное выделение из нее воздуха. Под действием динамической нагрузки система легко переходит в другую стадию путем перестройки случайной структуры системы в устойчивую в результате взаимной перекомпоновки зерен заполнителя.

Вторая стадия характеризуется выделением жидкой фазы и обволакиванием ею поверхности крупного заполнителя, сближением частиц смеси. В этот период преобладают силы

вязкого сопротивления, смесь приобретает свойства текучести и способности к формообразованию.

На третьей стадии происходит компрессионное уплотнение растворной составляющей смеси с незначительным приращением плотности.

Таким образом, физика процесса уплотнения и механизм этого процесса в зависимости от взгляда исследователя на роль того или иного вида движения трактуется по-разному и поэтому весьма важным является оценка влияния тех или иных параметров, что в совокупности даст возможность проанализировать существующие расчетные смеси.

Особого внимания заслуживает рассмотрение механизма уплотнения бетонной смеси глубинным вибрированием, как основным и в монолитном строительстве [1], которое находит все большее применение на Украине [2]. При погружении вибратора в бетонную смесь и ее включении в работу, возникает так называемый пограничный слой. В этих условиях имеют значение четыре вида сопротивления: лобовое, вязкое, инерционное и акустическое, которые в конечном итоге приводят к падению амплитуды колебаний [7-13], и процесс уплотнения происходит путем передачи энергии через этот слой.

Возникает задача исследования процессов изменения этих сил при уплотнении бетонной смеси в опалубке, учета падающих и отраженных волн, оценки эффективности уплотнения и выбора параметров, режимов уплотнения и организации работы по эффективному использованию вибрации для достижения качества сформированной конструкции.

Список литературы

1. Атаев С.С., Бондарик В.В., Громов Н.Н. и др. Технология, механизация и автоматизация строительства. - М.: Высшая школа, 1990. – 592 с.
2. Бадеян Г.В. Основы технологических решений возведения монолитных железобетонных каркасов в высотном жилищном строительстве. Диссертация на соискание ученой степени доктора наук. К.: КНУБА, 2000.
3. Гусев Б.В., Зазимко В.Г. Вибрационная технология бетона. - К.: Будивельник, 1991. – 158 с.
4. Куннос Г.Я. Вибрационная технология бетона. - Л.: Строиздат, 1967. – 168 с.
5. Куприянов Е.М. Уплотнение насыпных грунтов. - М.: Строиздат, 1950 – 286 с.
6. Лермит Р. Проблемы технологии бетона. - М.: Госстройиздат, 1959. – 294 с.
7. Миклашевский П.М. Вибрирование бетонной смеси. - М.: Волгостроиздат, 1937 – 119 с.
8. Михайлов Н.В. Основные принципы новой технологии бетона и железобетона. - М.: Госстройиздат, 1961 – 53 с.
9. Овчинников П.Ф. Виброгеология. - К.: Наукова думка, 1983. – 271 с.
10. Ребю П. Вибрирование бетона. - М.: Стройиздат, 1970 – 156 с.
11. Савинов О.А., Лавринович Е.В. Вибрационная техника уплотнения и формирования бетонных смесей. - Л.: Стройиздат, 1986 – 280 с.
12. Сивко В.И. Основы механики вибрируемой бетонной смеси. - К.: Вища школа, 1988 г. – 168 с.
13. Шмигальский В.Н. Формирование изделий на виброплощадках. - М.: Стройиздат, 1968 г. – 104 с.