

V-127 肉厚の薄い部材を即時脱型する場合の配合と強度について

徳島大学 河野 清
神戸市役所 笠井弘之
徳島大学 荒木 謙一

1. まえがき

近年、工期の短縮、省力化、工費の低減など時代の要求からコンクリートおよび鉄筋コンクリート工法製品の需要は著しく伸びており、用途に応じて製品の種類もきわめて多岐にわたっている。ブロック類、まくらさなどの製品では、製造の際に量産の面できわめて有利な即時脱型方式が用いられているが、今後、他種製品への利用も注目されている。たとえば、土木用製品の分野で、ガス管、高圧線、電話線などをとめて地下に埋設するのための空洞溝としての地下埋設管、下水道用暗渠などと製造する場合は、たて打ち方式でコンクリートと打ち込み、即時脱型方式で製造するにきわめて対応合^{1)~3)}であると考えられる。この場合、肉厚の薄い部材となるので、すでに報告したブロック用配合とは多少異なつてもよいと考えられる。したがって、ここでは肉厚の薄い部材を即時脱型できる壁式の即時脱型型枠を用い、その適正配合と強度について検討を行つたものである。

2. 実験の概要

(1) 使用材料とコンクリートの配合

セメントは比重 3.15、ブレイン比表面積 3180 cm^2/kg 、28 日圧縮強度 416 kg/cm^2 の普通ポルトランドセメントを用いた。粗骨材としては、表-1 に示すように最大寸法 25 mm 以下の吉野川産の川砂利と鳴門市大塚町産の砕石とを使用した。また、細骨材は吉野川産の川砂（比重 2.60、吸水率 1.22%、粗粒率 2.83）を用いた。

表-1. 使用した粗骨材の品質と粒度

粗骨材の種類	最大寸法 (mm)	比重	ふるいを通すものの重量百分率					粗粒率 (F.M.)
			20mm	15mm	10mm	5mm	2.5mm	
川砂利	20	2.61	100	78	33	7	0	6.60
	15	2.61	100	100	62	6	0	6.32
	10	2.61	100	100	100	8	0	5.92
砕石	20	2.60	100	83	38	3	0	6.59
	15	2.60	100	100	59	4	0	6.37
	10	2.60	100	100	100	7	0	5.93

使用したコンクリートの配合は、3 種の最大寸法の粗骨材に対してそれぞれ単位体積と単位セメント量と 3 種にかき表-2 に示すものとした。また、すでに述べた実験によって超軽量練りコンク

表-2. 川砂利および砕石を用いた即時脱型用超軽量練りコンクリートの配合

川 砂 利 コ ン ク リ ー ト										砕 石 コ ン ク リ ー ト																			
20 mm					15 mm					10 mm					20 mm					15 mm					10 mm				
M_s (mm)	W/C (%)	f_a (%)	W (g)	C (g)	M_s (mm)	W/C (%)	f_a (%)	W (g)	C (g)	M_s (mm)	W/C (%)	f_a (%)	W (g)	C (g)	M_s (mm)	W/C (%)	f_a (%)	W (g)	C (g)	M_s (mm)	W/C (%)	f_a (%)	W (g)	C (g)	M_s (mm)	W/C (%)	f_a (%)	W (g)	C (g)
20	273	45	82	300	15	30.0	47	90	300	10	30.7	50	92	300	20	297	48	89	300	15	32.3	50	97	300	10	33.3	53	100	300
20	297	45	89	300	15	32.3	47	97	300	10	33.0	50	99	300	20	320	48	96	300	15	34.7	50	104	300	10	35.7	53	107	300
20	323	45	97	300	15	35.0	47	105	300	10	35.7	50	107	300	20	347	48	104	300	15	37.3	50	112	300	10	38.3	53	115	300
20	234	42	82	350	15	25.7	44	90	350	10	26.3	47	92	350	20	254	45	89	350	15	27.7	47	97	350	10	28.6	50	100	350
20	254	42	89	350	15	27.7	44	97	350	10	28.3	47	99	350	20	274	45	96	350	15	29.7	47	104	350	10	30.6	50	107	350
20	277	42	97	350	15	30.0	44	105	350	10	30.6	47	107	350	20	297	45	104	350	15	32.0	47	112	350	10	32.9	50	115	350
20	285	39	82	400	15	22.5	41	90	400	10	23.0	44	92	400	20	223	42	89	400	15	24.3	44	97	400	10	25.0	47	100	400
20	223	39	89	400	15	24.3	41	97	400	10	24.8	44	99	400	20	240	42	96	400	15	26.0	44	104	400	10	26.8	47	107	400
20	243	39	97	400	15	26.3	41	105	400	10	26.8	44	107	400	20	260	42	104	400	15	28.0	44	112	400	10	28.8	47	115	400

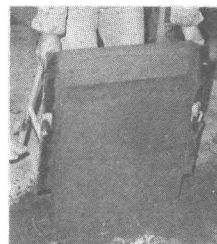
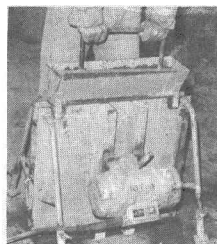
注) コンクリートの練り上がり温度 14 ~ 18 °C の配合

リートに対しては空気と連行しない減水剤が効果的であるという結果がえられておるため、2 種の減

水剤 (L, M) を使用した配合 (表-3 参照) と用い、これらの影響についても検討した。L は時殊な有機高分子化合物および界面活性剤を主成分とするものであり、M はホリアルキルアリールスルホン酸塩を主成分とするものである。

(2) 供試体の作成および養生

肉厚の薄い壁式部材すなわち 50 cm x 50 cm の寸法で 5 cm 厚のパネルを即時脱型方式によって作成するため写真-1 に示す型わくを使用した。この型わくの側面は日本ワッパ-株式の高振動数外部バイブレーターとテーパ-ピンで取りつけ、これをコンバーターに接続し、振動数 10800 rpm、振動加速度約 15g、振幅約 0.09 mm、振動時間 90 秒の条件で写真-1. 型わくと振動締固め成形 写真-2 即時脱型



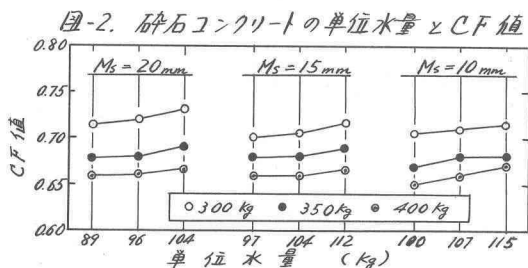
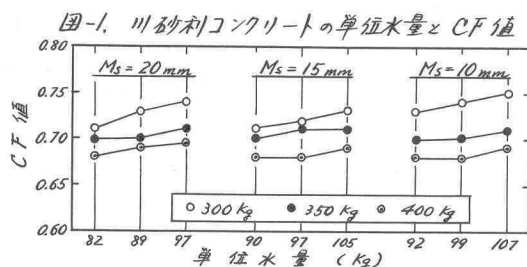
(3) 硬化コンクリートの試験

供試体は材令 28 日で、その寸法と重量を測定した。スパンは 30 cm であり 3 等分点荷重により曲げ試験を行なった。折片は 10 cm 角のカッターで切り取って圧縮強度試験に供した。なお、測定した寸法と重量より実測単位重量 (W_m : kg/m^3) と求め、配合より決まる理論単位重量 (W_c : kg/m^3) を用いてコンクリートの充てん率 ($F = \frac{W_m}{W_c} \times 100$: %) を算出した。また、即時脱型後のコンクリートの断面についても観察を行なった。

3. 実験結果とその考察

(1) 肉厚の薄い部材を即時脱型する場合のコンシステンシー

CF 値の結果を示す図-1、図-2 にみられるように、ごく小さな練り度配合になると単位水量の多少による CF 値の差はきわめて小となる傾向がある。また、図-1 に示すコンクリートは振動締固め成形の際にはできるだけ充てん率がよくしかも即時脱型したとき変形はし、型くずれしないものが望ま



れ、 $15 \times 15 \times 54$ cm の土木用ブロックではCF値は0.70~0.75が適当であると報告¹⁾し、肉厚が薄い部材の場合には単位水量が多目でCF値が0.75近くになると即時脱型が可能であるけれども中央が少しふくらみを生ずる傾向があり、CF値は0.68~0.72程度の値が適当であると考えられる。

(2) 即時脱型を行なったコンクリートの強度に及ぼす配合の影響

i) 単位セメント量の影響 — 川砂利および砕石を用い、単位セメント量と3種の水量を曲げ強度および圧縮強度と求めた結果を示した図-3 ~ 図-6 からわかるように、セメント量を増すと明らかに強度はスとなり、セメント100 kgの増量に対して平均値で示すと曲げ強度の場合、川砂利で約7 kg/cm²、砕石を用いたものでは約12 kg/cm² 高くなり、圧縮強度ではそれぞれ約180 kg/cm² と約200 kg/cm² であり、砕石コンクリートのほうが川砂利コンクリートに比べてセメント増量の効果はスとまっている。

図-3. 川砂利コンクリートの単位セメント量と曲げ強度

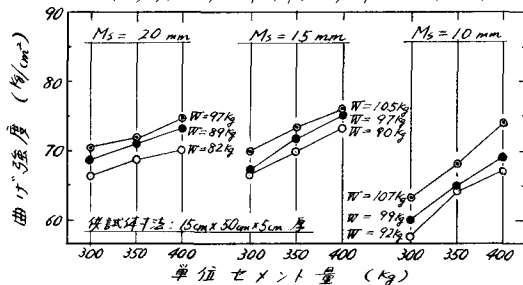


図-4. 砕石コンクリートの単位セメント量と曲げ強度

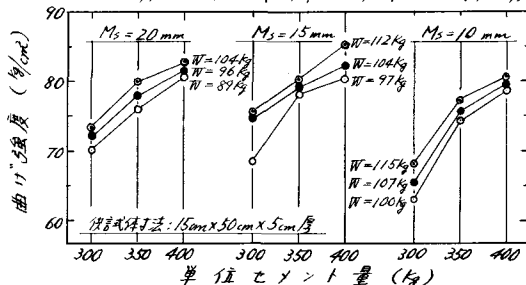


図-5. 川砂利コンクリートの単位セメント量と圧縮強度

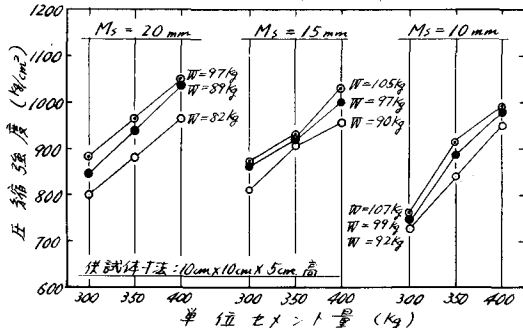
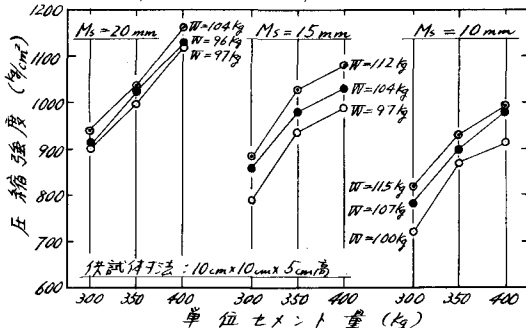


図-6. 砕石コンクリートの単位セメント量と圧縮強度



ii) 単位水量の影響 — 同一組荷荷最大寸法で単位セメント量が同じ場合、単位水量が多ければ強度は高くなっている(図-3 ~ 図-6 参照)。これは、同一セメント量では水量を増やすとセメントペースト量が増し、しかも水セメント比がスと成って流動性がよくなり、空気が満たされやすくなるため、図-7 のような単位水量の増加とともに充てん率も大と成っている。しかし、各最大寸法の配合について本実験に用いた単位水量の最大値を超える場合には、即時脱型後ややふくらみを生ずる傾向があり、変形を避けるため表-4 に示す単位水量が上限であると考えられ、土木用ブロックを即時脱型する場合の最高単位水量より15%前後低い値にする必要があることを示している。なお、この値は部材の寸法や成形方法によって多少ことになってくると思われる。

図-7. 単位水量と充てん率との関係の一例

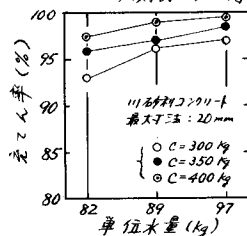
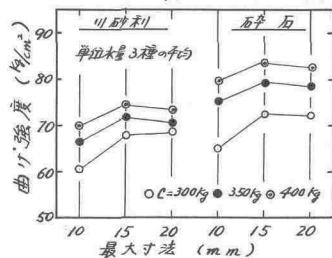


表-4. 肉厚の薄い部材と即時脱型する場合の単位水量の上限値

コンクリートの種類	最大寸法と単位水量		
	20 mm	15 mm	10 mm
川砂利コンクリート	97 kg	105 kg	107 kg
砕石コンクリート	104 kg	112 kg	115 kg

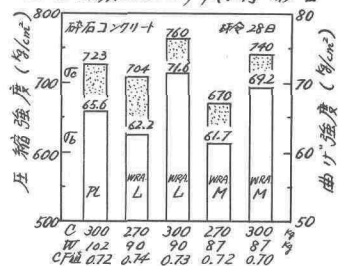
iii) 粗骨材最大寸法の影響——粗骨材の最大寸法を大きくすると同一コンシステンシーとにする必要する単位水量が少なくなるので、水セメント比が小となり圧縮強度は高くなる傾向が知られているが、最大寸法と曲げ強度との関係を示すと図-8 のようになり、最大寸法 15mm の結果がやや高くなる傾向が知られている。これは、部材寸法とも関係があると考えられ、Walker は曲げ強度が最大になる粗骨材の最大寸法が存在すると報告している。

図-8. 粗骨材の最大寸法と曲げ強度



iv) 減水剤使用の影響——減水剤を用いた場合の試験結果を示し、図-9 からみられるように、同一セメント量ではプレーンコンクリートより強度は高くなるが、セメント量を 10% 低減しても曲げ強度、圧縮強度ともプレーンコンクリートより低下しており、300kg 程度の配合では 5% 前後の節減が必要であると示している。

図-9. 強度に対する減水剤の影響



(3) 川砂利コンクリートと砕石コンクリートとの強度比較

最大寸法 20mm の配合について、川砂利と砕石とを用いたコンクリートの強度を比較すると表-5 のとおりであり、砕石を用いる場合は図-9 の CF 値とよびの川砂利より単位水量を 7~8kg 多くする必要があり、かわりには有利な結果となっており、富配合になるほど強度比は高くなる傾向が知られている。

表-5. 川砂利コンクリートと砕石コンクリートとの強度比較

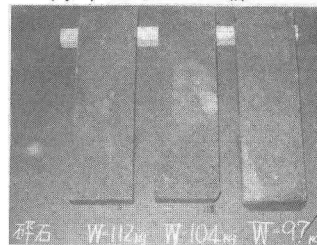
コンクリートの種類	曲げ強度 (% σ_{cm})			圧縮強度 (% σ_{cm})		
	300kg	350kg	400kg	300kg	350kg	400kg
砕石	72.1	78.1	82.2	918	1019	1136
川砂利	68.5	70.5	72.6	843	927	1016
砕石/川砂利比	1.05	1.11	1.13	1.09	1.10	1.12

注) 最大寸法 20mm, 単位水量 3種の平均値

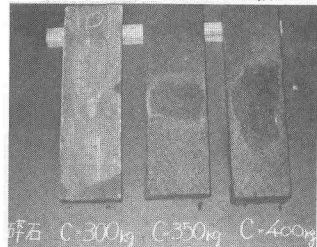
(4) 即時脱型後のコンクリートのばね面について

即時脱型製品では、コンクリートのばね面は強度と同様に重要視されるが、一例を示し、写真-3 (1), (2) からみられるように即時脱型後比較的良好なばね面が知られている。これは、振動稀固め条件が強くであり、しかも部材が L 型であるので振動がより効果的であったと考えられる。なお、富配合のほうか、単位水量は多いほうか、同一セメント量で減水剤を用いたものかはばね面はよくなる傾向が知られている。

写真-3. 即時脱型供試体のばね面の一例
(1) 単位水量を 2 割に減した場合



(2) 単位セメント量を 2 割に減した場合



4. まとめ

- (1) 肉厚の薄いパネルのような壁式部材を即時脱型する場合のコンクリートの配合では、普通形のブロックに比べて単位水量を 15kg 前後減少し、目標 CF 値は 0.70 ± 0.02 程度とするのが適当である。
- (2) セメントの増量は即時脱型製品の品質向上にきつめて効果的であり、即時脱型後のコンクリートのばね面も改善される。
- (3) 砕石を使用すると川砂利コンクリートと同一 CF 値とするの単位水量は 7~8kg 増加する必要があるが、川砂利を用いたものより曲げ強度、圧縮強度とも高くなる。

(参考文献) 1) 河野, 林, 竹村: セメント技術年報 Vol. 26, p. 256~263 (1970).

2) 荒木, 河野: No. 26 土木学会年次学術講演会講演集 第 5 部, p. 83~86 (1971).

3) 河野, 竹村, 荒木: セメントコンクリート No. 305, p. 9~15 (1972).

4) 河野, 竹村, 荒木: コンクリートジャーナル Vol. 10, No. 7, p. 1~6 (1972).

5) S. Walker & D. L. Bloem: Proc. Am. Conc. Inst., Vol. 57, p. 283~298 (1960).