

Гираторная машина от компании «Эллис»

Точность подбора компонентов бетонной смеси



Свежеприготовленная бетонная смесь обычно считается жесткой, если ее осадка меньше 2 см и время уплотнения аппаратом ВЕБЕ составляет больше 5 секунд. Чтобы добиться хорошего сцепления между составляющими частицами, смесь необходимо уплотнять при поперечном давлении с помощью объединенного с вибрацией давления и сжатия. Скандинавским институтом Nordtest разработаны и регламентированы методика и условия испытания, при которых энергия уплотнения, задаваемая гираторной испытательной машиной, может соотноситься с жесткостью свежеприготовленной бетонной смеси.

Области применения вращательного уплотнителя (гиратора бетонного)

Вращательный уплотнитель применяется в производстве бетонных элементов (брусчатки; полых блоков; плит; труб; черепицы), а также бетонных дорожных покрытий и дамб.

Основное требование к уплотненному свежеприготовленному жесткому бетону для изготовления таких бетонных элементов, – отсутствие проявлений усадки, например, трещин и изменения объема, чтобы после извлечения из формы сохраня-

Один из главных строительных материалов современности – бетонные смеси. Их эксплуатационные характеристики напрямую зависят от точности применения всех компонентов. Компания «Эллис», сфера деятельности которой – производство и обслуживание весового и лабораторного испытательного оборудования для строительной, дорожно-строительной и геотехнической промышленности, предлагает перспективную методику применения вращательного уплотнителя для оптимизации качеств бетона.

ласть конфигурация и обеспечивался эстетичный внешний вид продукции. Главная характеристика бетонных дамб и бетонного основания дорожного покрытия – согласованность плотности с механическими свойствами – такими как сопротивление сжатию и раскалыванию при различном сроке службы.

Небольшие изменения характеристик компонентов смеси могут привести к значительным изменениям эксплуатационных качеств. Поэтому существенное значение имеют точное составление смесей с тщательным подбором компонентов и частый контроль качества продукции.

Гираторная испытательная машина особенно полезна для этого, так как с ее помощью изучаются объемные свойства жестких бетонных смесей при уплотнении.

Для определения оптимальной смеси (подбора состава) и для осуществления контроля заводской продукции необходимо исследовать объемные свойства свежеприготовленной смеси, включая все ее компоненты: заполнители (песок, гравий); возможные специальные заполнители (мелкодисперсный кремнезем); цемент; добавки и вода.

Машина позволяет контролировать плотность и, следовательно, степень уплотнения и процентное содержание пустот в процессе уплотнения и после него в зависимости от энергии, потребовавшейся для уплотнения.

Принцип действия вращательного уплотнителя

Образец свежеприготовленной бетонной смеси (0,8 дм³) уплотняется в процессе непрерывного перемешивания, состоящего из осевого давления и поперечного движения.

Как уже упоминалось, уплотнение происходит с помощью сочетания двух различных необходимых воздействий: давления и поперечного движения.

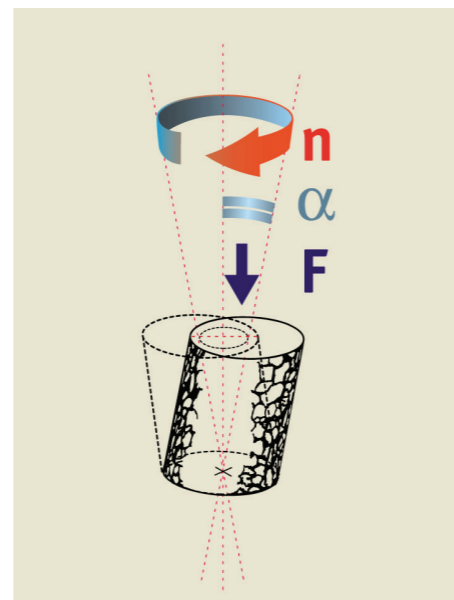


Рис. 1

- Поперечное движение при постоянном давлении позволяет частицам подойти поближе друг к другу, чтобы достичь более высокого уровня плотности.
- Постоянное вертикальное давление (F), прикладываемое к материалу машиной, получается при сжатии смеси в испытательном цилиндре между верхней и нижней пластинами. Вращательным движением цилиндра во время испытания создается необходимое поперечное движение. Уплотнение по вращательному принципу может быть представлено в следующем виде:
 - Геометрическая форма рабочего образца представляет собой цилиндр со слегка скошенными концами. Данная «скошенность» вращается вокруг центральной оси цилиндрического образца на протяжении всего испытания.
 - Один полный оборот определяется как рабочий цикл (n).
 - Благодаря заданному углу вращения «а» (для стандартной модели угол

фиксированный – 2° 17", для исследовательской – от 0 до 2° 86") внутри образца в каждом рабочем цикле происходит поперечное движение. Внутреннее поперечное движение проиллюстрировано с помощью разделения образца на конечные элементы. Поперечное движение происходит, так как каждый элемент скользит относительно соседних элементов (рис.2).

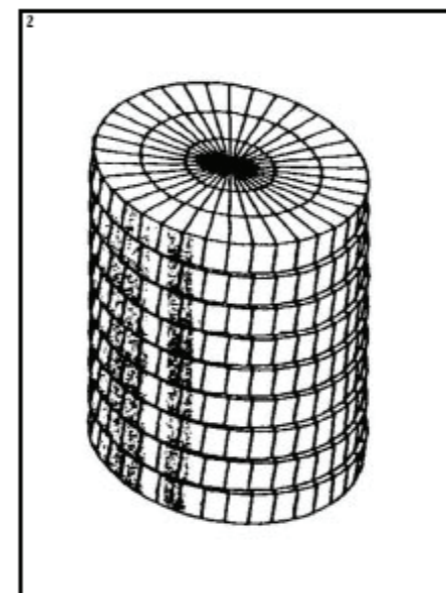


Рис. 2

Существуют две модели гираторной испытательной машины: стандартная – 54-C0252/C и исследовательская – 54-C0251/A. Обе модели предназначены для испытания свежеприготовленного жесткого бетона и полностью соответствуют стандарту Nordtest Method NT BUILD 427. Управляются они портативным или настольным компьютером с двумя пакетами программного обеспечения.

1. Программа Intensive Compaction Testing для OC WIN-DOWS®, с помощью которой записываются в реальном масштабе времени и наносятся на график зависимости уплотнения (изменения высоты образца) и плотности от числа циклов (оборотов).

В исследовательской модели 54-C0251/A вращательной испытательной машины также отслеживается и наносится на график поперечное давление в кН/м² в зависимости от числа циклов.

Эта функция используется в качестве инструмента для более детального подбора состава смеси, а также как дополнительный проверочный параметр для контроля качества.

2. Программа EXCEL Macro®, с помощью которой связываются с числом оборотов следующие объемные параметры:

- высота образца (мм);
- плотность (кг/м³);
- содержание воздушных полостей (в %) в свежеприготовленной бетонной смеси (AV);
- содержание пустот (в %) в минеральных компонентах смеси (VMA);
- содержание пустот (в %), заполненных цементом (VFC).

На основании кривой уплотнения, начерченной в масштабе реального времени с помощью программы ICT WIN-DOWS®, можно сделать несколько выводов:

- графиком уплотнения описывается, в зависимости от энергии уплотнения, воздействие на смесь до полной степени уплотнения и максимальной плотности;
- высокая удобоукладываемость указывается быстрым увеличением плотности при выполнении циклов вращения.

В противоположность этому для смеси с низкой удобоукладываемостью необходимы высокая энергия уплотнения, большее число циклов и (или) более высокое вертикальное давление, чтобы достичь необходимой плотности.

Смеси с крутой кривой уплотнения – смеси с высокой уплотняемостью. Их состав, включающий соответствующее количество цемента, воды, добавок и фракционированного заполнителя с высокой угловатостью требует большого количества энергии уплотнения. Такое поведение обычно связано с относительно выделяющейся безудачностью на этапе уплотненной свежеприготовленной смеси. И наоборот, смеси с кривой уплотнения с малым наклоном характеризуются меньшей уплотняемостью и, как правило, меньшей безудачностью на этапе уплотненной свежеприготовленной смеси.

Благодаря высокой чувствительности вращательной испытательной машины становится возможным оптимизировать подбор гранулометрического состава и угловатости заполнителя, сорт цемента а также количество мелкодисперсного кремнезема и суперпластификатора.

Между такими противоположны-

ми вариантами, четко выделяемыми установленным программным обеспечением, разработчик имеет возможность выбрать надлежащую смесь, которая лучше подходит для данного строительного элемента, основываясь на конкретных требованиях к нему, и оптимизировать соответствующую удобоукладываемость.

Машина позволяет определить различные уровни удобоукладываемости жесткого бетона. Например, для производства бетонной черепицы необходима относительно более высокая удобоукладываемость, чем для производства бетонных труб, плит и брусчатки.

Для прессованных полых стержневых элементов требуется удобоукладываемость, связанная с более высоким уровнем энергии уплотнения и поперечного воздействия.

Для строительства дорог и дамб удобоукладываемость прокатанного уплотненного бетона оптимизируется для достижения высочайшего диапазона энергии уплотнения.

В общих чертах, высокая уплотняемость соответствует хорошей сопротивляемости деформации свежеприготовленного уплотненного бетона.

Оценка чувствительности гираторной испытательной машины к малым изменениям состава смеси

Некоторые испытания выполнялись с помощью исследовательской модели гираторной испытательной машины 54-C0251/A с целью оценки чувствительности прибора к малым изменениям дозировки воды и суперпластификатора. Для обеих групп испытаний использовались смеси с одинаковым содержанием заполнителей и цемента.

Первая группа включает испытания, проведенные на смесях без суперпластификатора, но с изменением дозировки воды (Таблица 1):

Вторая группа включает испытания, проведенные на смесях с различным содержанием суперпластификатора (Таблица 2):

Все испытания заканчивались после 80 циклов.

Таблица 1

Группа	Испытание	Содержание воды	Соотношение вода/цемент
1	1	7,09%	0,28
	2	6,58%	0,26

Таблица 2

Группа	Испытание	Суперпластификатор	Отношение вода/цемент
2	1	0,50%	10,26
	2	0,63%	10,26
	3	0,75%	10,26
	4	1,00%	10,26

Первая группа тестов без суперпластификатора

Средние результаты в подгруппе испытаний с отношением содержания вода/цемент 0,28 (7,09% воды) см. в Таблице 3.

Средние результаты в подгруппе испытаний с соотношением вода/цемент 0,26 (содержание воды 6,58 %) см. в Таблице 4.

Таблица 3

Потери на жидкий шлам	Макс. поперечное давление	Число циклов до достижения макс. поперечного давления	Начальная плотность после 4 циклов	Конечная плотность после 80 циклов
5,3 г	145кН/м ²	22	2096 кг/м ³	2474 кг/м ³

Таблица 4

Потери на жидкий шлам	Макс. поперечное давление	Число циклов до достижения макс. поперечного давления	Начальная плотность после 4 циклов	Конечная плотность после 80 циклов
0 г	151 кН/м ²	65	2059 кг/м ³	2387 кг/м ³

Таблица 5

Суперпластификатор, дозировка (% от содержания цемента)	0,5%	0,63%	0,75%	1%
Начальная плотность после 4 циклов (кг/м ³)	2111	2125	2142	2159
Конечная плотность после 80 циклов (кг/м ³)	2430	2444	2459	2458
К-во циклов при максимальном сдвиге	32	25	25	16
Максимальное значение сдвига (кН/м ²)	147	147	145	143

Комментарии

Потери на жидкий шлам

Они появляются в смеси с отношением вода/цемент 0,28. Из-за соответствующего количества воды процентное содержание воздушных полостей резко падает, приближаясь к насыщению (0,9%; 1,3%; 2,2%). Во время последних циклов благодаря развитию порового давления происходит выделение жидкого шлама. Кроме того, одновременно с выделением жидкого шлама увеличивается боковое давление в испытаниях с содержанием воздушных полостей 1,0 и 1,4%. Очевидно, из-за потери эффекта смазки при выделении жидкого шлама увеличивается взаимное трение частиц заполнителя и, следовательно, сопротивление сдвигу.

Число циклов до достижения максимального поперечного давления

При отношении вода/цемент 0,28% максимальное значение поперечного давления достигается при числе циклов 22, скорее, в первой части испытания, тогда как при отношении вода/цемент 0,26% максимальное значение поперечного давления достигается при числе циклов 65, ближе к концу испытания. Смазывающее действие жидкого шлама начинается при довольно разных уровнях энергии уплотнения.

Начальная плотность после 4 циклов и конечная плотность после 80 циклов

Оба значения плотности – начальной и конечной – больше для смеси с отношением вода/цемент 0,28%. Большее содержание воды облегчает начальное уплотнение частиц.

Вторая группа испытаний с в/ц соотношением 0,26% и с добавлением суперпластификатора

Результаты данных испытаний представлены в Таблице 5.

Комментарии

Сравнивались данные по начальной/конечным плотностям, по числу циклов до достижения максимального поперечного давления и максимальным значениям поперечного давления при рассмотрении поведения смесей с одинаковыми значениями в/ц соотношения и различном содержании суперпластификатора от 0% до 1%.

Как ожидалось, значения начальной и конечной плотности смесей с суперпластификатором явно больше, чем без него.

Начальная и конечная плотности смеси с содержанием суперпластификатора 0,5% (составляет 2111 кг/м³ и 2430 кг/м³) увеличилась по сравнению с плотностью смеси без суперпластификатора (2059 кг/м³ и 2387 кг/м³) на 2,6% и 1,8% соответственно.

При сравнении одних и тех же параметров для смесей с суперпластификатором заметны небольшие изменения; значения начальной и конечной плотности смеси с содержанием суперпластификатора 1 % отличаются от значений для смесей с его содержанием 0,5% на 2,3% и 1,1%. Кроме того, заметно, что конечная плотность достигает максимума при дозировке 0,75% и затем остается постоянной (2459 кг/м³ при содержании суперпластификатора 0,75% и 2458 кг/м³ при его содержании 1%). Это четко указывает выбор дозировки суперпластификатора.

Максимальное сопротивление сдвигу не показывает больших изменений для смесей с суперпластификатором и без него: 147 кН/м² при дозировке от 0,5% до 0,63% и 150 кН/м² – при дозировке 0%.

Тем не менее отмечается ощутимое уменьшение сопротивления сдвигу для смесей с дозировкой 0,75% и 1%: 146кН/м² и 144кН/м². Примечательно положение значения поперечного давления при вращательном испытании. Если смеси с дозировкой 0% достигают максимального значения поперечного давления после 65 циклов, то смеси с дозировкой суперпластификатора 0,5%, 0,63%, 0,75%, 1% достигают его после 32, 25, 25 и 16 циклов соответственно. Добавление суперпластификатора ясно указывается таким положением максимального поперечного давления. Кроме того, отмечается достижение максимального поперечного давления после 16 циклов для смеси с дозировкой 1%.

Такое поведение может оказаться полезным для выбора дозировки суперпластификатора наравне со степенью увеличения конечной плотности.

При составлении смесей для жесткого бетона определяется несколько задач, которым присваиваются характеристики различной важности в соответствии с типом работы; например:

- хорошая стабильность перед застыванием;
- оптимизация стоимости изделий для промышленного производства бетонных конструкций;

- высокая прочность и соответствующая плотность структур уплотненного катком бетона.

В промышленности скандинавских стран и Европы составление смесей для жесткого бетона и контроль продукции для бетонных конструкций основаны на объемных свойствах в течение многих лет с хорошими результатами.

Достоверный результат такого подхода к тестированию очевиден:

- оптимальная энергия уплотнения, напрямую связанная с параметрами бетонной конструкции, например, стойкостью и механической прочностью;
- возможность калибровки энергии уплотнения промышленной установки на основе данных по плотности, полученных на гираторе (объемные свойства);
- прямые способы проверки эффективности уплотнения промышленной установки;
- точное составление смесей, легко воспроизводимое на промышленных предприятиях;
- рационализация содержания цемента и водоцементного отношения, доли суперпластификаторов и минеральных добавок;
- оптимальные затраты на производство. Точное значение энергии уплотнения поможет рационально уменьшить содержание цемента и правильно определить дозировку добавок;
- возможность непрерывного контроля качества, точного указания любых изменений при производстве смесей.

Компания «Эллис»
+38 044 518 57 77, 518 89 33
www.ellis-ltd.com.ua

