

日本鉄道建設公団・大阪支社 正会員 中森惣三郎

要 旨 昭和49年に改訂されたコンクリート標準示方書では『まだ固まらないコンクリートから材令28日の圧縮強度を推定』してコンクリートの品質を管理する事ができる。と示されて、賛同はしたものの、その方法の選択に苦慮した。即ち、日本鉄道建設公団・大阪支社では、打設現場で手軽に、ポルトランドセメントおよび高炉セメントのAEコンクリートを管理しなければならないが、題記の適切な方法が見当らなかった。そこでコンクリート・ライブラリー・第38号に掲載されていた神田衛工博の論文(①の方法とする)と水野俊一工博の論文(②の方法とする)の長所を組合せた第③の方法に着想した。これら3つの方法によって同1バッチで実測したW/CとK(モルタルのセメント空隙比)を比較した結果、ほぼ同じ値が得られ、方法も簡単で、その上、高炉セメントのK値が実測できる事も判明して、所期の目的を達した。第③の方法の長短を列記すれば次の通りである。

長所 ; a)加熱や塩酸等を必要としない。 b) AEコンクリートに適用できる。 c)普通ポルトランドセメント・高炉セメントB種その他のセメントに適用できる。 d)簡単な道具で試験できる。 e)化学的な手法を要しない。 f)要員は2名でよい。 g)内業は30分以内で、外業は検算も含めて30分程度である。 h)測定値のバラツキが少い。 短所 ; a)コンクリートの使用材料は同じものでなければならない。 b)試験用の比重計は同じものでなければならない。

本文では先づ①と②の組合せの原理を述べ、ついで3つの方法を比較した実験結果を報告し、最後に第③の試験方法を簡単に説明する。なお、「第③の試験方法を写真と計算例で判り易く詳述した」日本鉄道建設公団・大阪支社の教科書・B5版・22頁「特設シリーズ・NO.8」がある。

1. 組合せの原理 AEコンクリートではモルタルのセメント空隙比(K)とσ₂₈は高度な相関関係に集約される、と云う①の方法は、試験の途中でセメント量を1回測定する毎に500gの1級塩酸が必要である。

そこで塩酸を使わずに、比重計でモルタルの砂セメント比S/Cを測ればCが推定できる②の方法を起用した。この特徴は簡単な道具で多種類のセメントに適用でき、粗骨材の最大寸法に左右されにくいのが利点であるが、S/Cから推定したCに基き、Sを真値に近づけるために、加熱してモルタル資料の蒸発水量を測定しなければならない。現場で加熱作業は難かしい

ので、モルタル水量に替る方法として、〔Cの重量〕が判れば〔Cの比重〕と〔Sの比重〕と〔モルタル資料の空気を含まない水中重量〕から〔Sの重量〕を算出する①の方法を起用した。即ち、S/Cから推定したCと、そのCに基いて計算された真値に近いSとでS/Cを補正する作業を繰返して、S/Cを不変にする。

引 続 く 水量と空気量とセメント空隙比の実測・計算は①の方法に拠った。

2. 3つの方法の比較実験 (1) 実験方法は a)1975年の大寒に岡山県の井原生コン工場のプラントで資料を採取し、℃15の井戸水を用いて実験した。工場の変動係数=8%、割増係数=1.12である。 b)同1バッチのコンクリートを用いてテストピースを8本造ると共に、5mm篩で篩分けたモルタ

表1-1 試験方法の比較

方法	セメント C	砂 S	水 W	空気 A	セメント 空隙比 K	A/E コン クリ ート	ポルト ランド セメ ント	高 炉 セメント
①	塩酸	はかり			計算	○	○	×
②	比重計	はかり			計算	○	○	○
③	比重計	はかり 加熱			—	×	○	○

表1-2 各方法を構成する要素

方法	構 成 要 素	備 考
①	塩酸とセメントの熱反応	塩酸500gが必要
	砂およびセメントの比重	使用材料は同じでなければならない
	モルタル資料の容積	秤などの簡単な道具で測定できる
	モルタル資料の空気量	秤などの簡単な道具で測定できる
②	砂セメント比に対する比重計の読み	多種類のセメントに適用できる。比重計は同じものでなければならない
	砂の吸水量	使用材料は同じでなければならない
	モルタル資料の水量	加熱が必要

ルで各方法を実験した。 c) 普通ポルトランドセメントは①と②と③を、高炉セメントB種は②と③の方法を比較実験した。 d) 普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種は共に10バッチづつ実験した。 e) 示方配合は表2-1-1・2である。

(2) 実測値は表2-2-1・2で、回帰直線の右上より左下へ並べた a) 表中の各C・S・W・A・Kの相違は表1-2の「各方法を構成する要素」の累積誤差によると思われる。 b) 表中の σ の各 $\alpha \cdot \beta \cdot \gamma$ で留意すべき点は、ア. テストピースなし型枠の底部の平面度(JISは0.02mm)をチェックしなければならない。 イ. 養生水槽にかくはん機を備えなければならない。 ウ. テストピースは打設してからキャッピングがすむ迄の養生は、JISに示されてないので私案としては、養生水槽の周辺上部に保管するのがよい。 エ. 破壊試験は養生直後に、水のしたたる状態で実施しなければならない。

(3) 実験結果は次頁の図2-3-1・2・3である。この3図から第①の方法と第③の方法を比較し、又、普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種を比較してみると、それぞれ『信頼限界には有意な差がない』事が判明した。今後は第③の方法でセメントの品種別に試験を重ね、第③の方法の統計的な信憑性を高めるつもりである。

3. 試験方法 (1) 使用器具 比重計(0.995~1.050範囲で0.001目盛)・比重秤(秤量500g以上で0.2g目盛以下の無錘式)・ゴムせん付き1000ccメスシリンダー・500cc三角フラスコ・500ccビーカー・200ccビーカー・スポイ

表2-1-1 示方配合 普通ポルトランドセメント

設計基準強度	粗骨材の最大寸法	スランプの範囲	空気量の範囲	水セメント比 w/c	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m³)				
						水	セメント	粗骨材	細骨材	A.B.剤
180	20	12	3.5±1	65	47.0	181	279	862	1006	0.419
240	20	12	"	55	46.3	183	333	827	992	0.500
300	20	8	"	48	45.7	173	360	817	1005	0.540
400	20	8	"	39	42.8	182	467	719	994	0.700

表2-1-2 示方配合 高炉セメントB種

設計基準強度	粗骨材の最大寸法	スランプの範囲	空気量の範囲	水セメント比 w/c	細骨材率 s/a	単位量 (kg/m³)				
						水	セメント	粗骨材	細骨材	A.B.剤
180	20	12	3.5±1	65	48.0	179	275	879	986	0.412
240	20	12	"	55	47.3	181	329	842	971	0.494
300	20	8	"	48	46.7	171	356	833	991	0.534
400	20	8	"	39	43.8	180	462	732	972	0.693

表2-2-1 実測値 普通ポルトランドセメント(コンクリートのモルタル資料100g当り)

方法	C	S	W	A	K	W/C	σ の推定値				
							推定値	平均値	α	β	γ
①	30.9	55.5	13.6	3.6	0.568	0.44	476	472	462	496	457
②	33.8	51.6	14.6			0.43					
③	33.8	52.3	13.9	3.6	0.609	0.41	474				
①	22.6	64.7	12.7	2.1	0.482	0.56	374	414	436	387	419
②	26.5	58.5	15.0			0.57					
③	26.5	60.3	13.2	2.1	0.548	0.50	398				
①	24.3	61.8	13.9	2.8	0.461	0.57	349	336	328	337	344
②	27.0	57.7	15.3			0.57					
③	26.9	58.9	14.2	2.8	0.501	0.53	340				
①	22.7	63.1	14.2	1.6	0.453	0.62	340	308	309	316	300
②	25.8	58.9	15.3			0.59					
③	25.8	59.7	14.5	1.6	0.504	0.56	343				
①	23.4	61.7	14.9	2.1	0.433	0.64	316	315	319	306	319
②	25.8	59.2	15.7			0.61					
③	25.8	59.0	15.2	2.1	0.469	0.59	300				
①	20.5	65.7	13.8	2.0	0.407	0.68	285	300	296	304	—
②	22.9	62.4	14.7			0.64					
③	23.0	62.9	14.1	2.0	0.449	0.61	275				
①	21.5	64.1	14.4	2.6	0.397	0.67	273	276	278	277	272
②	25.3	59.4	15.3			0.61					
③	25.3	59.9	14.9	2.6	0.455	0.59	282				
①	22.3	62.8	14.9	2.8	0.399	0.67	275	278	280	278	276
②	25.1	59.3	15.9			0.63					
③	25.1	59.8	15.2	2.8	0.441	0.61	265				
①	19.7	65.9	14.5	1.7	0.385	0.74	269	242	247	236	243
②	22.4	62.3	15.4			0.69					
③	22.4	62.8	14.8	1.7	0.429	0.66	250				
①	18.4	66.8	14.8	1.6	0.353	0.80	221	228	241	224	219
②	23.0	61.1	15.9			0.69					
③	23.0	61.7	15.4	1.6	0.426	0.67	246				

表2-2-2 実測値 高炉セメントB種(コンクリートのモルタル資料100g当り)

方法	C	S	W	A	K	W/C	σ^2				
							推定値	平均値	α	β	γ
②	32.2	53.7	14.1			0.44		476	482	497	448
③	32.2	53.3	14.5	1.7	0.658	0.45	461				
②	33.9	51.6	14.6			0.43		468	480	452	473
③	33.9	50.8	15.3	1.7	0.657	0.45	460				
②	32.6	52.7	14.8			0.46					
③	32.5	52.4	15.1	1.8	0.634	0.46	436	433	419	455	424
②	28.9	57.1	14.2			0.49					
③	28.9	57.1	14.0	1.4	0.621	0.48	422	419	347	451	459
②	29.9	56.2	15.0			0.50					
③	29.9	56.3	14.8	1.0	0.627	0.49	428	409	417	409	403
②	27.9	56.8	15.3			0.55					
③	27.9	57.6	14.5	1.3	0.581	0.52	380	386	399	390	371
②	25.7	59.7	14.6			0.57					
③	25.7	59.8	14.5	1.3	0.537	0.56	333	352	349	359	347
②	23.6	62.4	14.1			0.60					
③	23.5	63.8	12.7	1.5	0.545	0.54	342	324	310	359	302
②	25.9	56.3	15.8			0.61					
③	25.8	58.8	15.3	1.3	0.514	0.59	309	299	280	317	—
②	21.6	63.7	14.7			0.68					
③	21.6	64.5	13.9	1.9	0.453	0.64	244	253	271	241	247

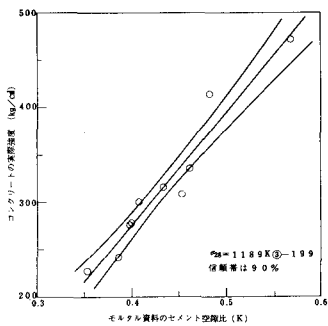


図2-3-1 ②の方法による普通ポルトランドセメント

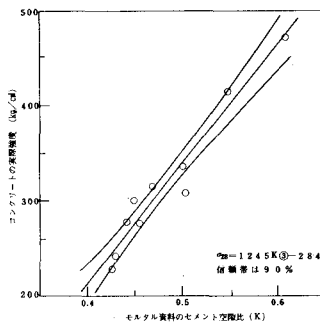


図2-3-2 ③の方法による普通ポルトランドセメント

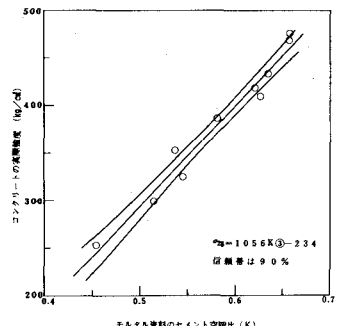


図2-3-3 ③の方法による高炉セメントB種

ド・1℃ピペット・温度計（0～50℃で0.1℃目盛）・かくはん棒（φ5mmℓ600mmガラス棒と竹ばし）・5mmふるい・細骨材の比重の測定器具・テストピースの器具・ポゾリス又はリグナルの各20倍希釈液・1000cc水さし・60×40cm以上の平皿・さじ

（2） 予備試験 コンクリート・ライブラリー・第38号・P89～40・②の方法と同じ。

（8） 本試験 a) 資料のコンクリートを5mm篩で篩い分けて、モルタル1kg～500ccを平皿に採取する。 b) モルタル資料は使用直前によくかきまぜる。 c) 200ccビーカーにモルタルを略1杯入れる。 d) ビーカーから資料を三角フラスコに移してそのまま放置し、次の資料採取を先行する。 e) 1000ccメスシリンダーに資料約250gを採取して重量を測る。 f) メスシリンダーに20倍液のリグナル0.6cc又はポゾリス1ccを入れる。 g) メスシリンダーに水を1000ccの目盛のわずか下まで入れる。 h) かくはん棒で1分かきまぜる。 i) 正しく1000cc迄スポイドで水を入れてゴムせんをする。 j) 30秒間十分震とうする。 k) 震とうが終り台上に置いてから30秒後に比重計を入れる。 l) 比重計を入れてから1分後に比重計の読をとる。 m) 液温を計る。 n) j～mを再度繰返す。 o) 三角フラスコの入口の内面に付着したモルタルをぬぐい去る。 p) 空中重量を計る。 q) スポイドの先をフラスコの内面に付け、水を拡散させて資料を乱さないように静かに注水して満す。 r) 60秒間静置する。 s) フラスコを静かに浸水して水中重量を測定する。 t) スポイドでフラスコ上部の水を吸取り、肩口附近迄水位を下げる。 u) 竹ばしで3分間かくはんして試料中の空気を追出す。 v) 5分間静置する。 w) スポイドで水を満す。 x) 水中重量を測る。

（4） 計算方法 ア.) 現場の固有値； P_c ＝セメントの比重， P_s ＝砂の比重 とすれば

$$K_c = (P_c - 1) \div P_c, \quad K_s = P_s \div (P_s - 1)$$

イ.) モルタル資料の実測値；a＝メスシリンダー内の液温，b＝メスシリンダー内の比重計の読み（コンクリート・ライブラリー・第38号・P35で液温に準じて補正する，c＝メスシリンダー内のモルタルの重量，d＝フラスコ内のモルタルの空中重量，e＝フラスコ内のモルタルの水中重量，f＝フラスコ内の空気を含まないモルタルの水中重量。

ウ.) 計算 ①＝予備試験で得た「セメント量と比重計の読との関係図」に於て、実測値のbと示方配合のS/Cからセメントの重量を読みとる。 ②＝フラスコ内のセメント重量＝①×d÷e。 ③＝フラスコ内の砂の重量＝ $K_s \times [f - (K_c \times ②)]$ 。 ④＝S/C＝③/②が「前回のS/C」と等しくなれば②と③を採用する。異なれば①にもどるが、その場合のS/Cは④を用う。 ⑤＝フラスコ内の水の重量＝d－②－③。 ⑥＝フラスコ内の空気量＝f－e。 k＝セメント空隙比＝②÷[$P_c \times (⑤ + ⑥)$]。

以上の計算を電算では、比重計の補正やグラフの読み取りも含めて、2 BATCH分の計算を0.25秒（電々公社の計算料金単位で40円）で、入力から出力までの保留は2分（料金単位は20円/分）であった。

付記 此の第③の方法を開発するに当り、近畿大学教授 水野俊一工博から、此の着想に対して助言を賜った事を謹んで付記させて頂く。