

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する

共同研究報告書(4)

—コンクリート工の合理化施工に関する技術資料—

1995年3月

建設省土木研究所

材料施工部コンクリート研究室

財団法人 先端建設技術センター

株式会社 大林組

株式会社 熊谷組

清水建設株式会社

大成建設株式会社

西松建設株式会社

前田建設工業株式会社

鹿島建設株式会社

佐藤工業株式会社

株式会社 銭高組

飛鳥建設株式会社

株式会社 間組

Copyright © 1995 by P. W. R. I.

All right reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permissions of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する 共同研究報告書（4）

ーコンクリート工の合理化施工に関する技術資料ー

建設省土木研究所	材料施工部	コンクリート研究室	室長	河野 広隆
			研究員	森濱 和正
財団法人	先端建設技術センター		主任研究員	大内田 博喜
			〃	垣内 幸雄
			〃	加藤 勝彦
			〃	芝野 昭夫
株式会社	大林組	技術第四部	技術課長	原田 曉
鹿島建設	株式会社	知的財産センター	担当部長	重松 和男
株式会社	熊谷組	技術研究所	材料系研究部 課長	佐藤 孝一
佐藤工業	株式会社	中央技術研究所	副所長	岩藤 正彦
清水建設	株式会社	土木本部	技術第一部 副部長	小野 定
株式会社	銭高組	土木本部	営業部 課長	福永 英治
大成建設	株式会社	技術研究所	副所長	内藤 隆史
飛島建設	株式会社	技術本部	土木研究開発部 主任	川端 康夫
西松建設	株式会社	技術研究所	研究部長	大矢 一夫
株式会社	間組	技術本部技術研究所技術研究部	主任研究員	村上 祐治
前田建設工業株式会社	技術研究所	次長		出頭 圭三

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」では、「自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する研究」に関して、1990年度より建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業11社で共同研究を実施した。

本研究は、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化に当たって、現行諸基準の問題点を検討し、自動化・合理化に適した設計・施工マニュアル（案）の作成を行うものである。

本報告書は、コンクリートの打込み、締固めの合理化のための基本方針、流動性を高めた各種コンクリートに関する省力化の効果、使用上の留意点、問題点などをとりまとめたものである。

キーワード：流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリート、適切なスランプ、施工実施例

序

近年、建設事業においては、高い品質、高い精度の施工が求められる一方で、土木・建築施工現場の苦渋作業や危険作業から労働者を解放することが望まれている。また、建設業就業者の高齢化、熟練労働者の減少等の影響が問題とされている。

このため、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、土木・建築施工の自動化、合理化及び高度化のための新技術を早急に開発し、建設現場に的確に普及させる必要が高まっている。

このような状況を踏まえ、建設省においては1990年度より5年間の予定で総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」に取り組んだ。

この開発の一環として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化にあたって現行諸基準の問題点を検討し、合理化・省力化に適した設計・施工マニュアル（案）の作成を行うことを目的とする研究に関して、建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、（株）大林組、鹿島建設（株）、（株）熊谷組、佐藤工業（株）、清水建設（株）、（株）錢高組、大成建設（株）、飛鳥建設（株）、西松建設（株）、（株）間組及び前田建設工業（株）が共同研究を実施した。

本研究では、現行諸基準の見直しや、アンケート調査などを実施^{〔1〕}し、合理化、省力化効果の高いと考えられる以下の3課題について検討した。その結果をとりまとめたものである。

- ① コンクリートの打込み、締固めに関する課題
- ② 鉄筋の加工・組立に関する課題
- ③ 断面の単純化、配筋の標準化に関する課題

なお、本共同研究の遂行にあたっては、山梨大学の松貝 勇先生をリーダーとする建設省「総合技術開発プロジェクト『建設事業における施工新技術の開発』土木部会 合理化施工分科会 鉄筋コンクリートワーキング」の委員の方々及び社団法人日本土木工業協会の「土木工事技術委員会 コンクリート専門部会」の委員の方々には、ご指導、ご鞭撻を頂きました。ここに深く感謝の意を評する次第である。

〔1〕 自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書

(1)、共同研究報告書、第89号、1993.3

共 同 研 究 者

機関・企業名	氏 名	役 職 名	担当年度
建設省土木研究所	嶋 津 晃 臣	機械施工部長	90年度
	久 楽 勝 行	機械施工部長	91～92年度
	池 村 雅 司	材料施工部長	93年度
	岡 崎 浩 義	材料施工部長	94年度
	吉 野 文 雄	企画部先端技術開発研究官	90年度
	池 村 雅 司	"	91～92年度
	藤 沢 侃 彦	"	93年度～
	小 林 茂 敏	地質化学部コンクリート研究室長	90年度
	河 野 広 隆	材料施工部コンクリート研究室長	91年度～
	森 濱 和 正	" " 研究員	90年度～
	村 椿 良 範	積算技術研究センター システム課技術基準係長	90年度～
(財) 先端建設技術 センター	赤 松 惟 央	専務理事	90年度
	藤 井 崇 弘	"	91年度～
	酒 井 孝 治	"	93年度～
	小宮山 克 康	常務理事	90年度～
	佐々木 彪 二	"	93年度～
	原 田 宏 敏	研究第二部長 部長	90～91年度
	糠 沢 川 二 治	" "	92年度～
	小 内 博 喜	" "	94年度
	大 内 幸 雄	" 主任研究員	90～91年度
	垣 内 勝 彦	" "	92年度～
	加 藤 章 夫	" "	93年度～
	芝 野 章 夫	" "	94年度～
(株) 大林組	扇 啓 祐	土木技術本部 技術第四部長	90年度～
	菊 地 楨 二	" 設計第二部長	90年度～
	原 田 川 孝 生	" 技術第四部 技術課長	90年度～
	堅 川 孝 生	土木技術本部 技術第四部 技術課長	90年度～
鹿島建設(株)	重 松 和 男	知的財産センター 担当部長	90～94年度
	大 友 忠 典	技術研究所 主管研究員	90～91年度
	本 橋 賢 一	" 主任研究員	90年度
	坂 田 昇 彦	" 研究員	90～93年度
	山 穀 敏 彦	" 研究員	91年度
	寺 内 敏 也	" 研究員	91年度
	六 本 木 信 久	" 研究員	92～93年度
	坂 井 吾 郎	" 研究員	94年度
(株) 熊谷組	松 浦 光 男	技術研究所材料研究部 主任研究員	90～92年度
	佐 藤 孝 一	技術研究所材料研究部 課長	93年度～
	渡 部 彰 聰	" 係長	90年度～
	河 村 彰 男	" 研究員	90年度～
佐藤工業(株)	岩 藤 正 彦	中央技術研究所 副所長	90年度～
	弘 中 義 昭	" 主任研究員	90年度～
	宇 野 洋 志 城	" 研究員	90年度～

清水建設（株）	小 野	定	土木本部技術第一部	副部長	90年度～
	木 村	彦	"	課長	90年度
	阿 部	雄	"	課長	92年度
	江 渡	満	"	課員	90年度～
	戸 栗	仁	"	課員	90年度～
（株）錢高組	鶴 岡	胤	技術本部	技術研究所 副所長	92年度～
	富 士	泰	土木本部	生産システム部 課長	92年度～
	福 永	英	"	営業部 課長	92年度～
大成建設（株）	沖 藤	明	土木本部	土木技術部長	90～91年度
	内 藤	隆	技術研究所	副所長	90年度～
	大 友	健	技術研究所	土木構造水理研究グループ	92年度～
飛鳥建設（株）	増 洵	孝	技術本部	研究開発部長	90～91年度
	大河原	重	技術本部	研究開発部長	90～93年度
	猪 俣	正	"	土木研究開発部長	93年度～
	長谷川	昌	"	技術研究所所長	91年度～
	田 中	弘	"	"	91年度～
	川 端	齊	"	土木研究開発部主任	91年度～
	大 倉	真	"	研究開発部部員	90年度
西松建設（株）	大 矢	一	技術研究所	研究部長	90年度～
	松 井	健	"	主任研究員	90年度～
	高 橋	秀	"	主任研究員	92年度～
	佐 藤	幸	"	主任技師	90年度
	浅 井	三	"	研究員	90～91年度
	原 田	耕	"	研究員	91年度～
（株）間組	古 部	浩	土木統括本部技術設計第2部	部長	90年度～
	大 崎	幸	"	第1部 部長	90年度～
	馬 渡	裕	"	第1部 課長	91年度～
	庄 野	達	"	第1部 課長	91年度～
	喜 多	夫	技術本部技術研究所技術研究部	室長	91年度～
	早 川	雅	土木統括本部技術設計第1部	係長	90年度～
	村 上	祐	技術本部技術研究所技術研究部	主任研究員	91年度～
前田建設工業（株）	山 田	一	技術本部	技術研究所 副所長（現技術部長）	90～92年度
	山 村	圭	"	所長	93～94年度
	出 頭	三	"	次長	90～94年度
	内 田	明	"	土木材料研究室 副室長	93年度
				（現技術部課長）	
	渡 部	正	"	副室長	94年度
	丹 橋	政	"	主任研究員	93年度
	牧 野	英	"	研究員	90～93年度
	中 島	良	"	"	91年度～

目 次

序	頁
まえがき	
コンクリート工の合理化施工に関する技術資料	1
1. コンクリート工の合理化施工に向けた基本方針	1
1.1 構造物の所定の品質確保を前提としたコンクリート工事の合理化	1
1.2 構造物に応じた適正なコンシステンシーとその選定	1
2. 合理化に適したコンクリートの種類	7
2.1 流動化コンクリート	7
2.2 高性能AE減水剤を用いたコンクリート	17
2.3 高流動コンクリート	24
3. コンクリート工事の合理化・省力化に向けた施工実施例	35
4. 今後の合理化の方向性	60

コンクリート工の合理化施工に関する技術資料

近年の建設工事では、大型・大深度の構造物が増加し、構造物の高品質化に伴い、複雑な断面や高密度な配筋下でのコンクリートの打込みが要求されるようになっている。一方、建設事業への就業者の高齢化も著しく、若手労働者の絶対数の減少等、労働者、特に技能労働者が不足している。このような情勢から、コンクリート工事の合理化、高品質化、工期の短縮、安全性の向上等が課題となっている。

コンクリートに関する技術開発は常に行われており、特に高流動コンクリートに関しては現在も開発が継続して行われ、土木学会等においてもこれから基準・指針の作成に取り組もうとしている。したがって、ここでは技術資料として取り纏めた。

1. コンクリート工事の合理化に向けた基本方針

1.1 構造物の所定の品質確保を前提としたコンクリート工事の合理化

コンクリート工事の合理化を図るためには、コンクリートのみではなく施工全体を考慮した合理化が必要であり、これは設計段階においても十分考慮すべきである。すなわち、コンクリート躯体断面の単純化、施工面（型枠）を考慮した構造物の形状のスリム化等である。

コンクリート打設において合理化、省力化を図るためには型枠のシステム化が最も重要であるが、コンクリート自体について考えると、以下の事項が挙げられる。

- ① 打設手段の省力化：ポンプ打設を標準とし、ディストリビューターの自動化を図る。
- ② 締固め手間の省力化：流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、さらには締固め不要の高流動コンクリートを使用し品質を低下させず打込み易さや充填性を確保する。
- ③ 表面仕上げの省力化：ロボット化

コンクリートの所要の品質を確保しかつ施工の合理化を図るためには、固いコンクリートが高品質であるという概念から脱却し、施工環境（作業員の質、環境問題）、部材の種類、断面の形状・寸法、配筋状態等による施工性を考慮して、普通コンクリートの場合標準的なスランプとしては12cmを設定すれば多くの工事で問題が少なくなると思われる。また、流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリートの使用やさらに高品質化・合理化を図るためには締固めが不要である高流動コンクリートの適用等が望まれる。

1.2 構造物に応じた適正なコンシステンシーとその選定

コンクリート工事におけるコンクリートのコンシステンシーと、施工性には密接な関係がある。コンクリート工事の合理化を目的とした工事計画を立案する場合には、これらの条件が特に重要である。

従来より土木構造物では、スランプ8～10cmのコンクリートを打設するのが一般であった。しかし近年、コンクリート構造物の形状が複雑になったこと、鉄筋量が増加し過密になったこと、多くのコンクリート混和剤が開発され、適切な混和剤を使用すればスランプを大きくしても材料分離の心配が少なくなったこと、などの理由で施工に適したコンクリートのコンシステンシーの考え方も変化してきた。

コンクリートのコンシステンシーと施工性については、構造物の種類、部材の種類、鉄筋量などに影響を受けることは当然であるが、それらとコンクリート施工の難易度や適正スランプとを関連付けることは困難である。

当共同研究では、平成3年度にコンクリート工事に関するアンケート調査を実施した。表-1.1.1～3は、構造物の種類、部材の種類および鉄筋量と、施工スランプとの関係についての調査結果であるが、これらの結果からも、構造物の条件とコンクリートの施工スランプとの関係は把握することができなかった。

表-1.1.1 構造物の種類と施工スランプ (%)

施工スランプ (cm)	総 数	構 造 物 種 類							
		a	b	c	d	e	f	g	h
8 以下	39.3	13.5	27.0	52.1	58.6	56.4	48.5	68.4	19.1
1 0	11.0	1.9	7.4	35.4	8.6	12.8	12.1	10.5	6.4
1 2	32.0	28.8	47.5	8.3	25.7	25.6	36.4	10.5	36.2
1 5	7.8	17.3	8.2	0	5.7	2.6	3.0	5.3	19.1
1 8	7.5	30.8	9.0	4.2	1.4	2.6	0	5.3	6.4
2 0 以上	2.4	7.7	0.8	0	0	0	0	0	12.8
調査数	463	52	122	48	70	39	66	19	47

[構造物の種類]

a ; トンネル、シールド覆工

b ; 梁、柱、床構造物 (処理場など)

c ; 橋梁 (桁)

d ; 橋脚、橋台、橋柱

e ; 擁壁

f ; ボックスカルバート

g ; ダム

h ; その他

表-1.1.2 部材の種類と施工スランプ (%)

施工スランプ° (cm)	総 数	部 材 種 類					
		a	b	c	d	e	f
8以下	38.1	39.8	47.0	30.0	41.9	45.3	44.5
10	9.0	7.9	6.1	8.3	11.8	13.2	0
12	33.2	22.2	34.8	36.7	38.7	26.4	11.1
15	7.8	7.9	6.1	8.3	5.4	9.4	22.2
18	9.3	22.2	4.5	11.7	1.1	5.7	11.1
20以上	2.6	0	1.5	5.0	1.1	0	11.1
調査数	464	63	66	180	93	53	9

[部材種類]

a ; 梁 (桁)

b ; 柱部材 (橋脚も含む)

c ; 壁部材 (覆工も含む)

d ; 床 (スラブ) 部材

e ; マス構造物

f ; その他

表-1.1.3 鉄筋量と施工スランプ (%)

施工スランプ° (cm)	総 数	鉄 筋 量					
		a	b	c	d	e	f
8以下	39.3	34.0	51.3	36.4	37.5	55.6	40.0
10	9.7	9.4	10.2	14.4	6.9	11.1	0
12	33.5	17.0	30.8	36.4	38.1	22.2	46.7
15	7.5	9.4	5.1	7.7	6.2	11.1	13.3
18	7.5	22.7	0	3.4	9.4	0	0
20以上	2.5	7.5	2.6	1.7	1.9	0	0
調査数	412	53	39	118	160	27	15

[鉄筋量]

a ; 0 (無筋)

b ; 0 ~ 0.05

c ; 0.05 ~ 0.1

d ; 0.1 ~ 0.2

e ; 0.2 ~ 0.5

f ; 0.5 以上

(ton/m³)

また、表-1.1.4に、工事において設計スランプが施工上実状に合わなかった場合の、適正と考えたスランプについての調査結果を示した。これによると、スランプ8cmの設計で、配筋状態や部材の形状寸法の関係で、実状と合わないとする事例が最も多い。（詳しくは、3年度共同研究報告書を参照）

表-1.1.4 実状に合わなかったスランプと適正スランプ

設計スランプ	総数	適正と考えたスランプ							変更	
		5以下	8	10	12	15	18	20以上	有	無
5以下	8		4	2	2				8	0
8	79			13	43	16	6	1	45	34
10	4				2	2			2	2
12	35		1	2		13	19		20	15
15	11						8	3	6	5
18	4							4	3	1
合計	141								84	57

コンクリート工事における打込みなどの施工の難易さは、構造物全体を取り上げた平均的なファクターよりも、部分的な条件によって判断されることが多い。

すなわち、部分断面の形状や寸法および、鉄筋の間隔などの条件によって、適正スランプが定まると考えられる。しかし、これらを数値的に難易度のファクターとしてとらえて、それに対応する適正スランプを示すことは、情報量も少なく困難で、今後の研究課題と思われる。現時点では、適正なコンシステンシーは施工条件や構造物全体の状況を考慮して、その目的に合致するように責任技術者が判断する以外はない。

ただし1つの構造物の中で、打込みや充填が困難な部分のある場合に、これらの限られた部分のみ別の配合のコンクリートを使用することは、作業の繁雑さやそのための作業の中断が必要となり実際的でなく、合理化の目的にも反すると考えられる。

適正なコンシステンシーは、構造物におけるネックとなる部分の施工性を対象として定めることも必要である。

工事に適するコンクリートのコンシステンシーの選択は、多くの条件に影響を受け、その基準は明確でないが、いずれにしてもコンクリートに要求される品質を満足できること、およびより良い構造物を建設するために合理的な施工が可能なが第1条件である。

また最近では、構造物の形状の複雑化などによって、充填性の良いコンクリートを打ち込むことが、施工の合理化や高品質の構造物の建設にも有効である場合がある、との認識も高まってきて、施工サイドからもそれらのコンクリート使用の要望も多い。

施工性改善のためにコンシステンシーを大きくすることは、現在の技術では特に大きな問題もなく、流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリートなどの多くの技術や研究開発も進んでおり、実際の構造物でも多くの施工実績がある。次章にこれらコンクリートの使用状況および、使用における技術的な問題点や注意事項を示した。

しかし、必要以上に柔らかいコンクリートを使用することは、品質的にも経済的にも得策でなく、その選定には注意が必要である。

どのような種類と性状のコンクリートを使用するかは、それに伴う技術的・経済的効果によって、総合的に判断する必要がある。画一的に規定することはできない。しかし、アンケート調査などによる従来の経験や実績、および施工や管理サイドの意見などを総合的に判断すると、標準的なスランプを12cmに設定すれば、施工的にも品質的にも問題は少なくなると考えられる。また特別の場合には、スランプ15～18cmの流動コンクリートや高性能AE減水剤を用いたコンクリート、さらに施工条件により締固め作業が困難な場合などは、充填性の良い高流動コンクリートの施工を計画することにより、コンクリート工事の合理化や高耐久化により結果を与えられと考えられる。なお、土木学会「高性能AE減水剤を用いたコンクリートの施工指針（案）」および「流動化コンクリート施工指針（改訂版）」では、コンクリートのスランプの標準範囲を構造物の種類によって表-1.1.5のように示している。これらの値を施工スランプ選定の参考にするとよい。

ただしこれら特別の場合には、コンクリートの品質管理や施工管理に対する考え方や内容、および頻度の変更についても、十分に考慮しなければならない。

コンシステンシーの改善に伴う配合の変化によって、施工およびコストに影響を受ける。具体的には、各種混和剤使用によるコストアップや、配合修正のための単位セメント量の増加などがある。また、高流動コンクリートを使用する場合には、型枠や支保工を堅牢にするなどの対策も必要であり、これらに伴うコストアップの要因も考慮しなければならない。

なお、コンクリートのコンシステンシーの変化によって、ポンプなどの施工機械やコンクリート製造設備などに影響を与えることもあり、注意が必要である。

施工の合理化のためにコンクリートのコンシステンシーを改善した結果、それに伴う経済的な総合評価は、材料費や労務費の増減および施工工程の短縮など、直接工事に掛かる費用の比較のほか、工事に伴う振動や騒音、作業員の苦渋作業からの開放など、の効果をも考慮する必要がある。

さらに、施工性を改善したことによる、構造物の品質および耐久性向上効果の評価も必要であるが、現在ではこれらに関する判断基準が定まっていない。維持管理コストをも含めた経済的総合評価手法の確立が今後の研究課題である。

表-1.1.5土木学会 流動化コンクリートのスランプの標準範囲*

構 造 物 の 種 類			スランプ (cm)
マッシブなコンクリート (たとえば、大きい橋脚や基礎など)			8~12
かなりマッシブなコンクリート (橋脚、厚い壁、基礎、大きいアーチ)			10~15
厚い版			8~12
一般の鉄筋コンクリート			12~18
断面の大きい鉄筋コンクリート			8~15
プレストレストコンクリートはり			10~15
水密コンクリート			8~15
トンネル覆工コンクリート			15~18
舗装コンクリート			8以下
人工軽量コンクリート	鉄筋コンクリート	スラブ、はり	12~18
		壁および柱	10~15
	プレストレストコンクリートのはり		10~15

*土木学会「流動化コンクリート施工指針 (改訂版)」

打込み位置におけるスランプ

2. 合理化に適したコンクリートの種類

2.1 流動化コンクリート

(1) 使用目的

流動化コンクリートの使用目的としては一般に以下のようなものが挙げられる。

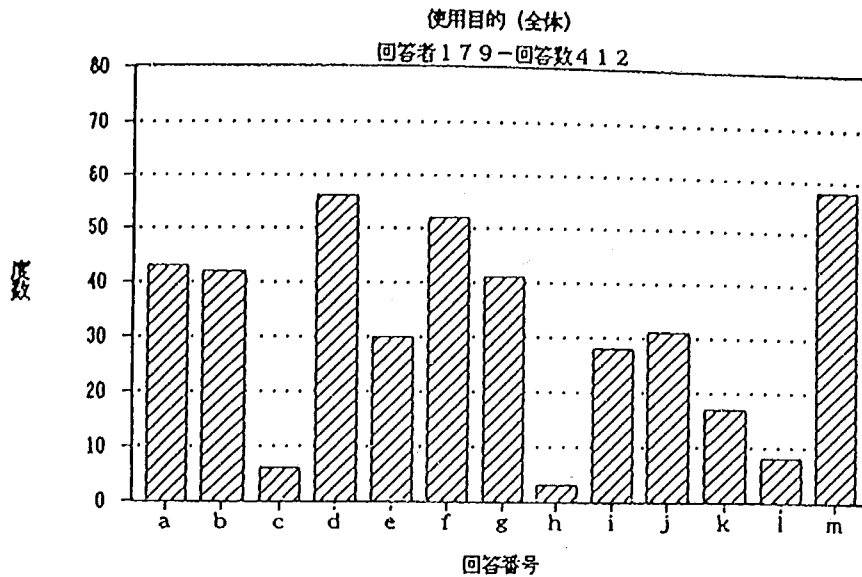
- ①単位水量を低減し、コンクリートの品質改善を図る。
- ②暑中コンクリートなどでスランプの低下が著しい場合、ワーカビリティの改善を図る。
- ③マスコンクリートの単位セメント量を低減し、発熱量を低く抑える。
- ④富配合コンクリート、硬練りコンクリートの施工性改善を図る。
- ⑤ポンプ圧送性の改善を図る。

上記使用目的に対して、実際の施工においてはどのような使われ方をしているのかを、社団法人日本土木工業協会会員会社（178社）を対象に行ったアンケート調査結果から以下に示す。

図-2.1.1は使用目的に関する調査結果であるが、一番回答数が多かったのは「d. 単位水量を下げ、品質を向上させるため」であり、その他「e. 部材厚が薄いため」、「f. 配筋が密なため」などの部材形状に対して施工性の改善を図ったもの、「b. コンクリートが富配合で所定のワーカビリティが得られないため」、「g. 長期の流動性確保のため」、「i. 暑中コンクリートとなるため」、「j. 発熱量低減のため」などが挙げられている。

また図-2.1.2は流動化コンクリートを使用した構造物の種類を示したものであるが、覆工（シールド、トンネル）、梁柱床構造物（処理場、発電所）、橋梁関連構造物で65%を占めている。覆工は打設のしにくさ、梁柱床構造物および橋梁関連構造物は部材厚、配筋などが流動化コンクリートを使用した理由と考えられる。同様に図-2.1.3は流動化コンクリートを使用した構造物の種類を示したものであるが、特に、壁（アーチ）部材が38.5%と多く、部材厚が薄いことが流動化コンクリートを使用した理由と考えられる。

使用目的（全体）
回答者179-回答数412



- a. 最初から設計図書で指定されていたため。
b. コンクリートが富配合で所定のワーカビリティが得られないため。
c. 骨材の品質が悪く所定の品質のコンクリートが得られないため。
d. 単位水量を下げ、品質を向上させるため。
e. 部材厚が薄いため。
f. 配筋が密なため。
g. 長期の流動性確保のため。
h. ファイバーなどの混入材料があったため。
i. 暑中コンクリートとなるため。
j. 発熱量低減のため。
k. 打設時間を短くするため。
l. 打設要員を少なくするため。
m. その他

図-2.1.1 使用目的の分類

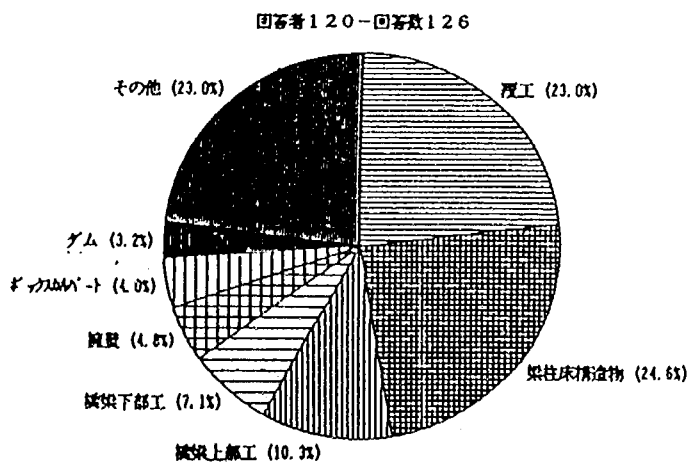


図-2.1.2 構造物種類（流動化コンクリート）

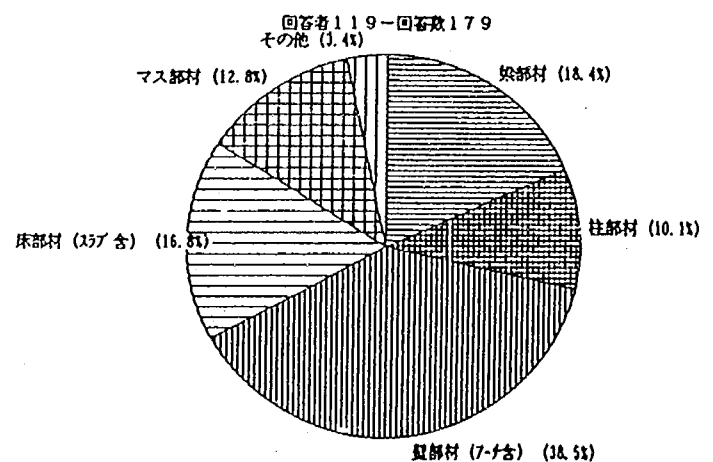
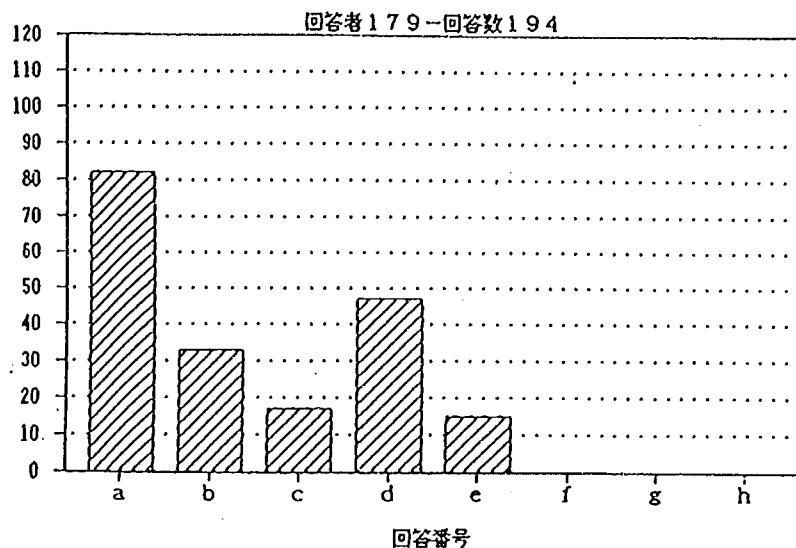


図-2.1.3 部材種類（流動化コンクリート）

(2) 使用効果と問題点

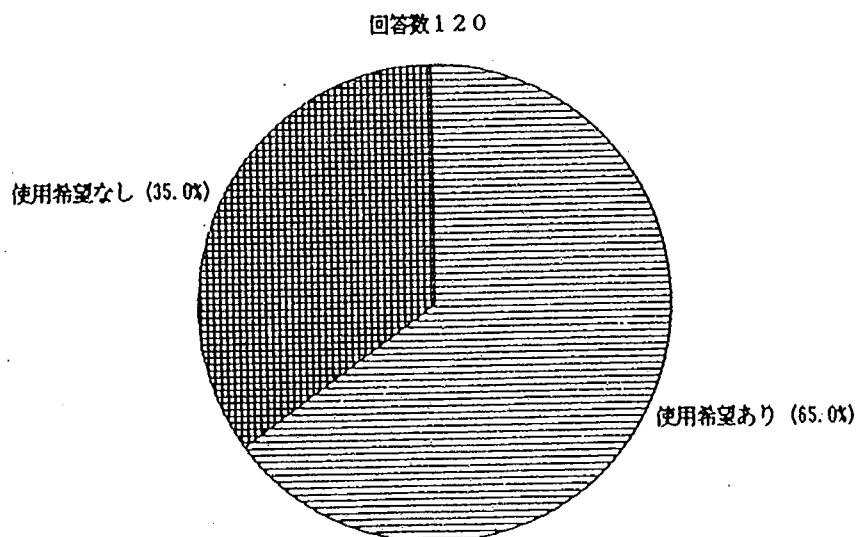
流動化コンクリート使用による効果は、使用目的がどの程度達成されたかによるものと考えられるが、図-2.1.4に示すアンケート調査結果によれば、効果があったとする理由のうち「a. 施工不良箇所が低減した」が一番多く、次いで「d. 単位水量、セメントの低減が図れ、品質の向上、発熱量の低下が実施できた」、以下「b. 打設時間が短くなった」、「c. 打設要員が少なくなり、省力化が図れた」、「e. その他の効果」の順となっており、使用目的はほぼ達成されているものと考えられる。このことは、図-2.1.5に示す「今後、流動化コンクリートを積極的に使用したいか」という問いに対して、65%が使用希望ありと回答していることからもうかがわれる。

図-2.1.4 流動化コンクリート
使用による効果



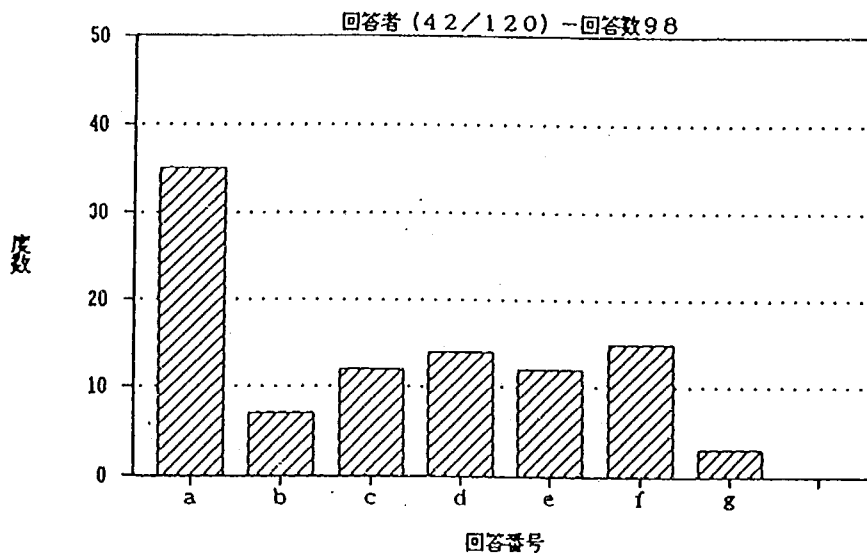
- a. 施工不良箇所が低減した。
- b. 打設時間が短くなった。
- c. 打設要因が少なくなり、省力化が図れた。
- d. 単位水量、セメント量の低減が図れ、発熱量の低下が実施できた。
- e. その他の結果

図-2.1.5 流動化コンクリート
使用願望の有無



一方、図-2.1.5で「使用希望無し」と回答した理由としては、図-2.1.6に示すように回答数の多い順に「a. コスト増につながる」、「f. 流動化コンクリートの使用による効果を定量的に評価できない」、「e. 打設要員の削減、工期の短縮、にあまりつながらない」、「d. 品質管理に多大な労力が必要とされる」、「c. 発注者またはコンサルタントとの協議に多大な時間と労力が必要とされる」、「b. 工場との調整や事前検討に多大な時間と労力が必要とされる」などが挙げられている。また、「流動化コンクリート使用上の留意点・提案」、「流動化コンクリートに関する意見・提案」として

- ・流動化剤とベースコンクリートに使用する混和剤との適合性についての事前の検討が必要である。
- ・コンクリートの品質（特にコンシステンシー）がバラツキ易いため、添加量の管理が重要である。
- ・ベースコンクリートと流動化コンクリート双方での品質管理が必要であり、試験に要する労力および費用が多くなる。
- ・夏期施工は、流動化コンクリートといえ、スランプの変動が大きい。



- a. コスト増につながる
- b. 工場との調整や事前検討に多大な時間と労力が必要とされる。
- c. 発注者またはコンサルタントとの協議に多大な時間と労力が必要とされる。
- d. 品質管理に多大な労力が必要とされる。
- e. 打設要員の削減、工期の短縮、にあまりつながらない。
- f. 流動化コンクリートの使用による効果を定量的に評価できない。
- g. その他

図-2.1.6 流動化コンクリートをあまり使用したくない理由

- ・所要のスランプを得るための流動化剤の添加量の決定に時間と手間がかかる。
- ・流動化コンクリートは、ベースコンクリートと流動化剤の混合状態を確認できないこと、スランプ変動が大きいこと、などのため、スランプロスを大幅に低減できる高性能AE減水剤を工場添加する方が、所定の品質を確保しやすい。

などの回答が寄せられている。

上記アンケート回答結果にも現れているように、流動化コンクリートはベースコンクリートに流動化剤を添加することにより最終品質が得られるため

- ・ベースコンクリートの混和剤と流動化剤の適合性
- ・流動化剤添加量の管理
- ・ベースコンクリートと流動化コンクリート双方の品質管理
- ・スランプ変動
- ・コンクリート品質の責任の所在

などが使用者側の使いにくさとなっている。また流動化剤の添加場所としては、図-2.1.7のアンケート結果にあるように、現場添加が80%、工場添加が20%となっている。工場添加が増えてきた背景としては品質管理上の問題が一番大きいと思われるが、生コン工場からコンクリート打込み現場までの運搬時間が長い場合には、スランプロスに対しての管理が難しくなる。

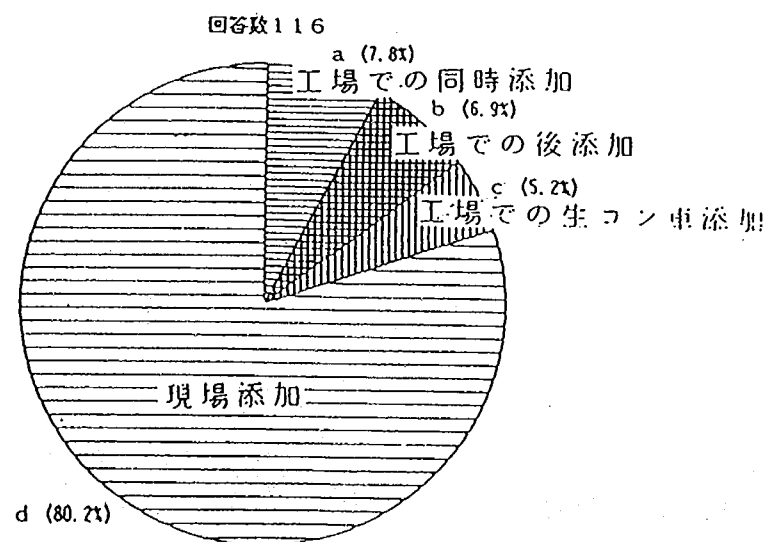


図-2.1.7 流動化剤の添加場所

上記、流動化コンクリートの問題点は、減水性は大きいがスランプロスも大きいという特性を持つ高性能減水剤の有効な用途として、流動化コンクリートが実用化されたという背景から、ある程度致し方ないものといえる。一方、昭和60年代に入って、高性能減水剤の欠点をカバーした、スランプロスの少ない高性能AE減水剤が開発されたことにより、流動化コンクリートの使用実績にも変化が現れている。図-2.1.8は昭和62年以降の流動化コンクリートと高性能AE減水剤を用いたコンクリートの生産量の推定値を示したものであるが、流動化コンクリートの生産量は昭和63年をピークに減少に転じており、それに代わって高性能AE減水剤を用いたコンクリートの生産量が増加している。また土木学会「高性能AE減水剤を用いたコンクリートの施工指針」によれば、図-2.1.9に示すように高性能AE減水剤が流動化剤の代替として用いられている。これらは、今後、用途や施工条件により流動化コンクリートと高性能AE減水剤を用いたコンクリートが使い分けられていくことを示唆しているものと思われる。

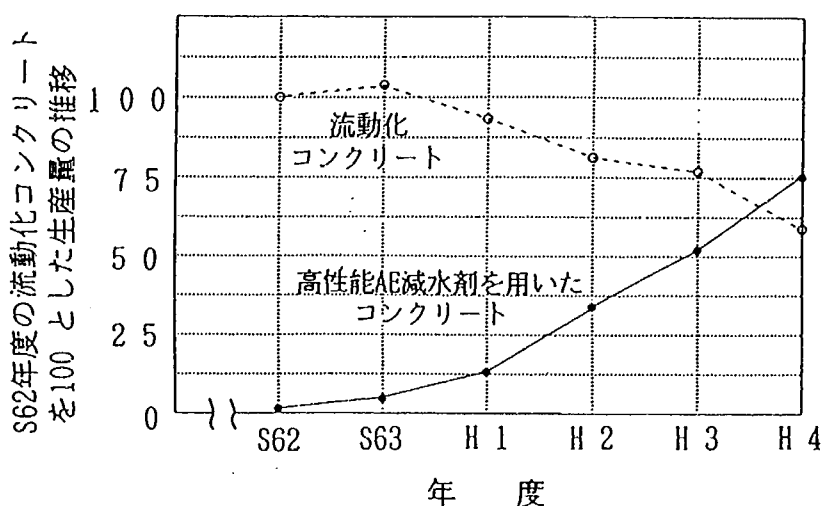
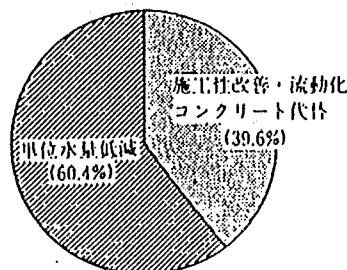


図-2.1.8 流動化コンクリートと高性能AE減水剤を用いたコンクリートの生産量

図-2.1.9 高性能AE減水剤の使用目的



(3) 使用上の留意点

①計画

流動化コンクリートを使用する場合には、何のためにコンクリートを流動化するのかという使用目的を明確にし、その目的に合わせて使用材料、配合などを検討する必要がある。また、流動化コンクリートでは、ベースコンクリートの品質変動に流動化コンクリートの品質変動も加わるため、品質管理、施工管理の方法、体制などを十分に検討し、入念な計画を立てることが大切となる。

②材料

・セメント

セメントの種類が流動化効果に及ぼす影響は大きくないという実験結果が報告されているが、高炉セメント、フライアッシュセメントのC類や低熱セメントなどは使用実績が少ないため、流動化剤の使用効果、コンクリートの品質、施工性などを十分検討する必要がある。

・骨材

流動化コンクリートでは細骨材中の0.15mm以下の細粒分が少ないと、コンクリートの粘性が不足し分離しやすくなったり、ブリーディングが多くなるなどの影響がでる場合がある。そのような場合には、細骨材の一部を細粒分の多いものと置き換えるか良質な鉱物質微粉末を併用する、などの対策を講じる。

・流動化剤

流動化剤は、土木学会規準「コンクリート用流動化剤品質規格」に適合するものの中から選定する。

③配合

・スランプ

流動化コンクリートのスランプ、あるいは流動化によるスランプ増大量を過度に大きくすると材料分離を起こしやすくなったり、ブリーディングが多くなったりし、流動化コンクリートの採用が逆効果となる場合もある。したがって、流動化コンクリートのスランプは原則として18cm以下、スランプ増大量は10cm以下、5～8cmを標準として計画する。

ベースコンクリートについては、スランプを小さくしすぎるとかくはんによる流動化剤の均一な分散が難しくなる。また、ベースコンクリートのスランプが5～6cm程度以下になると同一のスランプ増大量を得るには必要な流動化剤の添加量が増大することなどから、ベースコンクリートのスランプは少なくとも5～6cm以上、一般には8～12cm程度とする。

・流動化剤の添加量

流動化剤の添加量は試験によって定めることとなるが、低温時には流動化効果が減少し、高温時には逆に流動化効果が増大する。したがって、同一スランプ増大量を得るための流動化剤の添加量も、季節によって変動するため注意を要する。

・単位セメント量

流動化コンクリートが作業に適するワーカビリティをもち、材料分離に対する十分な抵抗性を有するためには、一般に単位セメント量（セメント量＋混和材量）を粗骨材最大寸法が20mmの場合、270kg/m³以上、40mmの場合、250kg/m³以上とする。

・細骨材率

ベースコンクリートの細骨材率は、流動化後に所要のワーカビリティが得られ、しかもベースコンクリートの単位水量が最小となるように定める。流動化コンクリートでは、ベースコンクリートの細骨材率をそのまま使った場合には、細骨材量が不足して分離しがちなコンクリートとなる場合がある。そのため流動化後に所要のワーカビリティを得るためには、ベースコンクリートの細骨材率を通常の場合より大きくする必要がある。

④製造

土木学会「流動化コンクリート施工指針」では、流動化コンクリートの製造方法として、流動化剤の添加時期とかくはん時期の違いにより以下の3つの方法（図-2.1.10参照）が示されている。

- (1)コンクリートプラントから運搬したコンクリートに工事現場で流動化剤を添加し、均一になるまでかくはんして流動化する。
- (2)コンクリートプラントでトラックアジテータに流動化剤を添加し、ただちに高速かくはんして流動化する。
- (3)コンクリートプラントでトラックアジテータに流動化剤を添加し、低速でアジテートしながら運搬して、工事現場到着後に高速かくはんして流動化する。

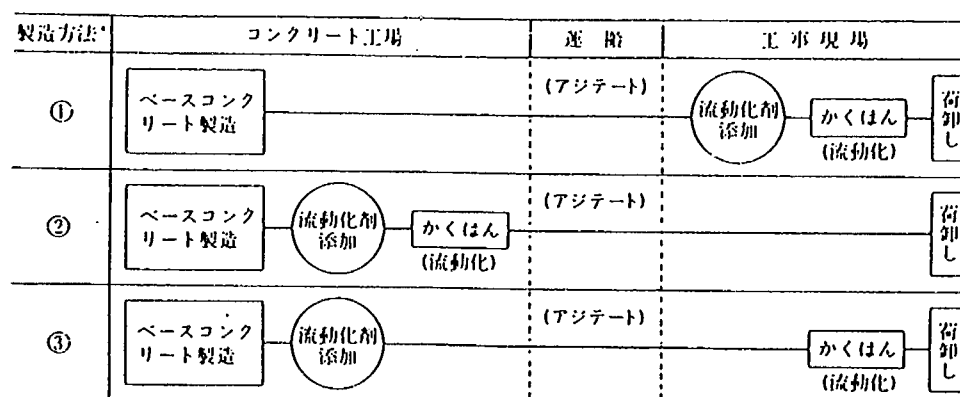


図-2.1.10 流動化コンクリートの製造方法

そのほか、上記指針の対象外の方法として、コンクリートの練混ぜ中に流動化剤を遅れて添加する（いわゆる遅れ添加あるいは時差添加）方法、流動化剤を異なった時期に分割して添加する（いわゆる分割添加）方法、流動化剤を他の材料と同時に添加し、流動化コンクリートと同様な性状を有するコンクリートを製造する方法がある。いずれの製造方法を採用するかは、コンクリートの配合、品質、施工条件などを考慮して最も適した方法を選定する必要がある。

流動化のためのかくはん時間は、コンクリートのスランプが均一になるよう試験によって定めるが、トラックアジテータのかくはん時間は、高速で1～2分、中速で2～3分が一般的である。

また、ベースコンクリートの積載量は、流動化のためのかくはんを十分に行うために、トラックアジテータの公称容量以内であることが必要であり、流動化剤の添加量の管理の面から、積載量は常に一定であるこ

とが望ましい。

流動化コンクリートの再流動化は原則として認められないが、流動化コンクリートの品質に悪影響を及ぼさないことをあらかじめ試験等により確認している場合に限り、1回だけトラックアジテータの流動化コンクリートに流動化剤を再添加できる。

⑤運搬、打込み

・打ち終わるまでの時間限度

流動化コンクリートは、スランプが同一の通常のコンクリートに比べてスランプおよび空気量の経時変化が大きい傾向がある。そのため、一般には、流動化後から打ち終わるまでの時間の限度は、外気温が25℃未満の場合30分、外気温25℃以上の場合20分とするのが望ましい。また流動化剤の添加時期が遅いほど流動化コンクリートのスランプの経時変化は大きくなるため注意を要する。

・コンクリートポンプ

軽量骨材コンクリート、水中不分離性コンクリート、高強度コンクリートなどは、一般的な流動化コンクリートに比べて管内圧力損失が大きく、圧送にあたって考慮を要する点が異なるので必要に応じて圧送試験を行って判断する。また圧送中断時にスランプ低下や水の分離が生じると配管の閉塞の原因となるため、圧送の中断は極力避けることが望ましい。

・打込み

流動化コンクリートの締固めは比較的容易である反面、締固め時にコンクリートを故意に横移動させると材料分離を生じるおそれがあるので、横移動は避ける。

打継ぎ時間間隔は、外気温が25℃未満の場合は60分以内、外気温が25℃以上の場合は40分以内を目安とする。

⑥品質管理

・流動化コンクリートの性質は、ベースコンクリートの性質に大きく左右されるため品質管理および検査は、ベースコンクリートと流動化コンクリートの両方について行う。ただし圧縮強度については、特別な場合を除いて流動化コンクリートの圧縮強度試験の結果を用いて品質管理を行って良い。

・品質に対する責任の範囲

流動化コンクリートは、通常ベースコンクリートを購入し、施工者の責任で流動化コンクリートを製造する。したがってレディーミクストコンクリート工場と施工者の品質に対する責任の範囲を明確にしておくことが必要である。

参考文献

- 1) 建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書(1)、建設省、1993年 3月
- 2) 高性能AE減水剤を用いたコンクリートの施工指針(案)、付：流動化コンクリート施工指針(改訂版)、コンクリートライブラリー74、土木学会
- 3) 流動化コンクリート施工指針・同解説、日本建築学会

付録1. 流動化剤一覧

	銘 柄	主 成 分	製造または販売会社
標準形	マイテイFD	ナフタリンスルホン酸ホルマリン高縮合物	花 王 (株)
	マイテイFD700	ナフタリンスルホン酸ホルマリン高縮合物	花 王 (株)
	サソフロ-FB	ナフタリンスルホン酸リグニンスルホン酸共縮合物	サソフロ (株)
	ダーレックスス-P-20F	アルキルアリルスルホン酸塩縮合物	ダーレックス (株)
	ハイフルート*	アルキルナフタリンスルホン酸塩縮合物	竹 本 油 脂 (株)
	テ*ソカFT-80	アルキルアリルスルホン酸系複合物	デンカグレース (株)
	シーカメット	アルキルナフタリンスルホン酸ホルマリン複合物	日 本 シ ー カ (株)
	ワ-ク500S	ポリカルボン酸塩+特殊添加物	日 本 ゼ オ ン (株)
	リク*ラックF	アルキルスルホネートポリマー特殊添加物	福井化学工業 (株)
	ハ*リックFL	ナフタリンスルホン酸塩系縮合物	藤沢薬品工業 (株)
	NP-10	ナフタリンスルホン酸塩系複合物	ポゾリス物産 (株)
	NP-20	メラミンスルホン酸塩素複合物	ポゾリス物産 (株)
遅延形	マイテイFDR	ナフタリンスルホン酸塩系縮合物およびポリオール複合体	花 王 (株)
	サソフロ-FBF	ナフタリンスルホン酸・リグニンスルホン酸共縮合物および特殊リグニンスルホン酸誘導体	サソフロ (株)
	ハイフルート*R	アルキルナフタリンスルホン酸塩縮合物	竹 本 油 脂 (株)
	シーカメットR	アルキルナフタリンスルホン酸ホルマリン縮合物+アジピン酸誘導体	日 本 シ ー カ (株)
	ワ-ク500	ポリカルボン酸塩	日 本 ゼ オ ン (株)
	NP-20R	ナフタリンスルホン酸・リグニンスルホン酸共縮合物および特殊リグニンスルホン酸誘導体	ポゾリス物産 (株)

* コンクリート用化学混和剤協会資料

2.2 高性能AE減水剤を用いたコンクリート

(1) 使用目的

高性能AE減水剤は、空気連行性を有するとともに、通常のAE減水剤よりも高い減水性能と良好なスランプ保持性能を有するところに特徴がある。このため、高性能AE減水剤は、従来のAE減水剤に代わる混和剤として、コンクリートの練混ぜ時に他の材料とともにミキサに投入して用いることができる。また、上記の高性能AE減水剤の特徴を活用すれば、単に通常のAE減水剤を用いる場合より単位水量の少ないコンクリートの製造が可能となるだけでなく、流動化コンクリートと同等の品質を有するコンクリートを工場で製造することも可能になる。

高性能AE減水剤を用いたコンクリートの使用目的は、先述の流動化コンクリートと同様に、以下のようになると思われる。

- a) 単位水量を低減し、コンクリートの品質改善を図る。
- b) 暑中コンクリートなどでスランプの低下が著しい場合、ワーカビリティの改善を図る。
- c) マスコンクリートの単位セメント量を低減し、発熱量を低く抑える。
- d) 富配合コンクリート、硬練りコンクリートの施工性改善を図る。
- e) ポンプ圧送性の改善を図る。

上記のような使用に対して、実際の工事においてどのような使われ方をしているのかを、平成3年度に社団法人日本土木工業協会会員会社（178社）を対象に行った調査結果を以下に示す。

コンクリート工事で使用されているコンクリートの種類は、図-2.2.1に示すように、流動化剤を使用したコンクリートが70%弱を占めているが、高性能減水剤（ここでは、主にスランプ保持型の高性能AE減水剤を指す）を用いたコンクリートが、15.1%程度、使用されていることがわかる。また、先述のように、高性能AE減水剤を用いたコンクリートの使用量は年々増加していることから、今後も使用量が多くなることが考えられる。

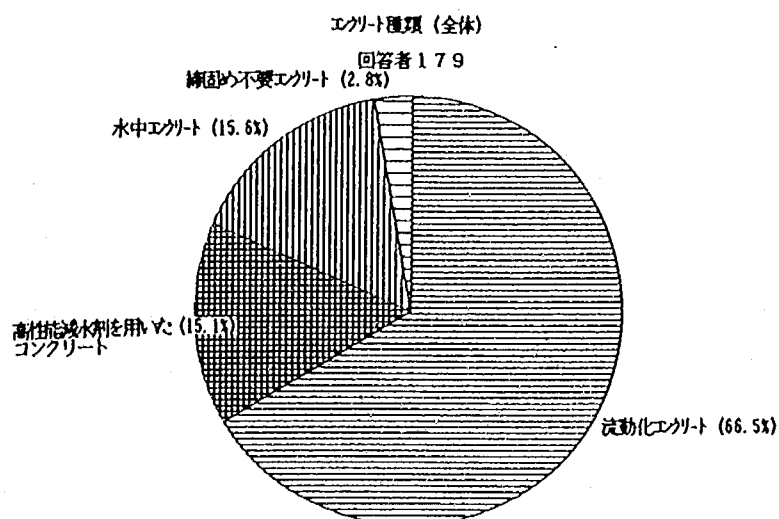


図-2.2.1 コンクリート工事で使用されているコンクリートの種類

(2) 高性能AE減水剤の種類

高性能AE減水剤は表-2.2.1に示すように、我国で研究開発された混和剤であり、現在市販されているものを主成分別に分類すると、ナフタリン系、ポリカルボン酸、アミノスルホン酸系およびメラミン系に大別できる。〔1〕

表-2.2.1 高性能AE減水剤とその成分〔1〕

製造会社名	商品名	主成分 *1	分類 *2	タイプ *3	適用範囲	使用量 (C*%)
花王(株)	マイティ2000S マイティ2000 マイティ2000H マイティ2000WH	ポリアルキルアリル スルホン酸塩と反応 性高分子	ナフタリ ン系	標準 遅延 標準 標準	一般 一般 高強度 高強度	1.0~2.0 1.0~2.0 1.0~2.5 1.0~3.0
神戸材料 (株)	リグナールSPS	ポリカルボン酸と除 放剤	ポリカル ボン酸系	標準	一般 高強度	0.8~1.2
山陽国策パ ルプ(株)	サンフローHS-100 サンフローHR-100 サンフローHS-500	アルキルアリルスル ホン塩酸と変性リグ ニン	ナフタリ ン系	標準 遅延 標準	一般 一般 高強度	1.0~2.5 1.0~2.5 1.0~2.5
竹本油脂 (株)	チューポール HP-8 HP-8R	特殊スルホン基、カ ルボキシル基含有多 元ポリマー	ポリカル ボン酸系	標準 遅延	一般 高強度	0.5~1.5 0.5~1.5
デンカグレ ース(株)	ダーレックス スーパー100P スーパー100PR スーパー100PH	アルキルナフタリン スルホン酸塩特殊界 面活性剤	ナフタリ ン系	標準 遅延 標準	一般 一般 高強度	1.0~2.5 1.0~2.5 1.0~2.5
日曹マスタ ービルター ズ(株)	レオビルドSP-8N	ポリカルボン酸エー テル系複合物	ポリカル ボン酸系	標準	一般 高強度	0.7~1.4
	レオビルドSP-9N レオビルドSP-9R レオビルドSP-9HS	変性リグニン、アル キルアリルスルホン 酸と活性持続ポリマ ー	ナフタリ ン系	標準 遅延 標準	一般 一般 高強度	1.0~2.5 1.0~2.5 1.0~2.5
日本シーカ (株)	シーカメント1000N シーカメント1000R シーカメント1000H	変性メチロールメラ ミン縮合物と水溶性 特殊高分子化合物	メラミン 系	標準 遅延 標準	一般 一般 高強度	0.7~1.6 0.7~1.6 1.4~2.2
日本ゼオン (株)	エムテン エムテンU2	ポリカルボン酸系化 合物	ポリカル ボン酸系	標準 標準	一般 一般	0.25~0.65 1.0~1.5
福井化学工 業(株)	リグエースSFA リグエースSFR	アルキルアリルスル ホネート	ナフタリ ン系	標準 遅延	一般 高強度	1.0~2.0 1.0~2.0
藤沢薬品工 業(株)	パリックFP-100S パリックFP-100R	ポリエーテルカルボ ン酸系化合物	ポリカル ボン酸系	標準 遅延	一般 一般	1.0~2.0 1.0~2.0
	パリックP200S パリックP200R パリックP200H	芳香アミノスルホン 酸系高分子化合物	アミノス ルホン酸 系	標準 遅延 標準	一般 一般 高強度	1.5~2.0 1.5~2.0 1.5~2.5

(注) *1 製造会社が公表している主成分を示す。

*2 主成分を統一して示すため、便宜上、ナフタリン系、メラミン系、ポリカルボン系、アミノスルホン酸系に分類した。

*3 J I S A 6204によって試験した場合のタイプ

(3) 使用効果と問題点

高性能AE減水剤を用いたコンクリートの主な効果は、以下のようなことである。

a) スランプおよび水セメント比を通常のコンクリートの場合と同じにすれば、単位水量が減少するので、乾燥収縮の低減、耐久性の向上、その他によって、硬化コンクリートの品質が向上する。また、単位セメント量も減少するので、セメントの水和に起因するコンクリートの温度上昇の低減にも役立つ。(図-2.2.2、2.2.3参照)

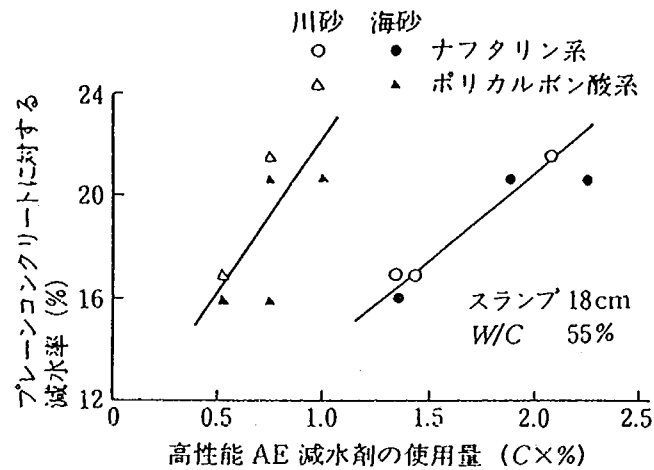


図-2.2.2 高性能AE減水剤の使用量と減水率の関係 [2]

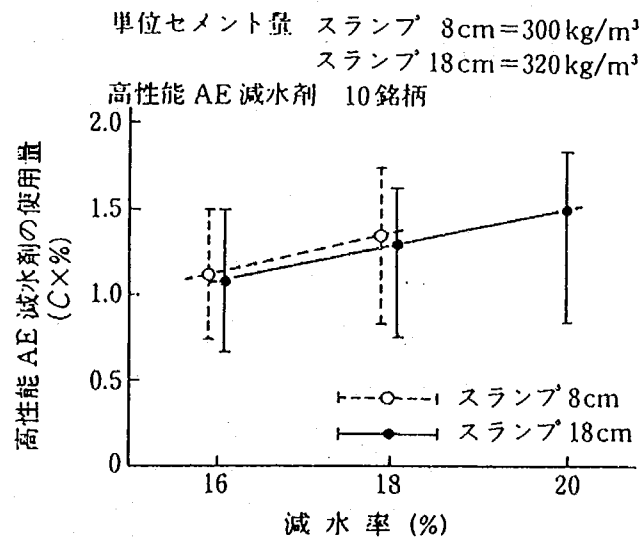


図-2.2.3 減水率と高性能AE減水剤の使用量の関係 [3]

b) 単位水量および水セメント比を通常のコンクリートの場合と同じにすれば、スランプが大きくなるので、コンクリートの施工性が改善される。

c) スランプおよび単位セメント量を通常のコンクリートの場合と同じにすれば、水セメント比が小さくなるので、コンクリートの耐久性、強度などが増大する。

高性能AE減水剤の特徴を活用して得られる上記のような効果は、高性能AE減水剤の使用量、コンクリートの配合、その他によって大きく相違し、高性能AE減水剤の使用方法が適切でない場合には、初期の効果が得られないばかりでなく、コンクリートの品質が逆に損なわれてしまうこともある。したがって、高性能AE減水剤を用いたコンクリートを使用する場合には、使用する高性能AE減水剤の特性と効果の限度について十分に理解しておくとともに、目的とする効果が確実に得られるように、高性能AE減水剤の適切な使用方法についてあらかじめ十分に検討しておく必要がある。また、高性能AE減水剤を用いたコンクリートのワーカビリティは、通常のAE減水剤を用いたコンクリートのそれとは若干異なったものとなる場合が多いので、その特性に応じて適切に施工することも大切である。

先述の流動化コンクリートはベースコンクリートに流動化剤を添加することにより最終品質が得られるため、

- a) ベースコンクリートの混和剤と流動化剤の適合性
- b) 流動化剤添加量の管理
- c) ベースコンクリートと流動化コンクリート双方の品質管理
- d) スランプ変動
- e) コンクリート品質の責任の所在

などが使用者側の使いにくさの原因となっている。このような使いにくさをなくすために、高性能AE減水剤をコンクリートプラント工場で添加する方法が行われている。そして、先述のアンケート調査においても、高性能AE減水剤を使用したコンクリートの混和剤の添加場所は、図-2.2.4に示すように、高性能AE減水剤を工場で同時添加する方法が76%と高く、上記のような理由が反映されていると考えられる。しかし、混和剤を工場添加した場合、生コンクリート工場からコンクリートの打込み現場までの運搬時間に影響されて、スランプロスなどを起こす場合があるので、管理が難しくなることがある。

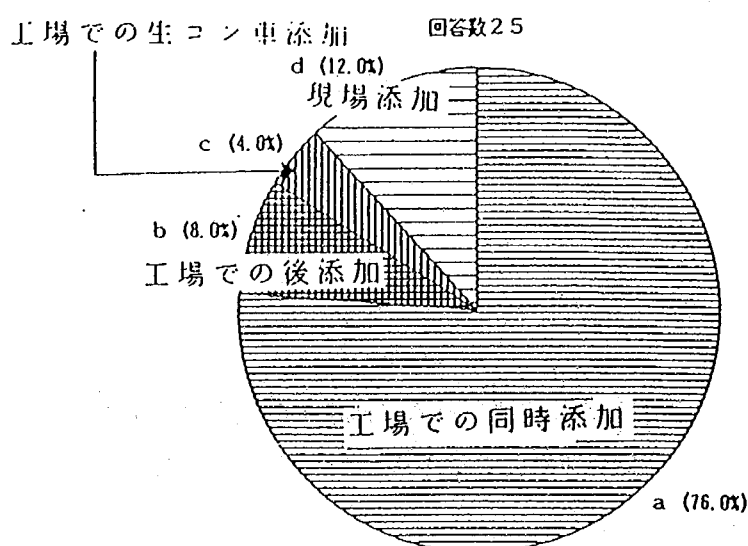


図-2.2.4 高性能減水剤を使用したコンクリートの添加場所

高性能AE減水剤を用いたコンクリートのスランプは、土木学会“高性能AE減水剤を用いたコンクリートの施工指針（案）”〔4〕では、18cm以下としており、表-2.2.2 に示すように、各構造物に高性能AE減水剤を用いたコンクリートも使用されているようである。このように、構造物や部材の断面、形状、鉄筋量、鋼材量などを念頭におき、コンクリートのスランプを勘案することが重要である。

表-2.2.2 高性能AE減水剤を用いたコンクリートのスランプの標準範囲〔4〕

構 造 物 の 種 類			ス ラ ン プ (cm)
マッシブなコンクリート（例えば、大きい橋脚、大きい基礎など）			8～12
比較的マッシブなコンクリート （例えば、橋脚、厚い壁、基礎、大きいアーチなど）			10～15
厚い版			8～12
一般の鉄筋コンクリート			12～18
断面の大きい鉄筋コンクリート			8～15
プレストレストコンクリートはり			10～15
水密コンクリート			8～15
トンネル覆工コンクリート			15～18
軽量骨材コンクリート	鉄筋コンクリート	スラブ	12～18
		はり	12～18
		壁および柱	10～15
	プレストレストコンクリートはり		10～15

（4）使用上の留意点

a）計画

高性能AE減水剤を用いたコンクリートを使用する場合には、構造物の形状、寸法、鉄筋量などを考慮してコンクリートの使用目的を定めて、その目的に合わせて使用材料、配合などを検討する必要がある。また流動化コンクリートでは、ベースコンクリートの品質変動に流動化コンクリートの品質変動も加わるため、品質管理、施工管理の方法、体制などを十分に検討し、入念な計画を立てることが大切となる。

b）材料

・セメント

普通ポルトランドセメント、早強ポルトランドセメント、中庸熱ポルトランドセメント、高炉セメント、およびフライアッシュセメントに対しては、高性能AE減水剤の使用実績も多く、また高性能AE減水剤を用いたコンクリートに関する研究報告もあり、使用方法についても明らかになっている。なお、フライアッシュセメントの場合、フライアッシュに含まれる未燃炭素が高性能AE減水剤の空気連行成分を吸着し、空気が連行されにくくなることが多い場合があり、このような場合には、所要の空気量を得るために検討を行う。

・骨材

高性能A E減水剤を用いたコンクリートでは、細骨材中の0.15mm以下の細粒がワーカビリティの確保のために重要な役割を果たす。したがって、標準粒度の範囲内でできるだけ細粒分を含む細骨材を用いるのがよい。そのような場合には、細骨材の一部を置き換えるか、良質の鉱物粉末とするかなどの対策を講じる必要がある。

・高性能A E減水剤

高性能A E減水剤は、土木学会規準“コンクリート用高性能A E減水剤品質規格”に適合するものの中から選定する。

・単位水量

高性能A E減水剤を用いたコンクリートの単位水量は、所要の品質のコンクリートが得られる範囲内で、できるだけ少なくなるように試験によってこれを定める。高性能A E減水剤を用いたコンクリートの単位水量は、原則として、 $175\text{kg}/\text{m}^3$ 以下とする。

骨材事情の特に悪い地域などでは、コンクリートの品質が悪くならないことを試験によって確認すれば、コンクリートの単位水量を $175\text{kg}/\text{m}^3$ より大きくすることができる。

・単位セメント量

高性能A E減水剤を用いたコンクリートの単位セメント量は、単位水量と水セメントの比からこれを定める。

高性能A E減水剤を用い、最大寸法25mmの粗骨材を使用したコンクリートの試験結果では、単位セメント量を $275\text{kg}/\text{m}^3$ とした場合は良好な品質のコンクリートが得られたが、単位セメント量が $250\text{kg}/\text{m}^3$ まで低下すると、ワーカビリティが悪くなるとともに、高性能A E減水剤のスランプ保持性能が失われ、スランプの経時低下量が逆に大きくなる傾向がある。このようなことから、高性能A E減水剤を用いたコンクリートの単位セメント量は、原則として $270\text{kg}/\text{m}^3$ 以上とする。

d) 運搬、打込み

・打込みから打ち終わりまでの時間限度

レディーミクストコンクリート工場でコンクリートを練混ぜ、これをトラックアジテータで運搬し、時間経過に伴うスランプの経時変化を調べた実験によれば、高性能A E減水剤を用いたコンクリートは通常のA E減水剤を用いた場合に比べてスランプ低下が小さいが、コンクリートの練混ぜ後60分程度以上経過するとこのスランプ保持性能が徐々に失われていくことが確認されている。高性能A E減水剤を用いたこのような特性を考慮して、練混ぜてから打ち終わるまでの時間の限度は、原則として、外気温が 25°C を超えるときで1.5時間、 25°C 以下のときで2時間を超えてはならない。

・ポンプ

軽量骨材コンクリート、水中不分離性コンクリート、高強度コンクリートなどは、一般的な流動化コンクリートに比べて管内圧力損失が大きく、圧送にあたって考慮を要する点が異なるので、必要に応じて圧送試験を行って判断する。また、圧送中断時にスランプ低下や水の分離が生じると配管の閉塞の原因となるため、圧送の中断は極力避けることが望ましい。

・打込み

高性能A E減水剤を用いたコンクリートを施工性改善を目的として使用する場合、コンクリートは流動性が大きい半面、締め固め時に故意に横移動させると材料分離を生じるおそれがある。

下層のコンクリートが固まり始めている場合に、上層のコンクリートの打込みが遅れると、コールドジョイントができるおそれがある。これを防ぐために、コンクリートの種類、および品質、練混ぜから打込み終了までの時間、コンクリートの温度、締め固め方法などの影響を考慮して、打継ぎ時間間隔を設定し、管理しなければならない。高性能A E減水剤を用いたコンクリートは通常のA E減水剤を用いた場合に比べて凝結時間が長くなる傾向にあることが多いが、高性能A E減水剤の銘柄や外気温によって凝結遅延がほとんど認められない場合もあるので、打継ぎ時間間隔の限度は通常のA E減水剤を用いたコンクリートと同等に考えて施工するのがよい。一般には、外気温が25℃以下の場合で150分以内、25℃を超える場合で120分以内を目安とするのがよい。

・締め固め

内部振動機の挿入間隔が有効であると認められる範囲の直径以下とし、一般に50cm以下とすること、また、一箇所当たりの振動時間はコンクリート表面状態を注意深く観察してこれを定めることとしている。高性能A E減水剤を用いたコンクリートは通常のA Eコンクリートを用いた同一のスランプのコンクリートに比べて粘性が高く、振動時間が長すぎると骨材の沈澱が生じる恐れがあるので、一箇所当たりの振動時間を必要最小限として内部振動機の挿入位置をこまめに移動させるのがよい。

【参考文献】

- [1] 長滝重義：高性能A E減水剤の現状と課題、コンクリート工学、VOL. 28、No. 6、1990、pp. 5～15
- [2] 日本建築学会・材料施工委員会・鉄筋コンクリート工事運営委員会：高減水性混和剤を用いたコンクリートに関する研究小委員会資料、1992
- [3] 土木学会：高性能コンクリート研究小委員会、流動コンクリート分科会資料
- [4] 土木学会：高性能A E減水剤を用いたコンクリートの施工指針（案）、コンクリートライブラリー7
4、1993

2.3 高流動コンクリート

(1) 高流動コンクリートの出現

高流動的なコンクリートは、従来より水中不分離性コンクリート、逆打ちコンクリート、シールド用ECLコンクリートあるいは流動化コンクリートなど近年比較的良く使われるようになり、またそれらに関する技術的蓄積も高い。

一方、岡村甫らは、これらとは別に1986年コンクリートの耐久性改善の一手法として「施工過程における人間学的な要素の影響を受けにくいコンクリート」として、型枠内の隅々まで自重で充填できるハイパフォーマンスコンクリート（以下HPCという）を提唱し、実際の構造物への適用を提案し、各研究機関の研究が進んだ。

これらの機運を得て、学会発表も90年頃から急増し、JCIでは92年超流動コンクリート研究委員会（委員長 魚本健人）を、土木学会では94年高流動コンクリートの受託研究を行うなど実用化への動きが活発化している。また、建設省、道路公団、JR等の発注機関での試験施工も行われている。実施工は、総プロ「鉄筋コンクリート」で実施した94年2月末日の調査（以下本調査という）によれば、約150件、約15万 m^3 （平均打設量1000 m^3 /件）、明石海峡大橋を加えると約50万 m^3 の累計となっている。この数値は我国のコンクリート年間生産量1.7億 m^3 の0.1～0.2%程度にすぎないが着実な進捗を遂げているといえよう。

ところで、この高流動コンクリートの効果は、耐久性改善の他にコンクリート工事の省力化に寄与できるとする報告も多い。國島らは、高さ30mの橋脚を対象として作業員の員数累計の比較を行ない、1割程度の低減効果があるとし、他の型枠工法（例えばプレキャスト型枠工法や綱殻サンドイッチ工法）と組み合わせれば2～5割低減できると報告している。しかし、本調査によれば、現在のところ施工の多くは、充填性の改善を主目的に実施されているようである。（図-2.3.1）。それでも、施工件数の1/3程度で省力化効果が、1/8程度で工期短縮効果があったとされている（図-2.3.2）。現時点では高流動コンクリートは開発されたばかりであり、作業体制も従来と同一にすることも多く、これらの効果を評価する段階に到っていないことも反映しているようである。

なお、高流動コンクリートの施工実績は、必ずしも大きくはなく、かつ、民間土木を主としているようである。普及障害要因としては、技術的要因よりも、A)価格が高い、B)同種構造物の実績がないの2点が殆どで、実際に採用に到らなかった事例の理由の8割を占めている。現時点でこれらの解決は、施工者側の確認試験、費用負担により行われることもなく、今後の技術開発制度の改革のポイントとなるであろう。

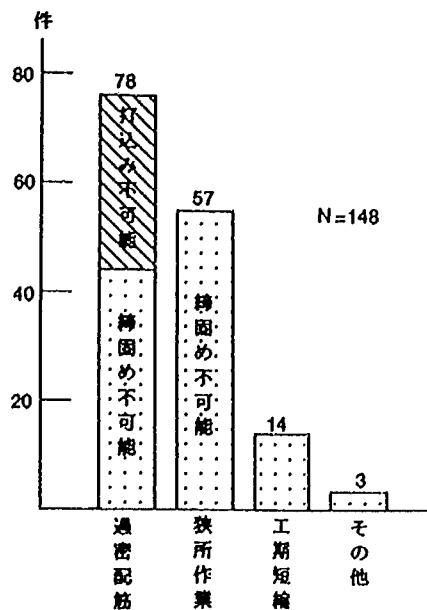


図-2.3.1 高流動コンクリート使用の主目的

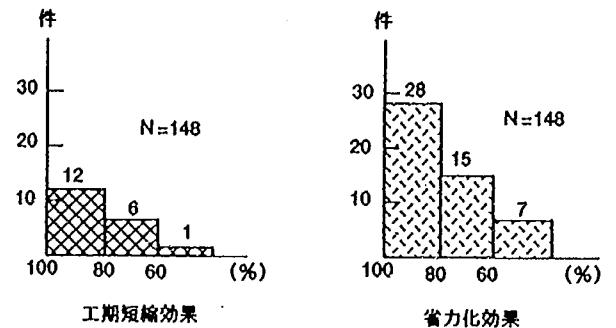


図-2.3.1 高流動コンクリート使用の効果（躯体工事）

(2) 高流動コンクリートの配合

高流動コンクリートは、1)材料自体の持つ分離抵抗性と2)変形性により、分離しないコンクリートを自己の重力のみで充填させるものである。一般にこれらのフレッシュ性状の性能は相反する側面を有しているため、高流動コンクリートは、両者の中間的バランスの上に成り立っているとも言える。

ところで、実際のコンクリート配合においては、これらの性能を1)主に粉体量の多さに頼るもの（以下“多粉体系”という）、2)増粘剤に頼るもの、3)両者の中間的なもの（以下2), 3)を合わせて“増粘剤系”という）の3者に分類できる。図-2.3.3は配合別実績であるが施工件数的には、増粘剤系のものが2/3ほどを占めるが逆に打設数量的には、明石海峡大橋を除いても多粉体系のものが2/3ほど占めている。これは、増粘剤系のものが製造（管理）は比較的容易であるが、やや高価になることの反映かもしれない。

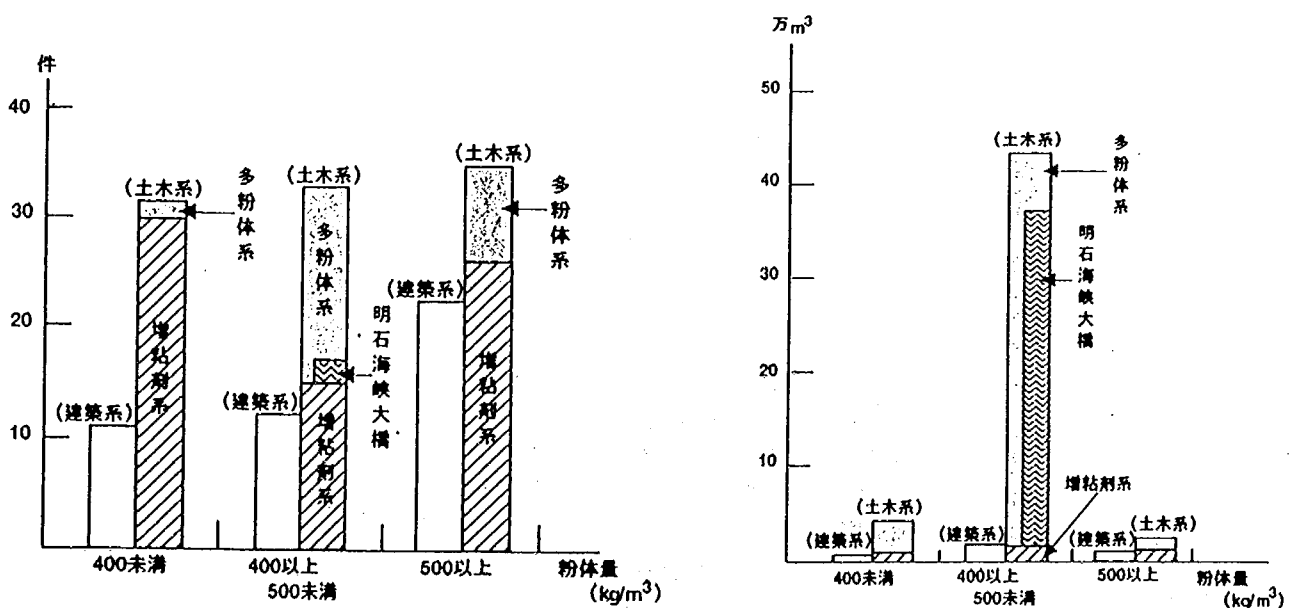


図-2.3.3 高流動コンクリートの配合別使用実績

これらの配合の実際を配合事例調査（ $N = 51$ ）をもとに以下に述べる。

①多粉体系は単位粉体量が 400 kg/m^3 以上である（図-2.3.4参照、図中 350 kg/m^3 台はECLコンクリート）。その平均値は 502 kg/m^3 （ECLコンクリートを除く）である。

②増粘剤系は単位粉体量が 400 kg/m^3 未満のものと、 450 kg/m^3 以上のものに2大別できる（図-2.3.4参照）。

③多粉体系の単位水量はECLコンクリートを除けば 175 kg/m^3 以下であり、その平均値は 161 kg/m^3 である（図-2.3.5参照）。

④増粘剤系の単位水量は、広く分布しており平均値は 177 kg/m^3 である。また、 180 kg/m^3 以上のものが増粘剤系の $1/3$ を占めている。これらの単位水量の多い配合はセメント単体のみを粉体として使用（セメント量 $300 \sim 400 \text{ kg/m}^3$ ）しており、主として増粘剤で分離抵抗性をもたせ、水量で変形性を調整している結果と思われる（図-2.3.5参照）。

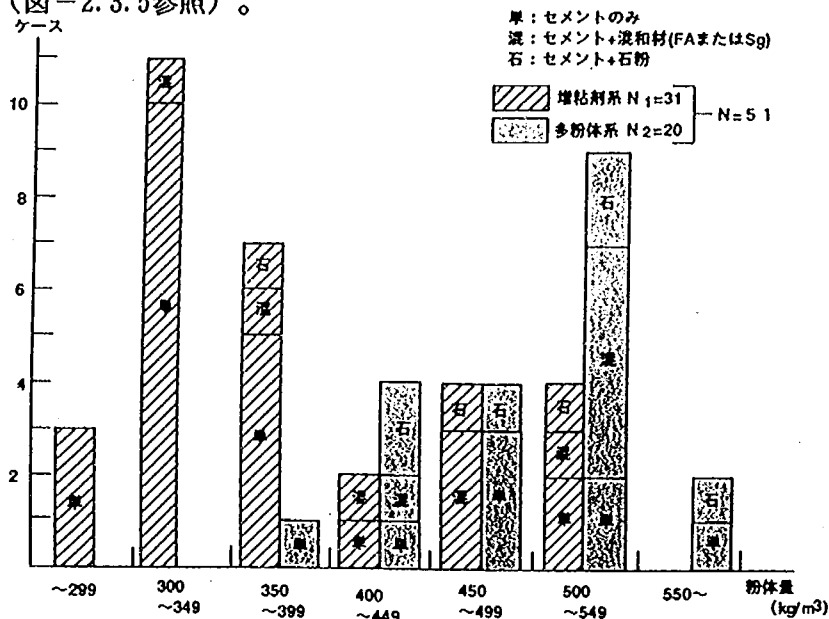


図-2.3.4 単位粉体量の分布

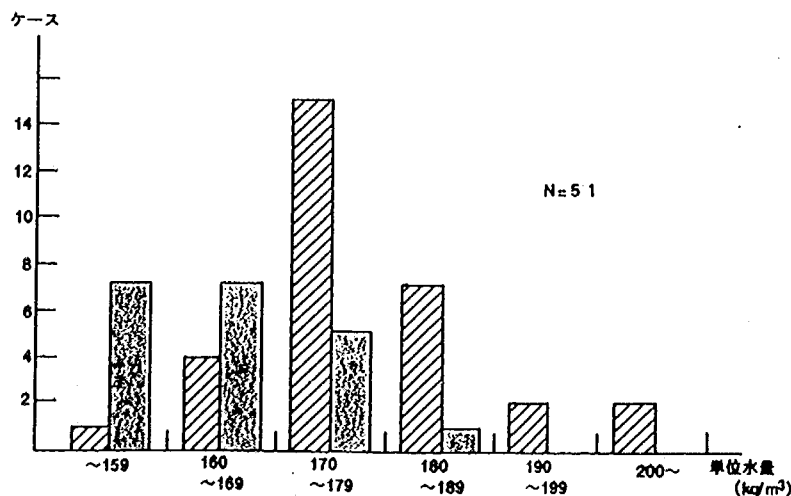


図-1-2-19 単位水量の分布

図-2.3.5 単位水量の分布

高流動コンクリートは、一般のコンクリートに比し粉体量が多く、また単位水量が多くなり易い傾向をもつ。フレッシュ性状改善のための目的もあるが、硬化時または硬化後の性状改善のための対策例を図-2.3.6に示す。高流動コンクリートの約2/3のケースで配合上の発熱対策を施しているようである。フライアッシュ（FA）やスラグ（Sg）、低発熱セメントが多く用いられている。また、多粉体系では、石粉を用いている事例が約半数を占める。

これは、多粉体系では粉体の全量をセメントにした場合発熱抑制が大きな課題になることを反映しているものと思われる。また、多粉体系は収縮対策も比較的多岐にわたり、何らかの収縮対策を取っている例が多い。

増粘剤系は、JIS混和剤もしくはJIS規格外セメントの使用に集中しているが一方、増粘剤系の約半数のケースでは総体量が比較的小ないためか特別な対策はとっていないようである。

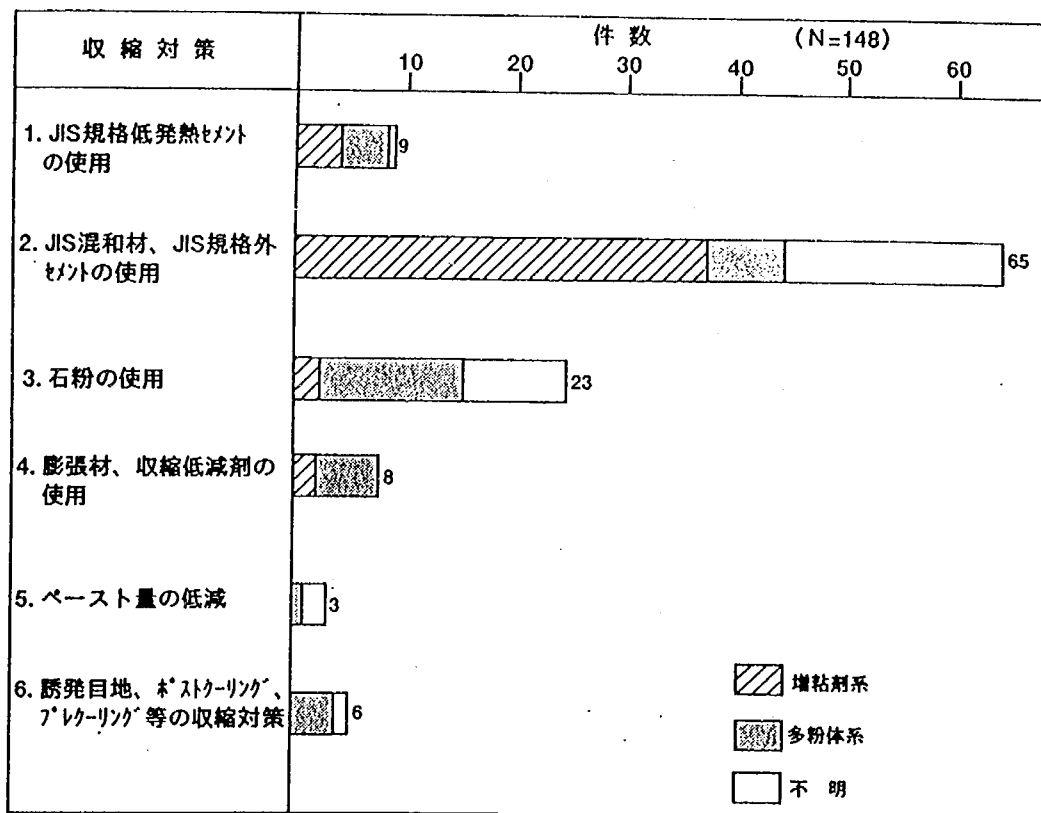


図-2.3.6 高流動コンクリートの収縮対策

(3) 高流動コンクリートの製造

高流動コンクリートの製造は、一般には市中プラントの強制練りミキサーによって行われているが、本調査では、「高流動化」を現場にて実施する事例も報告された。しかし、このような事例では現段階では数少なく本論では市中プラントでの製造に限定する。

高流動コンクリートの製造において、材料管理は増粘剤系と多粉体系で内容に差があるようであるが、製造方法、製造能力（実績）において両者に差異は少ない。図-2.3.7は一般のコンクリートと高流動コンクリートの製造における比較をまとめたものである。高流動コンクリートは、練混ぜ量／ミキサー容量で80～90%（一般コンクリートは通常100%）、材料投入時間比は110%程度、練混ぜ時間比140%以上となっており、製造能力は、一般のコンクリートの6割程度となっている。実績の調査でも40m³/時間前後が多い。

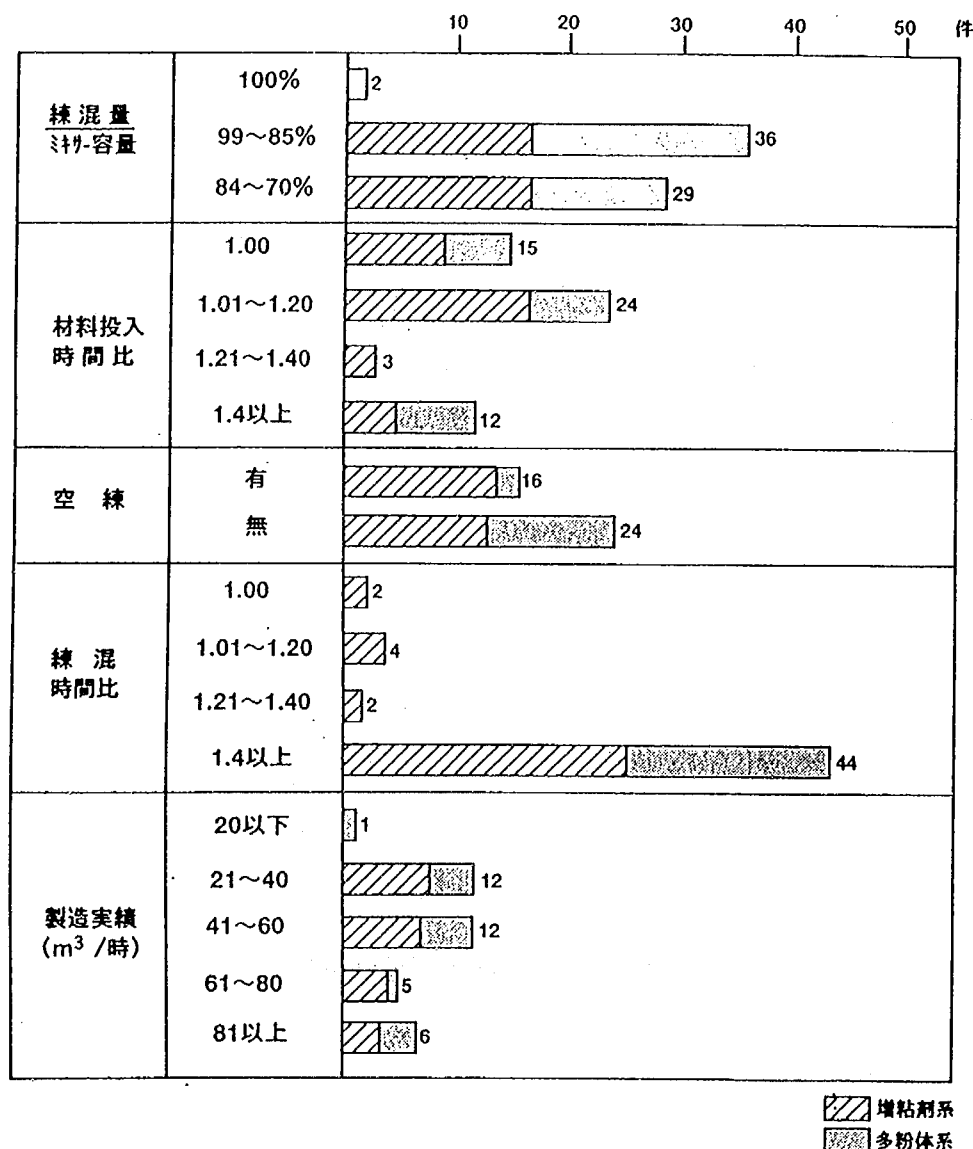


図-2.3.7 高流動コンクリートの製造実態
(増粘剤系N₁=34、多粉体系N₂=20)

一方、製造時の材料管理は増粘剤系と多粉体系で、その内容が相当に異なっている。図-2.3.8に示すように増粘剤系では、7割のケースが普通コンクリートと同等の管理をしているのに対し、粉体系は逆に7割以上のケースで普通コンクリート以上の材料管理を行っているようである。このことは、粉体系が単位水量の変動に比較的敏感であることを反映しているようであり、本調査では半数のケースで砂の表面水率の変動規制を設けるか、表面水率の変動を測定し、配合を修正している。また、プラントのミキサートルク値の監視は、全ケースの4割で行っているが、砂の表面水率と同様に増粘剤系では、その比率は2割と相対的に小さい。

また、製造したコンクリートのフレッシュ性状の確認は、一般のコンクリートより項目が多い。図-2.3.9に示すように、一般のコンクリートとはほぼ同じケースは1割にすぎず、スランプフロー試験時にその分離具合を目視するか、広がり速度をチェックしているようである。Vロートなど特殊な試験を行うケースは約半数であり、かつ具体的な規制値を設定しているケースは1/3程度であり、特殊な試験方法の普及には至っていない。このことは、試験の簡便性から、スランプフロー試験と同時に実施した方が実用的であるとの判断があるのかもしれない。

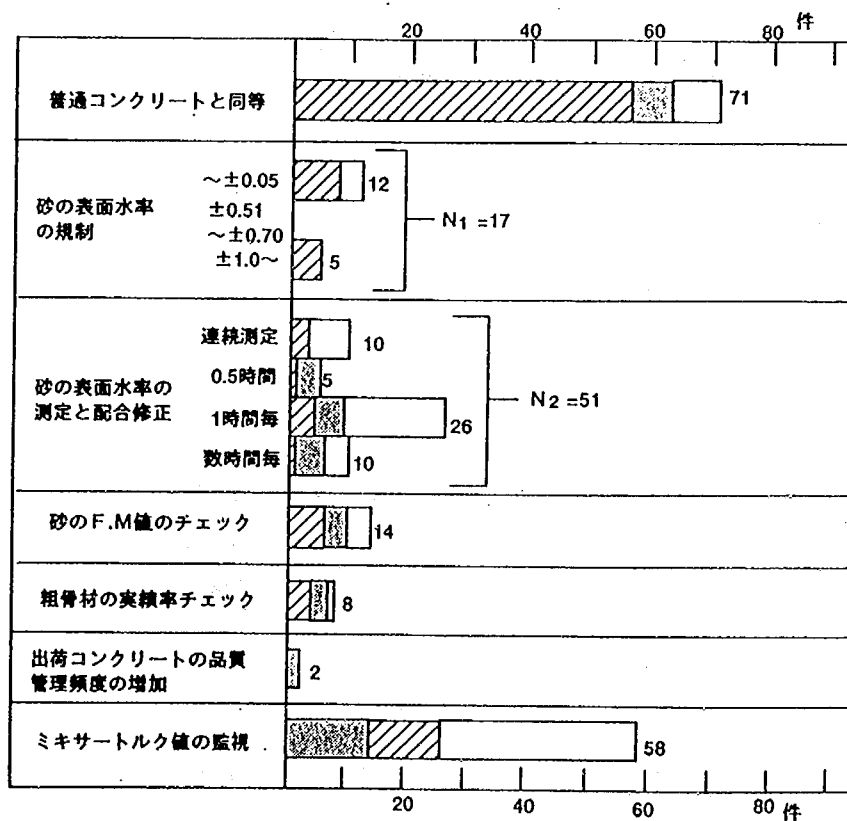


図-2.3.8 高流動コンクリート製造時の管理

(N = 145 (増粘剤系79件、粉体系28件、不明38件))

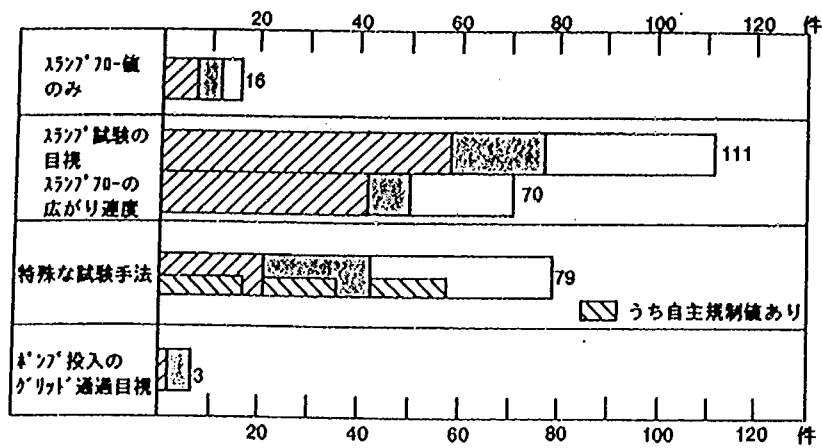


図-2.3.9 高流動コンクリートの分離抵抗のチェック方法

(N = 145)

なお、本調査で挙げたプラントの製造システムへの要望は以下のようであった。

1) プラント設備への要望

- ・ 特殊なセメント、粉体を自動投入できるサイロの設置
- ・ ミキサトルク値監視システムの設置及び精度向上

2) 材料管理

- ・ 砂の表面水率の測定頻度増大と信頼性の向上

(4) 高流動コンクリートの施工

高流動コンクリートの打設は、一般のコンクリートと同様に通常はポンプ打設され、現場の状況によってはシュート、バケット、トレミー等が用いられている（図-2.3.10）。

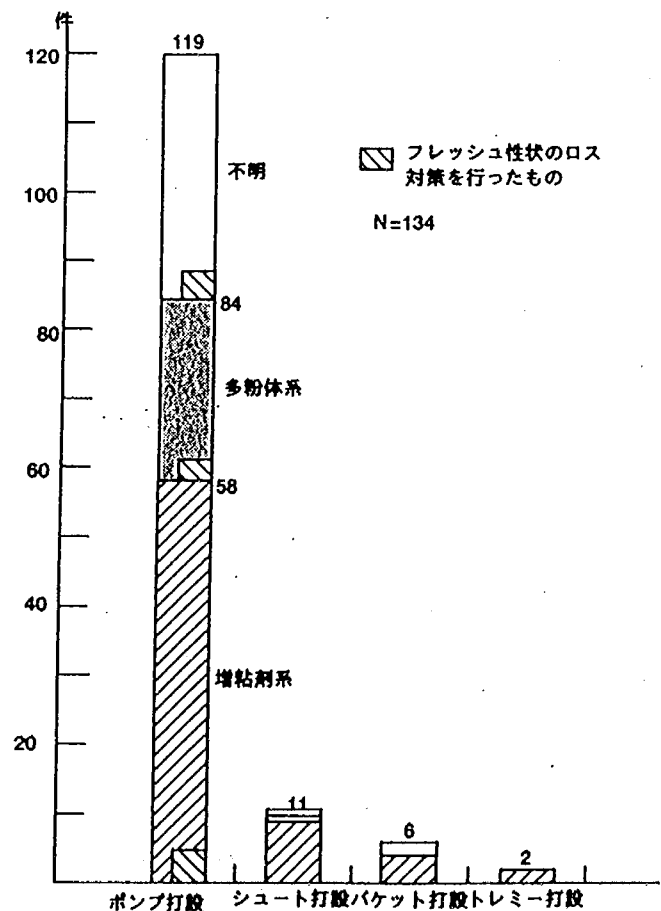


図-2.3.10 高流動コンクリートの打設方法

高流動コンクリートは、通常の施工法では分離しにくいコンクリートであるが極端な高落下打設や長距離流動では、分離を招くとの議論もある。一方高落下打設については、落下時の型枠付着を防止できれば、大きな影響はないとの議論もある。そのため本調査では、そのような制限値を設定しているかどうかの2面に亘って調べた。

落下高さの制限については約6割が制限を設けず、4 m以上の落下も1割程度のケースで行われている。しかし、一方1.5 m以下の落下制限も約4割で実施されており、今後の合理化施工の目的とあわせ検討課題となろう(図-2.3.11)。流動距離の制限については、約6割が制限を設けず、また、制限値を設けたとしても比較的その制限値は大きい。8 m以下に制限を設けたケースは2割にすぎず、前述の落下高さ制限と異なる傾向を示す。これは、落下高さ制限の一部が落下時の気泡巻き込み防止を主因にしたものがあるからかも知れない。

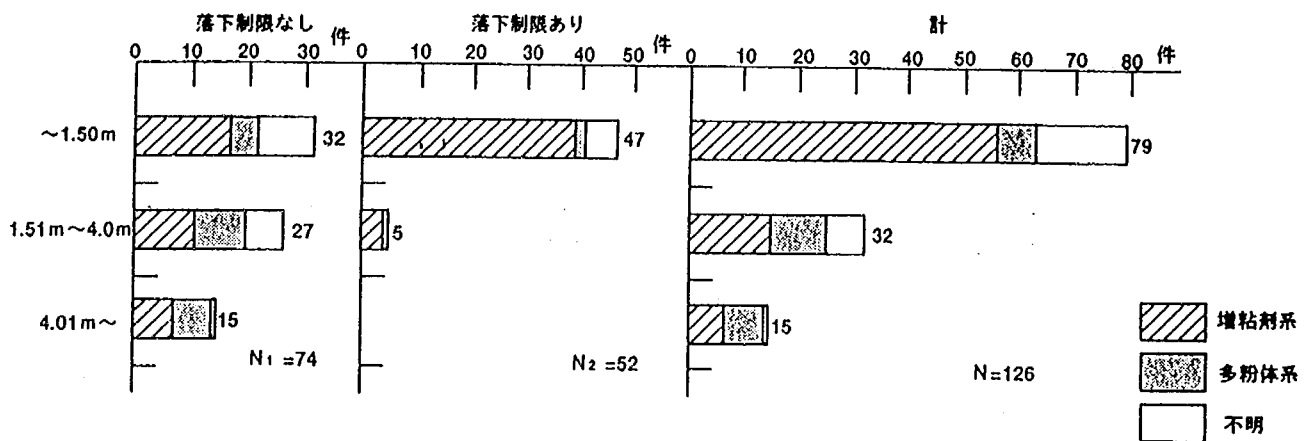


図-2.3.11 落下制限の有無と実際の落下高さ

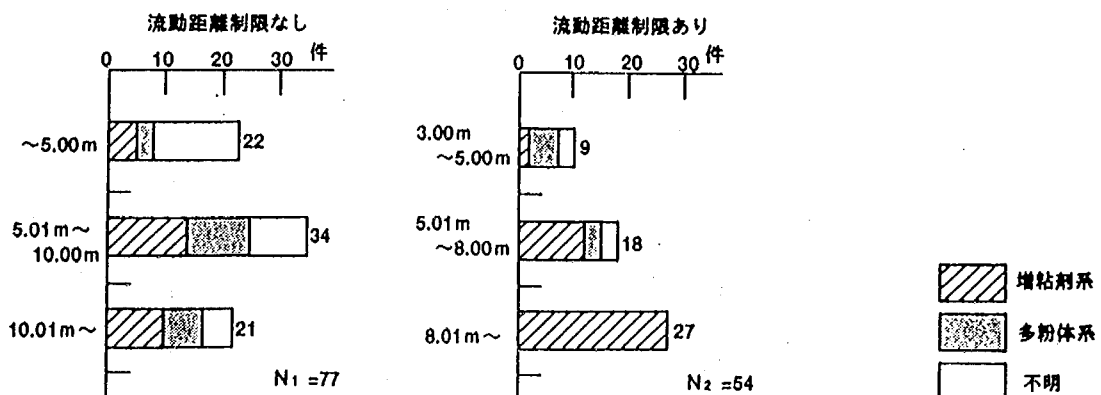


図-2.3.12 流動距離制限の有無と流動距離

高流動コンクリートの充填性は、一部で解析手法の研究が進められているが、多くは実績によっている。本調査でも約半数のケースで特別な確認はしていないが、一方では、模擬試験を行ったケースが3割、センサーを利用してものが1割に達した（図-2.3.13）。今後、実績が増えれば、模擬試験の比率は下がると思われるが現状では、その比率は多い。

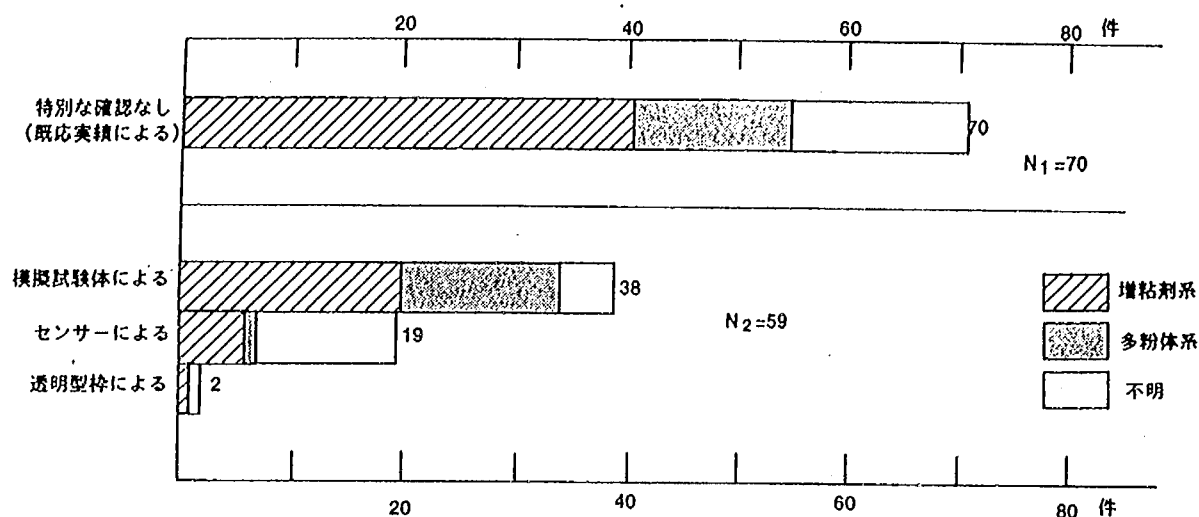


図-2.3.13 充填性の確認方法 (N = 129)

高流動コンクリートのアバタは、多いとする説と同等だとの説がある。コンクリートの粘性によりそのあらわれ方も相当異なる。図-2.3.14はそれらをまとめたものである。アバタ対策は、本調査ではこれらの他に4件対策例があり、対策は多岐に亘っている。

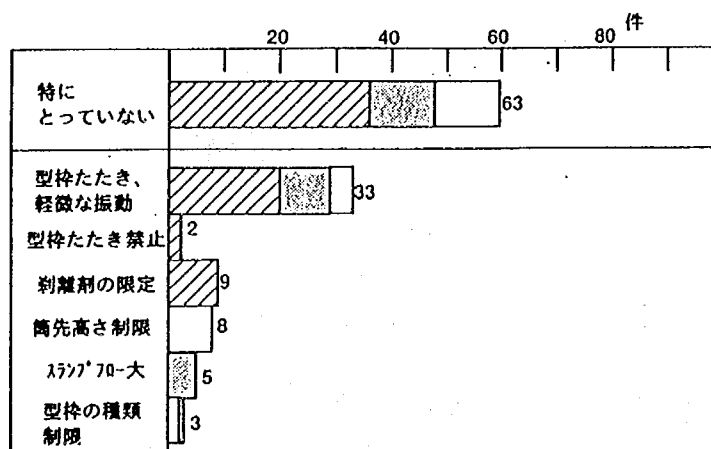


図-2.3.14 アバタ対策

その他の施工管理の実態を図-2.3.15に示す。主要点は1)連続打設による充填性の確保と2)フローロス等のフレッシュ性状の経時変化への対策である。これらは、高流動コンクリートが他のエネルギーを利用しない充填法であること、また、フレッシュ性状の変化が充填性に大きな影響を与えるため、それらの対策をとっておく必要があることを反映したものである。本調査の結果によれば、高流動コンクリートの大半のケースで、この2点の対策をとっているようである。

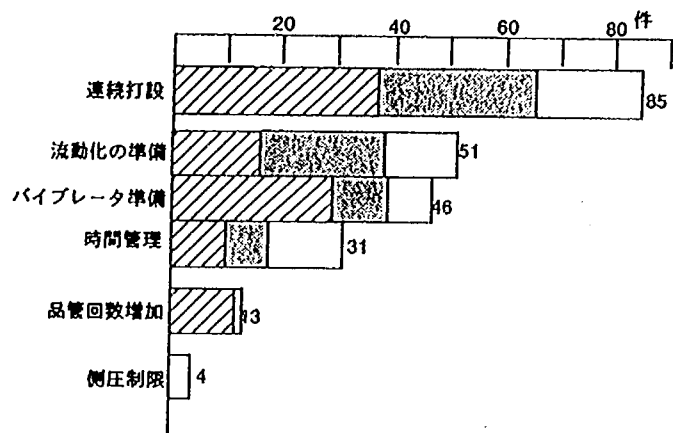


図-2.3.15 施工管理の要点 (N = 145)

なお、高流動コンクリートは、ブリーディング水の発生が少ないためレイタンスが発生しにくい。そのため打継ぎに当たっては、高いせん断力が作用しない限り、打継ぎ処理は不必要と考えられる。図-2.3.16は、実態を調査したものであり、実態もこの傾向を反映している。

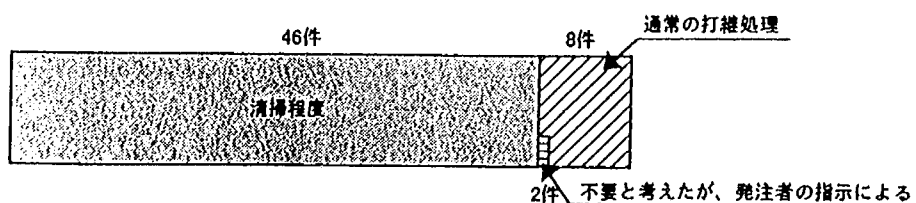


図-2.3.16 打設処理の実態

(5)高流動コンクリート普及への課題

高流動コンクリートは過密配筋、狭所作業対策として広く利用されようとしており、一部ではその省力化効果も期待されている。また、市中コンクリートプラントも積極的である。

しかし、その配合設計思想は多岐に亘り一元化が困難な状況である。また、これらを反映して製造管理手法、市中プラントへの要望事項も多用性が認められる。一方では、一定の品質を確保するため標準化への要望もある。また、一部の配合については耐久性上の検討も必要と思われる。

今後、高流動コンクリートの普及に当たっては、下記の点が要点となろう。

- 1) 高流動コンクリートに伴う費用上昇の積算への反映
- 2) 模擬試験手法の見直し、もしくは試験費用分担の見直し
- 3) 多用性を寛容する標準化
- 4) 的確な評価試験法の確立と充填形状との相関性の把握
- 5) 市中プラントの設備の多様化、製造手法の高度化

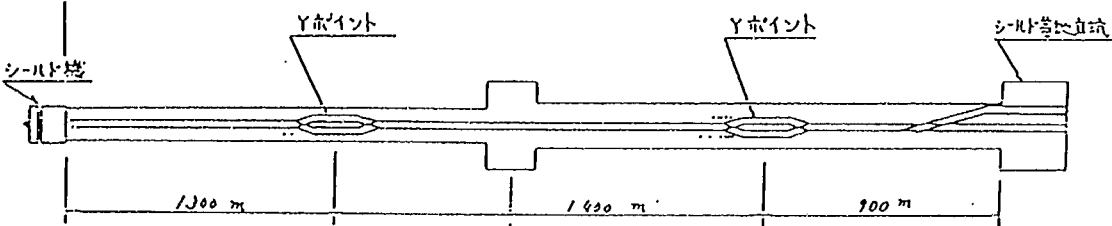
3. コンクリート工事の合理化、省力化に向けた施工実施例

ここでは、総プロ「鉄筋コンクリート」において実施したアンケート調査（94年3月実施）に基づき、コンクリートを高性能化し、コンクリート工事を合理化・省力化した工事例を紹介する。

回収結果全23件の内、高性能AE減水剤を用いたコンクリートが1件、高流動コンクリートが21件、その他が1件あった。以下に内訳を示す。

表-3.1 施工実施例の内訳

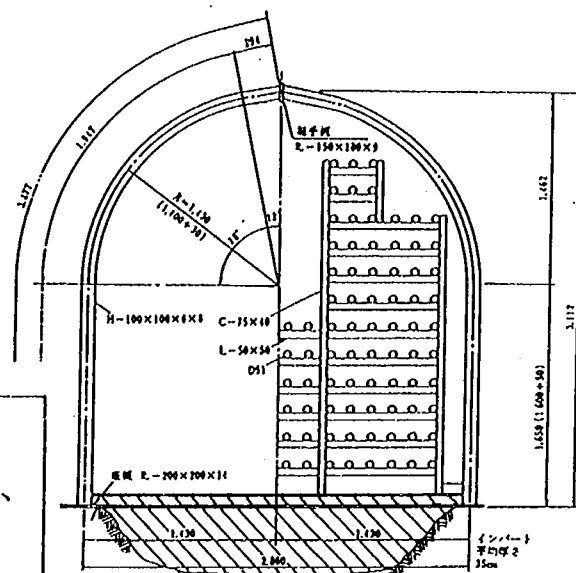
No.	コンクリートの種類	対象構造物	施工部位	実施の目的
1	高性能AE減水剤を用いたコンクリート	シールドトンネル	二次覆工	スランプの長時間保持
2	高流動コンクリート	トンネル	横坑閉塞部	過密配筋部の品質確保
3		シールドトンネル	シールド機発進部	狭所でのコンクリート打設
4		シールド立坑	立坑壁部	過密配筋部の品質確保 打設作業の省力化・合理化
5		P C斜長橋	主塔部	過密配筋部の品質確保 打設作業の省力化・合理化
6		P C斜長橋	主塔部	過密配筋部の品質確保 施工性の改善
7	高強度高流動軽量コンクリート	P C斜長橋	主桁、上床スラブ	施工性の改善
8	高流動コンクリート	ボックスカルバート	S R C 壁部	狭所でのコンクリート打設 過密配筋部の品質確保
9		ボックスカルバート	S R C 壁部	狭所でのコンクリート打設 過密配筋部の品質確保
10		ボックスカルバート	頂版	狭所でのコンクリート打設 過密配筋部の品質確保 打設作業の省力化・合理化
11		共同溝	壁部・上床版	打設作業の省力化・合理化
12	高強度高流動コンクリート	L N G	底版外周部、壁部	高強度コンクリートの施工性の改善
13	高流動コンクリート	L N G	壁下部	過密配筋部の品質確保 施工性の改善
14	マスコン高流動コンクリート	L N G	壁部	打設作業の省力化・合理化 過密配筋部の品質確保
15	高流動コンクリート	水力発電設備	ケーシング周辺	施工性改善、工程短縮
16		水力発電設備	ケーシング周辺	打設作業の省力化・合理化 施工性の改善
17	マスコン高流動コンクリート	吊橋アンカレッジ	基礎部、躯体部	打設作業の省力化・合理化 過密配筋部の品質確保
18		人工島	底版部	打設作業の省力化・合理化
19	高流動コンクリート	超高層建築	鋼管コンクリート柱	狭所へのコンクリート打設
20		WR-PC集合住宅	P C a 接合部	狭所へのコンクリート打設
21		製鉄所改修	鑄床	既設鑄床の補強
22		R C 建築物	壁、スラブ	高流動コンクリート施工性の検証
23	流動化コンクリート 高性能AE減水剤を用いたコンクリート 高流動コンクリート	擁壁	壁部	各種コンクリートの性能比較

コンクリートの高性能化の方法		高性能A E 減水剤を用いたコンクリート					
目 的	スランプの長時間維持						
構造物の種類	施工部位	施工時期					
シールドトンネル	二次覆工コンクリート	H4.7 ~ H5.7					
施工概要： 対象構造物は、下水道幹線の二次覆工コンクリートでシールド外径は、 $\phi 3.25$ m。立地条件の制約により、立坑の位置から覆工打設箇所最遠部で3600 mの距離があり、またシールド径が小さいため、レールを二車線とすることができなく、中間部に2箇所のみ交差部を有する施工環境にあった。このため、コンクリートの練り上がりから、打設までの時間は、最大で100分を要した。							
							
図-1 坑内概略図							
施工上の課題： 発注者の指定によりセメントは早強であり、打設時期が暑中期とコンクリートの品質にとって極めて厳しい環境の中で、100分の間スランプを保持し、施工サイクルの都合上18時間で脱型可能な強度（50 kgf/cm ² 程度）が要求された。							
対策の立案： 上記課題に対し、対策として以下があげられた。 ①ポンプによる長距離圧送 ②現場流動化 ③高性能A E 減水剤の使用（坑内運搬車による輸送） ①は、長距離圧送可能なポンプ機種の選定、及び配管内の残コンの処理に課題があり、②は、坑口の流動化ではスランプダウンが大きく、坑内の流動化では運搬車の攪拌性能が不安視されたため、③による方法を採用することとした。							
検討事項： 配合決定に当たっては、室内での配合試験（フレッシュ性状、強度発現性状）及び実機での経時変化試験を実施した。所定の条件を満足するものとして、表-1に示すようにA配合をB配合に変更した。							
表-1 配合表							
配合名	強度	SL	AIR	W/C	C	W	混和剤量
A	210	18	4	55	320	176	0.960
B	210	18	4	55	304	167	4.560
				セメント：早強セメント 高性能A E 減水剤：ポリカルボン酸系			
結果及び効果： 練り上がりから打設までのスランプの経時変化は最大でも3 cm程度にとどまり、十分な施工性を有していた。							
その他留意事項： 当初、セメント量の下限値が320 kg/m ³ に指定されていたが、発注者との協議を行い、十分な性能を有していることが確認されたことより、上記配合に変更した。							

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート
目 的	締固め作業が困難な過密配筋部材の品質確保	
構造物の種類	施工部位	施工時期
地質調査用横坑	横坑閉塞コンクリート	H 3 年 7 月～1 1 月

施工概要：

閉塞工事の対象となる横坑は2本で、1本の長さが80m、標準断面は図-1に示すように約8m³である。断面内にはD51mmの鉄筋が156本水平に配置されており、鉄筋間隔は150×200mmと過密な配筋となっている。



施工上の課題：

当該構造物は、従来のトンネル閉塞とは異なり、過密配筋された鉄筋コンクリート構造となっているため、コンクリート打設時にバイブレーター等による締固め作業が困難であった。

対策の立案：

高流動コンクリートを用いて施工することにより、締固め作業を行わなくても構造物品質を確保することとした。特に、クラウン部の品質低下を防止することができる。使用した配合を表-1に示した。

表-1 配合表 (kg/m³)

スラフ厚	空気量	水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	増粘剤
65±5cm	4±1%	160	260	200	870	783	13.57	0.02

検討事項：

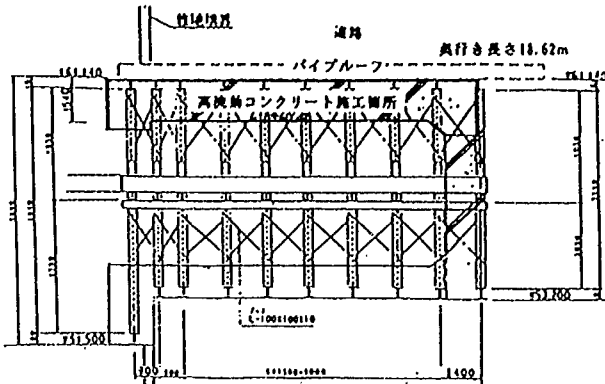
- (1)ポンプ圧送距離が410mと長かったため、事前に圧送試験により検討し、実施工に際しては中継ポンプを1台設置することとした。
- (2)止め型枠（妻枠）は、打設時のモルタル流出を防止するため、薄鋼板を用いた。

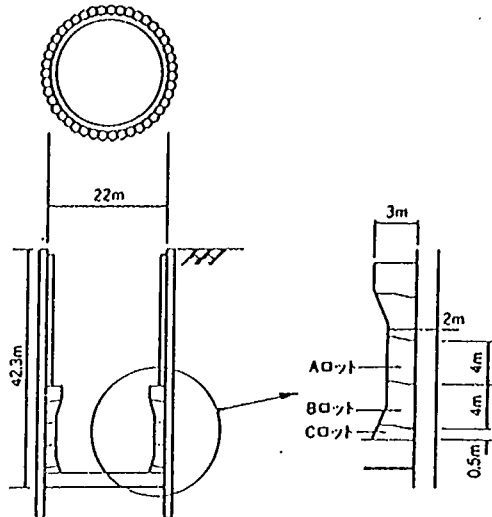
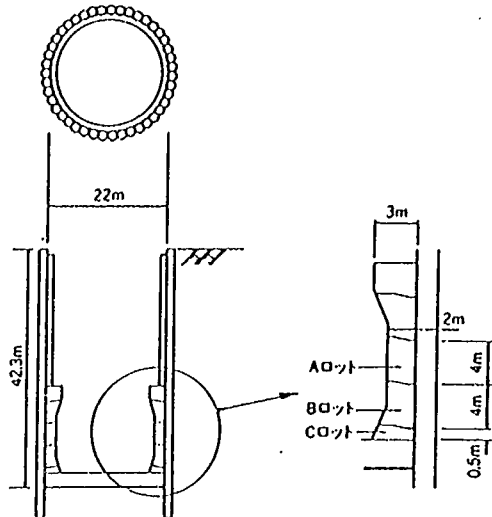
結果及び効果：

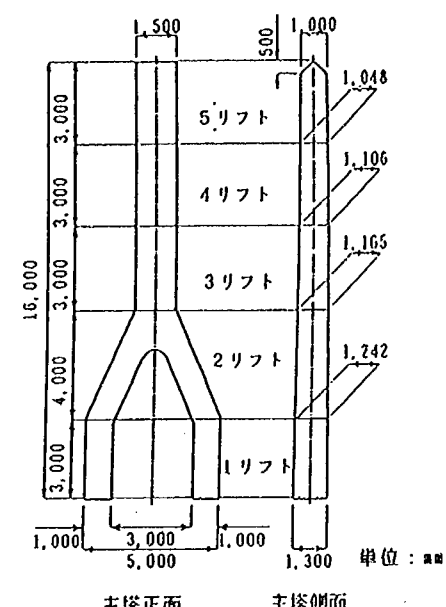
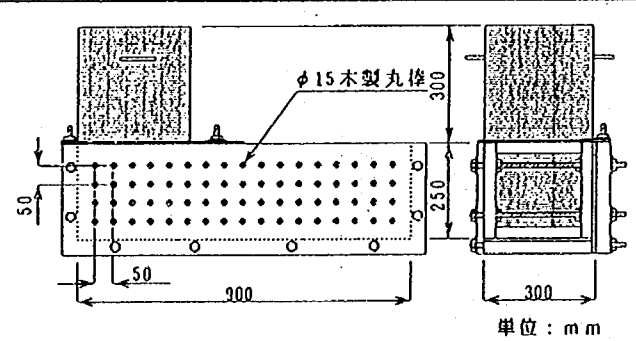
コンクリートの打設速度は25～30m³/hrとして行い、流動勾配1/15～1/30で流動充填され、計画通りにトラブルも発生することなく施工を完了させることができた。総打設量は約1,500m³であった。

その他留意事項：

ここで使用した配合では、凝結時間が遅延したため普通コンクリートに比べて脱型時間が長くなった。施工条件に応じた適切な高性能減水剤を選定することが肝要である。

コンクリートの高性能化の方法		高流動化コンクリート																	
目 的	狭所作業で締固め作業が困難な部材の品質確保																		
構造物の種類	施工部位	施工時期																	
横坑（パイプルーフ内）	上床版	H 6 年 2 月 2 7 日																	
施工概要： 当該横坑は、シールド発進立坑を道路直下に構築するに際して、パイプルーフ内に図－1に示したような形状の構造物である。今回、高流動コンクリートを適用した部材は上床版である。																			
施工上の課題： 上床版が道路直下に位置し、かつ、狭所空間となるためコンクリートの締固め作業 が極めて困難である。		図－1 横坑の形状																	
対策の立案： 高流動コンクリートを使用して締固めを行わないで充填させることにより構造体品質を確保する。																			
検討事項： 対象部材が平面的な広がりをもつため、コンクリートの打設は、パイプルーフ内に配管して上床版の上面4箇所から行うこととした。充填確認はコンクリート検知センサを上床版天端に取り付けて行うこととした。配合は表－1に示すとおりとした。																			
表－1 配合表 (kg/m³) (セメントは高炉B種使用) <table border="1"> <thead> <tr> <th>スラブ厚</th> <th>空気量</th> <th>水</th> <th>セメント</th> <th>フライアッシュ</th> <th>細骨材</th> <th>粗骨材</th> <th>高性能AE減水剤</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>65±5cm</td> <td>6%以下</td> <td>160</td> <td>297</td> <td>176</td> <td>860</td> <td>724</td> <td>9.32</td> </tr> </tbody> </table>				スラブ厚	空気量	水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤	65±5cm	6%以下	160	297	176	860	724	9.32
スラブ厚	空気量	水	セメント	フライアッシュ	細骨材	粗骨材	高性能AE減水剤												
65±5cm	6%以下	160	297	176	860	724	9.32												
結果及び効果： コンクリート打設量は約400m³であり、2台のポンプ車を使用して分岐管で計4箇所から打設を行った。打設速度は計画通り50m³/hrで順調に行うことができた。充填状況センサにより確認され、仕上がり状況も良好であった。																			
その他留意事項： スラブのような平面的に広い部材に高流動コンクリートを適用する場合には、流動距離が長くなるため、今回は4箇所からの同時打設とすることによって対処した。																			

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート	
目	的	打設作業の省力化及び過密配筋下における軀体品質の保持	
構造物の種類		施工部位	施工時期
シールド発進立坑		立坑壁体	H 4. 6 ～ 9
施工概要：			
立坑逆巻コンクリートに高流動コンクリートを適用して、打設作業を省力化および施工不良箇所の発生を防止した。			
施工上の課題：			
適用対象部は壁厚 2 m で有るのに加え、鉄筋量がかなり多く、締固め作業が困難で充填不良箇所の発生が予想された。			
対策の立案：			
(1) 高流動コンクリートを使用することで締固め作業を省力化するとともに、軀体品質の確保を目指した。			
(2) 同断面でのモデル実験を行い、その流動性と充填性を確認した。			
検討事項： 配合決定に当たり、室内配合試験及び実機試験を実施した。決定配合を表に示す。			
最材大寸骨法 (mm)	水体粉比 (%)	細材骨率 (%)	単位量 (kg / m³)
			W C P S G 高減水剤 AE 増粘剤
			高炉 B 石灰石 粉
20	29.9	49.9	159 200 331 784 801 13.8 0.10
表中、「P」はセメント以外の粉体を示す。			
結果及び効果：			
プラントとの協力により、1日最大で566 m³の大量打設をトラブルなく行うことができた。			
その他留意事項：			
シールド工事を考慮して、コンクリートの圧縮強度が必要以上に高くなることを防ぐために石灰石粉を粉体材料として使用し、配合強度を300kgf/cm²とした。			

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート																											
目	的	打設作業の省力化及び過密配筋下における躯体品質の確保																											
構造物の種類	施工部位	施工時期																											
斜張橋	主塔	H 5. 6 ~ H 5. 8																											
施工概要： 適用の対象としたPC斜張橋主塔部に、高流動コンクリートを適用して、打設作業の省力化および充填不良箇所の発生を防止した。																													
施工上の課題： 1) 適用の対象としたPC斜張橋主塔部は、景観を考慮した設計がなされスレンダーな部材形状であり、配筋量が比較的多く、また緊張材固定用の治具などが配置されているため、コンクリートの打設に時間を要することや充填不良箇所の生じることが危惧された。 2) 高流動コンクリートの充填性に関する評価方法がない。		 主塔正面 主塔側面 図-1 斜張橋の形状・寸法																											
対策の立案： 1) 高流動コンクリートを用いて締固め作業を省力化する共に、躯体品質の確保を目指した。 2) 独自のボックス型充填性評価装置を用いて高流動コンクリートの充填性を判断した。(図-2 参照)		 単位：mm 図-2 ボックス型充填性評価装置																											
検討事項： 配合決定に当たっては、室内での配合試験（フレッシュ性状、強度発現性状）及び実機試験（経時変化、ボックス充填試験）を実施した。所定の条件を満足する配合を、表-1に示す。																													
表-1 配合表 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">スラフ厚 cm</th> <th rowspan="2">空気量 %</th> <th rowspan="2">W/(C+B) %</th> <th rowspan="2">S/a %</th> <th colspan="6">単位量(kg/m³)</th> </tr> <tr> <th>W</th> <th>C</th> <th>B</th> <th>S</th> <th>G</th> <th>Adm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>650</td> <td>4</td> <td>30.8</td> <td>51.1</td> <td>157</td> <td>265</td> <td>244</td> <td>826</td> <td>859</td> <td>8.5</td> </tr> </tbody> </table> W:練混ぜ水 C:普通ポルトランドセメント B:高炉スラグ微粉末 S:細骨材 G:粗骨材 Adm:高性能AE減水剤				スラフ厚 cm	空気量 %	W/(C+B) %	S/a %	単位量(kg/m³)						W	C	B	S	G	Adm	650	4	30.8	51.1	157	265	244	826	859	8.5
スラフ厚 cm	空気量 %	W/(C+B) %	S/a %					単位量(kg/m³)																					
				W	C	B	S	G	Adm																				
650	4	30.8	51.1	157	265	244	826	859	8.5																				
結果及び効果： 配合決定に際して、試験室および使用予定の生コン工場でのプラントで練混ぜや経時変化の事前検討を実施したため、特にトラブルもなく円滑に高流動コンクリートの打設ができた。																													
その他留意事項： 高流動コンクリートは、落下高さの比較的高い場合には、巻込みと思われる気泡が型枠面に発生することがあり外観上問題となるが、本ケースではバケットにシュートを取付けて打設高さを0.5 m以下としたために気泡の発生は少なかった。																													

コンクリートの高性能化の方法

高流動コンクリート

目的 高密度配筋下における躯体品質の確保および施工性の改善

構造物の種類

施工部位

施工時期

PC斜張橋

主塔部の上部2/3

'91.3~'91.11

施工概要：

下図に示すPC斜張橋主塔部の施工において、以下の施工上の問題点が生じた。

・高密度配筋（鋼材量 320kg/m^3 ）であるため、コンクリートの締固め作業には入念な施工管理と多大な労力が要求される。

・埋設型枠使用のため、充填性の良否を確認することが困難である。

これらの点を考慮して、締固め作業を行わなくても埋設型枠の隅々まで確実に充填できる高流動コンクリートを採用した。適用の対象は主塔の上部2/3の部位であり、総打設量は 650m^3 （打設回数：33回）である。

コンクリートの製造は一般のレミコン工場にて行い、施工に先立ち、同工場にて室内配合選定実験、実機試験を行い、配合（下表参照）を定めた。打設現場までの運搬所要時間は約30分であった。打設方法は以下のとおり。

- ①現場にてコンクリートをアジテーター車からバケットへ移し、バケットをクレーンにて打設箇所まで移動。
- ②打設箇所に設置されたフレキシブルシュートを介して、自由落下高さが 1.5m 以下になるようシュートの長さを調節しながら打設した。

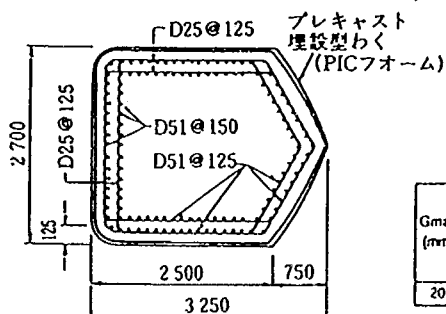
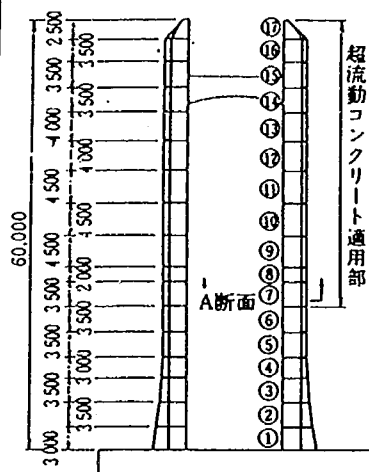


図-1 主塔形状および断面形状

表-1 配合表

Gmax (mm)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)						
			水	W	W/P	骨材	骨材	AE	高性減
20	34	45	170	400	100	717	907	0.9	11.0

検討事項：

- ①一般のレミコン工場により供給する高流動コンクリートの品質安定性の確認
(スランプフロー・空気量・圧縮強度等を調査)
- ②高密度配筋部材への充填性の確認 (目視により確認)
- ③高流動コンクリートの施工性の確認
(普通コンクリートを使用した場合と型枠支保工・打設作業の効率化等について比較)

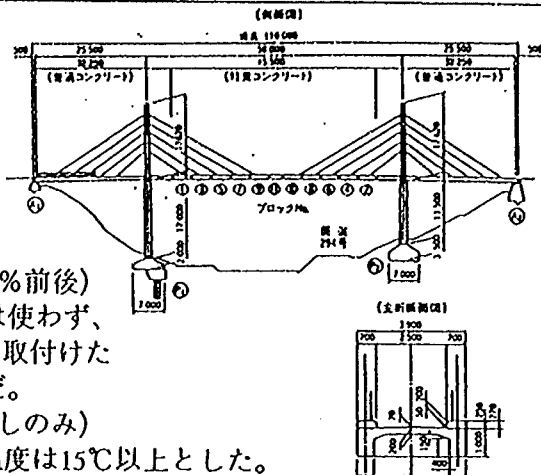
結果および効果：

- ①長期間（約6ヶ月間）にわたり、安定した品質の高流動コンクリートを供給できることが確認された。
- ②高流動コンクリートの高密度配筋部への充填性は非常に良好であり、締固めを行わなくても粗骨材を保持した状態で型枠内に密実に充填されたことが、目視により確認された。
- ③スランプ8cmのコンクリートを使用して締固め作業を行って打設していた従来の施工法に比べ、高流動コンクリートを使用することにより、打設所要時間はほぼ半分に低減され、打設作業員も半分程度に削減された。
- ④型枠に作用する側圧はほぼ液圧であることから、セパレータの間隔・固定方法や1回当たりの打設高さには注意を要した。

表-2 商標し時の品質管理試験結果

項目	管理値	試験結果
スランプフロー (cm)	65±5	68.1 (7/74数123, 標準偏差2.0)
60cmフロー通過時間(秒)	10~20	17 (7/74数73, 標準偏差5)
空気量 (%)	4±1	3.6 (7/74数123, 標準偏差0.4)
圧縮強度 #28 (kg/cm ²)	400(設計基準強度)	551 (7/74数32, 標準偏差34)

コンクリートの高性能化の方法		高流動・高強度軽量コンクリート										
目 的	高強度軽量コンクリートの施工性の改善および躯体品質の確保											
構造物の種類	施工部位	施工時期										
斜張橋	主桁および上床スラブ	H.4.04～H.4.07										
施工概要： 1) 練混ぜおよび運搬；強制練り水平2軸ミキ (容量1.5m³のもので、1.1m³を練った) C+S+G→+増粘剤(ミキ)→空練り10sec. →+W+Ad→コンクリート練り120sec.→ベースコンクリートをホッパへ排出 →+Ad→トラックアジテータへ排出 →運搬約30分→トラックアジテータで強制攪拌60sec. 2) 打込み方法；耐凍害性を確保するため、気乾状態(含水率10%前後)の人工軽量骨材を使用する。そのため、ポンプは使わず、20tトラッククレーン、0.8m³バケツおよび移動式作業車に取付けたホッパとホースの組合せによってコンクリートを打ち込んだ。 3) 仕上げ；後で路床を打つので、仕上げは行わなかった。(均しのみ) 4) 養生；早期強度(材齢3日で300kgf/cm²)を得るため、養生温度は15℃以上とした。												
施工上の課題： ①早期強度の確保 ②流動性の確保 ③充填性の確認												
対策の立案： ①早期強度を確保するため、早強ポルトランドセメントを使用し、養生温度を15℃以上とした。 ②高性能減水剤を普通に添加しても必要な流動性が得られなかったため、ベースコンクリートに高性能減水剤を再添加する方法(流動化→プラントのホッパで高性能減水剤を再添加後、トラックアジテータに積み込む)をとって対処した。また、ミキサやドラムにモルタルをとられ、コンクリートの品質が変動することがないように最初の1バッチ目のコンクリートを付着させ、廃棄した。 ③充填状況を確認するため、7クル製の型枠を一部使用した。												
検討事項： 使用材料の選定および配合の決定にあたって、室内での配合試験(フレッシュ性状、強度発現性状、耐久性能)、実機試験および施工実験を実施した。所要の条件を満足する配合を、以下に示す。												
目標スラブ厚 (cm)	目標空気量 (%)	W/P (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				高性能(AE)減水剤 (kg/m ³)	消泡剤 (g/m ³)	増粘剤 (g/m ³)	P：結合材 C：早強ポルトランドセメント	
				W	P			S	G			
					C	S	F					
50～65	4.0±1.0	31.0	45.0	160	516	0	0	726	454	12.9±1.5	2,064	72



結果および効果：			
施工された高流動コンクリートの品質は良好であり、このコンクリートの採用によって、橋桁断面の斜材の重量減、橋脚断面の縮小、杭本数の削減などが可能となった。			
その他留意事項： コンクリートが下から水平に打ち上がってくるため、当初は残りの量を読み違えて、オーバーフローさせることもあったが、これは慣れによって解決できた。			

結果および効果：

施工された高流動コンクリートの品質は良好であり、このコンクリートの採用によって、橋桁断面の斜材の重量減、橋脚断面の縮小、杭本数の削減などが可能となった。

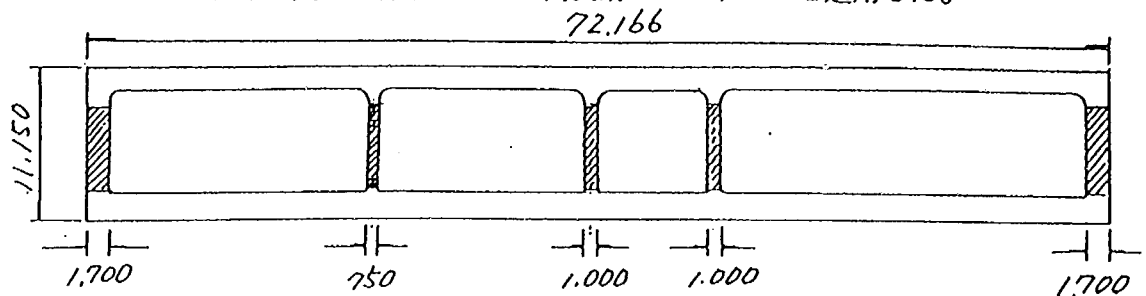
その他留意事項：

コンクリートが下から水平に打ち上がってくるため、当初は残りの量を読み違えて、オーバーフローさせることもあったが、これは慣れによって解決できた。

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート
目 的	複雑な断面形状を有する構造物の躯体品質の確保	
構造物の種類	施工部位	施工時期
ボックスカルバート	S R C 壁部	H5.8

施工概要：

対象構造物はハイブリット構造（外部：鋼構造、内部：コンクリート）のボックスカルバートである。壁部は壁厚が小さく、十分な振動締固めが行えない上、内部に工型鋼等を有するためコンクリートの充填が困難である。そこで所定の躯体品質を確保するために高流動コンクリートを適用した。



図－1 構造物概略図

施工上の課題：

- 1) 断面形状が複雑であり作業員が内部に入れないため、コンクリートには高い流動性、充填性を有しかつ品質の安定していることが要求される。
- 2) 打上り高さが7 m以上となるため、側圧が問題となる。

対策の立案：

- 1) 新たに開発した特殊増粘剤を使用した配合とする。
- 2) 施工を2日に分け1日の打上り高さを3.5 m程度とした。

検討事項：

配合は室内試験及びプラント実機試験を実施して決定した。

表－1 コンクリートの配合

細骨材の種類	Gmax (mm)	スラッグフロー (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						
					水	セメント	石 粉	細骨材	粗骨材	高性能減水剤	特 殊 増 粘 剤
砕 石	20	65.0	58.5	45.0	175	299	242	730	891	8.93	0.35

結果及び効果：

総量700 m³の施工を特に問題なく終了した。

その他留意事項：

コンクリートの高性能化の方法

高流動コンクリート

目 的

打設作業の省力化及び過密配筋下における軀体品質の保持

構造物の種類

施工部位

施工時期

2連SRCボックスカルバート

中壁部

H3.10, H4.3

施工概要：

SRCボックスカルバートの中壁部に高流動コンクリートを適用して、打設作業の省力化および充填不良箇所の発生を防止した。

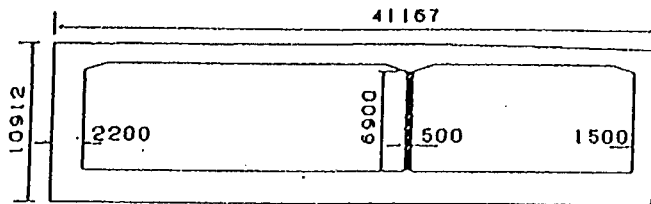


図- SRCボックスカルバート断面

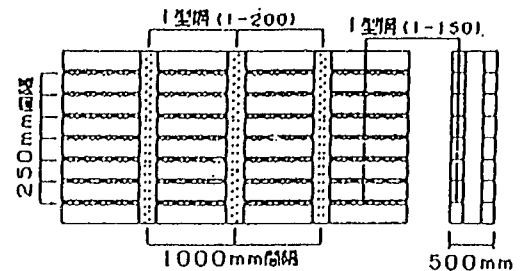


図- 中壁部鋼材配筋

施工上の課題：

- (1) 施工部位には、I型鋼、鉄筋が密に配置されており、壁圧が500mmであるため締固め作業が困難で、充填不良箇所の発生が危惧された。
- (2) 高流動コンクリートの充填性の評価方法がない。

対策の立案：

- (1) 高流動コンクリートを使用することで締固め作業を省力化するとともに、軀体品質の確保を目指した。
- (2) 配筋状態をモデル化した充填性評価装置を用いて高流動コンクリートの充填性を評価した。また同断面でのモデル実験を行い、その流動性と充填性を確認した。

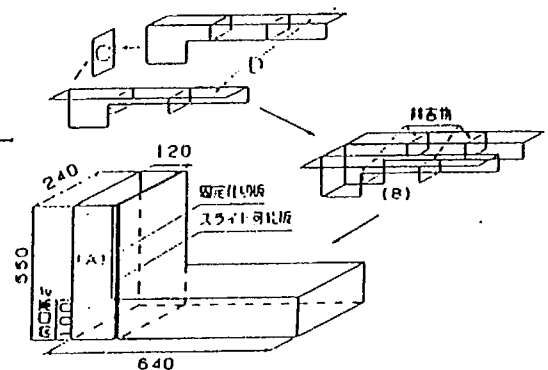


図- 充填性試験器

検討事項： 配合決定に当たり、室内配合試験及び実機試験を実施した。決定配合を表に示す。

最材 大寸 骨法 (mm)	水体 粉比 (%)	細材 骨率 (%)	単位量 (kg/m³)						
			W	C 3成分	P	S	G	高減水剤 AE	増粘剤
20	32.1	50.2	175	546	—	769	770	9.28	0.02

表中、「P」はセメント以外の粉体を示す。

結果及び効果：

スランプフローを2時間保持するよう配合を設定したことにより、施工時にも十分な流動性・充填性を有していた。

その他留意事項：

コンクリートの高性能化の方法		(超) 高流動コンクリート
目的	狭所作業および過密配筋下における躯体品質の確保	
構造物の種類	施工部位	施工時期
ボックスカルバート	頂版	H5.3～H5.7

施工概要：

高速道路直下に建設するボックスカルバートの頂版部は土被り厚が右図のように少ないため作業空間が狭く、しかも過密な配筋部であった。
そこで高流動性コンクリートの締固め不要性能に着目し特に自己充填性に優れた超流動性のコンクリートを適用した。

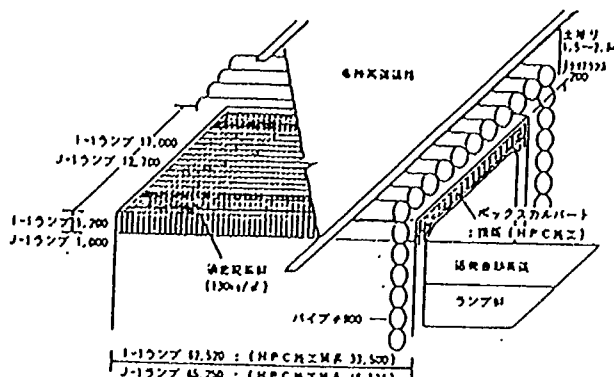


Fig. 1 工事概要

施工上の課題：

超流動性コンクリートを使用しても若干の流動勾配が想定され、表面仕上げが不可能な本工事では、有効断面を確保するため打込み方法（流動距離、充填性等）が課題となった。

対策の立案：

頂版の有効断面を確保するため右図(a)のように余盛りのコンクリート（流動勾配4%以下）を打ち込むか、または(b)のようにルーフパイプの下端まで充填する方法を考え、配合や施工方法の検討を行うこととした。

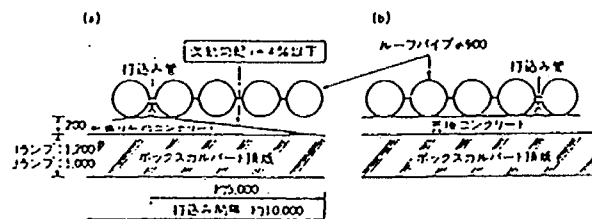


Fig. 2 頂版コンクリートの打込み方法

検討事項：配筋決定に当たっては、配合試験および現場でのモデル施工実験を実施した。

①配合試験

・室内配合試験

（流動勾配、充填性、断熱温度上昇試験等）

・実機試験（表面水変動、経時変化）

②施工実験

・合流試験（合流部の品質）

・流動実験

（流動勾配、流動距離との品質）

・充填実験（充填性）

表-1 配合

骨材最大寸法 (mm)	水結合材比 W/P (W/P) (%)	水とセメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m³)					高性能 AE 減水剤 (kg/m³) (Px) (20%)
				水+ 減水剤 (W+Ad)	セメント (BB)	フライ アッシュ (F)	細骨材 (S)	粗骨材 (G)	
20	32.0 (84.3)	58.6	49.2	167	285	237	759	815	6.26

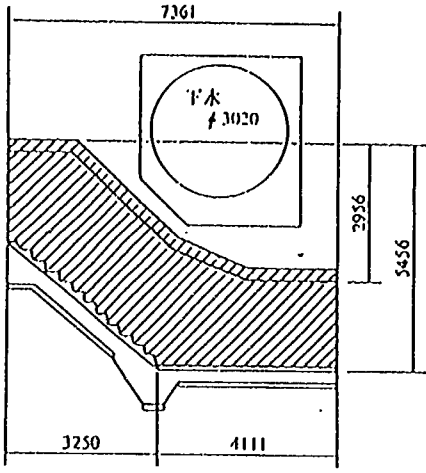
* 減水剤は、その他に空気調整剤 (0-Px 0.0135%) を使用
(目標) スランプフロー 65±5cm V ロート流下時間 5-10秒 空気量 4±1%

結果及び効果：

配合決定に際して、室内試験、実機試験およびモデル施工を実施するなど綿密な事前検討を行ったため特にトラブルもなく超流動性のコンクリートを打設することができた。

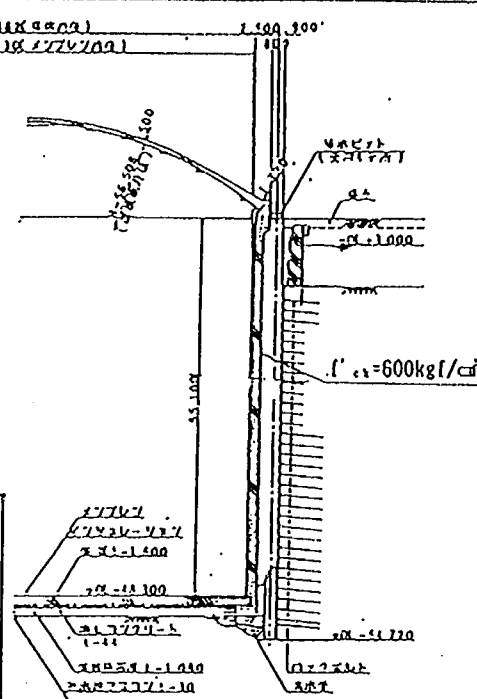
その他留意事項：

細骨材の表面水測圧やフレッシュコンクリートの品質管理頻度を多くした。

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート							
目	的	打設作業の省力化							
構造物の種類		施工部位	施工時期						
共同溝		壁部及び上床版	H4. 5						
施工概要：		 図－施工断面							
共同溝の壁部および上床版に高流動コンクリートを適用して、打設作業を省力化した。									
施工上の課題：									
適用対象の共同溝は下水管の下をくぐるようになっており、下水管との距離がほとんどないことから締固めが行えず、充填不良箇所の発生が予想された。									
対策の立案：									
(1) 高流動コンクリートを使用することで締固め作業を省力化するとともに、躯体品質の確保を目指した。 (2) 同断面でのモデル実験を行い、その流動性と充填性を確認した。									
検討事項： 配合決定に当たり、室内配合試験及び実機試験を実施した。決定配合を表に示す。									
最材 大寸 骨法 (mm)	水 体 粉 比 (%)	細材 骨率 (%)	単位量 (kg/m ³)						
			W	C 高炉 灰	P フライ アッシュ	S	G	高 性 能 減 水 剤 AC	増 粘 剤
25	31.9	48.7	165	345	173	762	812	7.25	0.02

表中、「P」はセメント以外の粉体を示す。

結果及び効果：	
ミキサー車毎に品質管理試験を行い、特にトラブルもなく高流動コンクリートの打設ができた。	
その他留意事項：	
フライアッシュはあらかじめ高炉B種と混合したものをプラントサイロに供給した。	

コンクリートの高性能化の方法		高流動・高強度コンクリート									
目 的	高強度コンクリートの施工性の改善（ヴァイブレータをわずかに使用）										
構造物の種類	施工部位	施工時期									
LNG地下式貯蔵	底版外周部と側壁	H.5.05～施工中									
施工概要：											
①練混ぜ；強制練り水平2軸ミキサ（容量3.0m³→2.5m³練り） C+S+G+W+Ad→全材料投入後コンクリート練り90sec. →トラックジテータへ排出 ②運搬；約10分 ③打込み方法；側壁の全周にわたって配管したパイプに自動開閉バルブを取付け、全自動で行った。コンクリートは粘性が高いため、流動速度が遅いので、施工性を上げるため、自動パイプレータを補助的に使用した。なお、ポンプ車は圧送能力が時間当たり100m、配管径は6インチとした。 ④仕上げ；コンクリートの表面が乾かない程度に噴霧器で霧吹きしながら通常と同様の手順で行った。 ⑤養生；仕上げを終了した箇所から直ちに養生を開始した。											
施工上の課題：											
①強度の確保 ②流動性の確保 ③閉塞の防止 ④側圧4tf/m²以下の確保											
対策の立案：											
①骨材の表面水率の変動に伴う単位水量の管理を行うために、ミキサの負荷値を測定し、これにより自動加水する装置を用いた。 ②打込み時に必要なスランプを確保するために、プラントのホッパで流動化剤を添加したコンクリートをトラックジテータに積み込み、現場までの運搬時に流動化した。 ③鉛直下向き配管での材料分離による閉塞を防ぐために、ローリ式ストップバルブを設け、ポンプの作動とバルブの開閉を連動させた。 ④側壁では、側圧を4tf/m²以下とするため、実験結果をもとに打上がり速度を50cm/h以下とした。											
検討事項：											
使用材料の選定および配合の決定にあたって、室内での配合試験（フレッシュ性状、強度発現性状、耐久性能）、実機試験および施工実験を実施した。所要の条件を満足する配合を以下に示す。											
目標スランプ （cm）	目標 空気量 （%）	W/P （%）	s/a （%）	単位量（kg/m ³ ）				高性能 （AE） 減水剤 （kg/m ³ ）	AE剤 （g/m ³ ）	増粘剤 （g/m ³ ）	P：結合材 C：普通ポルトランドセメント S：高炉スラグ微粉末 F：フライッシュ
				W	P			S	G		
					C	S	F				
55～65	5.0±1.0	31.0	41.1	130	171.8	205.3	41.9	728	1,080	5.9±2.1	184 0
結果および効果：				現場打ちの高強度コンクリート（設計基準強度 $f_{ck}=600\text{kgf/cm}^2$ ）の品質の確保が比較的容易に行えるようになった。							
その他留意事項：				底版は面積が広いので、仕上げ完了箇所から直ちに養生する体制をとった。							

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート
目 的	高密度配筋下における躯体品質の確保および施工性の改善	
構造物の種類	施工部位	施工時期
LPG貯蔵タンク	PC外槽の下部3リフト	'91.12~'92.2

施工概要：

下図に示すLPG貯蔵タンクPC外槽の施工において、以下の施工上の問題点が生じた。
 ・PC外槽の下部3リフトはD19～D22鉄筋が縦横20cm間隔でダブルに配筋されており、鉛直および横締め用シース管（VSL-E6-17）が複雑に交差しており、振動締固めが困難な高密度配筋（鋼材量150～200kg/m³）である。

・全周長約190mと打設部の動線が長いため、厳密な施工管理を行っても欠陥のない均等質なコンクリートを打設するのは容易ではない。

これらの点を考慮して、締固め作業を行わなくても型枠の隅々まで確実に充填できる高流動コンクリートを採用した。適用の対象はPC外槽の下部3リフトであり、総打設量は1,400m³（打設回数：3回）である。

コンクリートの製造は一般のレミコン工場（第1リフトは1工場、第2、3リフトは2工場）にて行い、施工に先立ち、同工場にて室内配合選定実験、実機試験を行い、配合（下表参照）を定めた。なお、第3リフトについてはプレストレスを早期に導入するため（ $\sigma_f \geq 250\text{kgf/cm}^2$ ）、結合材中のポルトランドセメント成分の比率を大きくした。

打設現場までの運搬所要時間は約30分であり、打設は3台のブーム付コンクリートポンプ車（IPF-110B）により行い、1台は4分岐配管とした（吐出口は10m間隔で設置）。なお、荷卸し時に行った高流動コンクリートの品質管理試験結果はスランプフロー71cm、空気量4.6%、圧縮強度547kgf/cm²（第1、2リフト：材齢91日）および645kgf/cm²（第3リフト：材齢91日）であった（いずれも平均値）。

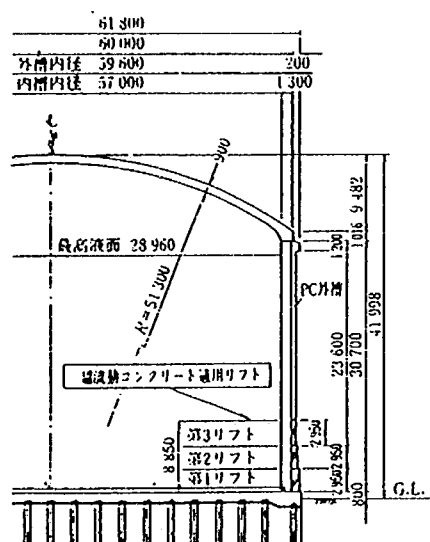


図-1 LPG貯蔵タンクPC外槽の構造

表-1 配合表

打設 リフト	Gmax (mm)	W/P (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							
				水 W	結合材 p注)		細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤	高性能 減水剤	増粘剤
					3成分系 結合材	普通 セメント					
第1、2	20	34	45	170	500	—	714	902	0.6	11.0	1.5
第3	20	33	45	175	350	175	706	893	0.6	13.0	1.5

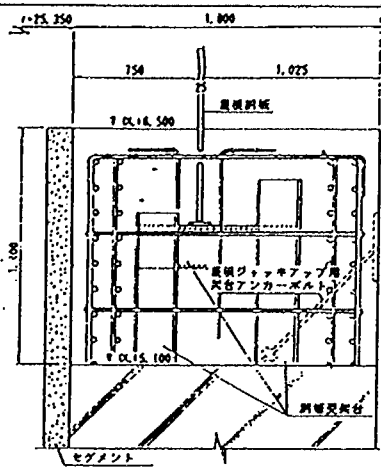
注) 3成分系結合材：フライアッシュ混入マスコン型高炉セメント

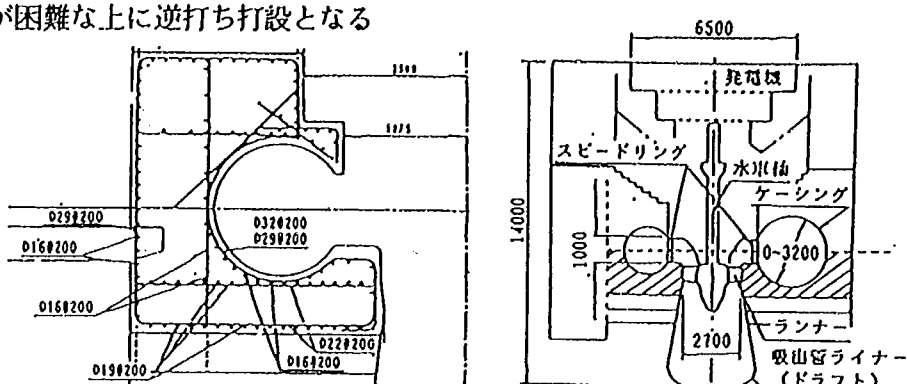
検討事項：

- ①高密度配筋部材への充填性の確認
- ②延長距離が長い壁状部材を対象とした高流動コンクリートの打設方法

結果および効果：

- ①高流動コンクリートは打設後、速やかに流動していき、シース管や定着金具、補強鉄筋が錯綜する定着アバット部についても良好な施工性・充填性が確認された。
- ②4分岐配管による打設では、各吐出口から均等に排出された高流動コンクリートが流動勾配も小さく、ほぼ水平の状態で打ち上がることが確認され、壁状部材など部材の延長距離が長い場合に本コンクリートと分岐管工法との併用は有効な施工手段であることが実証された。

コンクリートの高性能化の方法		低発熱型マスコン用の高流動コンクリート										
目 的	打設作業の省力化と安全性の向上および過密配筋下における躯体品質の確保											
構造物の種類	施工部位	施工時期										
LNG地下式貯蔵	側壁	H.4.11										
施工概要：												
1) 練混ぜ；強制練り水平2軸ミキサ（容量3.0m³→2.75m³練り） C+S+G+増粘剤→空練り8sec.→+W+Ad →コンクリート練り120sec.→トラック7シテータへ排出 （増粘剤は混和材投入口からミキサに直接投入した。）												
2) 運搬；約10分												
3) 打込み；コンクリートはブーム方式で圧送して打ち込んだ。ポンプ車は圧送能力が100m³/hのものを使用し、配管径は4インチとし、ブームは約8mピッチで移動した。打込み高さは1.3m以下とした。												
4) 仕上げ；通常の場合とほぼ同様な手順で行った。												
5) 養生；ブリーディングがないため、打込み後直ちに養生を開始した。												
施工上の課題：												
①温度ひびわれの抑制												
②流動性の確保												
③流動後の品質の確保												
対策の立案：												
①単位セメント量を344kg/m³と抑さえた配合とした。（終局断熱温度上昇量Q∞=34.3℃）												
②スランプブームの保持時間を長くするため、高性能減水剤とは別に徐放性の分散剤を添加した。												
③打込み高さが1.3m以下、流動距離が8m以下（工区分割）となるように打設計画を立案した。												
検討事項：												
使用材料の選定および配合の決定にあたって、室内での配合試験（フレッシュ性状、強度発現性状、耐久性能）、実機試験および施工実験を実施した。所要の条件を満足する配合を以下に示す。												
目標スランプブーム（cm）	目標空気量（%）	W/P（%）	s/a（%）	単位量（kg/m³）				高性能（AE）減水剤（kg/m³）	AE剤（g/m³）	増粘剤（g/m³）	P：結合材 C：普通ポルトランドセメント S：高炉スラグ微粉末 F：フライアッシュ	
				W	P			S	G			
					C	S	F					
45～65	5.0±1.0	45.0	50.0	155	120.4	154.8	68.8	873	906	8.6	206	3,400
結果および効果：												
天候に恵まれた（施工当日は曇天で、時折り霧雨が振っていた）せいもあり、打込み後のコンクリートの性状は良好で、有害なひび割れは認められなかった。高流動コンクリートの採用によって、施工性と安全性が向上したばかりでなく、コンクリートの品質も向上したと考えられる。												
その他留意事項：												
高流動コンクリートは液体に近い性質を持つため、押さえ型枠にも液圧が生じた（上向き）。打込み時の高流動コンクリートの側圧は液圧であるという意識を作業者のヘルムまで浸透させる必要があった。												

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート																															
目 的	逆打ち部分の施工性改善と注入工省略による工程の短縮																																
構造物の種類	施工部位	施工時期																															
水力発電所内設備	ケーシング周辺	H 4. 8																															
施工概要： 比較的過密な配筋で締固めが困難な上に逆打ち打設となる水力発電所ケーシング周辺（図-1参照）に対し、高流動でブリーディングのないコンクリートを打設して、構造物全体の品質の向上と未充填箇所へのグラウト注入を省略できたことによる工程の短縮を実現させた。																																	
 図-1 ケーシング部周辺の詳細断面および配筋図（単位：mm）																																	
施工上の課題： 1) 構造上は鉄筋のあきは68mmと過密配筋なために充填性の確保が困難である。 2) 施工時には上部にケーシングが設置されているために逆打ち打設となり、締固め作業は不可能である。 3) 硬化後には未充填箇所へ注入などの補助工法を併用する場合には工程が遅れる。																																	
対策の立案： 1) 高流動コンクリートを適用することによって過密配筋部分や締固め作業の不可能な部分へのコンクリートの充填を確実にする。 2) ブリーディングを抑制してケーシングとの付着を確保し、グラウト注入などの補助工法を省略して工程を縮める。																																	
検討事項： 配合決定に当たっては、室内配合試験および実規模大モデルでの施工実験（ともにフレッシュ性状と硬化後性状を確認）を行い、表-1に示す配合を決定した。																																	
表-1 現場配合 <table border="1"> <tr> <th rowspan="2">G_{max} (mm)</th> <th rowspan="2">スランプ 70- (cm)</th> <th rowspan="2">空気量 (%)</th> <th rowspan="2">W/C_s (%)</th> <th rowspan="2">C_s (%)</th> <th colspan="7">単 位 量 (kg/m³)</th> </tr> <tr> <th>W</th> <th>C</th> <th>S</th> <th>G</th> <th>Ad. 1</th> <th>Ad. 2</th> <th>Ad. 3</th> </tr> <tr> <td>25</td> <td>55±5</td> <td>4±1</td> <td>47.1</td> <td>47.0</td> <td>180</td> <td>382</td> <td>812</td> <td>935</td> <td>1.00</td> <td>5.00 ~ 7.00</td> <td>0.017 ~ 0.035</td> </tr> </table> C: 高流動コンクリート (C₁₃, 16), S: 高流動 (C₁₃, 16), W: 水 (C₁₃, 16), G: グラウト (C₁₃, 16), Ad. 1: 膨張剤 (C₁₃, 16), Ad. 2: 膨張剤 (C₁₃, 16), Ad. 3: 膨張剤 (C₁₃, 16)			G _{max} (mm)	スランプ 70- (cm)	空気量 (%)	W/C _s (%)	C _s (%)	単 位 量 (kg/m ³)							W	C	S	G	Ad. 1	Ad. 2	Ad. 3	25	55±5	4±1	47.1	47.0	180	382	812	935	1.00	5.00 ~ 7.00	0.017 ~ 0.035
G _{max} (mm)	スランプ 70- (cm)	空気量 (%)						W/C _s (%)	C _s (%)	単 位 量 (kg/m ³)																							
			W	C	S	G	Ad. 1			Ad. 2	Ad. 3																						
25	55±5	4±1	47.1	47.0	180	382	812	935	1.00	5.00 ~ 7.00	0.017 ~ 0.035																						
結果及び効果： 同規模のケーシング周辺部への施工実績では1.55m³の無収縮モルタルの注入が必要であったが、今回の施工ではグラウトホールからの確認を行った結果未充填箇所は認められず、補助工法を省略することができた。																																	
その他留意事項： ケーシングとの一体化を図るためにはブリーディングを抑制するだけでなく、硬化収縮の影響を考慮して収縮補償のための発泡剤や膨張材等の添加を検討する必要があるものと考えられたが、膨張圧が既に設置されたケーシングに対して悪影響を及ぼす危険が憂慮されたので、今回の配合で施工は行われた。																																	

コンクリートの高性能化の方法 高流動コンクリート

目的 閉塞部及び過密配筋下における躯体品質の確保、作業の省力化

構造物の種類

施工部位

施工時期

地下水力発電所

発電機本体パーレルケーシング 周り

H5. 2～

施工概要：

対象部位は、発電機稼働時に大きな荷重が作用するため高密度配筋である。また、断面形状が複雑で一部は逆打ちとなる。従来はパイプレーターによる締固めが可能な部分までコンクリートを打設し残った未充填部にはモルタルを注入していたが、躯体品質の確保が難しく作業性も良くないことから高流動コンクリートを適用した。

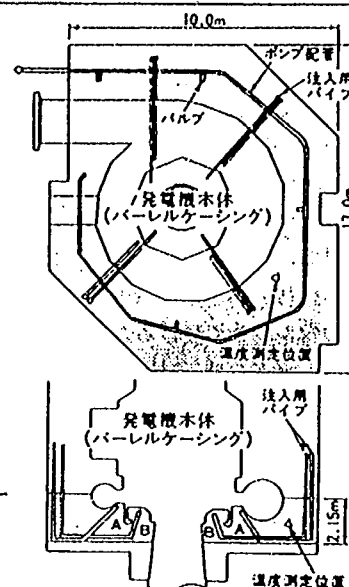


図-1 構造物の概要

施工上の課題：

- 1) 高密度配筋の上、断面形状が複雑なためコンクリートに極めて高い充填性が必要である
- 2) マスコンクリートであるため、温度ひびわれ制御の観点から過剰強度は好ましくない
- 3) ケーシング最下部へ充填するためには、流動性を180分間保持しなければならない

対策の立案：

- 1) 新たに開発した特殊増粘剤を使用するとともに、粉体量の最適化を図りスランプフロー70cmでも著しい材料分離を生じないようにした
- 2) 微粉末に石灰石粉を使用することにより所定の粉体量を確保しつつ発熱量を抑えた
- 3) 高性能減水剤の成分を調整

検討事項：

上記の課題を踏まえた上で、室内試験及び実機試験を経て配合を決定した。

表-1 コンクリート配合

W/C (%)	s/a (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	単位量 (kg/m³)					SP剤 (CISD) ₁ (kg/m³)	AE剤 (CISD) ₂ (kg/m³)	減水率 (%)
				W	C	SD	S	G			
60.0	44.9	65±5	4±1	175	292	249	696	877	2.1	0.03	0.35

セメント：普通ポルトランドセメント（規格JIS A 5008、強度2.71）

砂：中砂（規格JIS S 5021、規格値2.58、F. W. 2.79、含水率2.02%）、石粉：石灰石粉（規格JIS A 5008、規格値2.65、F. W. 2.78、含水率1.30%）

減水剤：SP剤（商品名：SP-100、AE剤：商品名：AE-100、減水率：100%）

結果及び効果：

従来モルタル注入を必要とした部位にもコンクリートが充填し、総量280㎡の打設を6時間で終了した。硬化後の品質にも全く問題はなかった。

その他留意事項：

効率良く施工を行うために、配管を渦巻状に配し、途中にゲートバルブを設けて、その開閉により打設を行った結果、打設作業員を4名から1名に減らすことが可能となった。（省力化）

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート
目 的	打込み作業の省力化及び過密な鋼材・鉄筋間の確実な充填	
構造物の種類	施工部位	施工時期
吊橋	アンカレイジ基礎部、軀体部	H 4. 4～H 6. 6

施工概要：

対象構造物はコンクリート総量が約24万m³に達するアンカレイジであり、高流動コンクリートを適用して、打込み作業の省力化及び過密な鋼材・鉄筋間の確実な充填を図っている。構造物概要を図-1に示す。

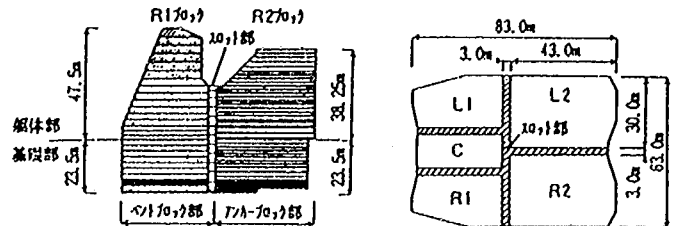


図-1 構造物概要

施工上の課題：

- (1)コンクリートの制約条件として、低発熱型セメントの使用、最大寸法40mmの粗骨材の使用が要求されている。
- (2)1日の最大コンクリート打込み量は約2000m³となり、作業時間も限定されているため、締固め作業がクリティカルとなる。
- (3)鉄筋、ケーブルアンカーフレームなどの鋼材が多量に配置された部位に確実にコンクリートを充填することが要求されている。
- (4)コンクリート品質の安定化のために骨材表面水率の安定化を図る必要がある。

対策の立案： 結果及び効果：

(1)高流動コンクリートの配合

高流動コンクリートの配合を表-1に示す。材料分離抵抗性は石灰石微粉末を添加することにより、また流動性は高性能AE減水剤を適量使用することにより確保し、コンクリートの高流動化を図った。

(2)運搬及び打込み方法

コンクリートの運搬は現場コンクリートプラント（最大製造能力：288 m³/h）に設置している110 m³/h級のコンクリートポンプにより、打込みブロックまで8インチ配管（6系列）で圧送する方式とした。また、ブロック内での打込みは、各系列（約5m間隔でブロック内に配列）に一定時間間隔で自動開閉するゲートバルブを約5m間隔で設け、均一に打上げる層打込み方式とした。

以上の、製造設備および運搬・打込み方式により、以下の効果が得られた。

- ①1日のコンクリート量が2000m³といった大量打込みも充分可能となった。
- ②コンクリートの流動距離を短くすることにより材料分離がほとんど生じず、均質なコンクリートが得られた（図-2、3）。
- ③十分に平坦なコンクリート天端（勾配1/20以下）が得られ、均し作業が大幅に低減された。

(3)骨材表面水率の安定化対策

骨材表面水率の安定化のために、細骨材はサンドスタビライザー（容量1.6 m³）を使用し、粗骨材は浸水冷却後に振動ふるいにかけることによる水切りを実施しており、細骨材及び粗骨材とも表面水率の日内変動は0.5%以下となった。

表-1 高流動コンクリートの配合

使用1/1の の単位	粗骨材 最大寸 法 (mm)	W/C	s/a	空気量	単位 水	単位 1/1	単位 石灰石 微粉末	単位 細骨材	単位 粗骨材	単位 高流動 AE減水剤	単位 空気量 安定剤
		(%)	(%)	(%)	kg	kg	kg	kg	kg	(g/kg)	(g/kg)
二成分系	40	55.8	36.0	4.0	145	260	150	615	1131	3.3	0.012
三成分系	40	55.8	36.0	4.0	145	260	150	610	1122	3.2	0.018

* 1 4020と2005を40:60で混合

* 2 標準使用量

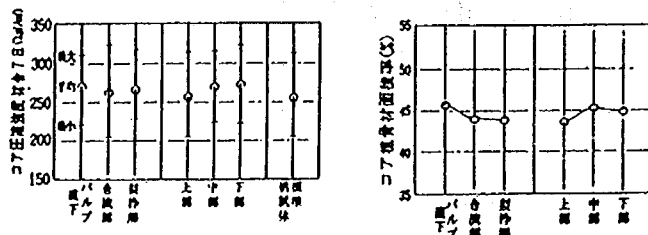


図-2 採取コア供試体の品質

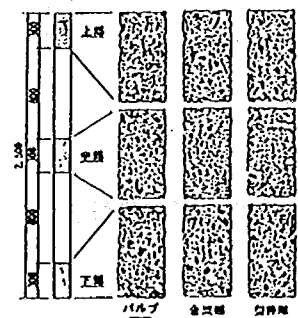


図-3 採取コア断面の粗骨材分布

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート
目的	コンクリート施工の省力化	
構造物の種類	施工部位	施工時期
人工島	底版部均しコンクリート	H5.10

施工概要：

人工島底版部の全面積は約500㎡と広大なため均しコンクリートの打設にあたり高流動コンクリートを適用した。(図-1は模擬流動実験の概要)

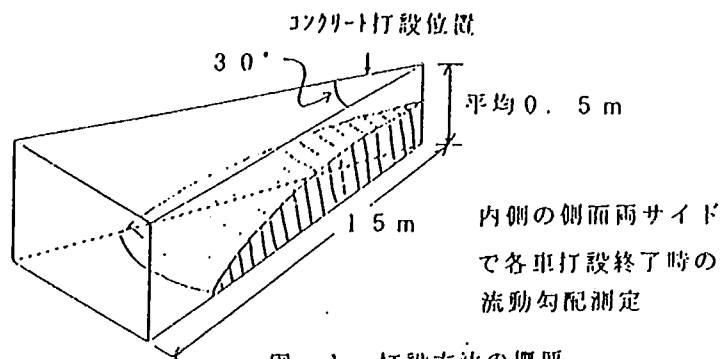


図-1 打設方法の概要

施工上の課題：

ポンプステーションからコンクリート配管筒先までが約200m(高低差約40mを含む)あるため、筒先でのコンクリートの流動性が低下することが懸念された。

対策の立案：

材料分離を生じず、また経時変化による流動性の低下を抑えた配合を選定するため総量30㎡の模擬流動実験をはじめとして各種の性能試験を行った。

検討事項：

施工に使用した配合を表-1に示す。

表-1 コンクリートの配合

Gmax (mm)	70- (cm)	空気 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)						
					W	C + 石粉	S	G	117 150	AC ×1	137 100 × 2
20	65±5	4.5 ±1.5	30	47	150	320 1180	759	893	7.0	0.5	0.35

セメント：超低発熱セメント

*1：空気量調整剤

*2：特殊増粘剤

(コンクリートの流動性を安定させる効果をも有する)

結果及び効果：

懸念されたポンプ圧送性にも特に問題なく約1,000㎡の施工を終了した。

その他留意事項：

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート
目 的	充填型鋼管コンクリート柱における部材品質の確保	
構造物の種類	施工部位	施工時期
超高層ビル	充填型鋼管コンクリート柱	'91.5

施工概要：

下部構造が充填型鋼管コンクリート柱を用いたSRC構造形式となっている70階建て超高層ビルの建設にあたり、鋼管柱内へのコンクリート充填において、以下の施工上の問題点が生じた。

・鋼管柱の断面は□（600×600または900×900）あるいは○（φ850または900）であり、これらの下部からの最高圧入高さは約40mである。特に□型鋼管柱には各階の梁接合部に開口率7%の内ダイヤフラム（中心にφ180のコンクリート通過用孔、4隅にφ30の空気抜き孔）が16枚設置されていることから、コンクリートポンプ車による圧入充填の可能性、コンクリートのブリージングや沈降によるダイヤフラム下の空隙の発生や強度低下、あるいは未充填部の発生などが懸念される。

これらの点を考慮して、締固め作業を行わなくても確実に充填できる高流動コンクリートを採用した。適用の対象は充填型鋼管コンクリート柱（計66本）であり、総打設量は890m³である。

コンクリートの製造は一般のレミコン工場にて行い、施工に先立ち、同工場にて室内配合選定実験、実機試験を行い、配合（下表参照）を定めた。また、モデル試験体による打設実験を計3回行い、充填性、圧送性等の確認を行った。

打設現場までの運搬所要時間は約30分であり、コンクリートの圧入はコンクリートポンプ車（DC 1000 BR）にて行い、分岐管工法を併用して2本の鋼管柱を同時に圧入した。なお、荷卸し時に行った高流動コンクリートの品質管理試験結果はスランプフロー71cm、空気量2.5%、圧縮強度451kgf/cm²（材齢28日）であった（いずれも平均値）。

表-1 配 合 表

Gmax (mm)	W/P (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)							
			水 W	結合材 P注)	細骨材 S	粗骨材 G	AE 減水剤	高性能 減水剤	増粘剤	
20	34	46	170	500	753	926	0.9	7.0	1.5	

注) 3成分系結合材：フライアッシュ混入マスコン型高炉セメント

検討事項：

- ①高流動コンクリートの充填型鋼管コンクリート柱への充填性
- ②圧入後のコンクリートの品質

結果および効果：

①打設時に内視カメラにより鋼管柱内ダイヤフラム下面や隅角部への充填状況を調査した結果、高流動コンクリートは中央部の通過孔と同時に四隅の空気孔を通過し、ほぼレベルの状態で鋼管柱内を上昇していることが確認された。また、ポンプ車による高さ40mまでの圧入も施工可能であった。

②充填終了後のコンクリート上面にブリージングは認められず、最上面の沈下量は4mm程度であった。

また、40mの鋼管柱本体の上部に同一構造の高さ6mのダミー□型鋼管柱を取付け、ダイヤフラム下面の充填性や硬化コンクリートの品質を調査した結果、ダイヤフラム下面や隅角部には空隙などは認められず、密実に充填されていること、コアによる圧縮強度は約650kgf/cm²（材齢91日）であり、圧入前に採取した同材齢の供試体の強度と同等であったことなどが確認された。

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート	
目 的	狭い打設口による自由落下や締固め不可による充填性および品質の確保		
構造物の種類	施工部位	施工時期	
WR-PC工法による集合住宅	PCa部材の接合部	H5.10~H6.4	

施工概要：
 適用の対象とした構造物はPCa部材によって組み立てられた構造物であり、PCa部材の接合部に充填コンクリートを使用する。
 打設口は狭くポンプ筒先が入らないため自由落下1.7mが生じる。また、パイプレータによる締固めが困難であるため高流動コンクリートを採用した。

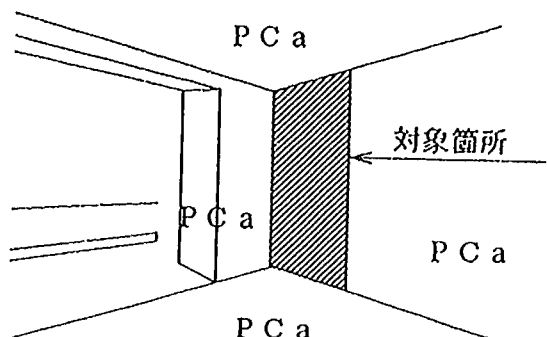


図-1 打設箇所

施工上の課題：
 1)対象箇所は打設口が狭くポンプ筒先を型枠内部まで入れることが出来ず自由落下高さが1.7m程度となるため、材料分離のおそれがあった
 2)パイプレータによる締固めが困難であるため充填性が危惧された

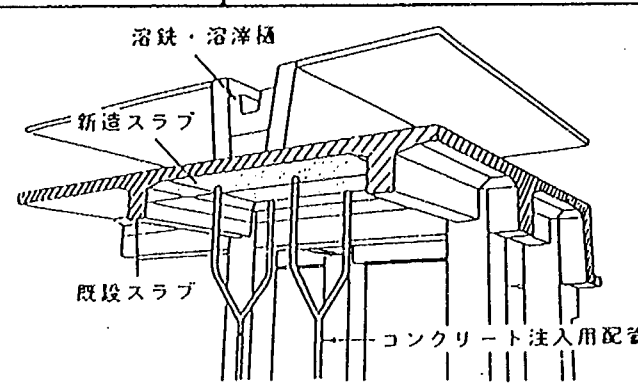
対策の立案：
 1)高流動コンクリートを用いることにより躯体品質の確保を目指した

検討事項：
 配合決定にあたっては、室内での配合試験（フレッシュ性状、強度発現性状）及び実機試験（経時変化、ボックス充填試験）を実施した。所定の条件を満足する配合を以下に示す。
 プラントに予備サイロがないことから増粘剤を使用した高流動コンクリートを採用した。

目 標 スランプ	目 標 空気量	W/C	S/A	水	セメント	細骨材	粗骨材	高性能 減水剤	増粘剤
65cm	4.5%	45.1	53.0	185	410	872	803	15.53	0.25

結果及び効果：
 目的としたコンクリート充填性については良好な仕上り面によって確認された。
 また、2次的に工期短縮と省力化につながった。

その他留意事項：
 高流動コンクリートはポンプ圧送によってスランプフローの低下が生じることが問題とされているが、スランプフロー保持性能の高い混和剤の使用、練り混ぜ時間の適性化などによりポンプ圧送によるスランプフローの低下をおさえた。

コンクリートの高性能化の方法		高流動コンクリート							
目	的	新たな補修工法の開発							
構造物の種類		施工部位	施工時期						
製鉄所の高炉基礎		既設鉄床の下側	H4.10～H5.3						
施工概要： 従来は、熱劣化した既設スラブを除去し再度スラブを構築するしかなかった高炉鉄床改修工事において既設スラブ下側へ高流動コンクリートを注入して新たに補強用スラブを構築し、工事削減工期短縮を実現した。									
図-1 新工法の概略図									
施工上の課題： 1) 既設スラブが60～80℃と高温のため注入したコンクリートが養生の極初期からその影響を受ける 2) 材料分離を生じさせずに密実な充填を可能とするコンクリート注入口の数と位置が不明 3) コンクリート打設中に内部の状況が見えないため打止めのタイミングがわからない									
対策の立案： 1) 実施工事と同じ温度条件を恒温槽で再現し、硬化性状の確認実験を行った 2) 実規模のモデルを作製し、施工実験を行って決定した 3) 充填状況の観測システムを開発した									
検討事項： 配合決定にあたっては、室内での配合試験及びプラント実機試験を実施した。									
表-1 コンクリートの配合									
W/C (%)	w/pd (%)	目標ス ラ ブ 厚 (cm)	目標 空 気 量 (%)	単位量 (kg/m ³)					SP剤 添加 P×%
				W	C	SD	S	G	
60.0	88.8	65±5	1±1	175	292	273	736	884	1.7
				高炉セメントB種 (比重3.03) 石灰石粉 (比重2.70) 混合砂 (比重2.56, 粗粒率2.72, 吸水率2.23%) 碎石 (比重2.66, 粗粒率6.69, 実積率60.9%) 高性能AE減水剤 (メリカリン酸系) AE剤 (リグニンスルホン酸系)					
結果及び効果： 特にトラブルもなく総打設量450m ³ の施工を無事終了した。また従来工法に対して15%のコスト削減と3週間の工期短縮を実現できた。									
その他留意事項：									

コンクリートの高性能化の方法 高流動コンクリート

目的 高流動コンクリートの施工性の確認

構造物の種類	施工部位	施工時期
建築構造物 (RC造)	壁、スラブ	H3.7

施工概要：

研究所の付属建屋（専属）の実構造物へ実験を兼ねて施工。

壁とスラブをパイプレータを用いずにポンプで打設した。打込みはポンプ筒先を柱部分に挿入してコンクリートを自由落下（約3 m）させ、壁に横流しして行った。

打込み速度は8 m/h程度。

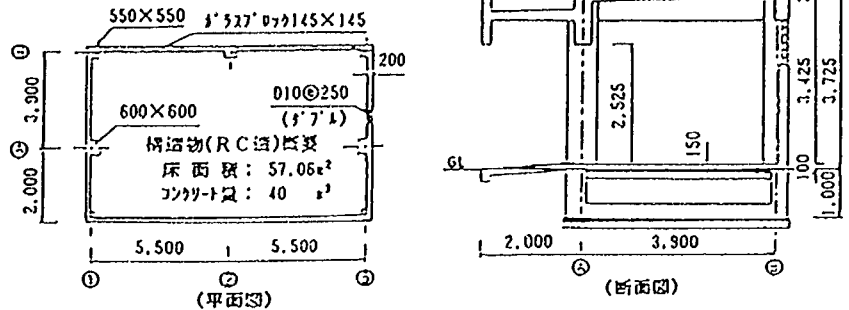


図-1 対象構造物

施工上の課題：

施工性（充填性、流動性、表面仕上げ等）の確認

側圧の確認

ポンプ圧送性の確認

対策の立案：

検討事項：

- ①施工性の確認
右図のように段差のある壁や円筒型枠回りの充填性や流動性
- ②ポンプ圧送実験
・管内圧力測定、圧送効率
・圧送前後のコンクリート品質変化
- ③側圧測定
構造物および柱試験体

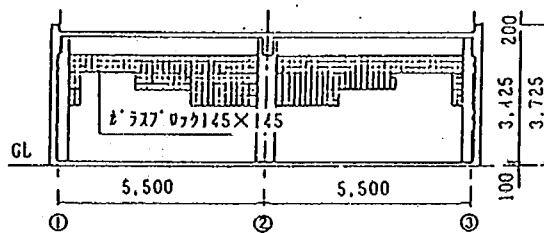


図-3 B通壁実験図

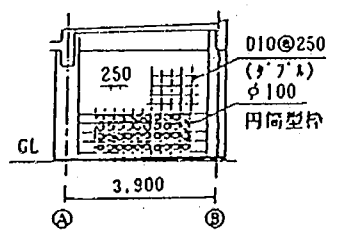


図-4 I通壁実験図

結果及び効果：

- ・充填性や流動性は良好であった
- ・高粘性のためポンプ圧送性は吐出量が高くなると管内圧力損失が大きくなるので、能力の高いポンプ車が必要である
- ・側圧は高流動性によりほぼ液圧が作用するため型枠の設計を行う場合、液圧で算定する必要がある

その他留意事項：

- ・圧送後はスランプフローロス（5 cm程度）があり、データも少ないことがあって今後の課題
- ・粘性が高いためコテ仕上げは困難で仕上げの精度を要求される場合には何らかの対策が必要
- ・フレッシュコンクリートの品質管理を良好に行うには細骨材の表面水管理に留意する必要がある
- ・フレッシュコンクリートの粘性や分離抵抗性を評価する試験方法を今後確立していく必要がある

コンクリートの高性能化の方法	普通コンクリート、流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリート
----------------	---

目的 各種コンクリートの性能及び合理化程度の比較

構造物の種類	施工部位	施工時期
逆T式擁壁	立ち壁部	H5.1 ~ H5.2

施工概要：

この研究は、建設省総プロ「建設事業における施工新技術の開発（自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発）」の一環として実施されたもので、上記4種類のコンクリートを長さ20m、高さ4.5m、幅0.4mの逆T擁壁の立ち上がり部に打設し、コンクリートの品質変化、施工性などを検討した。擁壁の鉄筋量は0.2%程度で、打設量は40m³。コンクリートはレミコン工場で製造し、製造後、現場まではアジテータ車で運搬し、現場内はピストン式コンクリートポンプで圧送した。コンクリートの製造から打ち込みまで時間は30分とした。打ち込み方法は、土木学会コンクリート標準示方書、建設省土木工事仕様書に準じて行った。なお、高流動コンクリートの打ち込みは中央一箇所から行い、流動距離を10mとし、締め固めを行わないこととした。表-1にコンクリートの配合、表-2に使用材料を示す。

表-1 配合表

配合	水	セメント	砂	小石	大石	W/C	f/c	w/p	f/p	Grel	配合量 (kg/m³)									
											W	C	S	G	AE	流動化	高流動	高流動	高流動	高流動
①普通コンクリート	175	315	675	1125	1125	0.55	1.1	1.1	1.1	1.1	175	315	675	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125
②流動化コンクリート	175	315	675	1125	1125	0.55	1.1	1.1	1.1	1.1	175	315	675	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125
③高性能AE減水剤を用いたコンクリート	175	315	675	1125	1125	0.55	1.1	1.1	1.1	1.1	175	315	675	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125
④高流動コンクリート	175	315	675	1125	1125	0.55	1.1	1.1	1.1	1.1	175	315	675	1125	1125	1125	1125	1125	1125	1125

w/p: 水灰比 (W/C) 、f/c: 砂灰比 (f/c) 、f/p: 小石灰比 (f/p) 、Grel: 1m³中の粗骨材体積 (m³/m³)

表-2 使用材料

セメントC	小野田セメント工業 高炉セメントB種
石灰石粉SD	興多摩工業 (株) 炭酸カルシウム PSD=2.70
細骨材S	新木県新木市沢内町 産砂 PS=2.61、FM=275
粗骨材G	新木県新木市沢内町 産砂 PS=2.63、FM=685
AE減水剤	ポリリスNo. 70 (普通コンクリート)
流動化剤	レオビルトNP-20 (流動化剤添加したコンクリート)
高性能AE減水剤	レオビルトSP-8N (プラント添加したコンクリート)
高性能減水剤	レオビルトNL-1440 (高流動コンクリート)
増粘剤	水溶性ポリセッカライド (高流動コンクリート)

検討事項：検討項目を以下に示す。

- ①フレッシュコンクリートの品質変化（スランプ、スランプフロー、空気量、目視）
- ②施工性（打ち込み速度、作業人員）
- ③硬化後の品質（強度、仕上がり面の状態）

結果及び効果：（合理化の程度を含む）

①フレッシュコンクリートの品質変化（図-1）

- ・普通コンクリート、高流動コンクリートの現着時のスランプは、練り上がりから若干量低下した。これに対し、高性能AE減水剤を用いたコンクリートは、逆に増加している。また、流動化コンクリートは、0.3%の流動化剤の混入により5~8cm程増加している高流動コンクリートの空気量の変化は、1~3%と他に比べ若干多くあらわれた。
- ・流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリートは、環境・施工条件により性状が異なることから、事前の検討を要する。

②施工性（図-2）

普通コンクリートを除くどのコンクリートも普通コンクリートより打ち込み速度が早くなり、高流動コンクリートは、作業人員の低減が図られた。

③硬化後の品質

どのコンクリートにおいても表面硬度にばらつきはなかった。また、仕上がり面におけるひびわれ・あばたの発生は、普通コンクリートが最も多く、流動化コンクリートの一部に粗さが確認されたほかは、極めて良好な充填状態あった。

- 普通コンクリート
- 高性能AE減水剤をプラント添加したコンクリート
- △流動化剤を添加したコンクリート
- ▲高流動コンクリート



図-1 スランプの変動

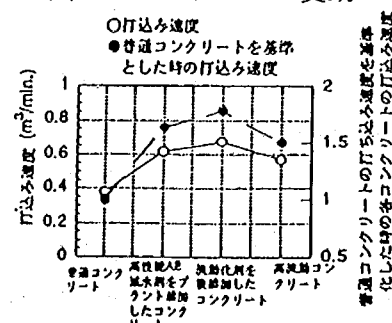


図-2 打ち込み速度

4. 今後の合理化の方向性

従来よりコンクリート工事においては高品質の構造物を建設するためには、できるだけ硬練りのコンクリートを用い、これを十分締固めることが基本とされてきた。しかし、大型で特殊な構造物の増加に伴い、複雑な断面や鉄筋量の極めて多い構造物が増えてきたことや大量急速施工が要求されること、さらには、建設工事に携わる就労者の高齢化も著しく、若手労働者の絶対数の減少、技能労働者の不足等、質・量両面からの不足などにより、硬練りコンクリートに応じた十分な施工品質を確保することが難しくなっており、このことがコンクリート構造物の耐久性を阻害する一つの原因になっている。

コンクリート工事の合理化を図るためには、コンクリートのみではなく施工全体を考慮した合理化が必要であり、これは設計の段階においても十分考慮すべきである。

ここでは、コンクリート自体に絞って施工の合理化を図るための方向性について述べる。

コンクリートの所要の品質を確保し、かつ施工の合理化を図るためには硬いコンクリートが高品質であるという観念から脱却する事が必要だと考えられる。すなわち、施工品質の良否が構造物の最終品質に及ぼす影響をできるだけ少なくしようとする考え方が生まれ、材料的には高性能A E減水剤等で種々の性質を付与できる混和材料が開発されたことから、流動化コンクリート、高性能A E減水剤を用いたコンクリート、さらには、高品質化・合理化を図るために高流動コンクリートが開発され実構造物への適用も増加しつつある。

従来より、土木構造物ではスランプ8～10cmのコンクリートを打設するのが一般的であった。施工性改善のためにコンシステンシーを大きくすることは、現在の技術では特に大きな問題はないが、必要以上に軟らかいコンクリートを使用することは、品質的にも経済的にも得策ではなく、その選定には注意が必要である。コンクリートのコンシステンシーと施工性については、構造物の種類、部材の種類、鉄筋量などに影響を受けることは当然であるが、それらとコンクリート施工の難易度や適正スランプとを関連づけることは極めて困難である。

どのような種類と性状のコンクリートを使用するかは、それに伴う技術的效果によって、総合的に判断する必要があり、画一的に規定することはできないが、一般の構造物の場合、アンケート調査などによる従来の経験や実績および施工サイドや管理サイドの意見ならびに現状の技術レベルから総合的に判断すると、標準的なスランプを12cmに設定すれば、施工的にも品質的にも問題は少なくなると考えられる。

合理化の方向として、ベースコンクリートに流動化剤を後添加することにより流動性を高める流動化コンクリート及びスランプロスが少ない高性能A E減水剤を工場で同時添加するコンクリートがあるが、流動化コンクリートの製造量は1988年をピークに減少に転じており、それに代わって高性能A E減水剤を用いたコンクリートの製造量が増加しており今後もこの傾向が続くものと考えられる。

さらに、高品質化・合理化を目指したものとして締固めを行わなくても型枠の隅々まで十分充填でき、かつ耐久性の優れた高流動コンクリートが開発され実構造物への適用も増加しつつある。

学会等においても委員会が発足し、JCIでは1992年に超流動コンクリート研究委員会ができ、土木学会では1994年から高流動コンクリートの受託研究を行うなど実用化への動きが活発化している。また、建設省、日本道路公団、JR等の発注機関での試験施工も行われている。

実施工は、総プロ「鉄筋コンクリートWG」で実施した1994年2月末日の調査によれば約150件、約15万 m^3 （平均打設量1000 m^3 /件）、明治海峡大橋を加えると約50万 m^3 の累計になっており、着実な進展を遂げている。

一方、高流動コンクリートは、耐久性改善の他にコンクリート工事の省力化に寄与できる可能性が大である。高流動コンクリートは、現状の締固め作業を前提とした施工システムを大きく変えることが可能な材料である。今後、高流動コンクリートを採用することにより打設作業の合理化だけでなく、構造物の耐久性の向上、型枠工・支保工、鉄筋工等を含めた総合的な施工システムの合理化、省人化、安全性の向上、等導人効果を具体的に実証し、さらに、普及することが期待される。

自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する共同研究報告書(4)
ISSN 0386-5878
共同研究報告第120号
平成7年3月(1995)
ーコンクリート工の合理化施工に関する技術資料ー

建設省土木研究所 材料施工部 コンクリート研究室

財団法人 先端建設技術センター

株式会社 大林組

鹿島建設 株式会社

株式会社 熊谷組

佐藤工業 株式会社

清水建設 株式会社

株式会社 錢高組

大成建設 株式会社

飛鳥建設 株式会社

西松建設 株式会社

株式会社 間組

前田建設工業株式会社

要 旨

建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」では、「自動化に適したコンクリート構造物の設計・施工技術の開発に関する研究」に関して、1990年度より建設省土木研究所、財団法人先端建設技術センター、民間企業11社で共同研究を実施した。

本研究は、建設事業の高品質化、効率化、労働環境の向上を図る方策として、鉄筋コンクリート構造物を対象にして、施工の合理化・省力化に当たって、現行諸基準の問題点を検討し、自動化・合理化に適した設計・施工マニュアル(案)の作成を行うものである。

本報告書は、コンクリートの打込み、締固めの合理化のための基本方針、流動性を高めた各種コンクリートに関する省力化の効果、使用上の留意点、問題点などをとりまとめたものである。

キーワード：流動化コンクリート、高性能AE減水剤を用いたコンクリート、高流動コンクリート、適切なスランプ、施工実施例

郵便はがき

3 0 5 - □ □

50円切手
をはって
下さい。

建設省土木研究所

コンクリート研究室 行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 001

共同研究報告書第120号

No. 001

配布先氏名

○

配布先住所

共同研究報告書第120号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏名 印