

共通部門一指定課題

第19回建設省技術研究発表会

コンクリート工事の施工管理に関する研究

116

昭和40年11月

建設省土木研究所

コンクリート研究室

目 次

1. コンクリート工事の規模	1
2. プ ラ ン ト	1
3. 配 合	2
4. 運搬、打込みおよび養生	5
5. 試 験	5
6. ま と め	12

附 録	13
-----------	----

コンクリート工事の施工管理の研究

本課題はコンクリート工事の合理的な施工基準および検査方法に関する基礎資料を得るために実施したものである。本年度は昨年度に引きつゞき、各種コンクリート工事の施工状況を広くごく一般的に調査するとともに、プラント施設とコンクリートの品質との関係に注目して、この点についてやゝ詳細な記録をお願いした。

以下に提出された資料の整理結果の概略について報告する。提出された資料は表-1に示すような内訳で、総数247件である。しかし整理時間も短かく、検討も充分でないため、実態の全容をしめしていないおそれのあることを了解していただきたい。

なお貯水ダムに関する資料が1件提出されたが、他のコンクリート工事と同一視出来ないで、この報告書においては割愛した。

1. コンクリート工事の規模

各種コンクリート構造物の工事規模についての調査結果を見ると、コンクリート打設量は、500 m³以下が43%、501~1000 m³が26%、1001~2000 m³15%、2001~5000 m³が17%、5000 m³以上が16%で、小規模ないし中規模の工事がしめる割合はかなり高い。1日の打設量は20 m³以下が21%、21~40 m³が40%、41~60 m³が15%、61 m³以上が24%である。(全打設量)/(1日の打設量)すなわち大凡のコンクリート打設日数を求めたところ、20日以下が25%、21~40日が26%、41~60日が17%、60日以上が21%となる。

2. プラント

(1) 材料の種類

セメントは普通ポルトランドセメントが約50%、高炉セメントB種が30%程度使用されている。高炉セメントは北海道開発局においては広く使用されているが、地建では砂防工事、無筋のコンクリート擁壁(海岸堤防を含む)、護岸などに大部分が使用されている。バラセメントの使用はわずかで、袋詰セメントが90%用いられている。

骨材は川砂、川砂利が約80%で、碎石、海砂は各々10%程度使用されている。

A型あるいは減水剤を用いたものは約50%である。

(2) 材料の貯蔵

セメントはほとんど倉庫に貯蔵しており、その量は2日以下が34%、3~4日が38%、5~6日が11%である。

骨材の貯蔵量は2日以下が37%、3~4日が31%、5~6日が21%で、細骨材1種、粗骨材1種で貯蔵している。粗骨材をさらに区分して貯蔵している例は、80 m³以上

を除き、僅かに20%程度である。

地形を利用した自然排水を含めて、骨材の貯蔵場の排水について考慮したものは30%である。夏期炎熱時の処置として粗骨材に散水して冷却するとか、降雨時に細骨材をシートで覆って含水量の大きな変動を避けるなどを実施しているのは約20%である。しかし、なかには骨材貯蔵場に屋根をつけて含水量を一定に保つよう配慮している例も認められる。

(3) 計 量

セメントは袋単位で計量しているものが約80%で残りは重量計量である。

水、および混和剤は大部分が容積で計量しており重量で計量している例はまれである。

骨材はすべて重量計量であるが、累積計量方式、個別計量方式のどちらも同数使用されている。累積計量の場合は手動式が約70%で自動式、半自動式よりも多く用いられ、個別計量の場合は自動、半自動式が僅かに多い。

コンクリート工事の規模、およびコンクリートの品質に応じた計量方式選定の傾向は明確でない。

計量器の検査は工事期間中1~2度実施している例が多く、その方法は、メーカーに依頼するとか、袋詰めセメントを標準重量として利用するなどである。

(4) 練 り 混 ぜ

ミキサーは8切、12切、14切、16切、18切、21切が多く用いられている。

コンクリートの1日打設量とミキサーの容量との比率は50回以下が18%、51~80回が38%、81~110回が20%、111~140回が11%、140回以上が13%で50~110が昨年と全様に過半数をしめている。

3. 配 合

使用予定の材料を用いて所要の品質が得られるかどうか、あるいはどの配合が経済的かを試験をおこなって検討し示方配合を定めたのはごく1部で、大部分は参考文献などを利用して机上の配合設計をおこなっている。 W/O の決定にあたり、強度から求めたものは約60%、耐久性から決めたもの約30%である。

耐久性によつて W/O を決定したものを構造物別に分類すると、橋梁の下部、擁壁、護岸、砂防ダムなどが多い。

各種構造物に用いられているコンクリートの品質を昨年の調査結果と対比してしめすと表-1のようである。

設計基準強度は160~180 kg/cm^2 、210 kg/cm^2 、240~250 kg/cm^2 のところはかなり集中している。

配合強度を求めるための増減係数は1.15が過半数で1.12~1.20が約90%をしめている。

単位セメント量は170~180 kg 、220 kg 、300 kg 、320 kg のところはかなり

表 - 1

構造物の種類		祖骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ (mm)	単位セメン ト量 C (Kg)	水セメント 比 W/C (%)	設計強度 σ_{28} ($\frac{Kg}{cm^2}$)		備 考
Psコンクリート	桁	25 (25)	3~6 (4~8)	390~450 (410~470)	35~42 (34~38)	400 (400)	9 (7)	
橋梁	上 部	25~40 (25~50)	4~8 (5~8)	300~350 (300~340)	40~55 (45~55)	200~280 (200~280)	22 (28)	最大寸法は 25mmが大部分
	下 部	25~50 (25~50)	5~10 (5~8)	300~340 (300~330)	45~55 (50~65)	200~250 (200~240)	34 (34)	設計強度は 210 $\frac{Kg}{cm^2}$ 、240 $\frac{Kg}{cm^2}$ が多い。C13 300~320 $\frac{Kg}{cm^2}$ 程度 が多い。
	部	40~80 (40~80)	5~10 (4~7)	220~300 (220~270)	50~65 (55~65)	160~240 (150~240)	14 (13)	
舗 装		25~50 (40~50)	1~3 (1~2)	300~320 (280~320)	40~50 (40~50)	280~350 (280) 曲げの場合 40~45	10 (15)	
砂 防 ダ ム		40~150 (50~100)	3~5 (4~5)	180~320 (180~300)	50~65 (50~70)	120~270	19 (21)	
水 門、閘 門 溝 渠 等		25~50 (40~50)	4~10 (5~10)	220~340 (270~340)	45~55 (50~55)	160~240	14 (26)	
トンネル巻立て		40~50 (40~50)	5~15 (5~15)	250~300 (270~320)	45~55 (50~60)	160~240	14 (18)	
擁 壁	鉄 筋	25~50 (25~40)	5~10 (5~9)	300~330 (300~340)	45~55 (50~55)	200~280	31 (9)	
	無 筋	40~80 (40~60)	4~8 (5~6)	200~270	50~65 (55~65)	150~200	45 (36)	
護岸、床固め、 ブロック等		30~80 (40~80)	2~8 (3~7)	200~300 (200~270)	50~70 (45~65)	余り明白 でない	35 (35)	

A Eコンクリートの利用率は、構造物の種類、地域性等によつて差異があるとは認め難い。

表 - 2

養生期間 種類 (回)	2	3	4	5	7	10	14	15	20	記 事
P B	1	4	2		1					3日～7日(1)
橋 梁 上 部		2		1	6	2	5	1		3日～5日(1), 7日～14日(4)
橋 梁 下 部		4		4	16	3	3	1	1	3日～4日(1), 3日～7日(1) 4日～10日(1), 5日～7日(1) 5日～10日(1), 7日～14日(2)
砂 防 ダ ム		4		1	10					3日～5日(1), 5日～7日(1)
トンネル	1	3								1日(1), 5日～7日(1)
擁 壁		5	4	6	18	3				3日～5日(1), 4日～5日(1) 4日～7日(3), 5日～7日(1) 7日～10日(1), 7日～14日(2)
水 門 樋 門					12		1			3日～7日(2)
護 岸		4	6	4	9	3	2			3日～7日(1), 5日～7日(2) 5日～10日(1), 7日～14日(2)
涵 装		2	1		4	2	3			

集中している。これは上記のように強度、耐久性ならびにウオーカビリティーから単位セメント量をきめているようではあるが、実際には、鉄筋の有無、構造物の種類などを考慮してあらかじめ定めたセメント使用量を用いているものと思われる。

ウオーカビリティーを改善するため、混和剤（主として減水剤）が地域に関係なく広く使用されている。

4. 運搬、打込みおよび養生

運搬、打込み、および打込みに先立つ検査の内容などについては具体的な記述が乏しいので、これらを割愛する。

脱型時期の判定は約60%が養生日数から、40%が強度から判定している。養生期間は表-2に示すように85%までが7日以下であり、残りは10～14日が多い。PSコンクリート・トンネルでは3日以下で脱型している例がある。養生方法は殆んどがむしろによつて薄い散水をおこなう方法であつた。

5. 試 験

(1) 工事前の試験

使用材料の可否をきめる試験に関して、セメントおよび鉄筋は製造会社の試験表をもつて試験に代えているものが大部分であるが、鉄筋の場合には約20%が試験設備のあるところで試験を実施している。

骨材は比重、吸水量、洗い、すりへり減量（粗骨材のみ）、粒度の各試験をおこない（北海道開発局では安定性も含まれる）判定している。たゞしすでに経験のある骨材採取地から得たものについては、比重、吸水量、粒度についてのみ試験を実施しているのが一般的傾向である。

(2) 管理試験

(i) 試験の種類およびその回数

試験の種類およびその回数についてまとめてしめすと表-3のようである。

骨材は粒度表面水量について、コンクリートはスランプ、空気量（ARコンクリートのみ）、強度について試験がおこなわれている。試験回数はコンクリート量によつて決めているものよりは、期間によつて（たとえば1日何回というように）決めているものが多い。

ふるい分け試験は着工時ないしは5～10日ごとに1回おこなうことが多い。

表面水量は1日について2回ないし1回が多い。

スランプおよび空気量試験は1日2回ないし1回が大部分である。なお、1時間毎、あるいは運搬車ごとにコンクリート試験を実施している例もある。

参考のため1回の試験値がしめすコンクリート量をしめすと25m³以下が27%、

表 - 3

構造物 の種類	骨 材												
	ふるい 分け						表面水量			ス ラ ンプ			
	着工時	1回 ／ 11 日以上	1回 ／ 5～ 10日	1回 ／ 日	2回 ／ 日	3回 ／ 1日	1回 ／ 日	2回 ／ 日	3回 ／ 日	1回 ／ 日	2回 ／ 日	3回 ／ 日	4回 ／ 日
PS コンクリート	3 (4)	3 (1)	1 (5)	1 (5)			5 (9)	3			6 (3)	1 (6)	(1)
橋 梁	24 (25)	8 (2)	22 (10)	13 (1)	19 (1)		19 (20)	40 (12)	6	11 (9)	26 (22)	2 (10)	4 (8)
舗 装	5 (1)		1 (1)	1 (4)	2 (2)		5 (3)	9 (6)		1 (2)	4 (3)	(3)	
砂防ダム	5 (3)	5 (6)	3 (1)		(1)	(1)	1 (10)	16 (1)	(3)		15 (6)	1 (3)	1
水門、閘門 護 渠 等	12 (9)	2 (2)		1 (2)		(2)	7 (8)	6 (5)	(2)	1 (9)	5 (5)	5 (3)	
トンネル	3 (4)	1 (1)	1 (4)	3 (1)	(1)		2 (3)	7 (2)	(2)	3 (11)	3 (3)		
擁 壁	31 (6)	13 (4)	10 (6)	1 (1)	1		16 (7)	37 (6)	8 (4)	34	1	3	2
護岸、浚渫、 ブロック等	22 (1)	4 (1)	1 (1)	2 (2)	1 (1)		10 (2)	18 (3)		5 (7)	20 (15)	1 (3)	1

① 着工時とは着工時または交動を認めたとき。

② 試験回数をコンクリート量で記載してあるものは1日打設量から考えて回/日になおした。

③ ()内の数字は昨年度の数値

コンタリート															
空 気 量							強 度								
5回 ／ 日	1回 ／ 約 5日	1回 ／ 日	2回 ／ 日	3回 ／ 日	5回 ／ 日	6回 ／ 日	適時	1回 ／ 6日 以上	1回 ／ 4～ 5日	1回 ／ 2～ 3日	1回 ／ 日	2回 ／ 日	3回 ／ 日	4回 以上 ／ 日	
(4)		2 (1)	1 (1)	(1)	(1)		3			1 (4)		1 (4)	(4)	(6)	
2		7	12 (2)	6 (4)			8 (4)		2		20 (17)	12 (12)	6 (12)	3 (7)	
			3 (4)	1 (2)				(1)			6 (9)	3 (2)			
		1 (1)	7 (1)		(2)			(3)	(1)	3 (4)	7 (1)				
		2	3 (3)	2 (1)	1 (1)	(3)	1	2	1		3 (7)	2 (4)	2	2 (2)	
2	1 (1)	6 (2)	(4)	(2)	2						8 (5)	(5)	(1)	(1)	
	6	5 (1)	3 (2)	3	1 (1)		13	1 (1)	3	2 (2)	4 (9)	5 (9)	1 (2)	(1)	
1	1 (4)	2	11 (2)	(2)	(2)	(1)	9	2 (2)	1 (2)	3 (2)	8 (1)	2 (1)			

図 - 1

スランプ試験1回当りのコンクリート量 (m³)

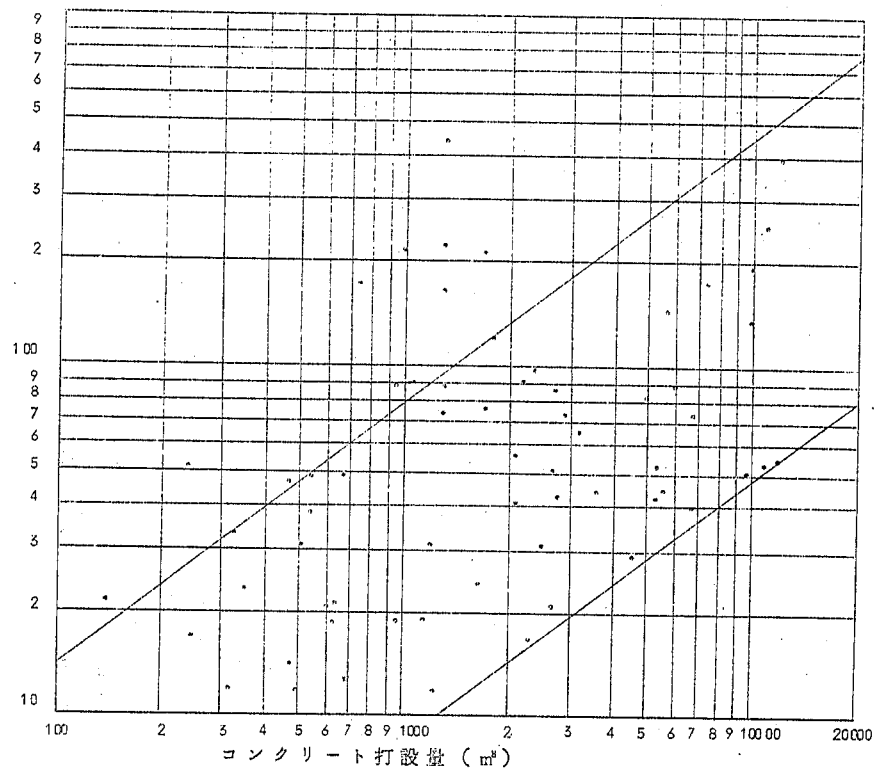
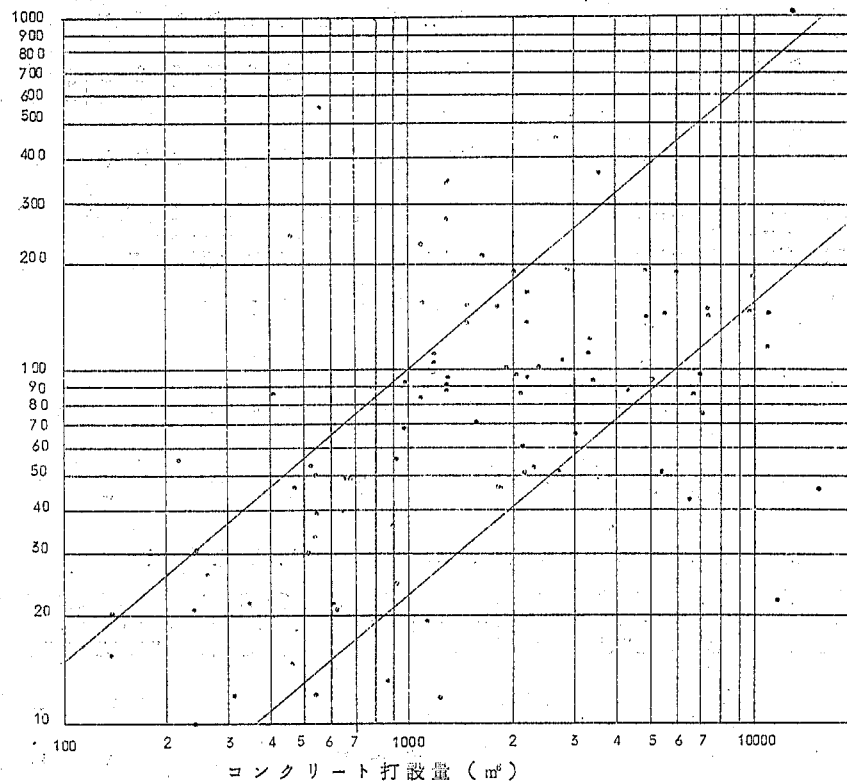


図 - 2

強度試験1回当りのコンクリート量 (m³)



構造物の種類	回数	設計値		試験値		構造物の種類	回数	設計値		試験値	
		圧縮強度	変動係数	圧縮強度	変動係数			圧縮強度	変動係数	圧縮強度	変動係数
橋梁上部	46	220 (240)	15	339	10	トンネル	55	180 (207)	17	209	7
	50	250 (280)	15	344	16		169	180 (240)	24	237	6
	195	250 (280)	15	364	4		36	240 (269)	15	246	5
	114	250 (280)	15	370	3		40	200 (230)	17	258	4
	147	250 (280)	15	366	5		78	220 (246)	15	285	5
	25	237 (273)	17	335	5		144	180 (202)	15	245	10
	15	220 (253)	17	289	10		104	180 (202)	15	243	9
橋梁下部				142		擁壁	43	160 (190)	20	248	3
	10	220 (230)	17	224	21		20	220 (253)	17	238	9
	33	260 (300)	17	320	11					126	
	24	240 (276)	17	306	9		69	180 (207)	17	258	2
	25	240 (288)	20	285	6		97	150 (179)	20	253	13
	12	130 (150)	17	153	8		17	180 (207)	17	191	19
	50	250 (280)	15	344	16		28	160 (232)	27	265	7
	11	225 (248)	12	293	5		34	220 (246)	15	323	10
	50	180 (261)	27	304	9		28	160 (190)	20	227	15
	57	160 (232)	27	278	8		14	190 (226)	20	247	11
	54	240 (276)	17	275	12		11	210 (241)	17	282	7
砂防工事				129		水門樋門	11	210 (241)	17	324	6
	10	160 (184)	17	242	8		10	134 (154)	17	182	8
	15	120 (134)	15	169	17		30	270 (310)	17	250	6
	25	130 (163)	22	151	16					140	
	10	130 (146)	15	211	9		14	200 (232)	18	383	9
	52	120 (135)	22	129	17		154	180 (216)	20	354	12
	13	160 (179)	15	218	11		12	180 (216)	20	323	9
	33	170 (182)	9	247	14		16	180 (216)	20	292	14
							24	180 (216)	20	380	12

構造物の種類	回数	設計値		試験値		
		圧縮強度	変動係数	圧縮強度	変動係数	
	30	180 (216)	20	419	9	備考 ()内の数値は圧縮強度に1/20の確率で求めた割増係数を乗じた配合目標強度である。
	27	180 (216)	20	329	4	
	42	180 (216)	20	298	14	
				1.72		
試験岸	17	180 (202)	15	219	6	試験値欄の最下段は試験値/設計値の平均である。
	26	280 (328)	19	308	4	
	23	250 (293)	19	328	7	
	25	160 (184)	17	165	1	
	19	150 (173)	17	224	2	
	23	150 (173)	17	242	7	
	11	160 (179)	15	224	11	
	14	160 (179)	15	227	11	
	92	140 (161)	17	151	10	
	74	120 (138)	17	130	14	
	14	300 (345)	17	352	7	
				1.27		

表 - 5

セメント	骨材	変動係数	
		範囲	平均値
重量計量	自動式, 半自動式	2~16%	9%
袋詰	自動式, 半自動式	2~15%	7%
袋詰	手動式	2~39%	11%

26~50 m²が24%, 51~100 m²が29%, 100 m²以上が20%である。

強度試験は、橋梁、舗装、トンネル、水門、砂防ダムなどでは1日1回以上供試体を製作している例が多いが、擁壁、護岸などでは数日に1回あるいは適時に製作している。これをスランプと同様に試験1回当りのコンクリート量でしめすと、50 m²以下が33%, 51~100 m²が24%, 101~200 m²が24%, 200 m²以上が19%である。

コンクリート打設量と1回の試験値が代表するコンクリート量との関係を図-1, 図-2にしめすが、明瞭な関係は見られない。

(2) 試験結果

コンクリートの締固めには、すべて振動機を用いているので、スランプは5cm, 7.5cm 10cmの3群にわかれ、中かた練り、あるいは中やわ練りのコンクリート(トンネルにおいては15cmまでのものを用いている)である。

試験結果の平均値は設計時に予定した値をすべて下廻り、そのはらつきは変動係数で4~20%程度であつた。

空気量は4%程度を目標にしているものが大部分で、変動係数は4~20%程度であつた。

強度試験結果をまとめたものが表-4である。変動係数は設計時に仮定した値よりも、試験値から計算したものが一般的に小さく、一方試験によつて得られた平均強度は配合強度よりもかなり上廻っている。特に水門、樋門等の構造物では、設計強度と試験で得られた平均値との比は1.72で他の構造物の場合よりも大きい。この理由は明白ではないが、水密コンクリートを得るため、設計上の応力が比較的小さい値をしめしているためと思われる。

6. ま と め

以上のように特にきわ立つた結果は得られなかつた。また始めに意図したプラント施設と変動係数との関係は殆んど求め得なかつた。参考として計量方式と変動係数との関係を示したものが表-5である。いずれにしても実用に供するには今後さらに検討を重ねる必要がある。

今回実施した結果からもわかるように、土木工事においては標準を適切に定めるという作業はなかなか困難であるが、繰返し一歩づつでも前進して、管理の目標をより明確にしなければならない。

またコンクリート工事は、前にも述べたように小ないし中規模の工事が多いので充分な資料の得られないうちに完工となつてしまうので、コンクリートの種類、および量に応じた試験、検査の規程を検討することが必要であらう。

付 録

本文でも述べたように小規模のコンクリート工事がかなり多い。このような工事で大規模な工事と全様に標準供試体の製作をおこなつてコンクリートの品質を推定しようとする事は甚だ差違である特に大きな強度を必要とせず強度以外の要素からコンクリートの品質を決定したような場合、強度試験は所要の品質を有しているかどうかのチェックであつて、強度を管理することが最終の目的ではない。

したがつたとえ精度が多少悪くても、これに代る簡便な方法—例えばシュミットハンマーの利用、促進養生による強度試験など—を用い、あまり細かいことは別にしても、工事に先立つて或程度のキャリブレーション曲線を作製して、それぞれの場合の標準を定めておけば、打設されたコンクリートの品質を判定することが考えられる。

以上の考え方にしたがつて、土木研究所で23の実験をおこなつたので、まだ結論めいたことは得られていないが、試験結果の概要を報告する。

(i) シュミットハンマー試験

シュミットハンマーによる反発度と標準養生による材令28日の圧縮強度との関係を求めた。

使用したシュミットハンマーはN-2型で、反発度を測定する供試体には20cmの立方体を用いた。反発度はこの供試体に3cm間隔で水平方向に打撃を加えて測定した。

用いたコンクリートの品質はスランブを一定(5~7cm)とし、W/Cは50、60、70%の3種とした。この場合、単位セメント使用量は、240、280、340kgであつた。

試験は材令7日、28日におこなつた。

試験結果は図-付1のようである。

(ii) 促進養生試験

できるだけ早期にコンクリートの品質を判定したい場合を想定して、促進養生について検討した。本実験も現在進行中であるので試験方法のみ紹介する。

使用する供試体は、コンクリートを湿式ふるい分けして得られたモルタルで製作したφ5cm×10cmの円柱形のものである。

供試体は製作してから4時間20℃に保ち、その後60℃の恒温槽に型枠ごと入れ19時間置き、水槽から取出したら直ちに石膏にてキャッピングをかこない1時間経過後から圧縮試験をおこなう。あらかじめ材令28日の強度と関係をつけておけば、24時間経過後にコンクリートの品質が推定できる。

