Министерство высшего и среднего специального образования Латв. ССР

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ИНСТИТУТ повышения квалификации специалистов народного хозяйства Латвийской ССР

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ И РАЦИОНАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВО

Материалы конференции

Рига 1973

В.П.Антанс, Е.У.Лапса

ВИБРОРЕОЛОГИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Бетонные смеси, в том числе ячеистые, являются трехкомпонентными дисперсионными системами, состоящими из дисперсии твердых частиц: вяжущих, заполнителей и газовых или воздушных включений в жидкой сфере. Благодаря высокой концентрации твердых высокодисперсионных частиц и тому обстоятельству, что формирование коагуляционной структуры цементного геля начинается сразу после затворения его водой (I,2), бетонные смеси можно отнести к структурированным дисперсионным системам.

В реологическом смысле системы также являются весьма сложными: они обладают как упругими, так пластическими и вязкими свойствами. Упругость таких систем сказывается лишь в случае малых деформаций; такой случай является мало актуальным для технолога, так как в технологических операциях деформации смесей практически ничем не ограничиваются.

Пластичность бетонных смесей определяет их двоякий характер: ниже предела текучести τ_0 они ведут себя как упруго-эластичное тело, при напряжениях, превышающих τ_0, они текут со скоростью, обусловленной вязкими свойствами и действующими напряжениями сдвига. Таким образом, бетонные смеси, аналогично другим пастообразным средам, занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами – такое их положение определяется пластичностью.

Вязкость η таких систем находится в сложной зависимости от напряжения сдвига и скорости деформаций сдвига. Для более точного описания вязких свойств пастообразных сред (так же как нелинейных жидкостей) применяются кривые консистентности, связывающие скорость сдвигового течения $\dot{\gamma}$ с действующими напряжениями сдвига τ.

Ввиду структурной и реологической сложности бетонных смесей, в настоящее время еще не имеется единого реологического представления в виде модели или уравнения, описывающего их реологические свойства в широком спектре напряжений и скоростей деформаций. Также не имеется достаточно достоверной методики и аппаратуры для физической реометрии бетонных смесей. Однако это не исключает более или менее приближенные представления.

Самым приближенным предоставлением для описания реологии бетонных смесей может послужить уравнение Бингама:

$$\tau - \tau_0 = \eta \dot{\gamma} , \qquad (1)$$

где $\dot{\gamma} = d\gamma/dt$; γ - деформация сдвига;

η - вязкость течения при $\tau > \tau_0$, а

τ и η свойства, наиболее интересующие технолога и конструктора технологической оснастки, - вязкость и предельное напряжение сдвига смеси.

Исходя из бингамовского представления, были проведены опыты по изучению вязкости и пластичности ячеистобетонных смесей в зависимости от основного применяемого на сегодня механического способа уравнения реологическими свойствами - от вибрации различных интенсивностей. Полученные результаты качественно в полной мере могут быть распространены на бетонные смеси других видов. При этом была использована известная из литературы [3] методика испытания смесей

на сдвиговую ползучесть при $\tau = const$, а за меру интенсивности вибраций было принято относительное ускорение вертикальных колебаний:

$$J = \frac{Aw^2}{g} , \qquad (2)$$

где A - амплитуда;

w - циклическая частота;

g - ускорение гравитации.

В опытах амплитуда изменялась в пределах 0 - 0,57 мм, а частота от 0 до 5700 мин$^{-1}$.

Полученные результаты эксперимента позволяют установить следующую общую зависимость бингамовской вязкости смеси от ускорения колебаний:

$$\eta = (\eta_{стат.} - \eta_\infty) \exp(-\kappa_\eta J) + \eta_\infty , \qquad (3)$$

где $\eta_{стат.}$ - вязкость смеси в положении покоя ($J = 0$);

η_∞ - вязкость, к которой асимптотически стремится η при $J \to \infty$;

κ_η - эмпирический коэффициент, отражающий характер влияния увеличения J.

При этом было установлено, что имеется свойственное каждому составу смеси значение ускорения колебаний J_t, при котором η пренебрежимо мало отличается от η_∞, т.е. при $J = J_t$ смесь дальше не разжижается, ее технологический потенциал разжижения исчерпан.

Исследованием пластичности смеси экспериментально установлено, что τ_0 убывает с возрастанием J по иному закону, близкому к линейному:

$$\tau_0 = \tau_{0стат.} - \kappa_\tau J , \qquad (4)$$

где K_τ - эмпирический коэффициент, отражающий влияние J на τ_0. Установлено, что для испытанных смесей значения $J=J_1$ являются критическими, так же по отношению к пластичности: при этих значениях $\tau_0 = 0$, т.е. пластичность исчезает полностью.

Рассматривая конкретные значения уравнений (3) и (4), устанавливаем, что вибрационное разжижение более эффективно для смесей с малым водосодержанием. Так, например, в том случае, если воды содержится 27%, коэффициент полного разжижения $\eta_{стат.}/\eta_\infty = 740$, и полное разжижение наступает при $J_1 = 6{,}2$; а для смеси с водосодержанием 32% $\eta_{стат.}/\eta_\infty = 280$, и полное разжижение наблюдается при $J_1 = 5{,}3$. Коэффициент K_η при этом меняется незначительно в пределах I,8 - 2,0.

Предельное напряжение сдвига различных смесей по-разному реагирует на прирост интенсивности вибраций. При водосодержании 27% $K_\tau = 0{,}28$ г/см^2, а при 32% $K_\tau = 0{,}10$ г/см^2.

Обобщая полученные экспериментальные результаты, можно сделать следующие выводы:

I. Каждый состав бетонной смеси обладает критическим значением интенсивности вибрационного поля $J=J_1$, происхождение которой не имеет технологического смысла, так как смесь дальше не разжижается, ее технологический потенциал разжижения исчерпан.

2. Реологические свойства бетонных смесей в зависимости от интенсивности вибрационного поля описываются двояко: при $J<J_1$ они являются бингамовскими пастами, а при $J>J_1$ их можно принимать ньютоновскими жидкостями.

3. Применение вибрационного разжижения бетонных смесей более эффективно в случае маловодных смесей, чем в случае жидких смесей.

Литература

I. Mchedlow-Petrosian O.P., Metnichenko P.A. Hydratation Process and Hardening Mechanism of Cements. The Chemistry of Cement Hydratation, Budapest, I965.

2. Schwiete H.J., Niel E. Untersuchung über die Neubildungen beim Beginn der Hydratation von Klinker und Zement. Zement-Kalk-Gips, I9 № 9, I966.

3. Куннос Г.Я., Лапса В.Х. Солодовник А.Е. О модельном анализе начального этапа структурообразования газобетонных смесей. - В кн.: Вопросы современного строительства. Рига, РПИ, I966.