

V-30 即時脱型用コンクリートに関する基礎実験

徳島大学工学部 正員 荒木 謙一
徳島大学工学部 正員 河野 清

1. まえがき

近年、建設工事の各分野で工場製品を使用する例が多くなって来た。コンクリート製品と造る際に超かた練りコンクリートを用い、即時脱型方式にするのが量産の面できれめて有利であるが、これに関する研究結果はきわめて少ない。即時脱型を行なうためには、パサパサ状態のコンクリートを用いるので、一般には下面が悪く、ホースにはりやすいので、使用するコンクリートの配合、振動稀固の条件、即時脱型したコンクリートの諸性質について今後十分な研究を進める必要があり、ここでは即時脱型コンクリートの品質向上を目的として、配合と稀固め条件、クリープと乾燥収縮などについて、即時脱型型わくを用いて基礎実験を行なった。

2. 即時脱型を行なうコンクリートの配合と稀固め条件に関する検討

(1) 実験の概要

セメントは普通ポルトランドセメント(比重=3.15, 28日圧縮強さ=412 kg/cm^2)を用い、骨材は吉野川産で、表-1に示す品質の川砂利、川砂を使用した。コンクリートは、単位水量、単位セメント量、混和剤の有無などの配合の影響について検討するため、表-2に示す配合を用いた。強制練りの山中式JETミキサーを用いてエルトルで1分、粗骨材を投入して1.5分練りまぜたのち、稀固め係数(CF値)を測定した。

コンクリートは105×15×54cmのほり伏試験体と成形できる写真-1に示す即時脱型型わくに詰め、型わくに固定したワッカ-高振動数バイブレーターで振動して稀固めを行なった。振動稀固め条件の影響を調べたため表-3の条件を採用した。所定の稀固め終了後、表面に木製の厚板をのせて反転し、ハンドルを持ちあげて型わくを上方に抜いて即時脱型を行ない、翌日20℃の水槽に入れ、材令28日まで養生を行なった。所定材令ではり伏試験体とカット-を用いて長さ18cmに切断し、3個のブロックについて圧縮強度試験を行なった。

(2) 実験結果とその考察

1) 即時脱型用コンクリートの適正配合について

単位水量と圧縮強度との関係を示した図-1にみられる

表-1. 使用骨材の試験結果

骨材の種類	最大寸法(mm)	比重	吸水量(%)	単位容積重(%)	空びき率(%)	粗粒率(FM)
川砂利	20	2.60	1.32	1650	36.5	6.71
川砂	5	2.62	1.28	1700	35.1	2.79

表-2. 使用したコンクリートの配合

配合No.	最大寸法(mm)	スランプ(cm)	W/C(%)	セメント量(kg)	粗砂量(kg)	中砂量(kg)	細砂量(kg)	粗骨材量(kg)	混和剤量(cc)	実測CF値
No.1	20	0	40.4	46	105	260	943	1117	-	0.76
No.2	20	0	43.1	46	112	260	935	1109	-	0.77
No.3	20	0	46.2	46	120	260	926	1092	-	0.78
No.4	20	0	32.8	43	105	320	860	1151	-	0.74
No.5	20	0	35.0	43	120	320	857	1140	-	0.75
No.6	20	0	37.5	43	120	320	844	1128	-	0.76
No.7	20	0	27.6	40	105	380	782	1180	-	0.70
No.8	20	0	29.5	40	112	380	774	1169	-	0.71
No.9	20	0	31.6	40	120	380	767	1156	-	0.72
No.10	20	0	34.1	43	99	290	879	1174	*725	0.75
No.11	20	0	35.2	43	102	290	876	1169	725	0.76
No.12	20	0	36.2	43	105	290	872	1165	725	0.77
No.13	20	0	38.6	43	112	290	864	1154	725	0.78
No.14	20	0	33.1	40	106	320	823	1209	800	0.75

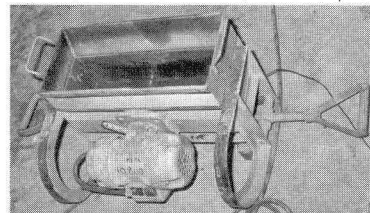
* 製品用混和剤ルグリスLを使用, 27~29℃

表-3. 振動稀固め条件

実験シリーズ	振動数(vpm)	振動時間(sec)	使用配合
振動数の影響	5400(10), 7200(12), 10800(15)	90	No.1~No.10, No.12~No.14
振動時間の影響	7200(12), 10800(15)	30, 60, 90, 120	No.5, No.11

* 即時脱型型わく4点で測定した振動加速度の実測値

写真-1. 実験に用いた即時脱型用型わく



ように、単位セメント量が同じ場合、単位水量112kg
のときに圧縮強度は最も高い傾向があり、最も方法
20mmの骨材を用いたこのサイズのブロックの場合、
普通単位水量は112kg前後と考えられる。これは、
超高性能コンクリートでは、112kg未満の水量が多い
ほうがペースト量が増えるので、その流動性がよくなり
空隙率が満たされやすくなるためと考えられる。

図-2は単位水量別に、単位セメント量と圧縮強度
との関係を示したものである。セメントの増量と
ともに強度は明らかに増大しており、単位セメント
量60kgの増加に対して平均約50%程度の強度増大
あり、すでに報告した即時脱型型に比べるべき結果¹⁾
に比べると多少小さい値となっている。

空気を導入しない製品用混和剤を用いたコンクリ
ートは、プレーンコンクリートより明らかに強度が
高く、単位セメント量を30kg節約した場合でも有利な結果
が与えられている(図-3参照)。なお、即時脱型後の1日経過
とも良好であり、同一CF値を33%の単位水量を6~10kg
減少するにとが可能である。

2) 即時脱型型を行うコンクリートの振動稀固め条件

振動数と圧縮強度との関係を示した図-4にみられるよ
うに、値目5400rpmより高目の7200rpmあるいは10800rpmの
ときの強度は高くなる傾向がある。これは、高振動
数のほうが、加速度が大きく稀固め効果がよ
くなるためと考えられる。

振動稀固め時間の影響については図-5および
に、30秒から60~90秒と長くすると明らかに圧縮
強度は高くなる傾向が与えられているが、90秒以上
長くしても増進率が小さく、強力は稀固めを行えば、
60秒程度が適当であると考えられる。なお、振動時間が
長くなると、型わきの中でコンクリートが移動し、粗骨材
が型わきの端部に集まり、材料分離を生ずる傾向も観察さ
れる。120秒では強度が低下する傾向ものみみられている。

3. 即時脱型型を行うコンクリートのクリープと乾燥収縮に関する実験

(1) 実験の概要

即時脱型型コンクリートのクリープおよび乾燥収縮について、蒸気養生および標準養生で行な

図-1. 即時脱型型にコンクリートの単位水量と圧縮強度

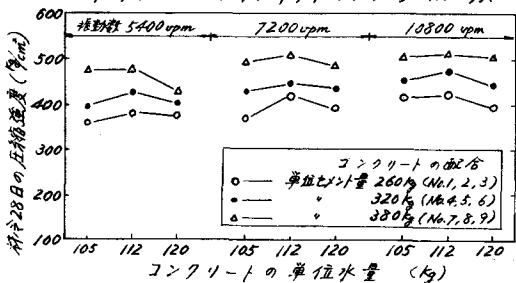


図-2. 即時脱型型にコンクリートの単位セメント量と圧縮強度

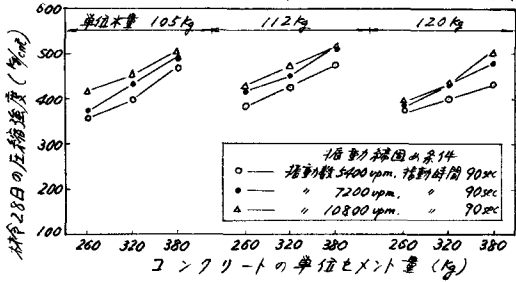


図-3. 即時脱型型コンクリートに対する混和剤の影響

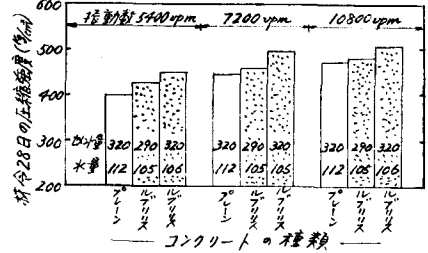


図-4. 振動数の振動数と28日の圧縮強度との関係

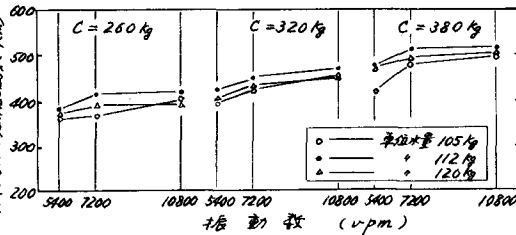
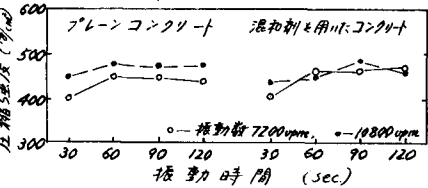


図-5. 振動稀固め時間と圧縮強度



た場合につきスランプ数センチメートルの一般製用品用コンクリートと比較して検討した。

前実験と同じ普通ポルトランドセメント、古針リ砂利・川砂を使用し、コンクリートの配合は表-4に示す3種とした。

表-4. クリープおよび乾燥収縮試験用配合

コンクリートの種類	配合No.	最大粒径(mm)	スランプ(cm)	W/C (%)	f _{cu} (%)	単位量 (kg/m ³)			
						W	C	S	G
即時脱型用	I	20	0	27.5	40	110	400	779	1160
	II	20	0	36.7	45	110	300	914	1113
一般製用品用	III	20	5±0.5	42.7	43	171	400	770	1015

* コンクリート温度 28~29°C

温度ヒート・ル・スで包んだ直径19mmの鉄筋の両端に木製の平板を取りつけ、それぞれ等長1に示した15×15×54cmの内寸法の即時脱型型の中に入れて、強制練り混ぜで練り混ぜたコンクリートを盛り込み、振動数10800rpm、締固め時間90秒の条件で締固め成形したの5即時脱型型を行なった。

即時脱型後、蒸気養生を行なったのは、前養生+温度上昇+等温養生(最高温度)+冷却期間=2+2.5+2(70°C)+2.5時間、の条件で蒸気養生を行う養生し、蒸気養生は11日間は供試体を作成後、11日5に20°C恒温室に移した。なお、スランプ5cmのコンクリートはフッカー振動台に固定し振動数10800rpmで締固め成形を行なったの5型わく養生をした。蒸気養生は、配合Iと配合IIの供試体について行なった。翌日から持続荷重を加える初日14日まで標準養生を行なった。また、乾燥収縮測定用供試体も作成し、クリープ試験用のものと全く同じ条件で養生を行なった。供試体数は各配合の各養生条件についてそれぞれ2本とした。また、載荷時のコンクリートの圧縮強度を調べたため、15×15×54cmの即時脱型用供試体を作成し、同じ条件で養生し、初日14日と15×15×15cmの立方体に切断して圧縮強度試験を行なった。

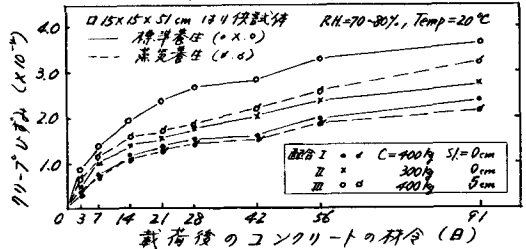
初日14日で水中より供試体を取りだし、クリープ試験用供試体の中央にセットしておいた鉄筋を引抜き、直径17.6mmのPC鋼棒(住友電工製SBPC125, f_{su}=138.8 N/mm², f_{sy}=121.2 N/mm²)を入れ、両端に加重板(150×150, 厚さ15mm)をセットし、ナットで止めて緊張用のセンターネールジヤッキを用いてプレストレスの導入を行なった。なお、コンクリートに加える持続応力は圧縮強度のおおむね18%の値とした。なお、鋼棒の再緊張は、1, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 42および56日の各初日で行なった。コンクリートのひずみ測定には、供試体の相対する側面にコンタクトセンサー用のホールを打込み鉄片を30cm間隔にそれぞれ2カ所はりつけて測長した。クリープ試験用供試体は木枠/全ひずみより乾燥収縮ひずみを引きいてクリープひずみを作った。

(2) 実験結果とその考察

即時脱型を行なった超お練りコンクリートおよび一般製用品用コンクリートについて初日9日までのクリープひずみの測定結果を図-6に示す。試験開始時の圧縮強度が配合と養生条件によって異なるので、載荷応力と多少異なるが載荷時の弾性ひずみは大きな結果が与えられている(表-5参照)。

図-6にみられるように、単位水量の少ない超お練りコンクリートのクリープは一般製用品用比べて相当に小さく、初日9日の実測値で蒸気養生を行なった場合34%、標準養生では35%程度低減されている。表-6に示したクリープ係数と比較すると、それぞれ34%および24%小となっている。また、蒸気養生と標準養生とのクリープひ

図-6. 即時脱型コンクリートおよび一般製用品用コンクリートのクリープひずみ



すみと比較すると Shideler の研究結果より多少小さいが、即時脱型コンクリートで 10%、一般製品用では 12% の低減となっている。

つまり、単位セメント量を 300kg とした配合では、400kg のものに対して

クリ-プの値はそれより大きくなっており、水セメント比の小さいほうがクリ-プは小さい傾向がある。なお、本村らは超高性能コンクリートについてクリ-プの測定し、配合の異なるものが、相対湿度 80% 以上で湿気養生した場合、終極クリ-プは 2.49×10^{-4} であり 3.12×10^{-4} (クリ-プ係数で 0.8 であり 1.1)、相対湿度 45 ± 3% で乾燥養生すると 3.22×10^{-4} であり 4.40×10^{-4} (1.1 であり 1.5) の値となっており、即時脱型と行なった本実験の結果と大差はない。

また、 $15 \times 15 \times 54 \text{ cm}$ の 17 個の供試体についてコンクリートの乾燥収縮は図-7 に示れらる。即時脱型、すなわちコンクリートは一般製品用と比較して 26~27% 低減しており、蒸気養生によるものは標準養生と比較して、超高性能は 15%、一般製品用は 20% 程度低減され、この割合は $10 \times 10 \times 40 \text{ cm}$ の小型供試体での試験結果と大差はない。しかし、供試体の寸法が大きくなり、相対湿度が高くなるので乾燥収縮の測定値は本実験の場合より小さくなる。

4. まとめ

- 即時脱型用コンクリートの配合と稀固め条件、クリ-プと乾燥収縮などの試験結果をまとめると、
- (1) 圧縮強度が最大になり最速単位水量であり、本実験に用いた配合では 112 kg 前後である。
 - (2) 同じ種類の活動機であれば、活動数が高く、加速度を大きくし、稀固め効果は大きくなる傾向があり、強力な稀固めを行えば活動時間は 60 秒程度が適当である。
 - (3) 即時脱型と行なったコンクリートの品質向上は、セメントの増量あるいは空気と進行し、品質の混和剤の使用が効果的である。
 - (4) 即時脱型と行なったコンクリートのクリ-プは、一般製品用コンクリートより 24~35% 小さく、また、蒸気養生と行なった標準養生と比較して多少低減される。
 - (5) 即時脱型と行なったコンクリートの乾燥収縮は、スランブ数センチメートルの一般製品用コンクリートと比較して 26~27% 小くなる傾向があり、収縮の低減に有利である。

(文献) 1) 荒木, 河野; 林; セメント技術年報 XXIII, p.362~369 (1969).
 2) J.J. Shideler & W.H. Chamberlin; Proc. Am. Conc. Inst., Vol. 46, p.273~283 (1949).
 3) 岡田, "コンクリートのクリ-プ" コンクリートパンフレット No.29 (Oct., 1948).
 4) 本村, 野田; セメント技術年報 XXIII, p.370~374 (1969).
 5) 荒木, 河野; セメントコンクリート No.290, p.2~8 (1971).

なお、本研究の一部は昭和 45 年度文部省科学研究費によって行なったものであることを付記する。

表-5. 各種コンクリートの強度、クリ-プ実験式およびクリ-プ係数

コンクリートの配合	養生条件	材料日	試塊寸法	弾性係数	クリ-プ係数	終極値	クリ-プ係数		
配合 No.	セメント量 (kg)	スランブ (cm)	圧縮強度 (%/cm ²)	(%/cm ²)	($\times 10^{-4}$)	$f_c = \frac{2}{A+B} (N/mm^2)$	($\times 10^{-4}$)		
I	400	0	標準養生	410	78	2.10	$\frac{2}{8.95+0.3432}$	2.92	1.39
I	400	0	蒸気養生	496	90	2.18	$\frac{2}{7.54+0.4182}$	2.39	1.10
II	300	0	標準養生	438	83	2.07	$\frac{2}{6.09+0.3052}$	3.28	1.58
III	400	0	標準養生	405	78	2.27	$\frac{2}{3.50+0.2432}$	4.12	1.82
III	400	0	蒸気養生	337	67	2.13	$\frac{2}{5.52+0.2762}$	3.62	1.70

図-7. 製品用コンクリートの乾燥収縮測定結果

