

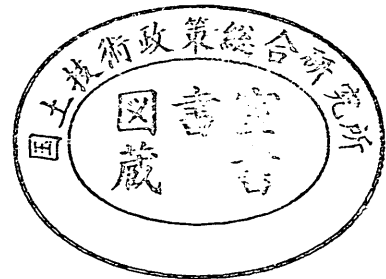
運輸省港湾技術研究所

港湾技術研究所 報告

REPORT OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH
INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT

VOL. 33 NO. 2 JUNE. 1994

NAGASE, YOKOSUKA, JAPAN



港湾技術研究所報告 (REPORT OF P.H.R.I)

第33巻 第2号 (Vol.33, No.2), 1994年6月 (June.1994)

目次 (CONTENTS)

1. スペクトル形状による波群特性の変化
.....鈴木康正・河合弘泰・望月徳雄・松森孝弘..... 3
(Effect of Spectral Peakedness on Wave Grouping Characteristics
...Yasumasa SUZUKI, Hiroyasu KAWAI, Norio MOCHIZUKI and Takahiro MATSUMORI)
2. 衝撃碎波力に対する防波堤ケーソンの動的挙動
.....高橋重雄・下迫健一郎・上部達生 59
(Characteristics of the Dynamic Response of Composite Breakwater
against Impulsive Breaking Wave Force
.....Shigeo TAKAHASHI, Ken'ichirou SHIMOSAKO and Tatsuo UWABE)
3. 海中に設置された汚濁拡散防止膜の水理特性に関する研究
.....鶴谷広一・渡邊 弘・安岡大輔・工藤雅春 87
(Study on hydrodynamic characteristics of floating flexible barrier
.....Hiroichi TSURUYA, Hiroshi WATANABE, Daisuke YASUOKA and Massaharu KUDO)
4. 潜堤周辺の底泥の局所洗掘に関する実験的研究
.....鶴谷広一・吉永宙司・佐々木豊喜115
(Experimental Study on the Local Mud Scour near Submerged Walls
.....Hiroichi TSURUYA, Hiroshi YOSHINAGA and Toyoki SASAKI)
5. 合成版式ケーソンのフーチング部の力学特性と構造設計
.....清宮 理・山田昌郎141
(Mechanical Properties and Structural Design of Composite Footing
.....Osamu KIYOMIYA and Masao YAMADA)
6. コンクリート中の鉄筋のマクロ腐食と電気防食によるアノード,
カソードへ流入する電流および分極量
.....阿部正美・福手 勤・浜田秀則・三浦幸治181
(A Study of Current Density and Polarization Amounts by Cathodic
Protection for Macro Cell Corrosion of Steel Bars in Concrete
.....Masami ABE, Tsutomu FUKUTE, Hidenori HAMADA and Kouji MIURA)
7. 転圧コンクリートによる薄層オーバーレイ工法の開発
.....福手 勤・三浦幸治・浜田秀則・寺野宜成207
(Thin Bonded Overlay using Roller Compacted Concrete for Airport Concrete
Pavements
.....Tsutomu FUKUTE, Kouji MIURA, Hidenori HAMADA and Yoshinari TERANO)

8. 増粘剤を用いた高流動コンクリートの過密配筋部材への適用性	福手 勤・濱田秀則・三浦幸治231
(Applicability of super-workable concrete using viscous agent to densely reinforced concrete members)	Tsutomu FUKUTE, Hidenori HAMADA and Kouji MIURA)

8. 増粘剤を用いた高流動コンクリートの 過密配筋部材への適用性

福手 勤*
濱田秀則**
三浦幸治***
中島由貴****
佐野清史*****
守分敦郎*****
濱崎勝利*****

要 旨

コンクリート工事の省力化、コンクリート構造物の高信頼性化を目指して、高流動コンクリートの開発が望まれている。

本研究では、増粘剤を用いた高流動コンクリートの開発を目的に、一連の室内実験、大規模モデル実験、実構造物への適用実験を行い、従来の方法では締固めが困難な過密配筋部材への適用性を確認した。多くの配合設計および試験練りを踏まえて、コンクリートのフレッシュ時に必要な流動性、材料不分離性、充填性を具備するコンクリートの配合を求め、硬化コンクリートの強度特性、耐久性(中性化、塩分浸透性など)を確認した。さらに過密配筋の大型モデルでの充填実験を行った後に、実構造物での施工を行い、高流動コンクリートの過密配筋構造物での適用性を確認・考察した。

その結果、以下のような結論が得られた。

- (1) セルロース系増粘剤を適切に用いることにより、高流動コンクリートが得られる。
- (2) 高流動コンクリートの中性化抵抗性、塩分浸透抵抗性は普通コンクリートと同等以上である。
- (3) 過密配筋を有する大型モデル実験の結果、バイブレーターによる締固めを行った普通コンクリートに比べて、締固めをしなかった高流動コンクリートでは、施工性、強度の均一性、材料分離の面から優れていた。
- (4) 過密配筋を有するケーソン底版(厚さ1.1m、面積700m²)に高流動コンクリートを適用した結果、骨材の表面水の適切な管理を行うことによって、一般の生コンクリートプラントにおいても、全く問題のない施工性と信頼性を有する高流動コンクリートを製造することが可能であった。

キーワード：高流動コンクリート、増粘剤、過密配筋、省力化

*港湾技術研究所構造部材料研究室長
**港湾技術研究所構造部主任研究官
***港湾技術研究所構造部材料研究室
****第三港湾建設局神戸調査設計事務所
*****東洋建設(株)
*****東亜建設工業(株)
*****五洋建設(株)

8. Applicability of super-workable concrete using viscous agent to densely reinforced concrete members

Tsutomu FUKUTE*
Hidenori HAMADA**
Kouji MIURA***
Yoshitaka NAKAJIMA****
Kiyoshi SANO*****
Atsurou MORIWAKE*****
Katsutoshi HAMAZAKI*****

Synopsis

Super-workable concrete has been expected to be realized to simplify the execution of concrete and to construct durable concrete structures.

In this paper, the applicability of super-workable concrete using viscous agent is studied from a series of fundamental experiments in a laboratory, full scale model experiments and execution of densely reinforced concrete actual structures.

From these experiments, the following results were obtained.

- (1) Super-workable concrete can be designed adding viscous agent properly.
- (2) Resistance of super-workable concrete to carbonation and chloride ion penetration is superior to those of conventional concrete.
- (3) Super-workable concrete is superior to conventional concrete in terms of workability, material segregation and uniformity of physical characteristics of hardened concretes in full scale model experiments.
- (4) It is confirmed from an execution of densely reinforced concrete actual structures that general ready mixed concrete plants can produce super-workable concrete if the surface water of aggregate is correctly measured.

Key Words : Super-workable Concrete, viscous agent

*Chief, Materials Laboratory, Structural Engineering Division

**Senior Research Engineer, Structural Engineering Division

***Member, Materials Laboratory, Structural Engineering Division

****Kobe Investigation and Design Office, Third District Port Construction Bureau

*****Toyo Construction Co., Ltd.

*****Toa Corporation

*****Penta-Ocean Construction Co., Ltd

目 次

要旨	231
1. まえがき	235
2. 高流動コンクリートの基本特性	236
2. 1 高流動コンクリートが具備すべき性能と評価法	236
2. 2 配合	237
2. 3 凝結特性	237
2. 4 強度特性	237
2. 5 乾燥収縮量	237
2. 6 耐久性	237
(1) 塩化物イオン浸透性	237
(2) 中性化深さ	238
2. 7 閉塞空間における充填性	239
2. 8 流動充填させたコンクリートの品質	239
3. 過密配筋部材への適用のための大規模モデル実験	239
3. 1 概要	239
3. 2 使用材料と配合	240
(1) 使用材料	240
(2) 配合設計	240
3. 3 生コンプラントでの実機試験	243
(1) 目的	243
(2) プラントの選定と練混ぜ方法	243
(3) 練混ぜ量および練混ぜ時間の検討	243
(4) フレッシュコンクリート性状の経時変化	243
(5) 示方配合の設定	243
3. 4 大規模モデルでの施工実験	245
(1) モデルの概要と評価項目	245
(2) コンクリートの運搬によるフレッシュコンクリートの性状変化	245
(3) 打設状況	245
(4) コンクリートの充填性	245
(5) 表面仕上げおよび養生	246
(6) 硬化コンクリートの品質	246
3. 5 大規模モデル実験による高流動コンクリートの評価	250

4. 過密配筋されたケーソンへの高流動コンクリートの適用	251
4. 1 概要	251
4. 2 使用材料および配合	251
4. 3 製造および運搬	251
4. 4 高流動コンクリートの施工	253
(1) 打込み	253
(2) 養生	253
4. 5 品質管理	254
(1) 管理項目と管理方法	254
(2) 品質管理の結果	254
5. 結論	255
6. あとがき	256
参考文献	256

1. まえがき

近年、コンクリート構造物において、密閉空間を有したり複雑な形状をした部材、あるいは過密に配筋された部材が採用されるケースが増加している。このような部材を築造する場合、従来から一般的に用いられてきたバイブレータによる方法ではコンクリートを十分に締め固めることが難しいことがある。そのような場合、締め固めが不足がちとなり、これがコンクリート構造物の耐久性を低下させる原因の一つになっている。特に、劣化環境条件の厳しい港湾コンクリート構造物においては、締め固め不足や豆板の発生などは、塩害など早期劣化の原因として大きな問題となる。

一方、建設業に従事する労働者の高齢化および若年労働者の建設業離れ等による労働力の不足が大きな社会問題となっている。そのため、従来のように時間をかけてコンクリートをバイブレータで入念に締め固めることが次第に困難となることも予想される。港湾工事においても施工の省力化は主要な技術課題で、大きな社会的な要請でもある。

これらの課題やニーズに対応するために、材料面、構造面、施工面からの様々なアプローチがある。このうち材料面からは、図-1.1のような位置づけで、高い流動性と材料分離抵抗性、自己充填性をコンクリートに付与することによって、コンクリートの締め固め作業の省力化や、出来上がったコンクリートの品質に対する高い信頼性の

確保を可能とする「高流動コンクリート」の開発が望まれている¹⁾。このタイプのコンクリートは「高流動コンクリート」の他に「超流動コンクリート」、「締め固め不要コンクリート」、「自己充填性コンクリート」、「ハイパフォーマンスコンクリート」等の名称で呼ばれているが、主に粉体の増量によって所要の性能を発揮させる「粉体系」と、主に増粘剤によってこれらの性能を確保する「増粘剤系」に大きく分類される²⁾。

港湾工事では水中コンクリートを使用する機会が多いが、コンクリートは水中では締め固めができないため、締め固めをしなくても充填性が高く、十分密実で、また信頼性の高いコンクリートができるような技術開発が進んできた。このような中で、セルローズ系またはアクリル系の水溶性高分子である増粘剤（水中不分離性混和剤）を用いた水中コンクリート（水中不分離性コンクリート）が開発され、施工の合理化と信頼性の向上に大きく寄与し、その施工実績も増えてきた^{3)~6)}。水中において、材料分離が少なく、締め固めを必要としないこの水中不分離性コンクリート技術を、水中施工に限ることなく、陸上も含めた一般の港湾工事に適用できれば、港湾建設技術の合理化・省力化に極めて役立つことになる。しかし水中と異なり空気中においてコンクリートは、乾燥収縮、乾湿繰り返し、凍結融解、中性化などの作用の影響を受けるため、水中コンクリートの技術をそのまま陸上工事に流用することはできず、種々の確認・検討が必要となる。

筆者らは、社会的な要請で開発が強く望まれている高

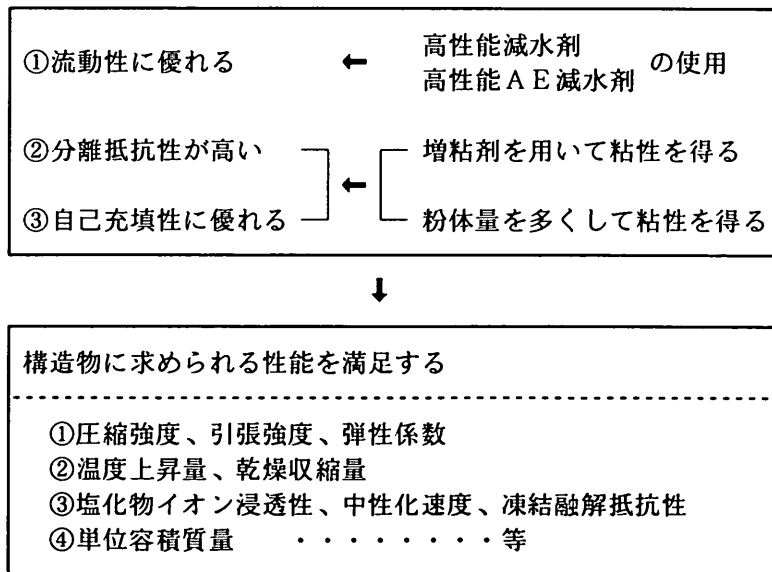


図-1.1 高流動コンクリートに求められる性能

流動コンクリートを、港湾建設技術の中で発達してきた水中不分離性コンクリート技術の気中における応用として位置付け、「増粘剤系の高流動コンクリート」の開発および実用化に関する検討を行ってきた。これまでに得られた結果のうち本稿では、一連の室内実験により得られた強度、耐久性などの基本特性をはじめ、大規模実験モデル並びに実構造物によって、過密に配筋された部材への適用性を検討した結果を報告するものである。

なお、コンクリートの名称に関して筆者らは、このコンクリートが施工の簡略化や合理化、およびコンクリート品質の信頼性向上に有効であることから、これまで「省力化施工・高信頼性コンクリート」と呼称してきたが、この名称はやや冗長であること、および（社）土木学会、（社）コンクリート工学協会などでの呼称統一への動向も踏まえて、本稿中では「高流動コンクリート」と呼ぶことにする。

2. 高流動コンクリートの基本特性

2.1 高流動コンクリートが具備すべき性能と評価法

高流動コンクリートがフレッシュな状態において要求される基本性能は、図-1.1にも示したように「流動性」、「分離抵抗性」、「自己」充填性」である。

一般に流動性は、スランプ試験でスランプの代わりに、水平方向の広がりによって定義されるスランプフローで評価される。この値が大きいほど流動性が高いものと評価される。

一方、流動性が高くても、粗骨材とモルタルの分離が生じては、優れた充填性を有する高い品質のコンクリートの製造は望めないため、適度な材料の分離抵抗性も有しなくてはならない。分離抵抗性の評価には、現在各種ロート試験、ボックス試験など様々な手法が用いられている。本研究では図-2.1のような「鉄筋入りボックス試験」を採用した。分離抵抗性に優れるコンクリートでは、粗骨材がモルタルに包み込まれた状態で鉄筋の間を通過することができるので、2つのボックス内のコンクリート表面の高低差はほとんどなくなるのに対し、材料分離抵抗性に劣るコンクリートでは、粗骨材が「アーチアクション」を起こして鉄筋の間に詰まり、それ以上コンクリートが移動しなくなるために、2つのボックス内のコンクリート表面の高さの差が小さくならない。鉄筋入りボックス試験では、この高低差の値（ボックス値）で分離抵抗性を評価することができる。また、一方のボックスから鉄筋の間を通過して他方のボックスにコンクリートが充填される状況から、筆者らはこの試験を充填性の

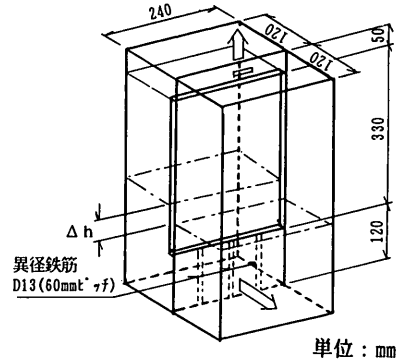


図-2.1 ボックス試験装置の概要

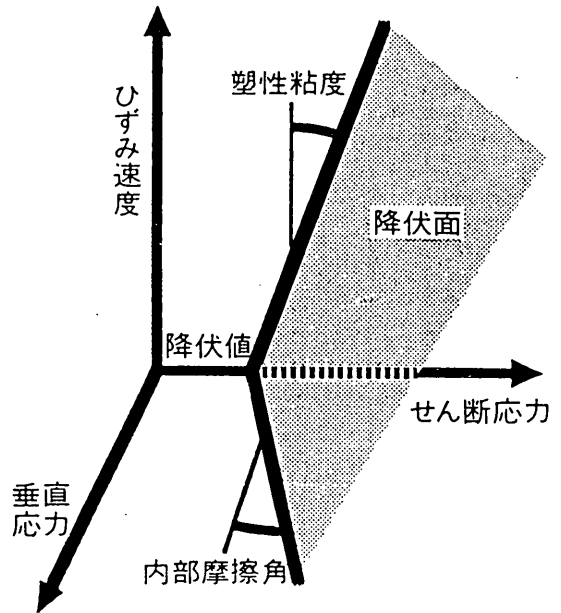


図-2.2 レオロジーモデル（複合モデル）

評価にも用いている。

ところで、コンクリートのフレッシュ時の変形特性はレオロジーによって説明される。図-2.2は粘弾性体の挙動を垂直応力-せん断応力-ひずみ速度の三次元空間で包括的に表そうとしたものである⁷⁾。このうちフレッシュコンクリートの挙動は、せん断応力-ひずみ速度の二次元空間でビンガム流体、すなわちせん断応力が降伏値以下では変形しないが、それよりも大きくなるとひずみ速度はせん断応力に比例（比例係数：塑性粘度）して変形が進むというモデルで解釈されることが多い。これらふたつのパラメーターのうち、降伏値はスランプフローと強い関係があるといわれているのに対し、塑性粘度の

測定には回転粘度計が用いられたり、簡便的な手法としてスランプフロー試験の開始直後からある広がり（例えば50cm）まで広がる時間（フロー時間）で評価することが多い。筆者らは降伏値の評価にはスランプフローを、また塑性粘度の評価にはフロー時間を用いている。

2.2 配合

高流動コンクリートは、スランプフロー試験による流動特性の評価やボックス試験による充填性評価、あるいは品質の検討結果等から、概ね表-2.1のような配合を得ることができた⁹⁾。なお、セメントは港湾工事で一般的に用いられる高炉セメントB種（BB）と、温度応力の低減を目的とした低発熱型高炉セメントB種（LBB）を、増粘剤はセルロース系増粘剤を使用した場合の配合である。

一般に増粘剤を加えたコンクリートは粘性が高くなるため、分離抵抗性は向上するものの、流動性が悪くなる。そのため単位水量をあまり増加せずに、流動性を改善することを目的とし、高性能減水剤や高性能AE減水剤が使われる。今回使用したセルロース系増粘剤はメラミン系あるいはポリカルボン酸系の高性能減水剤との相性が良いことから、ここではメラミン系の高性能減水剤を使用した。

2.3 凝結特性

増粘剤系の高流動コンクリートの凝結時間は、例えば図-2.3に示すように普通コンクリートと比較して始発時間および終結時間が遅れる傾向にある⁹⁾。同図は低発熱型高炉セメントを用いた高流動コンクリートであるが、練上がり温度が20℃の場合普通コンクリートと比較して始発で2時間、終結で3時間30分程度の遅れが見られた。これは増粘剤あるいは高性能減水剤を用いたコンクリートにおいて一般的に見られる現象である。このことから高流動コンクリートの実施工においては、型わくやせき板はコンクリートの側圧として液圧が作用するものとして設計する必要があるといえる。

2.4 強度特性

高流動コンクリートを、直径10cm、高さ20cmの型枠に、軽い振動を与えながら打ち込み、所定材齢経過後JIS A 1108に従って圧縮強度試験を実施し、合わせてコンプレッソメーターにより弾性係数を測定した。さらに、引張強度試験をJIS A 1113に従って実施した。

図-2.4に圧縮強度と引張強度の関係を、また図-2.5に圧縮強度とヤング係数の関係を示す。使用したセメントは低発熱型高炉セメントB種と普通ポルトランドセメントの2種類、水セメント比W/Cは50%、55%、60%の3種類、増粘剤は質量で練混ぜ水の0.275%添加した。

強度特性を普通コンクリートと比較すると、圧縮強度に対する引張強度はやや大きくなっている。また弾性係数は土木学会の式で表される値よりもやや小さい値を示しているが、コンクリートの比重 ρ を考慮した式から計算される値とほぼ同じ程度の値となっている。

2.5 乾燥収縮量

低発熱型高炉セメントB種を用いた配合でJIS A 1129に従って供試体を作成し、脱型後1週間水中養生した後、室温20℃、相対湿度60%の環境に暴露した。乾燥収縮量はコンタクトゲージにより測定しており、その結果を図-2.6に示す。同図から明らかなように、単位水量が200 kg/m³の配合は190kg/m³以下の場合に比較して乾燥収縮量が大きい。一般的に、増粘剤を添加したコンクリートは保水性が高くブリーディングが殆ど認められないことから、一般のコンクリートに比べて乾燥収縮はやや大きい傾向にあると思われる。したがって、単位水量が大きくなる場合には初期の養生を十分に行ない、急激な乾燥を避ける必要があるとともに、配合設計の段階においてできるだけ単位水量を減らす工夫をすることが大切である。

2.6 耐久性

(1) 塩化物イオン浸透性

低発熱型高炉セメントB種を用いた高流動コンクリートを用いて、2.4と同様の手順で供試体を作製し、それを

表-2.1 充填性に優れた配合と充填性能

セメントの種類	配合要素					充填性能				
	単位水量 (kg/m ³)	細骨材率 (%)	粗骨材容量 (ℓ/m ³)	増粘剤添加量 W×%	スランプフロー (cm)	ボックス試験値 (cm)			箱型充填率 (%)	
	180 190 200	46 48 50 52	300 325 350	0.25 0.35	60 65 70 75	0	1	2	3	60 70 80 90
高炉セメントB種	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□
低発熱型高炉セメントB種	□	□	□	□	□	□	□	□	□	□

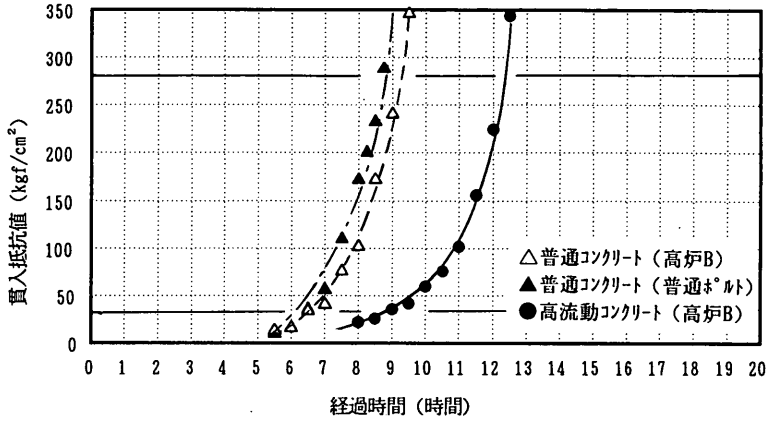


図-2.3 凝結特性

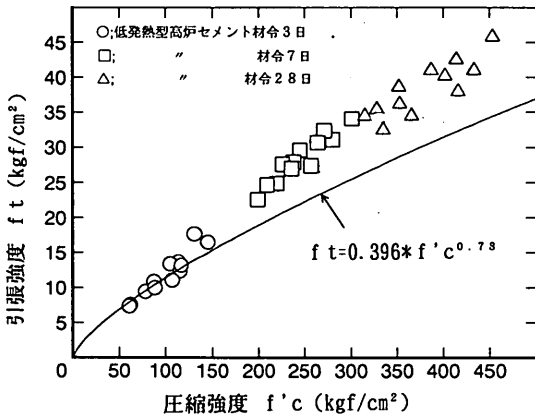


図-2.4 圧縮強度と引張強度の関係

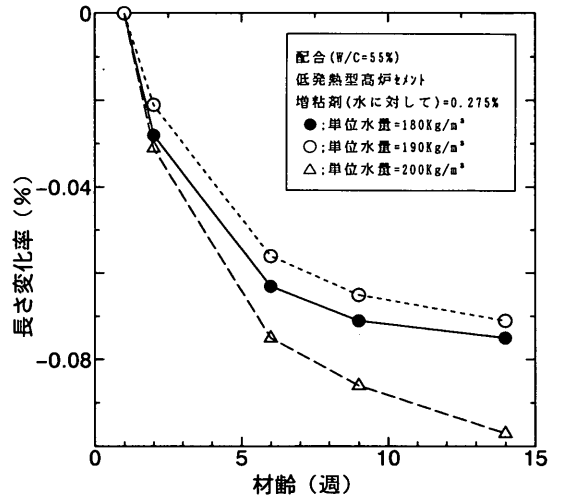


図-2.6 乾燥収縮量

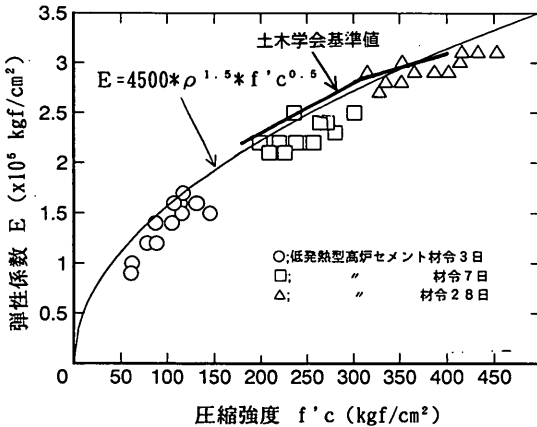


図-2.5 圧縮強度と弾性係数の関係

91日間水中養生したのち海水に浸漬し、0.1規定硝酸銀溶液と0.1%フルオレセインナトリウム溶液を噴霧して塩化物イオン浸透深さを測定した。図-2.7にその結果を示

す。

図は単位水量が190kg/m³のときのものであるが、高流動コンクリートは、増粘剤および高性能減水剤を添加していない普通コンクリートに比較して塩化物イオンの浸透深さは小さかった。その一因として、高流動コンクリートの持つ分離抵抗性・保水性により、ブリーディングがほとんど発生せず、耐久性上の弱点を形成しにくいことの結果が考えられる。また、水セメント比50~60%の範囲においては塩化物イオンの浸透深さに顕著な違いは見られなかった。

(2) 中性化深さ

同じ高流動コンクリートの供試体を、材齢91日まで水中養生を行ったのち、室温20℃、相対湿度60%の室内に暴露し、フェノールフタレインの1%アルコール溶液を噴霧して中性化深さを測定した結果を図-2.8に示す。塩

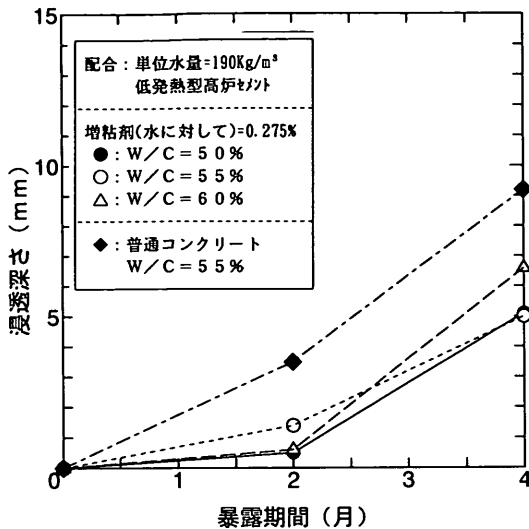


図-2.7 塩化物イオンの浸透深さ

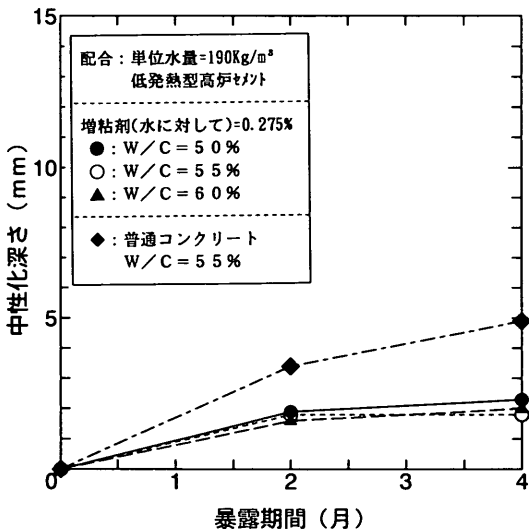


図-2.8 中性化深さ

化物イオン浸透性と同様の理由で高流動コンクリートでは普通コンクリートに比較して中性化深さが小さいが、水セメント比50～60%では顕著な違いは見られなかった。

2.7 閉塞空間における充填性¹⁰⁾

障害物のある閉塞された空間での高流動コンクリートの流動性や充填性を評価するために、図-2.9に示す充填性評価モデルを作成した。実験に用いた配合は、増粘剤の添加量を単位水量に対して0.2%～0.35%、セメントは低発熱型高炉セメントB種を使用し、W/C=55%、単位水量は190kg/m³とした。充填状況や流動性は図-2.10に

示すように、増粘剤の添加量、すなわちコンクリートの粘性の影響を大きく受けることがわかった。さらに、このような閉塞空間への充填性は、鉄筋入りボックス試験とスランプフローの試験結果がある範囲、すなわちボックス値が2cm以下、スランプフロー値が63cm以上の範囲にあるときに良好となることがわかった。

2.8 流動充填させたコンクリートの品質¹¹⁾

高流動コンクリートを流動のみにより密閉型枠内に充填させた場合のコンクリートの品質について、流動モデルを用いて評価した。流動モデルは図-2.11に示すように、流動方向に直角ないくつかの断面に1～2本の縦筋を配置したものである。低発熱型高炉セメントB種を用いて、単位水量190kg/m³、増粘剤添加量を水量の0.275%とした配合においては、高流動コンクリートは締固めをしなくても隅々まで充填された。

得られた圧縮強度、付着強度、粗骨材面積率を図-2.12～2.14に示す。図-2.12はコンクリート打込み時に作製した品質管理試験用供試体の強度に対するサンプリングコアの強度の比(圧縮強度比)を示している。これらの図から、圧縮強度や付着強度の深さ方向の低下および粗骨材の分離傾向は普通コンクリートと同程度であり、また流動に伴うそれらの変化は見られなかったといえる。コンクリートの流動状況および鉄筋回りへの充填状況をそれぞれ写真-2.1, 2.2に示す。鉄筋周辺の隅々にまでコンクリートが充填されていることがわかる。

3. 過密配筋部材への適用のための大規模モデル実験

3.1 概要

本実験は、高流動コンクリートのニーズが高い「過密配筋部材」への適用性を評価することを目的として行ったものである。評価対象にはケーソンの底版コンクリートを想定した過密配筋モデルを考え、普通コンクリートで振動締固めを行って施工した場合と高流動コンクリートを締め固めせずに施工した場合とを比較することによって、高流動コンクリートの性能の評価を行った。

高流動コンクリートの実用上の課題が、「施工条件や環境条件を考慮した充填性および耐久性に優れる配合の選定」および「生コンクリート工場での製造能力と品質の確認」、「大規模モデルでの充填性・品質および施工性の確認」にあることから、これらに対応した図-3.1に示す手順で一連の実験を実施した。

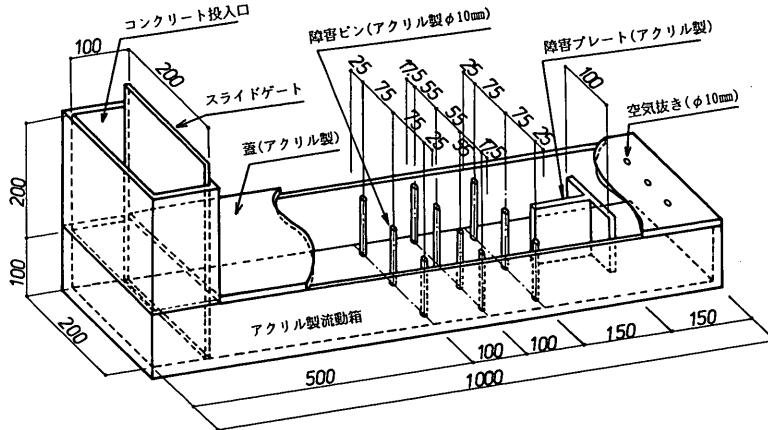


図-2.9 充填性評価モデル型枠

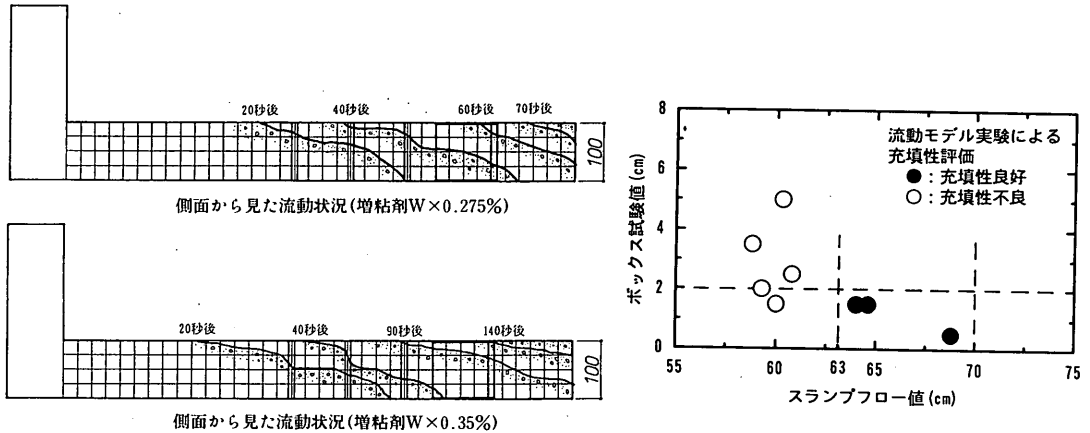


図-2.10 充填状況と試験結果

3.2 使用材料と配合

(1) 使用材料

表-3.1は本実験に使用した材料である。骨材は3.3に述べる実機試験を行うプラント（兵庫県北部地区）で使用しているものを用いた。混和剤は普通コンクリートで一般に用いられているAE減水剤に加え、高流動コンクリートではメチルセルローズ系の増粘剤と高縮合トリアジン系（メラミン系）の高性能減水剤を使用した。減水効果が大きく、スランプの経時変化の小さな高性能AE減水剤の使用も検討したが、現状ではまだ高価であるため、今回は練り上がったコンクリートの打込み現場までの運搬に伴うスランプロスに対しては、AE剤の増量で調整することで、高性能AE減水剤を使用した場合よりもコストを抑え、経済性を考慮した。

またセメントの種類は、普通コンクリートが普通ポルトランドセメント（OPC）を用いたのに対し、高流動コ

ンクリートでは単位セメント量が若干多くなることから、温度ひび割れやその他の耐久性を考慮して高炉セメントB種（BB）を用いることとした。

(2) 配合設計

普通コンクリートおよび高流動コンクリートの配合設計は、設計基準強度 $f_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$ を満足することを条件に行った。今回コンクリートを製造した生コンプラントで、表-3.1に示した材料を用いた普通コンクリートの配合実績として、配合強度 f_{cr} が 348kgf/cm^2 （変動係数 $\sigma_v=8\%$ ）に対応する水セメント比 $W/C=44.8\%$ の実績があったので、普通コンクリートの配合はその実績に基づき、また高流動コンクリートでも同等の水セメント比（ $W/C=45\%$ ）とした。

高流動コンクリートの配合設計における重要な評価項目は、先に述べたように、「流動性」と「充填性」である。まず流動性に関しては、既往の知見から、過密配筋

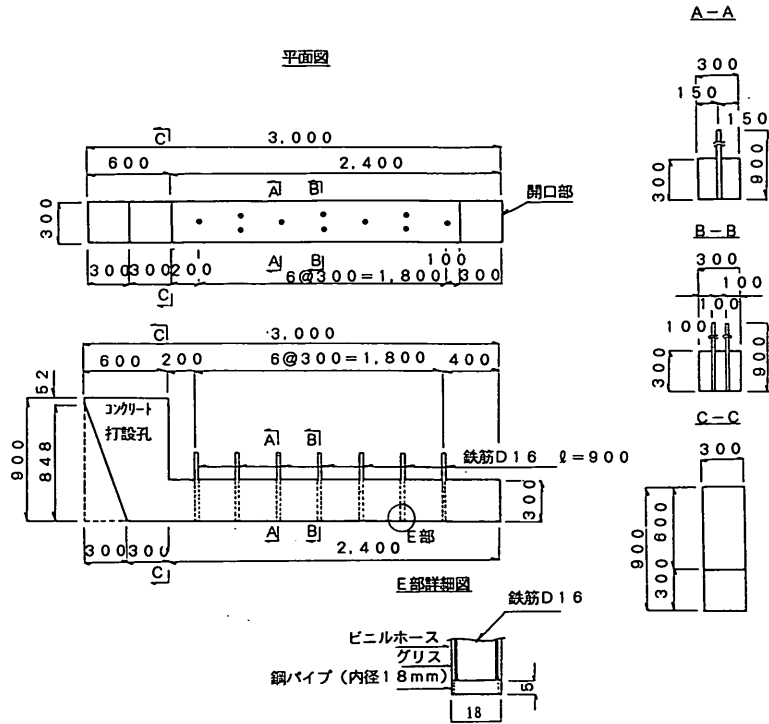


図-2.11 流動モデル用型枠

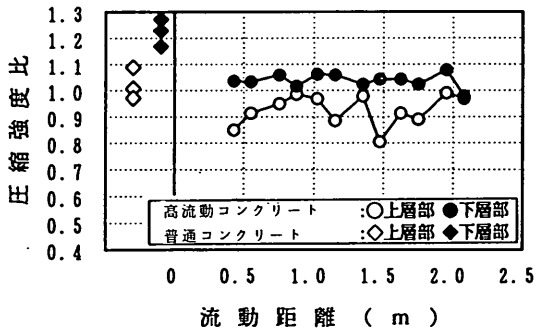


図-2.12 流動距離と圧縮強度比との関係

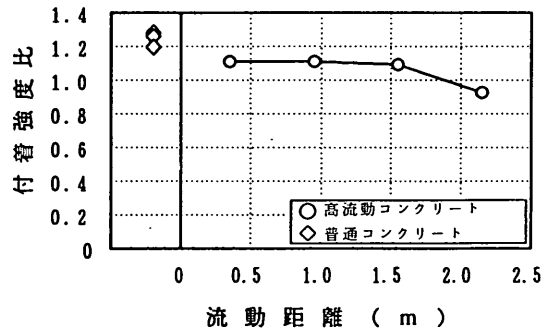


図-2.13 流動距離と鉄筋の付着強度比との関係

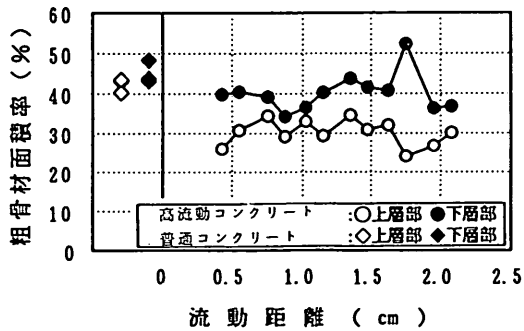


図-2.14 流動距離と粗骨材面積率との関係

増粘剤を用いた高流動コンクリートの過密配筋部材への適用性

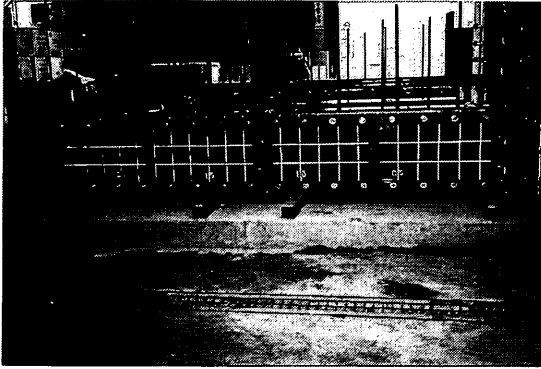


写真-2.1 コンクリートの流動状況

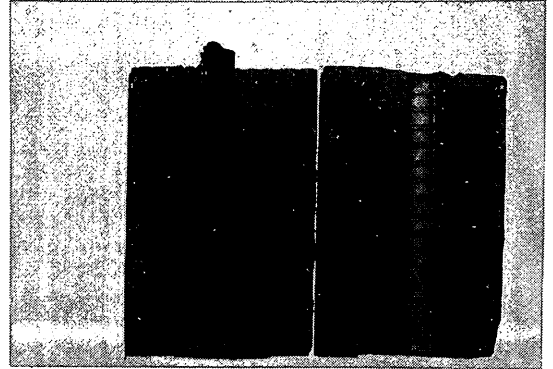


写真-2.2 鉄筋廻りへの充填状況

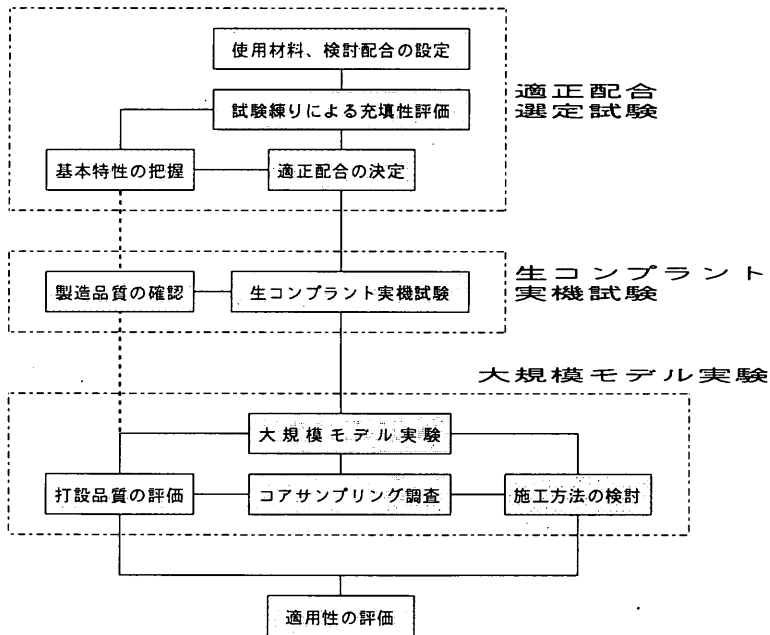


図-3.1 実験のフロー

表-3.1 実規模モデル実験用コンクリートの使用材料

	高流動コンクリート	普通コンクリート
粗骨材	村岡町味取産砕石(最大寸法20mm, 比重2.66, 吸水率0.95%, F.M=6.65)	
細骨材	香住町矢田川産川砂(比重2.57, 吸水率1.83%, F.M=2.87)	
セメント	高炉セメントB種(比重3.04)	普通ポルトランドセメント(比重3.15)
混和剤	AE減水剤 (リグニンスルホン酸化合物及びポリオール複合体)	
	増粘剤(低界面活性型水溶性セルロースエーテル)	—
	高性能減水剤(高縮合トリアジン系化合物)	—
	AE助剤(変性アルキルカルボン酸化合物)	

部材への確実な充填を得るために、スランプフローとして65cmを目標とした。また充填性については、2.2に示したボックス試験におけるボックス値が2cm程度以下となることを目標にした。

3.3 生コンプラントでの実機試験

(1) 目的

高流動コンクリートを生コンプラントで製造する場合、粉体系では各種の粉体を貯蔵・計量・供給するための新たな施設の整備が必要となる。これに対し、増粘剤系は使用材料や配合が普通コンクリートに比較的近いいため、生コンプラントに新たな装置が不要という特長を持つ。しかし、①増粘剤の添加に伴うミキサ負荷の増大の程度、②増粘剤の均一分散に必要な練混ぜ時間の設定、③アジテータ車での運搬に伴う流動性や充填性の変化など、コンクリートの製造と運搬に関して確認すべきいくつかの項目がある。

本試験は、これらの点を明らかにし、実機で製造した高流動コンクリートの品質（特にフレッシュコンクリートの特性）を確認する目的で行ったものである。

(2) プラントの選定と練混ぜ方法

実機試験の生コンプラントは、普通コンクリートでの連続・多量製造の実績があるプラントの中から選定した。ミキサは、公称練混ぜ容量4.5m³の二軸パグミル型である。今回の実験では、高流動コンクリートでの増粘剤と高性能減水剤の添加は手投入による方法とし、その他の材料は機械投入で行った。

普通コンクリートと高流動コンクリートの練混ぜは、図-3.2に示す手順で行った。すなわち高流動コンクリ

ートでは、粉末状の増粘剤の均一分散を図るため、水を加える前に空練りを行うこととした。

(3) 練混ぜ量および練混ぜ時間の検討

高流動コンクリートは、普通コンクリートに比較して粘性が高いため、練混ぜ時にミキサへの負荷が大きくなるため、練混ぜ量はミキサの公称容量の約80%以下とするのが一般的である。一方、練混ぜ量が少なすぎると混和剤の分散が不均一となって、品質のばらつきが大きくなる結果となり好ましくない。そこで今回は練混ぜ量としては、約3m³を目途にした。

練混ぜ時間とスランプフロー値、ボックス値、空気量、圧縮強度(材齢28日)の関係を、それぞれ図-3.3～図-3.6に示す。これらによれば、練混ぜ時間の相違によるフレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの性状に明瞭な違いは見られない。したがって、今回の実験ではコンクリートの供給能力を考えて練混ぜ時間を1分間に設定した。

(4) フレッシュコンクリート性状の経時変化

図-3.7および図-3.8は、高流動コンクリートに関し、練混ぜ後のアジテータ車での攪拌状態によるフレッシュコンクリートの物性の経時変化を調べた結果である。この結果、AE減水剤量がセメント量の0.4%以下では、練混ぜ後30分で流動性と充填性が大きく低下することがわかった。そこで所要の流動性や充填性を60分程度まで維持できるようにするために、AE減水剤の添加量を単位セメント量の0.6%とすることにした。

(5) 示方配合の設定

実機での試験練りから、高流動コンクリートと普通コンクリートの示方配合を、表-3.2のように定めた。

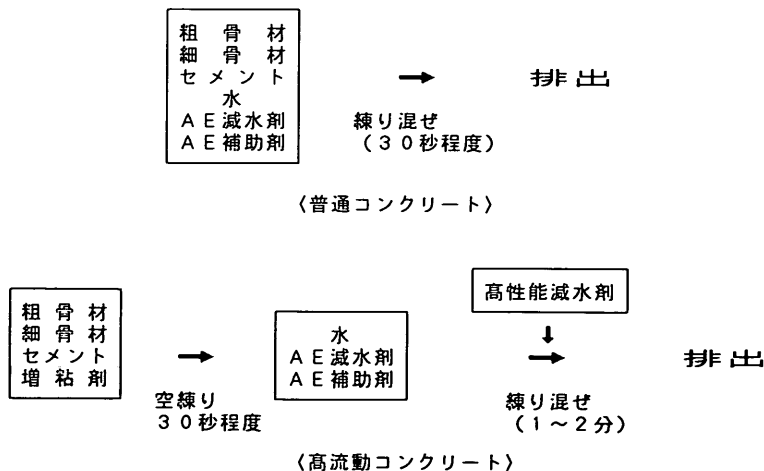


図-3.2 練混ぜ手順

増粘剤を用いた高流動コンクリートの過配筋部材への適用性

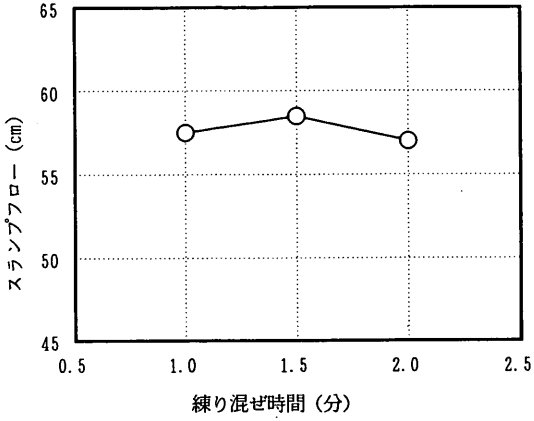


図-3.3 練り混ぜ時間とスランプフロー値の関係

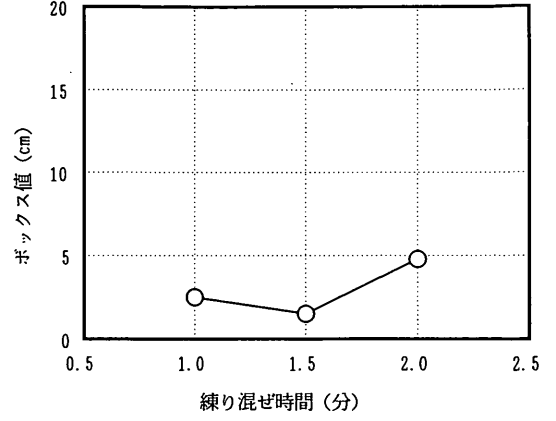


図-3.4 練り混ぜ時間とボックス値の関係

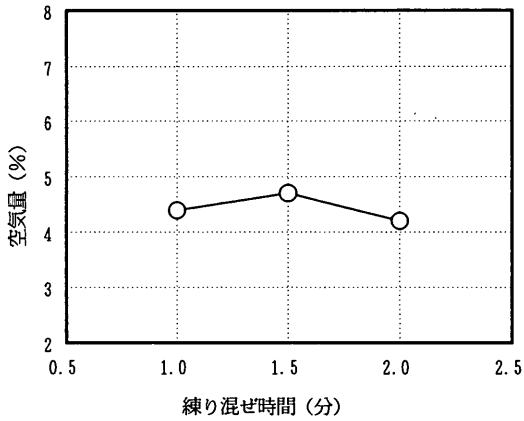


図-3.5 練り混ぜ時間と空気量の関係

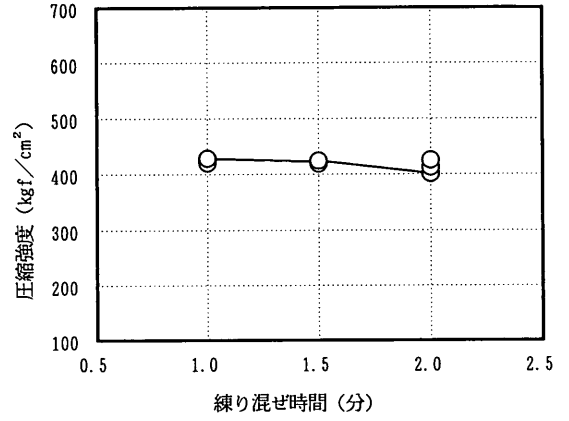


図-3.6 練り混ぜ時間と圧縮強度の関係

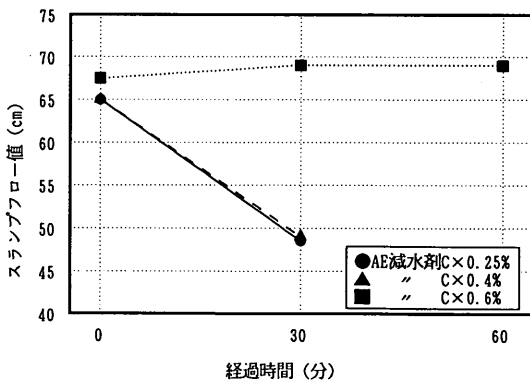


図-3.7 スランプフローの経時変化

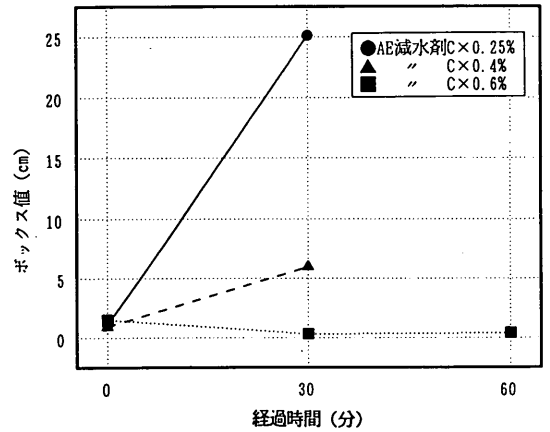


図-3.8 ボックス値の経時変化

3.4 大規模モデルでの施工実験

(1) モデルの概要と評価項目

この実験は、表-3.2に示す2種類のコンクリートを、写真-3.1に示す配筋の実験モデル（幅2.0m×高さ1.1m×長さ7.2m）にコンクリートポンプで打ち込んだものである。このモデルはD51、D32が複雑に多段にわたって組み立てられた非常に過密な配筋状態となっていて、鉄筋間隔は狭いところでは5cm以下である。この鉄筋量はモデルの横断方向の断面で約9%、縦断方向断面で約6%で、通常の鉄筋量の4～6倍にもなっている。

コンクリートの打込みは、普通コンクリートは棒状バイブレーターによる締固めを行ったのに対し、高流動コンクリートは端部からの流込みによって行った。

本実験では、以下の項目の評価を行った。

- ① フレッシュコンクリートの性状の経時変化
 - ② 施工性
 - ③ 充填性
 - ④ 表面仕上げおよび養生
 - ⑤ 強度、弾性係数
 - ⑥ 粗骨材の分布状態
- なお実験は8月初旬の快晴の日を実施した。

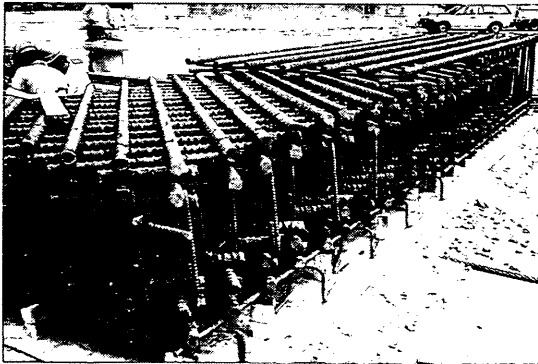


写真-3.1 大規模モデル実験の配筋状況

(2) コンクリートの運搬によるフレッシュコンクリートの性状変化

約20分の運搬時間をはきんで測定した練混ぜ直後と打ち込み前のフレッシュコンクリートの性状の変化を図-3.9および図-3.10に示す。普通コンクリートはスランプ、空気量とも運搬により若干の低下がみられた。高流動コンクリートでは、空気量は若干低下する傾向が見られたが、ボックス値は運搬による大きな変化が見られず、全てのジテータ車で概ね5cm以下であった。スランプフローも目標値の65cmをほぼ満足するものであった。

(3) 打設状況

コンクリートの打込み時間、打込み速度を表-3.3に示す。打込み速度は普通コンクリートの方が若干速かった。これは高流動コンクリートは、普通コンクリートに比べて粘性が高いためにポンプ圧送性（吐出量）が低下したことによるものと思われる。

打込みに要した人数は、普通コンクリートが5～6人であったのに対し、高流動コンクリートはポンプの吐出口を管理する1人だけで済んだ。これは普通コンクリートが2台のバイブレーターにより十分締固めながら打設する必要があったのに対し、高流動コンクリートではこの手間が不要であったためである。

また配筋が過密であったため、普通コンクリートでは、本来避けなくてはならない締固め中のバイブレーターと鉄筋の接触やコンクリートの側方移動はある程度やむを得なかった。

普通コンクリートと高流動コンクリートの打込み状況を写真-3.2(a), (b)に示す。

(4) コンクリートの充填性

コンクリート硬化後にコアサンプリングを行うとともに、試験体を切断した断面の観察から充填性を評価した。普通コンクリート、高流動コンクリートいずれも良好な充填状態が観察され、鉄筋回りへの充填性も十分であり未充填部は見られなかった。高流動コンクリートの試験体断面における充填状況を写真-3.3に示す。

表-3.2 実規模モデル実験に使用したコンクリートの示方配合

コンクリートの種類	スランプ フロー スランプ (cm) **	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				増粘剤 (×W%)	高性能 減水剤 (×C%)	AE 減水剤 (×C%)
					W	C	S	G			
高流動 コンクリート	65	5	45	50	190	422	798	826	0.275	2.25	0.6
普通 コンクリート	**12	4.5	44.8	43	168	375	759	1043	-	-	0.25

アジテータ車 No.	スランプ(cm)				空気量(%)			コンクリート温度(°C)				コンクリート 容量 (m ³)	運搬 時間 (分)
	6	9	12	15	3	5	7	26	28	30	32		
1												5.5	18 (34)
2												"	20 (31)
3												5.0	22 (31)

○:練り混ぜ直後、●:打設前、()内は練り混ぜ終了から打設までの時間

図-3.9 フレッシュコンクリートの物性 (普通コンクリート)

アジテータ車 No.	スランプフロー値(cm)				空気量(%)			ボックス値(cm)				コンクリート温度(°C)				コンクリート 容量 (m ³)	運搬 時間 (分)
	60	65	70	75	3	5	7	0	5	10	15	26	28	30	32		
4																5.5	19 (57)
5																"	20 (44)
6																"	18 (27)

○:練り混ぜ直後、●:打設前、()内は練り混ぜ終了から打設までの時間

図-3.10 フレッシュコンクリートの物性 (高流動コンクリート)

表-3.3 コンクリートの打込みに要した時間と打込み速度

コンクリートの種類	アジテータ車NO.	打設容量(m ³)	打設時間(分)	打設速度(m ³ /hr)
普通 コンクリート	1	5.5	7	47
	2	5.5	8	41
	3	5.0	6	50
高流動 コンクリート	4	5.5	7	47
	5	5.5	10	33
	6	5.5	10	33

(5) 表面仕上げおよび養生

増粘剤系、粉体系ともに、高流動コンクリートは高いセルフレベリング性を持つものの、ノンブリーディング性や粘性の強さから表面仕上げがしにくいという欠点がある。本実験では、木ゴテ均しや金ゴテ均し、角材による叩き均しの3種類で表面仕上げの施工性を検討したが、やはりいずれの方法でも普通コンクリートに比べて若干作業性が劣ることがわかった。しかし、当初懸念していたほどの困難さはなく、これらの均し方法でも実用上は十分対応できることが確認できた。

また、高流動コンクリートはそのノンブリーディング性により、コンクリート表面の乾燥が速いため、コンクリートの初期養生が極めて大切である。今回の実験では表面仕上げに続き、直ちにマットを敷くとともに散水に

よる養生を行った結果、以後の観察から乾燥収縮によるひび割れも見られず、十分な養生を行うことによって、普通コンクリートに劣らない表面性状を得ることができていることがわかった。

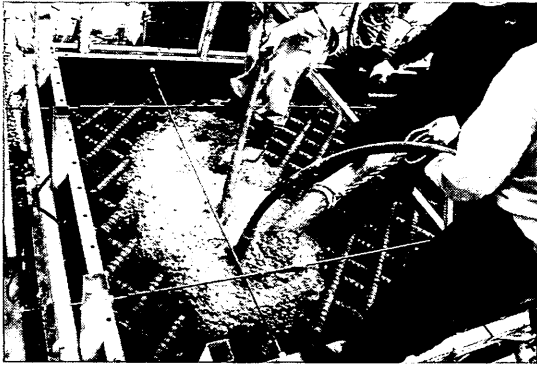
なお、高流動コンクリートではその自己充填性により型わくやせき板の隅々にまでモルタル分が回り込むため、型わくに接したコンクリート面のテクスチャーは型わく面のテクスチャーを忠実に反映したものとなっていた。

写真-3.4は高流動コンクリートの表面状況を示したものである。

(6) 硬化コンクリートの品質

a) 圧縮強度

サンプリングコアから求めた高流動コンクリートの圧縮強度の分布を図-3.11に示す。この図から、強度の平均



(a) 普通コンクリート



(b) 高流動コンクリート

写真-3.3 供試体断面での充填状況

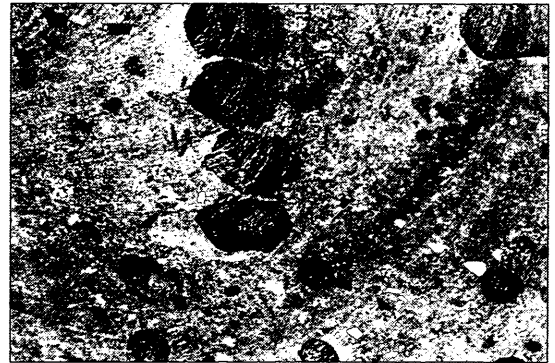
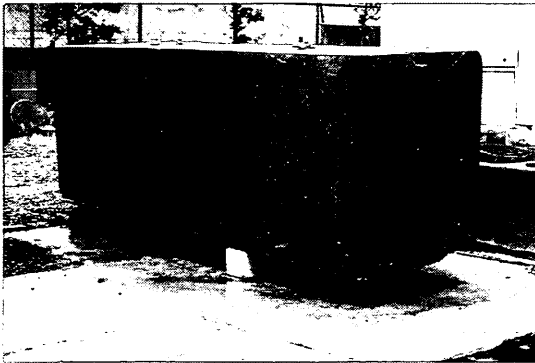


写真-3.3 供試体断面での充填状況

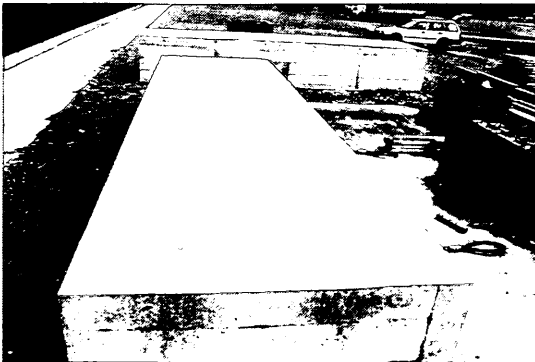


写真-3.4 高流動コンクリートの表面状況

値は約 470kgf/cm^2 、標準偏差が 28kgf/cm^2 と、ばらつきの少ない高品質のコンクリートとなっていることがわかる。

一方、図-3.12はコンクリート打込み時に作製した品質管理試験用供試体の強度に対するサンプリングコアの強度の比（圧縮強度比）を示している。深さ方向にみると、圧縮強度比は、高流動コンクリートでは $1.0\sim 1.3$ と全ての試験体で品質管理試験値以上であり、上・中・下層部の違いも見られなかった。ここで上層部とはモデル表面から約 $5\sim 25\text{cm}$ 、下層部とはモデル底面から $5\sim 25\text{cm}$ 程度を指している。これに対し普通コンクリートの圧縮強度比は、上層部で $0.8\sim 1.0$ 、中・下層部で $0.9\sim 1.15$ と、概ね上層部が品質管理試験値以下の結果となった。

増粘剤を用いた高流動コンクリートの過密配筋部材への適用性

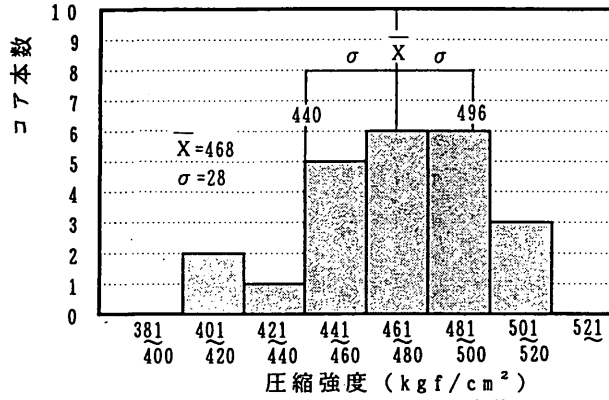
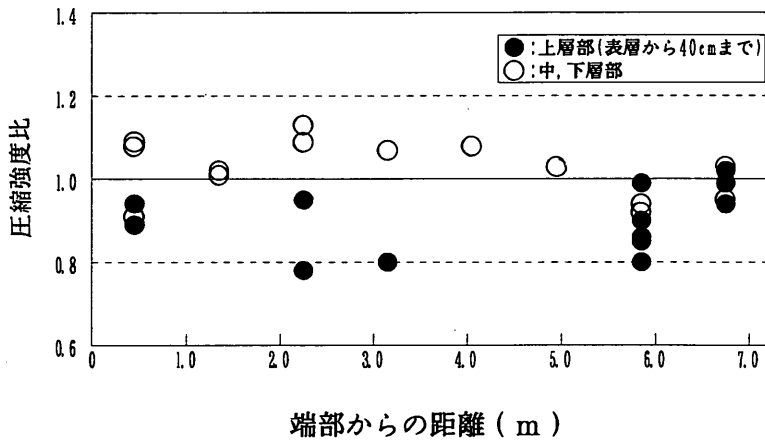
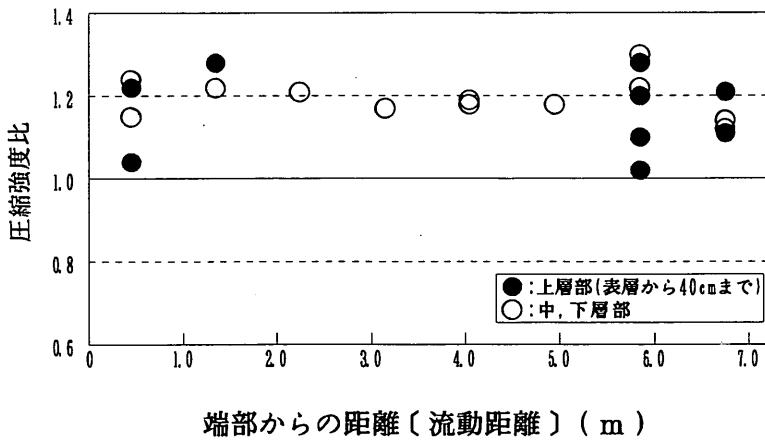


図-3.11 サンプルングコアの圧縮強度の分布 (高流動コンクリート)



(a) 普通コンクリート



(b) 高流動コンクリート

図-3.12 サンプルングコアの標準養生供試体に対する圧縮強度比

これは普通コンクリートの表層部は、過密配筋ゆえの締固めの過不足やバイブレーターの鉄筋への接触などの影響を受けて強度低下を起こしたことが原因として考えられる。

一方、高流動コンクリートは、バイブレーターを使用しないため過振動のような悪影響を受けず、全ての深さで良好な強度発現性が確保できたものと考えられる。

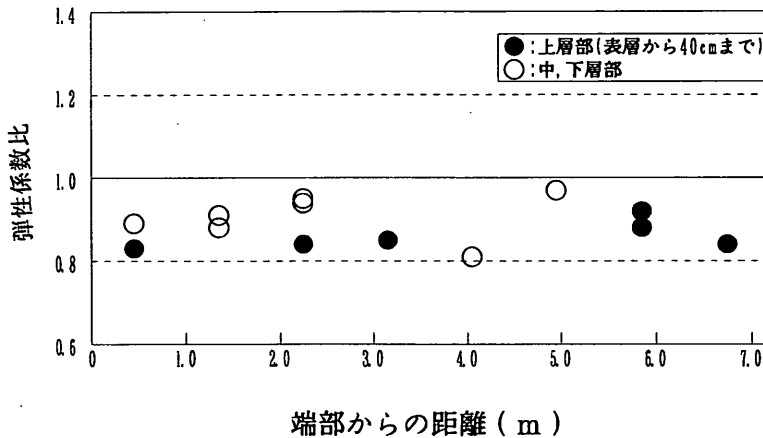
b) 弾性係数

サンプリングコアで得られた弾性係数と品質管理試験から得られた弾性係数の比(弾性係数比)を図-3.13に示す。高流動コンクリートでは、0.97~1.1程度でほとんどが1.0以上の値を示し、コンクリートの打込みに伴う弾性係数の低下は見られなかった。これに対し、普通コンクリートでの弾性係数比は0.8~1.0であり、打込みに伴う

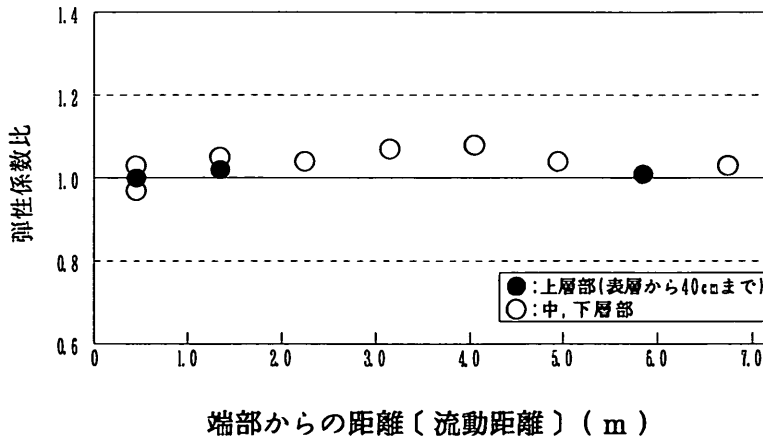
若干の低下が見られた。この傾向はa)に示した圧縮強度の場合と同様であり、その原因も同じものであろう。

c) 粗骨材分布状況

コアの表面における粗骨材の分布をトレーシング用紙に写し取って求めた粗骨材面積率を図-3.14に示す。粗骨材面積率のばらつき(最大値と最小値の差)は、普通コンクリートで約10%であったのに対し、高流動コンクリートでは約20%とやや大きかった。これは、本実験における高流動コンクリートの流動距離を約7mと長くとしたことも起因しているものと思われる。しかしこの程度のばらつきは、そのコアから得られた圧縮強度や弾性係数がa), b)に示したように良好な値となっていることから、コンクリートの耐久性や力学特性の低下につながるようなものではないと判断できる。

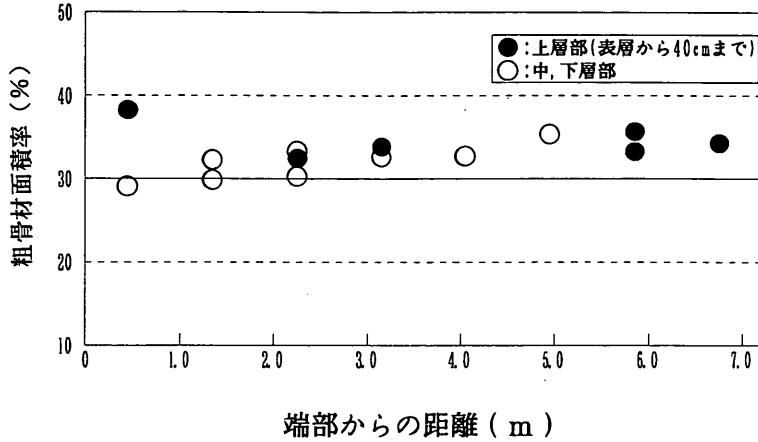


(a) 普通コンクリート

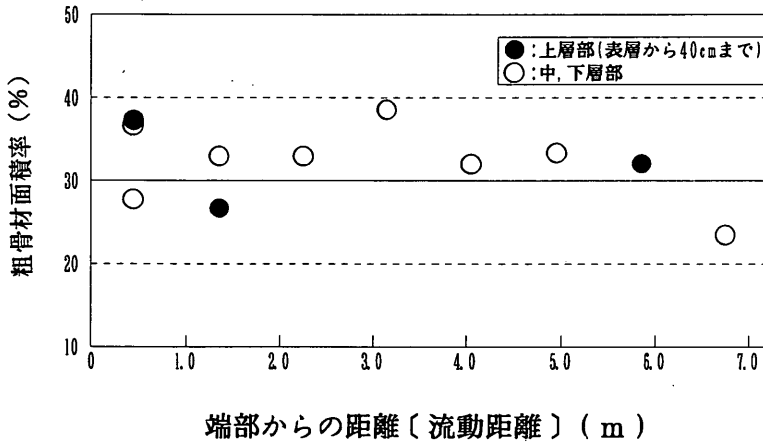


(b) 高流動コンクリート

図-3.13 サンプリングコアの標準養生供試体に対する弾性係数比



(a) 普通コンクリート



(b) 高流動コンクリート

図-3.14 サンプリングコアの側面から求めた粗骨材面積率

3.5 大規模モデル実験による高流動コンクリートの評価

本実験によって得られた知見を整理すると次のようになる。

① 製造・運搬について

高流動コンクリートの製造は、増粘剤の均一分散のために空練りの実施が望ましく、そのため練混ぜ量はあまり大きくできない。一方、増粘剤の均一分散にはある程度の練混ぜ量が必要であり、両者を満足する練混ぜ量はミキサ公称容量の60~80%程度が適当と判断できた。また、練混ぜ時間は1分以上確保することが望ましいことがわかった。運搬によるコンクリートの性状の変化は、運搬時間と気温のほか使用材料や配合条件にも影響されるが、本実験ではAE減水剤の増量が高流動コンクリート

の充填性維持に有効であることが確認できた。

② 施工性について

高流動コンクリートは、過密配筋部材に対してバイブレーターなしでも良好な充填性が得られ、打設口の移動も最小限で済むことが確認された。また、本コンクリートはノンブリージング性と高い粘性により表面仕上げの作業性が普通コンクリートに比べて若干劣るが、優れたセルフレベルリング性により打込み後の表面仕上げは最小限で済むことがわかった。また、高流動コンクリートの留意点として、単位水量が多くノンブリージング性を持つため打込み後直ちにシート等によって乾燥を防ぐ必要がある。

③ 品質について

高流動コンクリートを過密配筋部材にバイブレーター

表-4.1 過配筋ケーソン用コンクリートの使用材料

セメント	高炉セメントB種；比重3.04
粗骨材	碎石；比重2.66, 吸水率0.95%, F.M=6.65, 最大寸法20mm
細骨材	川砂；比重2.57, 吸水率1.83%, F.M=2.87
増粘剤	低界面活性型水溶性セルロースエーテル 2%水溶液粘度10,000cp
高性能減水剤	高縮合トリアジン系化合物
AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物およびポリオール複合体
AE助剤	変性アルキルカルボン酸化合物

表-4.2 過配筋ケーソン用コンクリートの示方配合

W/C (%)	s/a (%)	単用量 (kg/m ³)				増粘剤 (W×%)	高性能減水剤 (C×%)	AE減水剤 (C×%)
		W	C	S	G			
50	52	190	380	849	811	0.275	2.00	0.6

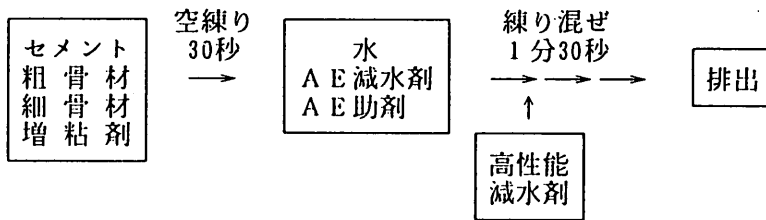


図-4.2 コンクリートの練混ぜ手順

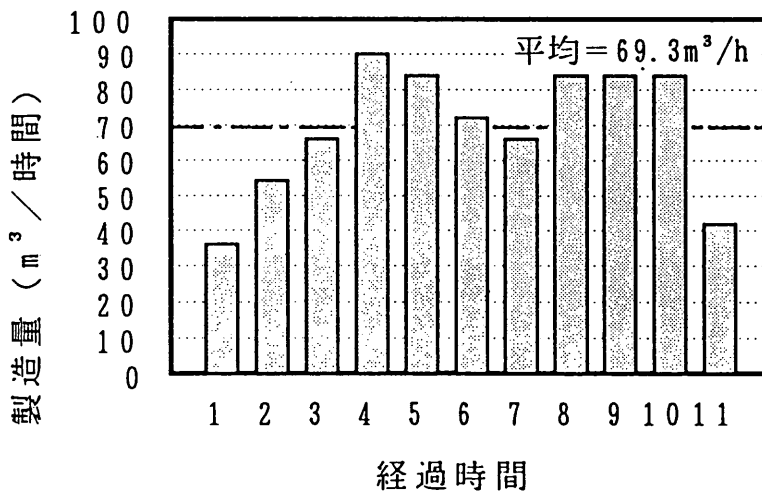


図-4.3 時間当たりの高流動コンクリートの製造量

練上がりから打込み開始までの運搬時間は20分～35分で、平均25分程度であった。

4.4 高流動コンクリートの施工

(1) 打込み

現場ではコンクリートポンプ車（ポンプの最大吐出量：110m³/hr）を写真-4.2に示すように配置し、筒先を順次移動しながら打込みを行った。筒先でのコンクリートの流動状況を写真-4.3に、コンクリート打込みの経時変化を写真-4.4にそれぞれ示す。打込みはまずケーソン底版の中央部付近より行い、その後それぞれのポンプ車で順次円周方向に回転するように外側に向かって打込みを行った。

施工性に関し、バイブレーターによる締固めが不要であったため、断続的に行うコンクリートの筒先移動に携

わる作業員が4名程度と、通常のコンクリート工事と比較して少なく、整然かつ静穏な雰囲気コンクリート工事となった。

(2) 養生

高流動コンクリートはブリーディングが殆どなく表面の乾燥が早いため、打込み後直ちに養生する必要があった。養生は打込み後直ちにシートで覆い、初期硬化後（凝結の終結後）直ちに養生マットと散水による湿潤養生を実施した。また、型枠の脱型はコンクリート材齢1週間で行った。

この結果、コンクリートの乾燥収縮によるひび割れなどは発生せず、良好な表面性状を呈していた。



写真-4.2 ポンプ車の配置状況

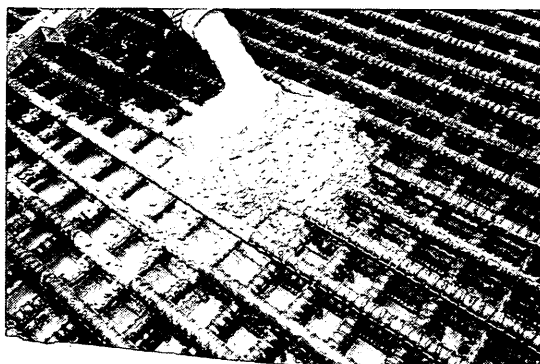


写真-4.3 コンクリートの打込み状況

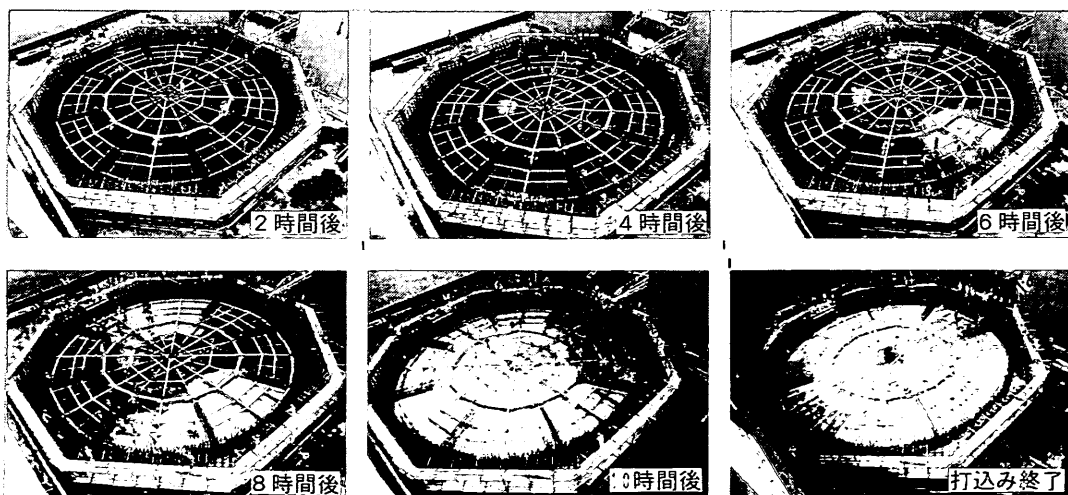


写真-4.4 コンクリート天端面の時間変化

4.5 品質管理

(1) 管理項目と管理方法

品質管理項目、方法、試験頻度および管理目標値を表-4.3に示す。流動性の指標としてスランプフロー試験を、充填性の指標としてボックス試験を採用しているのは前章までと同様である。

圧縮強度試験用の供試体は突固めを行わずに作成した。また各種試験の管理目標値は、工事に至るまでの室内試験、生コンプラント実機での練混ぜ試験や実規模モデル実験の結果から設定した。ここで空気量は、事前の検討で練り上がりから30分程度経過すると1%程度低下する

ことが確認されたため、製造直後と打設直前で管理目標値を変えた。

また高流動コンクリートの現場施工に際し、各バッチ毎に所定のスランプフロー、ボックス値を維持して行くためには、骨材の表面水率の把握が極めて重要であるため、本施工においては表面水率の測定を高頻度で実施した。

(2) 品質管理の結果

a) フレッシュコンクリート

フレッシュコンクリートの品質管理試験結果を図-4.4~4.6に示す。どの項目も品質管理目標値を満足する

表-4.3 品質管理項目と管理値

試験項目	試験方法	試験頻度	管理目標値
スランプフロー試験	土木学会基準「コンクリートのスランプフロー試験方法(案)」に準拠。	打設量の累計が150m ³ まで30m ³ に1回、それ以降は50m ³ に1回。	65 ± 5 cm
ボックス試験	本文参照		5 cm以下
空気量試験	JIS A 1128による。		製造直後; 6 ± 1% 打設直前; 5 ± 1%
圧縮強度試験	JIS A 1108による。	材齢28日の標準養生は、打設量累計150m ³ まで30m ³ に1回、それ以降は50m ³ に1回。 材齢3, 7, 28, 91日の標準養生と現場養生は、150m ³ に1回。	$f_{ck} = 300 \text{ kgf/cm}^2$

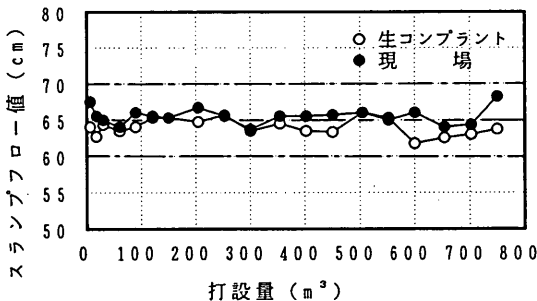


図-4.4 スランプフローの品質管理試験結果

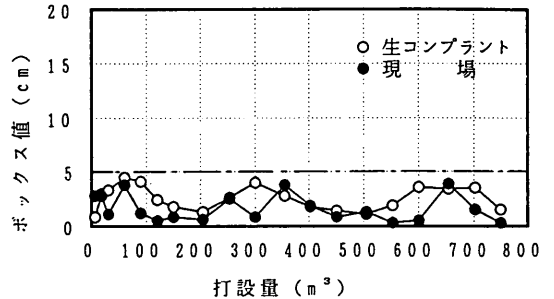


図-4.5 ボックス値の品質管理試験結果

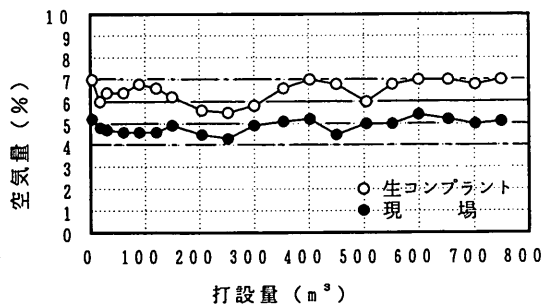


図-4.6 空気量の品質管理試験結果

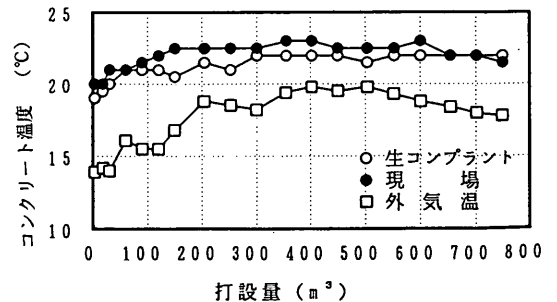


図-4.7 コンクリート温度および外気温

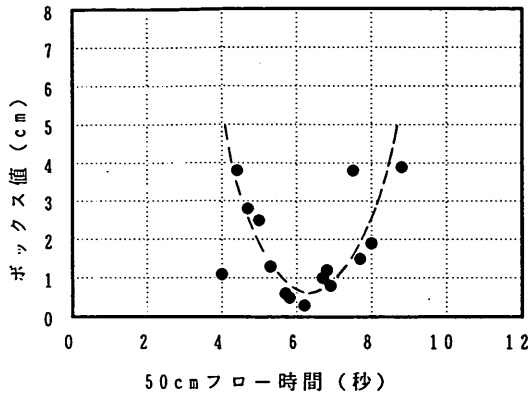


図-4.8 50cmフロー時間とボックス値との関係

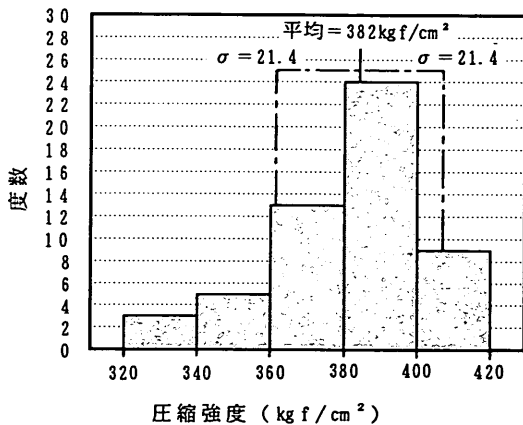


図-4.10 圧縮強度の分布 (材齢28日)

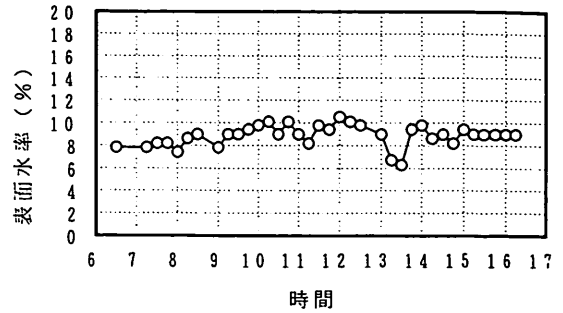


図-4.9 表面水率の時間変動

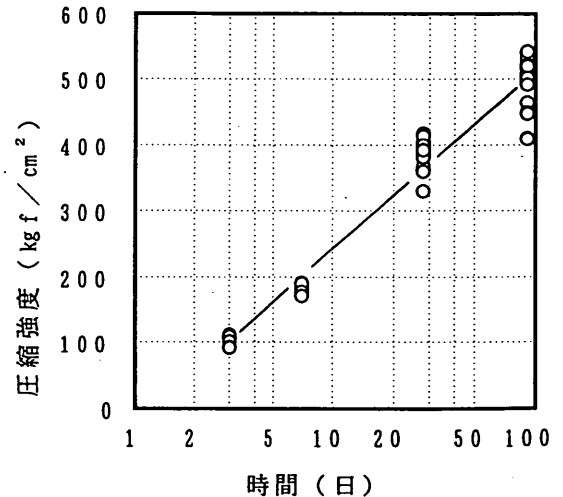


図-4.11 材齢と圧縮強度の関係

結果であり、良好な流動性、充填性を持つ性状のコンクリートであった。

スランプフローは打設直前の値が製造直後のそれより若干大きくなる傾向がみられた。また、ボックス値は打設直前の値が製造直後の値より幾分小さくなる傾向が見られた。これらの原因は、30分程度の時間経過によって混和剤の分散効果が現れたためであると推測される。空気量は設定通り運搬後1～2%程度低下し、所要の空気量を確保できた。コンクリートの温度は図-4.7に示すように19～23℃程度であった。また、参考として測定した50cmフロー時間(スランプフロー試験においてコンクリートが直径50cmまで広がるのに要する時間)とボックス値には図-4.8に示すような相関が見られた。この結果はボックス値が小さくなる(充填性に優れる)50cmフロー時間の領域が存在することを示している。しかし、データ数が限られた中での結果であるため今後データ収集に努めたい。細骨材の表面水率は図-4.9に示すように6～11%であり、この測定結果を製造に反映したことで流

動性や充填性に優れたコンクリートを製造できた。

b) 硬化コンクリート

圧縮強度は図-4.10のように良好な発現性を示し、28日材齢での標準養生供試体の圧縮強度は設計基準強度を十分満足するものであった。変動係数は5.5%であった。また、図-4.11に示すように材齢が大きくなるとばらつきは大きくなるものの、圧縮強度は材齢の対数にほぼ比例して増加した。

5. 結論

本稿では、コンクリート構造物のなかでも、過密配筋部材の施工の省力化、また構造物の高信頼性化をコンクリート材料面から追求することを目的として、増粘剤を用いた高流動コンクリートの適用性を検討した。フレッシュコンクリートと硬化コンクリートの材料特性の把握、過密配筋大型モデルでの充填実験を踏まえ、実構造物への適用を行った結果、以下のような点を明らかにするこ

とができた。

- (1) 増粘剤を用いた高流動コンクリートは、練り上がり温度が20℃の場合普通コンクリートに比較して始発で45分、終結で4時間40分程度の遅れが見られる。
- (2) 高流動コンクリートは、普通のコンクリートと比較すると、圧縮強度に対する引張強度はやや大きくなっている。またヤング係数は同等かやや小さな値となる傾向を示す。
- (3) 単位水量の増加に伴い、乾燥収縮量も増大するため、丁寧な初期養生とともに、単位水量を減らす努力が必要である。
- (4) 海水に浸したコンクリートへの塩化物イオンの浸入は、普通コンクリートと比較して同等以下であった。
- (5) 室内に静置したコンクリートの中酸化速度は普通コンクリートより小さかった。
- (6) 高流動コンクリートの密閉空間への充填性は、スランプフローとボックス値の組み合わせで評価することができる。
- (7) 1バッチ当たりの高流動コンクリートの練混ぜ量は、ミキサの容量によって、最適値がある。
- (8) 高流動コンクリートのスランプフローの時間的な低下対策としては、AE減水剤の増量が有効である。
- (9) 過密配筋を有する大型モデル実験から得られた圧縮強度、弾性係数、粗骨材の分布状況より、高流動コンクリートの優位性が確認された。
- (10) 実構造物への適用結果から、対象構造物の要求性能を把握し、事前の十分な検討により配合を選定し、適切な品質管理を行うことによって、安定した品質の高流動コンクリートを生コンプラントで大量製造できることが実証された。
- (11) 実構造物への適用結果から、硬化初期の湿潤養生を十分行うことで、乾燥収縮などによるひび割れを防止できることがわかった。

6. あとがき

増粘剤を用いた高流動コンクリートの開発を進めるなかで、高流動コンクリートのニーズが高い「過密配筋部材」への適用性を確認することができた。

一方、高流動コンクリートを密閉空間へ適用する要請も非常に高まってきている。この場合バイブレーターの使用が不可能であるばかりでなく、所定の充填がなされたかどうかの確認も非常に重要になる。

今後、過密配筋部材、密閉空間への本格的な適用に向けて、コンクリートの製造段階を含めた最適な品質管理

手法のあり方(管理項目、頻度、基準値の設定など)、検査手法の確立などを目指す必要があり、今後、これらの課題に取り組むことにより増粘剤を用いた高流動コンクリート技術の確立に努めたい。今後とも関係各位の御指導、御協力をお願いする次第である。

なお本稿は港湾技術研究所、五洋建設(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)で行ってきた共同研究の成果の一部をとりまとめたものである。研究の実施に当たり、有富範伊、多田和樹、末岡英二、中村亮太、西川正夫、羽淵貴士、秋葉泰男の諸氏には実験の遂行、データの取りまとめなどで大変お世話になった。また第3章、4章の現場実験ならびに工事の遂行に当たっては、運輸省第三港湾建設局舞鶴港工事事務所の津田義久所長および職員の方々、東洋・東亜・五洋共同企業体の方々には現場での施工および管理に関する調査の実施に際し御協力いただいた。ここに記して、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) たとえば 岡村甫, 前川宏一, 小沢一雅: ハイパフォーマンスコンクリート, 技報堂出版, 1993年
- 2) たとえば 特集-高流動コンクリート・施工の実際, セメント・コンクリート, No.558, 1993.8
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター, (財)漁港漁村建設技術研究所: 特殊水中コンクリート・マニュアル(設計・施工), 昭和61年11月, 90p.
- 4) (財)沿岸開発技術研究センター, (財)漁港漁村建設技術研究所: 水中不分離性コンクリート・マニュアル(設計・施工), 平成元年12月, 113p.
- 5) 水中不分離性コンクリートに関するシンポジウム論文集, 土木学会コンクリート委員会, 1990年8月, 242p.
- 6) 土木学会: 水中不分離性コンクリート設計施工指針(案), コンクリートライブラリー67, 平成3年5月, 58p.
- 7) 森 博嗣, 谷川恭雄: フレッシュコンクリートの構成則に関する研究, 日本建築学会構造系論文報告集, No.396, pp.9-16, 1989.2
- 8) 多田和樹, 末岡英二, 佐野清史, 福手 勤: 増粘剤を用いた省力化施工コンクリートの基本特性について, 土木学会第48回年次学術講演会, V-55, pp.136-137, 1993.9
- 9) 佐野清史, 濱崎勝利, 守分敦郎, 福手 勤: 増粘剤を用いた高流動コンクリートの実用性評価モデル実験, 第10回港湾技術報告会, pp.37-56, 平成5年12

月

- 10) 羽瀨貴士, 西川正夫, 福手 勤: 増粘剤と低発熱型セメントを用いた省力化施工コンクリートの充填性能について, 土木学会第48回年次学術講演会, V-61, pp.148-149, 1993.9
- 11) 佐野清史, 守分敦郎, 濱崎勝利, 福手 勤: 増粘剤を用いた省力化施工コンクリートの諸特性, JCI超流動コンクリートに関するシンポジウム論文報告集, pp.63-70, 1993.5
- 12) 遠藤 博, 川合紀章, 黒澤 馨: 二重円筒ケーソン堤の現地実証試験, コンクリート工学, Vol.30, No. 3, pp.81-94, 1992.3