

ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

З. А. Ацагорцян

### Новый метод полевого контроля качества бетона

Современная теория проектирования состава бетона дает возможность проектировать свойства бетона с достаточной точностью. Однако правильное проектирование состава еще не обеспечивает надлежащие свойства бетона, зависящие также от ряда производственных факторов. По исследованию Института бетонов [1] эти факторы могут в определенных условиях (при недостаточно тщательном контроле) изменить прочность бетона на  $\pm 42\%$ , т. е. напр. бетон марки 110 может иметь прочность в пределах 64—156 кг/см<sup>2</sup>.

Целью контроля качества бетона является обеспечение надлежащих свойств отвердевшего бетона, а также свежеприготовленной бетонной массы. Основными из этих свойств являются прочность бетона в месячном возрасте и консистенция бетонной массы перед ее укладкой.

Свойства свежеприготовленного бетона легко контролировать, да и производство само контролирует их в процессе работы.

Результаты же контроля свойств отвердевшего бетона обычно выявляются лишь впоследствии, при испытании контрольных кубиков или испытании бетона в сооружении. Эти испытания дают представление о качестве бетона после того, как конструкция или сооружение уже выполнено и нет возможности внести какие-либо исправления. Таким образом, обычный контроль прочности бетона не является действенным, не позволяет по ходу работ активно вмешиваться в технологию в целях обеспечения требуемой марки бетона.

Для испытания цемента существует метод экспрессного испытания, дающий результаты через сутки. Для бетона подобного метода нет, хотя нетрудно представить аналогичный метод для испытания прочности бетона на основе существующих способов ускорения твердения бетона. Однако такой метод опять-таки потребовал бы срок не менее 1—2 суток, что также не позволило бы достигнуть поставленной цели. К тому же, полученные при этом прочности все же были бы условными, так как ускоренное твердение бетона, при всем желании, не может точно воспроизвести качество бетона, твердеющего в нормальных условиях. Возникает вопрос—нельзя—ли произвести быстрый контроль прочности бетона основываясь на теории бетона?

Известно, что при данных качествах материалов прочность бетона однозначно определяется цементноводным фактором. Следовательно, если контролировать величину истинного цементноводного фактора в бетоне, то этим самым при данных качествах материалов будет контролироваться с достаточной точностью прочность бетона. Из этих качеств подлежат учету только активность цемента данной партии, которая бывает известна из нормального или ускоренного испытания, и род заполнителя. Имея эти данные, можно по известным формулам Боломея, Беляева, Симонова и др. определить истинную прочность бетона.

Подобный метод контроля может быть эффективно применен при наличии способа быстрого определения истинного цементноводного фактора.

Автором настоящей статьи предложен такой способ, основанный на возможности определения цементноводного фактора по объемному весу цементного теста.\*

Прежде чем описать предложенный способ покажем, что знание объемного веса цементного теста достаточно для определения содержания в тесте цемента и воды, а следовательно и цементноводного фактора.

Обозначим:

$\delta$ —объемный вес цементного теста,

$v$ —объем взятой пробы „ „

$c$ —количество цемента в пробе цементного теста,

$w$ — „ „ воды „ „

$\gamma$ —удельный вес цемента,

$r$ —коэффициент набухания цементных зерен в тесте,

$k$ — „ „ водопоглощения цементных зерен.

Тогда вес цементного теста выразится уравнением

$$\delta v = w + c \quad (1)$$

объем же теста, при учете набухания и водопоглощения цементных зерен, можно выразить следующим образом:

$$v = w + r \frac{c}{\gamma} - k \frac{c}{\gamma} \quad (2)$$

Решая совместно (1) и (2) уравнения и вводя обозначение

$$\frac{r-k}{\gamma} = \alpha,$$

получим

$$c = \frac{v(\delta-1)}{1-\alpha}, \quad (3)$$

\* Сообщено на научной сессии Института Стройматериалов и Сооружений Академии Наук Арм. ССР 19 ноября 1948.

$$w = \frac{v(1 - \alpha\delta)}{1 - \alpha} \quad (4)$$

Следовательно цементноводный фактор теста

$$\frac{c}{w} = \frac{\delta - 1}{1 - \alpha\delta} \quad (5)$$

Величина коэффициента  $\alpha$ , зависящая от удельного веса цемента и коэффициентов набухания и водопоглощения цементных зерен, может быть принята за постоянную. По нашим лабораторным определениям при различных цементноводных факторах получились следующие значения.

Таблица 1.

$\frac{c}{w}$	1,08	0,89	0,63	0,60	0,46
$\alpha$	0,328	0,340	0,337	0,330	0,330

Среднее значение из этих 5 определений  $\alpha = 0,333 = \frac{1}{3}$ . Полученная нами цифра подтверждается данными ЦНИПС о выходе цементного теста.

По графику канд. техн. наук Миронова С. А. [2] при затворении 1 кг цемента получают следующие выходы цементного теста ( $v_1$ ) при различных значениях водоцементного фактора ( $\frac{w}{c}$ ):

Таблица 2

$\frac{w}{c}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$v_1$	0,63	0,73	0,83	0,93	1,03	1,13	1,235	1,335	1,44	1,54

Пользуясь этими данными, можно подсчитать коэффициенты  $\alpha$ . Из формулы (3)

$$\alpha = 1 - \frac{v(\delta - 1)}{c} \quad (6)$$

Подставляя  $v = v_1$ ,  $c = 1$  кг и, в связи с этим,  $\delta = \frac{1 + \frac{w}{c} \cdot 1}{v_1}$ , получим

$$\alpha = v_1 - \frac{w}{c} \quad (7)$$

По этой формуле на основании данных табл. 2 получаются следующие величины.

Таблица 3

$\frac{w}{c}$	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
$\alpha$	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,335	0,335	0,340	0,340

Средним значением величин табл. 3 является  $\alpha = 0,333 = 1/3$ . Таким образом получается полное совпадение результатов наших определений с данными ЦНИПС.

Принимая значение  $\alpha = 1/3$ , формулы (3) и (4) запишутся

$$c = \frac{2}{3}v(\delta - 1), \quad (3a)$$

$$w = \frac{2}{3}v\left(1 - \frac{\delta}{3}\right). \quad (4a)$$

Этими двумя формулами и пользуемся мы для контроля цементноводного фактора бетона.

Методика следующая: берем пробу свежеприготовленного бетона\* определенного количества, например 2 кг. Отмучиваем цементное тесто из бетона определенным количеством воды ( $w_1$ ), достаточным для полного отмучивания. При этом добавляем воды настолько, чтобы объем отмученного разжиженного цементного теста ровно заполнял мерный сосуд, например 3-литровый. Взвешиванием этого теста определяем его объемный вес ( $\delta$ ). Кроме того определяем оставшуюся воду (влажность) в заполнителе ( $w_2$ ) путем его высушивания.

Имея объем отмученного цементного теста ( $v = 3$  л) и его объемный вес ( $\delta$ ) по формулам (3a) и (4a), определяем содержащиеся в нем количества цемента ( $c$ )\* и воды ( $w$ ).

Истинное количество воды во взятой пробе бетона будет

$$w - w_1 + w_2$$

Истинный цементноводный фактор в бетоне

$$u = \frac{c}{w - w_1 + w_2} \quad (8)$$

Описанный способ контроля цементноводного фактора настолько прост, что может выполняться любой полевой лабораторией в течение  $1/2$  часа.

Для удобства полевой лаборатории ниже даем таблицу, в которой даны готовые значения  $c$  и  $w$  в зависимости от веса 3 литров

\* Речь идет об обычном (тяжелом) бетоне.

отмученного цементного теста (g). Пользуясь этой таблицей можно без вычислений и интерполяции определять  $c$  и  $w$ , после чего, имея также  $w_1$  и  $w_2$ , определять значение истинного цементноводного фактора в бетоне по формуле (8).

Зная истинный цементноводный фактор ( $u$ ) и активность цемента ( $R_c$ ), легко проверить прочность бетона ( $R$ ) по общеизвестным таблицам или формулам, как, например, формулой Болломея, имеющей вид:

$$\text{для бетона на гравии } R=0,5 R_c (u-0,5), \quad (9)$$

$$\text{для бетона на щебне } R=0,55 R_c (u-0,5). \quad (10)$$

Таблица 4

Количество цемента ( $c$ ) и воды ( $w$ ) в цементном тесте объемом 3 л, в зависимости от его веса (g), в граммах

g	c	w	g	c	w	g	c	w
3050	75	2975	3134	201	2933	3218	327	2891
3052	78	2974	3135	204	2932	3220	330	2890
3054	81	2973	3138	207	2931	3222	333	2889
3056	84	2972	3140	210	2930	3224	336	2888
3058	87	2971	3142	213	2929	3225	339	2887
3060	90	2970	3144	216	2928	3228	342	2886
3062	93	2969	3146	219	2927	3230	345	2885
3064	96	2968	3148	222	2926	3232	348	2884
3066	99	2967	3150	225	2925	3234	351	2883
3068	102	2966	3152	228	2924	3236	354	2882
3070	105	2965	3154	231	2923	3238	357	2881
3072	108	2964	3156	234	2922	3240	360	2880
3074	111	2963	3158	237	2921	3242	363	2879
3076	114	2962	3160	240	2920	3244	366	2878
3078	117	2961	3162	243	2919	3246	369	2877
3080	120	2960	3164	246	2918	3248	372	2876
3082	123	2959	3166	249	2917	3250	375	2875
3084	126	2958	3168	252	2916	3252	378	2874
3086	129	2957	3170	255	2915	3254	381	2873
3088	132	2956	3172	258	2914	3256	384	2872
3090	135	2955	3174	261	2913	3258	387	2871
3092	138	2954	3176	264	2912	3260	390	2870
3094	141	2953	3178	267	2911	3262	393	2869
3096	144	2952	3180	270	2910	3264	396	2868
3098	147	2951	3182	273	2909	3266	399	2867
3100	150	2950	3184	276	2908	3268	402	2866
3102	153	2949	3186	279	2907	3270	405	2865
3104	156	2948	3188	282	2906	3272	408	2864
3106	159	2947	3190	285	2905	3274	411	2863
3108	162	2946	3192	288	2904	3276	414	2862
3110	165	2945	3194	291	2903	3277	417	2861
3112	168	2944	3196	294	2902	3280	420	2860
3114	171	2943	3198	297	2901	3282	423	2859
3116	174	2942	3200	300	2900	3284	426	2858
3118	177	2941	3202	303	2899	3286	429	2857
3120	180	2940	3204	306	2898	3288	432	2856
3122	183	2939	3206	309	2897	3290	435	2855
3124	186	2938	3208	312	2896	3292	438	2854
3126	189	2937	3210	315	2895	3294	441	2853
3128	192	2936	3212	318	2894	3296	444	2852
3130	195	2935	3214	321	2893	3298	447	2851
3132	198	2934	3216	324	2892	3300	450	2850

*Пример.* Для проверки предложенного метода в лаборатории был приготовлен бетон с цементноводным фактором  $u=1,20$ , из которого была взята проба для контроля в количестве 1 литра, весом 2350 гр. При отмучивании пробы бетона добавлено было воды  $w_1=2850$  гр; высушивание заполнителей показало  $w_2=200$  гр. Вес отмученного цементного теста при объеме 3 л составил  $g=3202$  гр. По таблице 4 этому соответствуют  $c=303$  гр,  $w=2899$  гр; следовательно цементноводный фактор будет по формуле (8):

$$u = \frac{303}{2899 - 2850 + 200} = 1,217$$

Как можно видеть, неточность в определении цементноводного фактора составляет всего

$$\frac{(1,217-1,2) \cdot 100}{1,2} = 1,4\%$$

Посмотрим, какая ошибка получается в определении прочности бетона. При  $R_c = 285$  кг/см<sup>2</sup> по формуле (10) для  $u=1,2$  имеем марку бетона  $R=110$  кг/см<sup>2</sup>. Подставляя полученную из опыта

$u=1,217$ , получим  $R=112$  кг/см<sup>2</sup>, т. е. ошибка в определении прочности бетона получается всего на 2 кг/см<sup>2</sup>—точность вполне достаточная.

В заключение укажем, что в специальной литературе есть описание метода определения состава бетона путем высушивания его пробы [3]. При этом для определения содержания цемента производится отмучивание его и вторичное высушивание заполнителя. Этот метод по сравнению с нашим более хлопотлив и занимает в два раза больше времени вследствие двукратного высушивания материала. Кроме того, при высушивании бетона нет гарантии, что часть воды не войдет в химическую реакцию с цементом и не свяжется с ним.

Поступило 13 I 1948

Институт Стройматериалов  
с Сооружений Академии  
Наук Арм. ССР

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сб.—Влияние производственных факторов на свойства бетона. Научно-Исслед. Ин-т Бетонов, 1931, Москва.
2. Миронов С. А.—Новые способы подбора состава бетона, 1944, Москва.
3. Александрин И. П.—Строительный контроль качества бетона, 1945, Ленинград.

Չ. Ա. Հագագործյան

ԲԵՏՈՆԻ ՈՐԱԿԻ ԴԱՇՏԱՅԻՆ ՎԵՐԱՀԱՅՈՂՈՒԹՅԱՆ ՆՈՐ ՄԵՅՈՂ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ի Մ

Բետոնի որակի վերանսկողութեան գոյութիւնն ունեցող մեթոդները պատկերացում են տալիս բետոնի փաստական ամբողջական մասին միայն այն ժամանակ, երբ կոնսարուկցիան կամ կառուցվածքն արդեն ավարտված է և հնարավոր չէ որևէ ուղղում մտցնել բետոնի կազմութեան մեջ:

Վերանսկողութեանն արդյունավետ դարձնելու համար հեղինակն առաջարկում է սահմանել բետոնի ամբողջական բնորոշիչի՝ ցեմենտաջրային ֆակտորի ընթացիկ ստուգում, որի համար տալիս է պարզ մեթոդ:

Առաջարկված մեթոդը հիմնված լինելով ցեմենտի խմորի ծավալային կշռի և ցեմենտաջրային ֆակտորի փոխադարձ կախման վրա, հնարավորութիւն է տալիս դաշտային լաբորատորիայի պայմաններում  $\frac{1}{2}$  ժամում որոշել իրական ցեմենտաջրային ֆակտորը:

Լաբորատոր ստուգումը ցույց է տվել մեթոդի գործնականութիւնը և բավարար ճշտութիւնը:

