

併用系高流動コンクリートの研究・開発

岩井 隆 彰 竹内 博 幸
 浜崎 勝利 釣谷 叔 輝

要 旨

東京大学岡村教授より、1986年に提唱された「ハイパフォーマンスコンクリート」の配合設計手法¹⁾を参考として、当社においては増粘剤と粉体を用いた併用系高流動コンクリートの開発を行ってきた。一般的にこの種のコンクリートは、材料品質の相違による影響を大きく受けるため、配合設計にあたり使用材料の選定と混合比率の決定方法のほか、材料品質の変動などの要因についても配慮する必要がある。

本報は、岡村らによる配合設計手法を参考にして併用系高流動コンクリートの配合決定を行い、各種要因の検討、および実大打設実験を行った結果について述べるものである。

1. まえがき

近年、多くの研究機関で、高流動コンクリートの開発が進められている。その開発の方向は様々で、使用する材料および適用構造物、工法は広い範囲にわたり、現在では高流動コンクリートを用いた構造物件もかなりの数にのぼっている。

筆者らは、鋼殻構造（フルサンドイッチ構造）の沈埋トンネルへ高流動コンクリートを適用するための開発を進めてきた。この開発では、配合設計手法を確立するほか、実施工にあたり必要とされる施工システム（施工マニュアル・施工管理プログラム）の構築までを行うことを目標としている。本報では併用系高流動コンクリートの配合設計手法およびその手法により決定された配合について述べる。

2. 実験概要

図-1に配合設計の全体フローを示す。

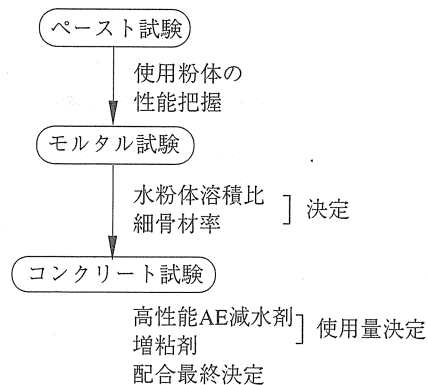


図-1 配合設計全体フロー図

2. 1 使用材料

使用する材料を表-1に示す。なお、セメント、細骨材、粗骨材については、実大打設実験を想定して使用予定プラント（大阪府尼崎市近辺）の選定を行い、そこで用いられている材料を使用することとした。室内実験は室内温度20℃、湿度60%の恒温恒湿室で行ない、使用材料については、コンクリート練上がり温度がほぼ20℃となるように、あらかじめ24時間以上恒温恒湿室内に保存した。

表-1 使用材料およびその物性値

使用材料	記号	種類	物性および成分
セメント	C	高炉セメントB種	比重3.04 比表面積3750cm ² /g
細骨材	S1	大槌島産海砂	表乾比重2.52 吸水率1.8%
	S2	宝塚産砕砂	表乾比重2.57 吸水率2.3%
粗骨材	G1	宝塚産砕石(15~20mm)	表乾比重2.60 吸水率1.1%
	G2	宝塚産砕石(5~15mm)	表乾比重2.58 吸水率1.4%
混和材	Ad1	石灰石微粉末	比重2.71 比表面積3500cm ² /g
	Ad2	同上	比重2.71 比表面積5500cm ² /g
	Ad3	同上	比重2.71 比表面積7500cm ² /g
	Ad4	同上	比重2.71 比表面積7000cm ² /g
	Ad5	同上	比重2.71 比表面積4300cm ² /g
	Ad6	同上	比重2.73 比表面積 -----
	Ad7	同上	比重2.88 比表面積5000cm ² /g
	Ad8	高炉スラグ微粉末	比重2.89 比表面積6000cm ² /g
高性能AE減水剤	SP1	ホ ⁺ リアルキルカルボ ⁻ ン酸	比重1.05 (標準型)
	SP2	エーテルと架橋ホ ⁺ リマー	比重1.05 (遅延型)
増粘剤	VA	低界面活性型水溶性メチルセルロース系	2%水溶液粘度：10,000cp

2. 2 ペースト試験

練混ぜは、岡村らの手法¹⁾に準じ、図-2に示す方法とした。試験はJIS R 5201「セメントの物理試験方法」に規定されているミキサおよびフローコーン(底面φ100mm)を用いたフロー試験により行った。この試験では水粉体

(セメント+混和材)容積比(以後 V_w/V_p とする)を変えて行くことで、その粉体の特性値(拘束水比 β_p 、変形係数 E_p)を求め、その特性値を比較することにより粉体種類の選定を行った。

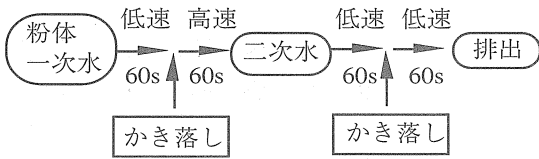


図-2 ペースト練混ぜ方法

○フロー試験

乾燥させたガラス板を水平に設置し、その上にフローコーンを置き、試料を1層で詰め上面を平らに均す。その後、静かにフローコーンを取り去り、振動を与えずに広がったペーストの直径をmmまで測定し、その平均値をフロー値とする。フロー値から(1)式で算定される相対フロー面積比(Γ_p)を用いて評価を行う。

$$\Gamma_p = (F_p^2 - F_o^2) / F_o^2 = (F_p / F_o)^2 - 1 \dots (1)$$

F_p : ペーストのフロー値 (mm)

F_o : フローコーンの直径(100mm)

2. 3 モルタル試験

練混ぜは、岡村らの方法に準じ図-3に示す方法で行った。モルタル試験では、ペースト試験と同様のミキサおよびフローコーンを用いてフロー試験を行うとともに、図-4に示すロート試験器を用いてモルタルの流下時間を測定した。なお、試験時間は、高性能AE減水剤(以後SPとする)の効果が安定する練上がり20分後とした。ここで、相対フロー面積比(Γ_m)および後に説明する相対ロート速度比(R_m)の関係より、最適 V_w/V_p およびSP使用量を決定した。

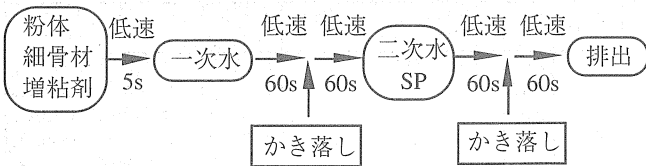


図-3 モルタル練混ぜ方法

○ロート試験

ロート試験器を鉛直に支持し、流出口を押えた後、試料をロート内に注ぎ上面を平らに均す。その後、流出口を開放し、試料を流出させる。上部より試料が流出する状況を観察し、ロートを通して流出口から下が見える瞬間までに要する時間をストップウォッチで1/100秒まで測定する。ロート流下時間から(2)式で算定される相対ロート速度比(R_m)を用いて評価を行なった。

$$R_m = 10 / t_r \dots (2)$$

t_r : ロート流下時間 (秒)

図-5, 6にはモルタル試験結果の一部を示すが、一般に Γ_m と R_m の関係は図-5に示すように同一の V_w/V_p に対して、

$$R_m = A \times \Gamma_m^{0.2} \dots (3)$$

で回帰できるとされている²⁾。この回帰曲線を実験により V_w/V_p 毎に3本求め、 V_w/V_p と係数Aとの関係を直線で回帰する。ここで、高流動コンクリートを構成するモルタル分について、フレッシュ性状の最適値と考えられる $\Gamma_m=5$, $R_m=1.2$ [参考文献2)では、粉体系のものに対し $R_m=1.0$ としているが、併用系高流動コンクリートについては実験を重ねた結果、 $R_m=1.2$ が最適であると判断した。]を(3)式に代入することにより $A=0.870$ を得る。このAに対する V_w/V_p を図-6により求めることができ、これを最適 V_w/V_p としてコンクリート試験に採用することとした。

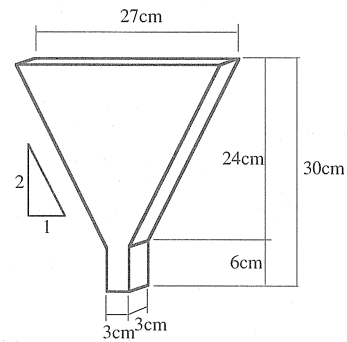


図-4 ロート試験器

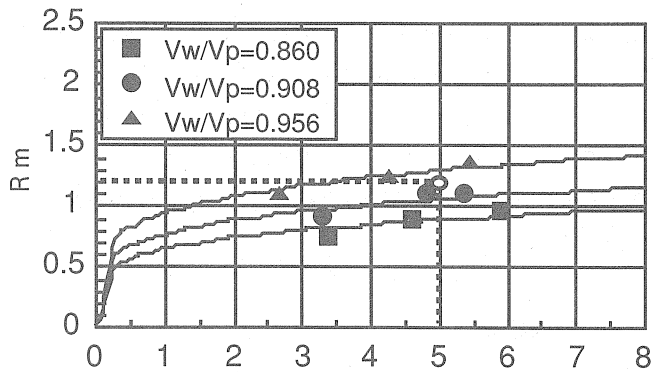


図-5 Γ_m と R_m との関係

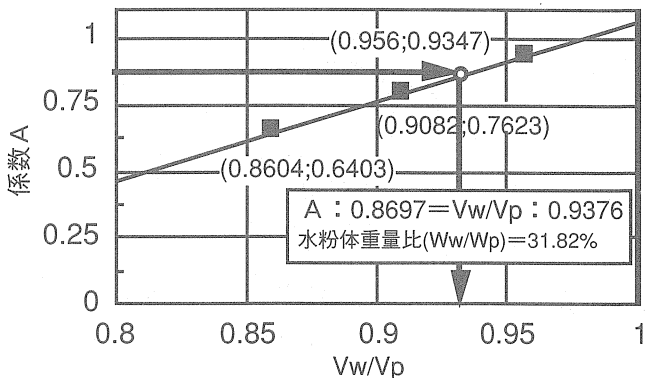


図-6 水粉体容積比(V_w/V_p)と係数Aの関係

2. 4 フレッシュコンクリート試験

練混ぜ方法は、図-7に示すよう一括投入方式とした。練混ぜは、水平2軸強制練りミキサ（容量100l：練混ぜ量70l）を用いて行った。試験測定項目および管理目標値を表-2に示す。配合は、モルタル試験より得られた V_w/V_p を適用し、スランプフロー値はSP使用量により調整することとした。各種試験装置を図-8に示す。

表-2 試験・測定項目

試験・測定項目	試験・測定方法	管理目標値
スランプフロー	JIS A 5201 に準ずる	65±5cm
空気量	JIS A 1128 に準ずる	2.0%
単位容積質量	空気量試験試料より	2.3以上
Vロート75 流下時間	H.P.C配合設計法による	10±5s
Vロート65 流下時間	同上	特になし
ボックス試験	ボックス試験装置使用	2cm以下
コンクリート温度	アルコール温度計	

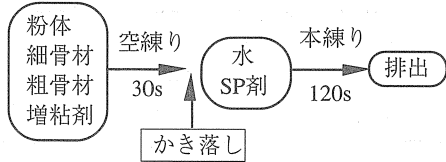


図-7 コンクリート練混ぜ方法

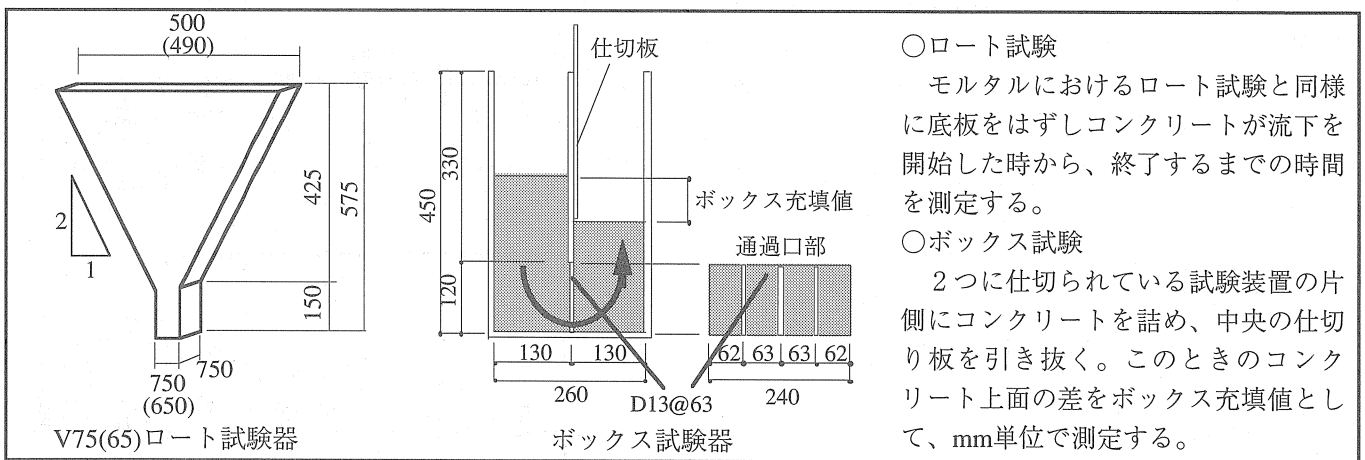


図-8 各種試験装置図および実施要領

3. 混和材の検討

3. 1 混和材種類の選定

フレッシュコンクリート中に含まれる水は、流動性に寄与する“自由水”と、粉体に拘束される“拘束水”とに分かれる。この拘束水が多いとコンクリート中の単位水量が大きくなり、耐久性に悪影響を与える可能性がある。図-9は、混和材の種類および混合比を変えたペースト試験結果の一部である。同図に示すように、ペーストによるフロー試験において求められる、相対フロー面積比 (Γ_p) と V_w/V_p は、非常に高い相関を示すことが岡村らにより報告されている。このとき回帰直線を外挿して得られる無変形時の V_w/V_p を拘束水比 (β_p)、また、直線の傾きを変形係数 (E_p) と称し、それぞれコンクリートのフレッシュ性状に影響を及ぼす粉体固有の特性値と考えられる³⁾。また、図-10は、各混和材を単一で用いた場合の拘束水比と変形係数を混和材別に比較したものである。これによると、拘束水比、変形係数は、Ad1およびAd6が他に比べ小さい値を示している。これは、同じ性状を得るための水量を減ずることができ、かつ少量

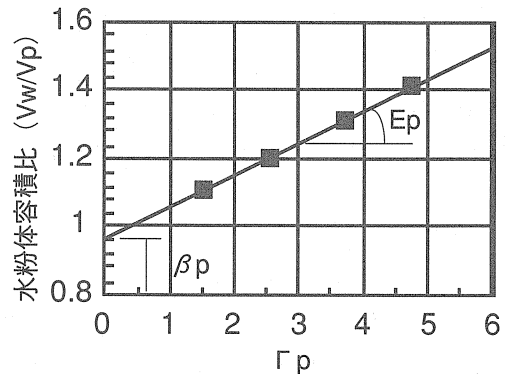


図-9 拘束水比 (β_p) および変形係数 (E_p) の決定

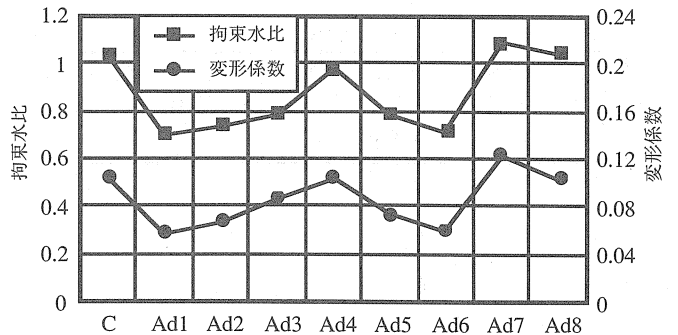


図-10 ペースト試験結果

の水で流動性を向上させることができることを示している。この結果より、Ad1とAd6の2種類の石灰石微粉末を選定し配合試験を行うこととした。

3. 2 混和材の混合比

混和材Ad1とAd6を用いた、モルタル配合に基づくフレッシュコンクリート試験での実験ケースを表-3に示す。図-11は、スランプフロー値とV75ロート流下時間の、経過時間0~90分での試験結果である。なお、コンクリート性状の判定は、スランプフロー値、V75ロート流下時間および目視による観察により行い、経過時間90分までを対象とした。粉体種類についてAd1とAd6を比較した場合、スランプフローによる差は顕著にみられなかった。V75ロート流下時間についてはAd6の方がAd1に比べ短い傾向にあるが、両者のフレッシュコンクリート性状に著しい差はみられなかった。また、練返しを行う際にAd1はAd6と比較して粘性が大きく、ハンドリングに難があったことから、混和材にはAd6を採用することとした。

一方、粉体混合比の違いによるフレッシュコンクリート性状の顕著な差はないが、混合比30%のものではV75ロート流下時間が短い傾向にあったことから、粉体混合比は30%と決定し以後の試験を行った。

4. 細骨材量の検討

4. 1 実施概要

適切な細骨材量を決定するために、モルタル中の細骨材容積比（以後s/mとする）を4ケース設定し配合試験を行った。評価は、ピストン試験およびフレッシュコンクリート試験結果により行った。図-12にピストン試験機を、表-4に実験ケースを示す。なお、SPはSP2を用いた。

○ピストン試験

シリンダー（直径10cm）内に詰められた一定量のモルタル試料（1500cm³）の上面から有孔（φ10mm×3）ピストンを一定速度（0.5cm/秒）で降下させ、モルタルが間隙孔を通過する状況により判定を行った。

表-4 実験ケース

配合No.	細骨材容積比 (s/m)	水粉体重量比 (Ww/Wp)	増粘剤添加率 (W*%)	SP使用量 (粉体*)	
				ピストン	コンクリート
①	0.43	0.31	0.10	1.02	1.2
②	0.45	0.32		1.10	1.2
③	0.47	0.33		1.21	1.3
④	0.49	0.35		1.33	1.6

表-3 実験ケース

配合No.	水粉体重量比 (%)	単位水量 (kg/m ³)	粉体種類	粉体混合比 (粉体*%)	増粘剤使用量 (w*%)
①	32.86	185	Ad6	20	0.10
②	31.82	181		30	
③	32.40	184	Ad1	20	
④	33.56	186		30	
⑤	36.74	195	Ad6	20	0.25
⑥	37.86	197		30	
⑦	34.43	187		40	

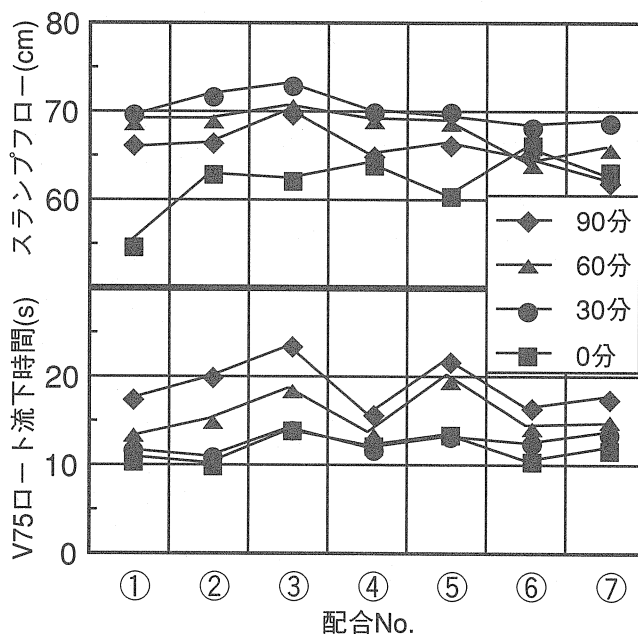


図-11 混和材の違いによるコンクリート試験結果

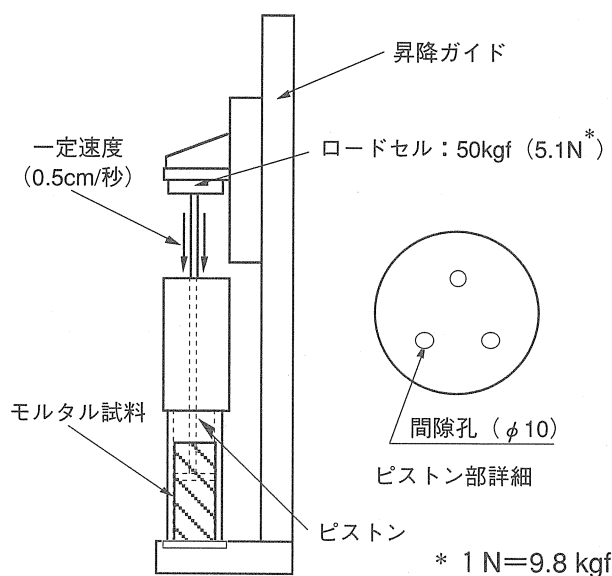


図-12 ピストン試験機

4. 2 実験結果

ピストン試験の結果を表-5に示す。それぞれの配合は、モルタル試験により求めた最適配合を用いている。結果は、 $s/m=0.43$ のケースだけ閉塞することがなく、最後までピストンを押すことができたが、 s/m がそれ以上になると閉塞を起こした。また、 s/m が大きくなるに従い閉塞までの時間が早くなることから、それに従い、間隙通過性が低下していくことがわかる。

図-13に s/m を変動させた時のフレッシュコンクリート試験の結果を示す。V75ロート流下時間は、 $s/m=0.43$ が最も短い結果となった。ボックス試験についてみると $s/m=0.43, 0.45$ のものが充填値が小さく安定した結果を示し、この結果より s/m は0.43, 0.45の2種を選定した。なお $s/m=0.45$ の場合にはピストン試験で閉塞を起こしているものの、単位容積質量2.3以上を確保する必要性から $s/m=0.45$ を中心に他の検討項目について実験を行った。

5. 混和剤の検討

5. 1 増粘剤使用量の検討

増粘剤の使用量がコンクリート性状に及ぼす影響を把握し、適切な使用量を決定するために、表-6に示す5ケースについてフレッシュコンクリート試験を行った。なお、混和材にはAd6を混合比30%で使用し、 s/m は0.45とした。図-14は、練上り後30、60および90分での試験結果を示している。スランプフロー値についてみると、増粘剤使用量0.05の場合では、経時による低下が大きい。V75ロート流下時間はいずれも大きな差異はみられず、ボックス試験についてみると増粘剤使用量0.05%のものが時間の経過に伴い、他のものよりも充填値が大きくなった。これより、増粘剤使用量0.10~0.25%がコンクリート性状において良好と判断されるが、表-6に示すように増粘剤使用量が0.15%以上では単位容積質量が2.3より小さくなるため、増粘剤使用量は0.10%とした。

表-6 実験ケース

配合 No.	増粘剤使用量 (W*%)	水粉体重量比 (%)	単位水量 (kg/m ³)	単位容積質量 (t/m ³)
①	0.00	29.2	173	2.326
②	0.05	30.6	177	2.317
③	0.10	31.8	181	2.310
④	0.15	34.1	187	2.298
⑤	0.25	37.8	197	2.279

表-5 ピストン試験結果

配合 No.	細骨材容積比 (s/m)	モルタルフロー (cm)	Vロート流下時間 (s)	閉塞状況	閉塞時間 (s)
①	0.43	24.6	7.90	○	—
②	0.45	27.4	7.32	△	7.8
③	0.47	25.0	8.14	×	3.9
④	0.49	24.9	8.20	×	2.3

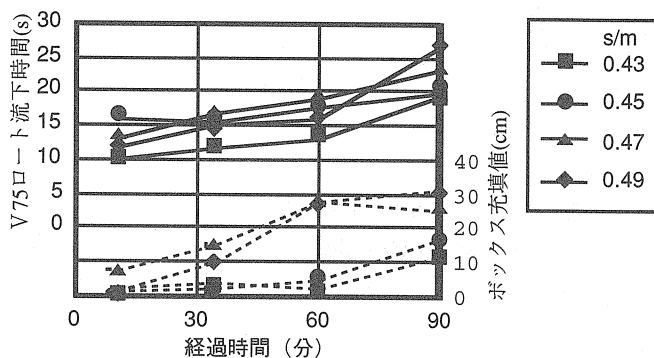


図-13 s/m によるコンクリート性状の違い

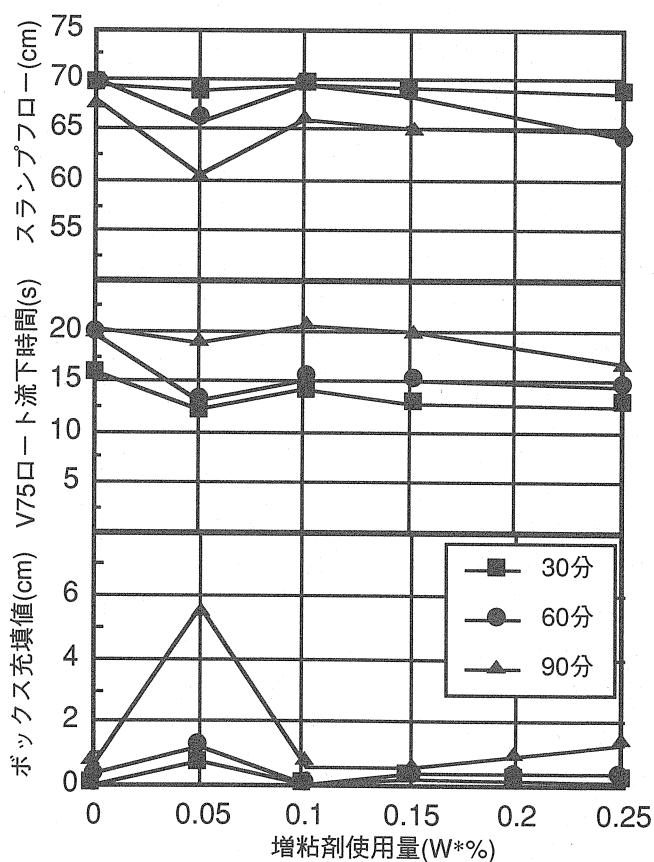


図-14 増粘剤使用量によるコンクリート性状の違い

5. 2 高性能AE減水剤種類の検討

図-15に、SPの種類を変えたフレッシュコンクリート試験結果を示す。増粘剤は0.10%、混和材はAd6を粉体に対し30%混合して試験を行った。なお試験時間は、SPの特性を考慮して、効果が発現しほぼ安定する練上がり後10分から開始し、35、60、90分後とした。SP1、SP2はほぼ同一の成分を有する高性能AE減水剤で、前者は標準型、後者は遅延型である。試験の結果、SP2を用いることにより経過時間に伴うスランプフロー値およびV75ロート流下時間に著しい改善効果がみられる。しかし、SP2を用いた場合、使用する環境温度によっては凝結時間が長くなる可能性が考えられる。したがって、実際の使用にあたっては、環境温度が凝結性状に及ぼす影響を確認する必要がある。

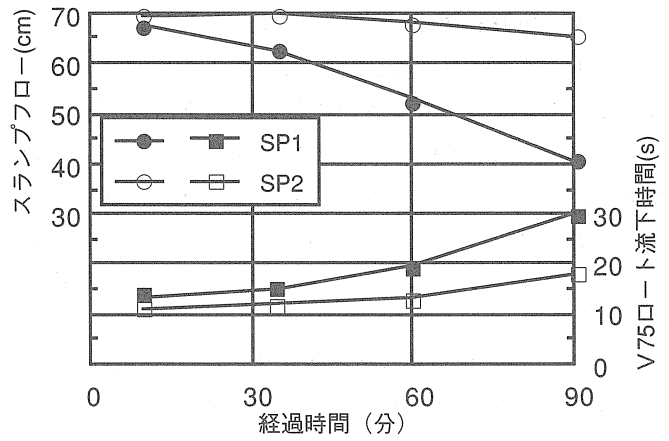


図-15 高性能AE減水剤の種類による比較

6. 粗骨材量および混合比の検討

6. 1 単位粗骨材量の検討

通常のコンクリートの場合、単位水量・水セメント比・細骨材率 (s/a) を順次決定することにより、すべての材料の単位量が計算される。しかし、本報での高流動コンクリートの配合設計では、モルタル分の配合を定めたのち、粗骨材を加えてコンクリートにするため、最適な単位粗骨材量を別途決定する必要がある。表-7には最適な単位粗骨材量を求めるための実験ケースを、図-16にはその結果を示す。岡村らによると最適単位粗骨材量は、空気量を除くコンクリート全容積に対して、粗骨材の実積率の50% (現在使用している粗骨材の実積率は60%) の比率としていることから、単位粗骨材量300ℓを中心に試験を行った。粗骨材量を324ℓ/m³とした場合、35分後からV75ロート流下時間が長くなり、312ℓ/m³とした場合にはボックス試験での充填値が大きくV75ロート流下時間も長くなった。また、単位粗骨材量280ℓと300ℓとは同程度の試験結果を示した。そこで、本実験における最適粗骨材量は、300ℓ/m³と決定した。

表-7 実験ケース

配合 No.	単位粗骨材量 (ℓ)	単位水量 (kg/m ³)	単位容積質量 (t/m ³)	設定条件
①	280	186	2.303	増粘剤添加率：0.10% 水粉体重量比：31.82% Ad6混合比：30% 細骨材容積比：0.45
②	300	181	2.310	
③	312	178	2.315	
④	324	175	2.319	

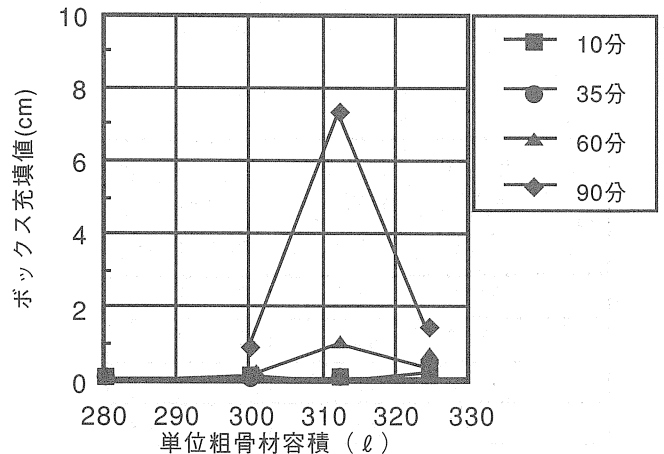
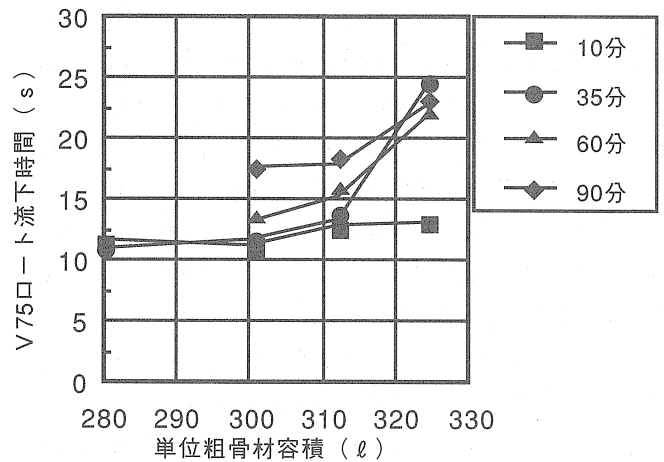


図-16 単位粗骨材容積による影響

6. 2 2種類の粗骨材混合比の検討

先に選定した生コン工場で使用している粗骨材はG1 (15~20mm) とG2 (5~15mm) に分かれているためその混合比を検討した。これらの骨材は通常50:50で使用されている。図-17は、粗骨材混合比をG1:G2=50:50を中心に40:60、30:70、60:40と設定し実験を行った結果である。30:70でV75ロート流下時間が長くなり、ボックス充填値が増大していた。しかしそれを除くと、粗骨材混合比の違いによる顕著な差はみられなかったため、通常の使用されているG1:G2=50:50と決定した。

7. 環境条件による影響およびその対策

以上の検討により決定されたコンクリート配合を表-8に示す。この章では、製造段階で考えられるコンクリート性状の変動要因に対して、定量的検証を行い、その対策について検討を行った。

7. 1 骨材表面水率の影響

7. 1. 1 表面水率の違いによる影響の検証

これまでの室内試験においては、細骨材表面水率の変動による試験結果のばらつきを避けるため、海砂4.0%、砕砂2.0%とほぼ同一となるように細骨材表面水率を調整していた。しかし、実際の生コン工場では、天候や材料納入時期などにより骨材表面水率が変動しやすい。そこで、表面水の変動が大きく、かつ単位量の大きい海砂の表面水率を変動させてモルタルおよびフレッシュコンクリート試験を行い、骨材表面水率の違いがコンクリート性状に及ぼす影響を検証した。

図-18は、表-8の配合のモルタル分を用いて表面水率を5ケース設定し、モルタル試験を行った結果である。モルタルフロー値については、表面水率4%を超える領域で明瞭な低下がみられる。Vロートについても6%辺りから流下時間が長くなる傾向にあったが、有意な差として判断することはできなかった。

図-19は、表-8に示す配合のコンクリートについて、海砂の表面水率を変化させた時のフレッシュコンクリート試験結果である。スランプフロー値は、表面水率が増大するにつれほぼ直線的に減少しており、モルタルと同様表面水率4~6%辺りで変化が現れるようである。しかしながら、結果は示していないがV75ロート流下時間については表面水率の違いによる顕著な差は見られず、全体的にほぼ同程度の値を示していた。一般に、SP添加量の変動にはスランプフロー値が敏感に反応することから、表面水率が大きい場合、SPの効果が低減している可能性が考えられる。

7. 1. 2 表面水率の違いに対する対策・効果

骨材表面水率が大きい場合、セメントと骨材が接触したときに骨材の表面水がセメントと空練りの段階で結合し、SPの効果が低減する可能性が考えられる。そこで、図-20に示すような3種類の練混ぜ方法について、フレッシュコンクリート性状の違いについて検討した。その結果を図-21に示す。CASE1とCASE2(従来練り混ぜ方法)を比較した場合、表面水率が約4%増大することにより、スランプフロー値で10cm程度の低下がみられた。また、CASE1とCASE3を比較すると、表面水率が大きい場合でも、練混ぜ方法を変えることにより同程度

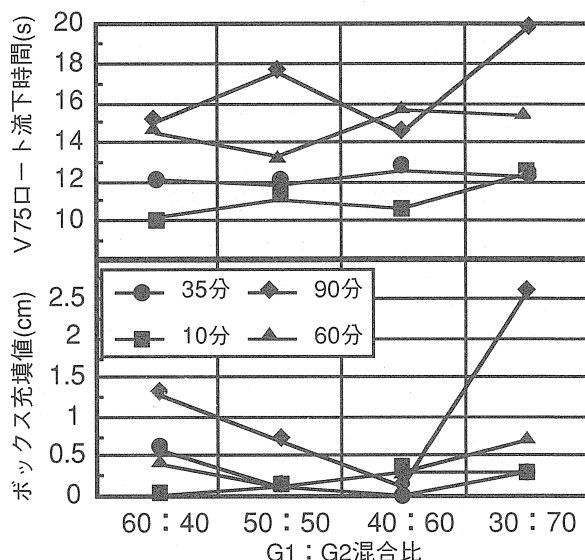


図-17 粗骨材混合比による影響

表-8 コンクリート決定配合

水粉体重量比 (%)	細骨材容積比	単位量(kg/m ³)							増粘剤使用量 (W*%)
		W	C	LS	S1	S2	G1	G2	
31.8	0.45	181	411	158	619	155	393	393	0.10

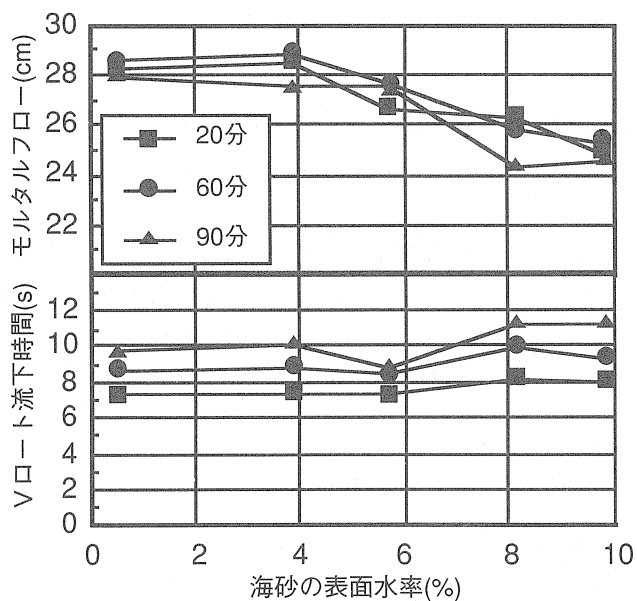


図-18 モルタルにおける表面水率の影響

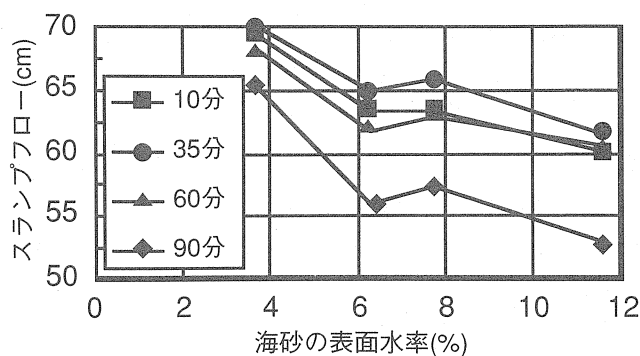


図-19 コンクリートにおける表面水率の影響

のスランプフロー値が得られ、CASE 3の方がV75ロート流下時間が短くなった。この結果より、表面水率が大きい場合には、表面水率の大きい骨材を最後に投入する練混ぜ方法が有効であることがわかる。

7. 2 骨材表面水率設定誤差の影響

コンクリートを大量に製造する場合、骨材の表面水率が同一日においてもかなり変動する可能性が考えられる。図-22は、この変動の影響を検証するために、配合上の表面水率設定値を一定として、表面水率を故意に変動させた場合のフレッシュコンクリート試験の結果である。また、試験はスランプフローおよびV65ロート試験により行った。横軸は表面水率の設定値と実測値の差で(-)側は単位水量が増大し、(+)側は減少することを示している。単位水量は海砂表面水率±1%で6kg/m³程度増減する。図-22から、表面水率設定の違いによりスランプフロー値およびV65ロート流下時間ともにほぼ直線的に変化しており、単位水量の増大とともにスランプフロー値は大きく、V65ロート流下時間は速くなっていることがわかる。しかし、表面水率を1%以上変動をさせた場合、品質管理目標値(スランプフロー値±65cm)を満足することができず、分離もしくは流動性の不足したコンクリートとなった。この結果より、表面水率は設定値と実測値の差を±0.5%以内に管理をする必要があり、変動が大きいと判断された場合は、通常以上に頻繁に表面水率を測定し配合修正を行う必要があると思われる。

7. 3 外部環境温度の影響

環境温度が異なる場合、主に高性能AE減水剤の効果の変動により、コンクリートの性状は変化する。この変化の程度を調べるため、表-9に示すように異なる環境温度下で、モルタルおよびフレッシュコンクリート試験を行った。

図-23は、表-8の配合を用いSP使用量を一定として環境温度を変えた場合のフレッシュコンクリート試験結果である。外気温の違いによるスランプフロー値の変動は見られないが、V75ロート流下時間が大きく変動した。外気温が低い場合、モルタルの粘性が高くなり、流下時間が長くなったものと思われる。

図-24は、環境温度を変えてモルタル試験を行った結果である。ここでは、各環境温度に対してそれぞれのモルタル最適配合を試験により決定し、それらを用いてモルタル性状の経時変化について比較検討した。決定された最適配合を表-10に示す。なお、練上がり後のモルタル温度は、ほぼ環境温度と同じであった。図-24によると、どの環境においても経時によるモルタルフ

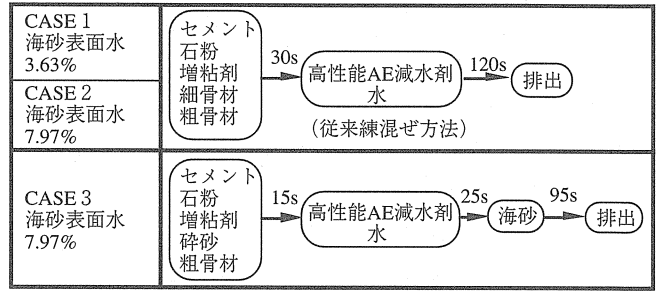


図-20 検討練混ぜ方法

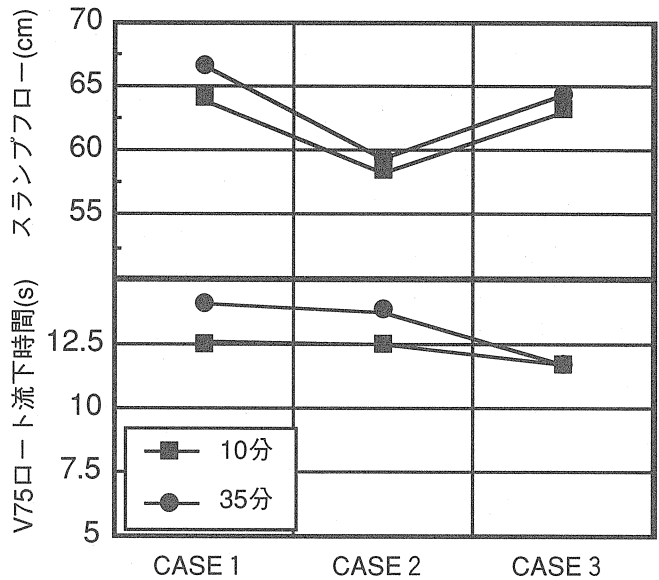


図-21 練混ぜ方法による対策

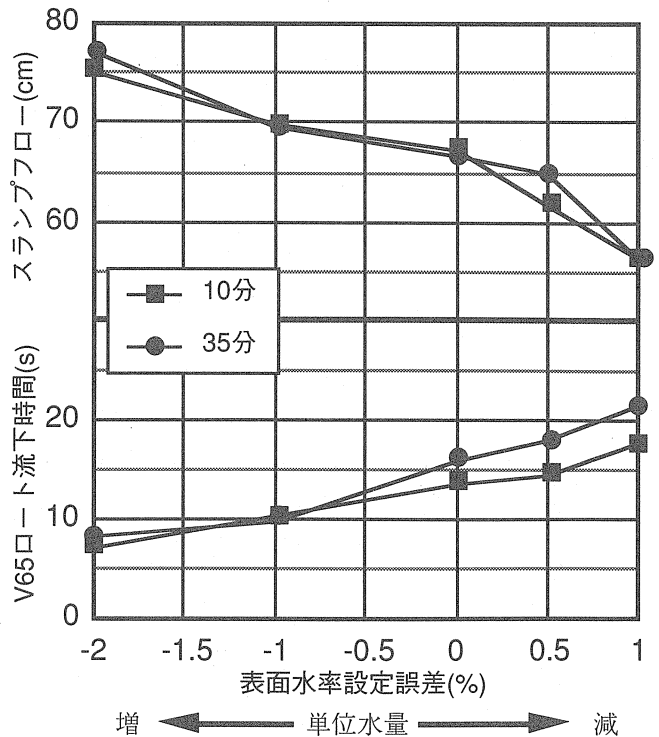


図-22 表面水率設定誤差の影響

ロー値の低下はほとんどなく、Vロート流下時間は長くなる傾向を示している。また、モルタルフローは環境温度20℃の場合が最も小さく、Vロート流下時間については環境温度10℃の場合が最も短い結果となった。

表-9 実施概要

試験種類	環境温度	実施概要
コンクリート試験	20℃	決定配合を用いて、環境温度の異なるコンクリートを製造し性状の違いを見る。
	10℃	
モルタル試験	5℃	それぞれの環境温度で最適モルタル配合を試験により決定し、性状の違いを見る。
	10℃	
	20℃	

表-10 モルタル最適配合

環境温度	細骨材容積比	水粉体重量比	最適SP使用量(粉体*%)
5℃	0.45	33.61	1.08
10℃		33.64	1.07
20℃		31.82	1.10

8. 実大打設実験

室内実験より決定された最適配合により、大量製造・打設によるコンクリート性状を把握するため、実大規模の製造・打設実験を行った。打設対象となる試験体を図-25に示す。試験体は、フルサンドイッチ構造の沈埋函上床版の一部を切り出した形状(3000×3000×1100、容量9.9m³)で、打設口およびエア抜きの計9箇所の孔を設けたものである。製造は1バッチ2m³練混ぜで、アジテータ車には2バッチ分の4m³を積載した。打設は全部で5試験体について合計約50m³を行い、また、1試験体容積が9.9m³であるためアジテータ車3台分、12m³が揃ってから打設することとした。ポンプ車は最大吐出量110m³/h、油圧ピストン式のものを用いた。コンクリート品質管理試験項目を表-11に示す。品質管理試験は生コン工場および打設現場でそれぞれ行い、生コン工場では製造10分後に、打設現場では40~50分後とした。図-26は、全アジテータ車についてフレッシュコンクリート試験を行った結果である。なお、1台目ではスランプフロー値が70cmを超えたため廃棄処分としたが、それ以降はすべて品質管理目標値を満足していた。打設現場では経時の影響により全体的にV75ロート流下時間が長くなっていたが、支障なく打設を行うことができた。

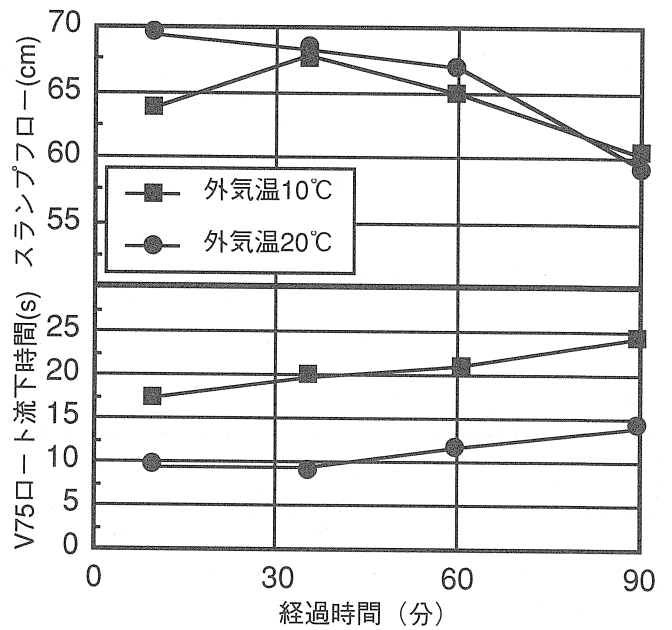


図-23 外気温の影響 (コンクリート)

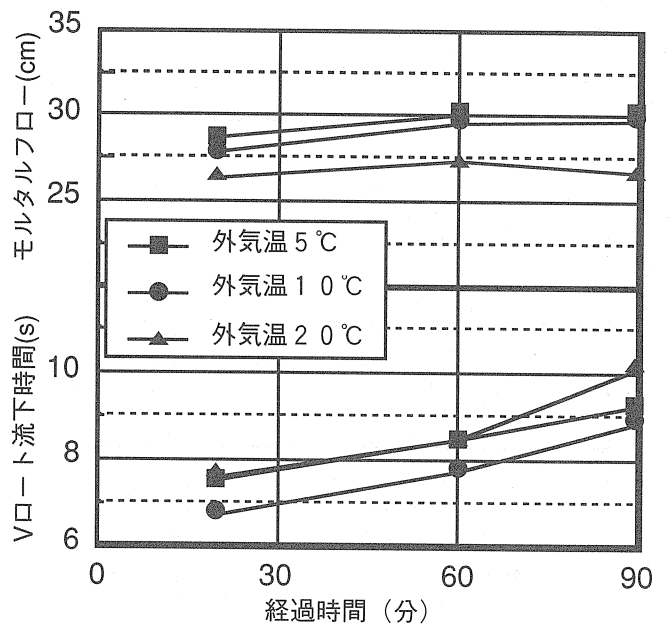


図-24 外気温の影響 (モルタル)

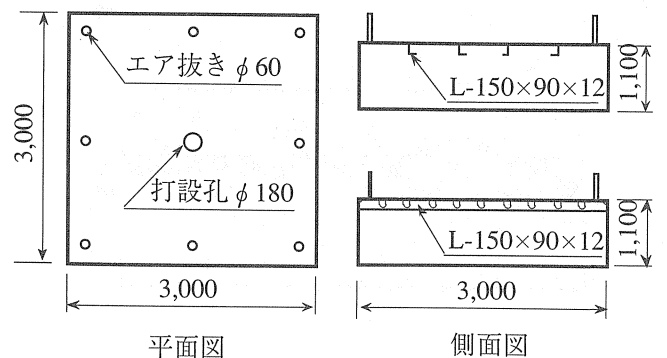


図-25 打設対象構造物

右の写真は上部銅板取外し後の状況であり、型枠の隅々まで密実に充填されていることがわかる。またポンプ車の吐出口から試料を採取し、ポンプ圧送によるコンクリート性状への影響を調べたが、スランプフロー値は低下していたものの品質管理目標値を満足した。

このことより、型枠に打設されたコンクリートについても品質の低下はないものと思われる。また、表-12に圧縮強度試験結果を示す。材齢7日、28日ともに安定した強度を得ることができた。

表-11 品質管理試験項目

試験場所	試験項目	頻度	摘要
工場	スランプフロー	全車	2バッチ目製造終了を0分とする。
	V75ポート	〃	
	コンクリート温度	〃	
	ポックス試験	3台に一回	
	空気量	〃	
現場	スランプフロー	全車	材齢7日と28日を各3本
	V75ポート	〃	
	コンクリート温度	〃	
	空気量	3台に一回	
	圧縮強度	アジテータ車荷卸し採取 ポンプ車筒先採取	

表-12 圧縮強度試験結果

材齢	圧縮強度 kgf/cm ² (N/mm ²)	
	アジテータ車荷卸し採取	ポンプ車筒先採取
7日	502 (49.5)	513 (50.3)
	503 (49.3)	517 (51.0)
	493 (48.3)	530 (52.0)
28日	658 (64.9)	713 (69.9)
	638 (62.6)	668 (65.5)
	661 (64.8)	666 (65.3)

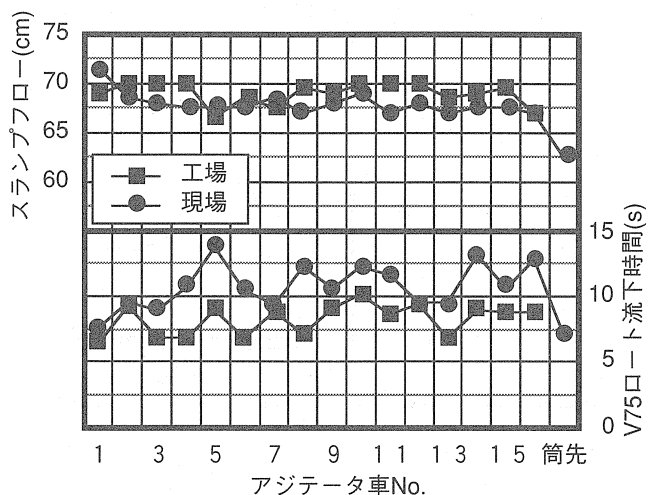


図-26 実大打設実験試験結果

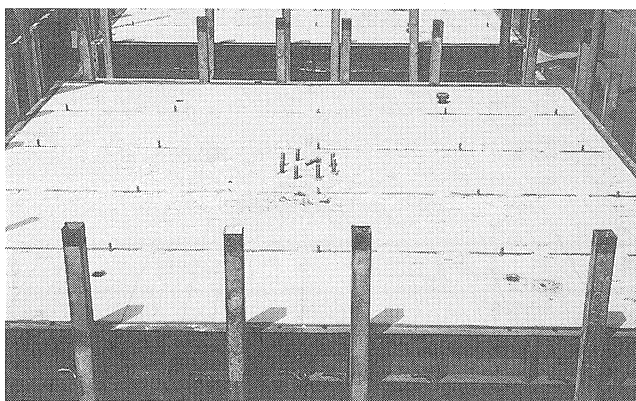


写真 型枠脱型後のコンクリート表面状況

9. まとめ

併用系高流動コンクリートの配合設計手法の確立および、一連の実験により得られたコンクリートの性質について明らかになったことを以下に示す。

1) 併用系高流動コンクリートについても、岡村らの手法りに準じた配合設計法を適用することにより、良好な性状を有するコンクリートを得ることができた。

2) 骨材表面水率が4%より大きいと、フレッシュコンクリート性状に及ぼす影響が顕著となる。しかし、表面水の大きい骨材を最後に投入する練混ぜ方法とすることにより、表面水による影響を抑制できることが明らかになった。

3) 骨材表面水率の変動によるフレッシュコンクリート性状の変化は大きく、設定値と実測値の差を±0.5%以内に抑えることが必要であり、大きな変動が予想される場合は通常以上の頻度で表面水率を管理する必要がある。

4) 実大打設実験により、安定した品質の高流動コンクリートを製造することができ、またポンプ圧送による品質の低下もなく、型枠内にコンクリートを密実に充填できることが確認できた。

今後は、硬化コンクリートの性状および耐久性の把握をするとともに、高流動コンクリート製造マニュアル等を作成し、高流動コンクリートを普及できるようさらに開発を進めていきたい。

参考文献

- 岡村 甫他：ハイパフォーマンスコンクリート，技報堂，1993
- 竹内 博幸他：モルタル試験による自己充填コンクリートに用いる粉体の評価，第48回セメント技術大会講演集，pp.345-349，1994
- 小沢 一雅他：ハイパフォーマンスコンクリート用セメントのフレッシュ性状に関する品質管理試験方法，第47回セメント技術大会講演集，pp.86-91，1993