

# 分離低減剤を使用した SC コンクリートに関する研究 (その 2)

——アクアコンクリートとしての現場適用例——

芳賀孝成 十河茂幸  
三浦律彦 玉田信二

## Studies on SC Concrete, Containing Segregation Controlling Admixture (Part 2)

——Application to Underwater Concrete, “Aqua Concrete”——

Takashige Haga Shigeyuki Sogo  
Norihiro Miura Shinji Tamada

### Abstract

In the first report, SC concrete was concluded to be superior for use as underwater concrete because of high resistance to segregation. The SC concrete used for underwater construction has been named “Aqua Concrete,” and has already been applied at a number of sites. In this report, three examples of application are described. Several tests for quality control and for ascertainment of workability were carried out at each site. As a result, it was found that Aqua Concrete placed directly under water showed less quality loss, developed good strength, and produced less water pollution. It was also found that Aqua Concrete was somewhat inferior to ordinary concrete with respect to mixing load and pumpability. However, this was not so serious for practical purposes, and it was confirmed that normal equipment and machinery could be used for Aqua Concrete.

### 概 要

前報においてSCコンクリートは分離低抗性が高く、水中コンクリートとして優れたものであることを報告した。その後、水中工事で使用されるSCコンクリートは「アクアコンクリート」の名称で呼ばれることとなり、既にいくつかの現場に適用されるに至っている。本報告はそのうちの3種類の現場における適用例を示したもので、品質管理および作業性把握のために各現場で行なわれた試験の結果についても若干の考察を加えている。これらの結果から、アクアコンクリートは水中打設に伴う品質低下が極めて少なく、気中で打設した場合とほぼ同様な強度発現性状を示すことや、環境保全に対しても有効であることが確認された。また、コンクリート混練り時の負荷やポンプ圧送性に関しては、アクアコンクリートを用いた場合の消費電流や圧送負荷は普通コンクリートに比べて少し大きくなるものの、実用上はほとんど問題がなく、従来の機材を用いて容易に施工できることが確認された。

#### 1. まえがき

前報において、セルロースエーテルを主成分とした特殊混和剤（分離低減剤：SCA）を添加したSCコンクリートの基礎性状に関する実験結果を報告した。SCコンクリートは水中打設に伴う材料分離が小さいこと、凝結性状は始発までの時間は延びるものの始発から終結までの時間はあまり変わらないこと、ブリージング水の発生はほとんどないこと、圧縮強度は水中作成供試体（30 cm 水中自由落下して成形したもの）で大幅に改善され、か

つ、気中作成供試体でもプレーンコンクリートより若干大きな値となることなどの特徴がある。

このような特徴から、SCコンクリートを水中コンクリート工事に適用することは非常に有効であると考え、水中コンクリートとしてのSCコンクリートを、『アクアコンクリート』と称していくつかの現場において適用してきた。

本報告では、河川改修工事、港湾工事、ケーソン工事の3現場におけるアクアコンクリートの品質管理および施工状況を紹介する。

## 2. 河川改修工事への適用

### 2.1. 工事概要

この工事は、河川改修工事における水中コンクリート工事にアクアコンクリートを適用したもので、その適用は2箇所である。一つは排水機場の既設床版の洗掘防止用コンクリート部(図一1)であり、もう一つは新設された自然排水口における擁壁と床版との接合部コンクリート(図二)である。なお、床版は比較的薄いため他の水中コンクリート工法では、施工に伴う河川水の汚染が大きいこと、高品質なコンクリートを得ることが難しいなどの理由から、アクアコンクリートを適用することになった。

### 2.2. 打設計画

アクアコンクリートの打設にはコンクリートポンプ車を使用した。ポンプ車のホースの先端は、潜水夫が操作し、潜水夫の指示により圧送した。また、コンクリート面の仕上げは、均し板により行なった。アクアコンクリートの混練りは生コンプラントで主に行ない、一部のものについては、SCAを現場で生コン車に後添加した。

### 2.3. 使用材料および配合

使用材料は次のとおりである。

セメント; 普通ポルトランドセメント

(比重=3.16, 粉末度=3,400 cm<sup>2</sup>/g)

細骨材; 川砂

(比重=2.57, 吸水率=1.75%, FM=2.25)

粗骨材; 川砂利

(比重=2.68, 吸水率=1.25%, FM=6.85)

SCA; セルロースエーテル系分離低減剤

減水剤; 標準型 AE 減水剤

洗掘防止工と床版接合工で用いたアクアコンクリートの配合は、表一1に示すA配合とB配合とした。

### 2.4. アクアコンクリートの品質および施工状況

施工したアクアコンクリートの品質管理と施工管理の把握のために次の試験および計測を行なった。

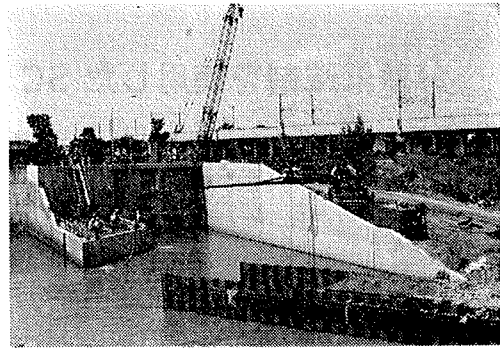
(1) スランプ試験, スランプフロー試験, 空気量試験  
練り上り温度と単位容積重量の測定

(2) 硬化コンクリート(気中作成供試体, 水中作成供試体, 水中に打設した模擬躯体から抜き出したコア)の圧縮強度試験

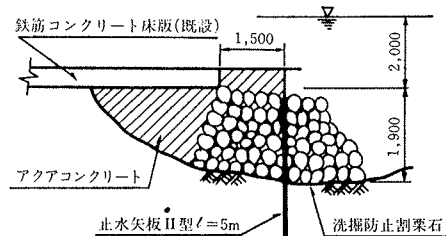
(3) 圧送時のコンクリートポンプ車の圧力負荷および混練り時の生コンプラントのミキサーの最大消費電流の測定

(4) アクアコンクリートの打設中および打設後の河川の各地点における水のPH値および濁度の測定

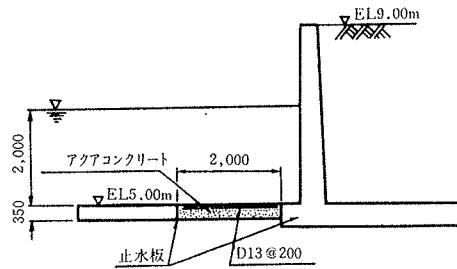
表一2にフレッシュな状態での性状を示した。アクア



写真一 アクアコンクリートの施工状況(河川改修工事の例)



図一 洗掘防止工への適用例



図二 水路床版への適用例

種類	呼び強度 F <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	対象構造物	スラブ (cm)	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )					
				W	C	S	G	Ad	SCA
A配合	160	①洗掘防止工	22以上	192	298	745	1,029	0.745	1.79
B配合	255	②床版新設工	22以上	196	400	700	1,008	1.00	2.60

表一1 アクアコンクリートの配合

No.	コンクリートの種類	混練り量 (m <sup>3</sup> )	最大消費電流 (A)	ポンプ吐出圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )		フレッシュ試験の結果				
				中高速	中低速	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)	
1	A配合 プラント添加	1.7	115	228	150	—	—	—	—	
2	"					22.5	37.0	5.8	31.0	
3	A配合 SCA無添加	1.5	80	—	—	25.5	49.0	3.5	32.0	
4	B配合 プラント添加	1.7	125	190	120	23.0	38.0	3.9	32.5	
5	"					23.5	40.0	4.2	33.0	
6	"					118	—	—	—	—
7	"					120	22.5	37.5	4.1	32.5

表一2 各種試験の結果

コンクリートの混練り時のミキサーにかかる最大消費電流は、SCA無添加のコンクリートに比べ約4割ほど大きくなった。そして、この数値はスランプが8cm程度のコンクリートの最大消費電流に相当する。SCAの多いB配合でもA配合の約1割高であり、混練りに特に支障はなかった。ポンプ圧送においては、逆にA配合の方がB配合より15~20%程度高い圧送負荷となった。これはSCA添加量よりも単位セメント量の影響が大きく現われたためと思われる。

また、現場におけるSCAの後添加方法としては、生コン車内のベースコンクリートに粉体のまま添加する方法と、スラリー状にして添加する方法を試みた。この結果、いずれの方法においても十分な混練りができ、プラント添加したアクアコンクリートとほぼ同等の性能のものが得られた。

表-3には、アクアコンクリートを水中に打設した際の河川の各点におけるPH値と濁度を示した。これより、アクアコンクリートを打設すると、打設箇所付近の河川水は、若干PH値が上昇するが拡散作用などにより短時間でほぼ元の値にもどり汚染の度合は非常に少ないことが確認された。

打設したアクアコンクリートの強度発現の結果を図-3に示した。水中を30cm自由落下させて成形した水中作成供試体の圧縮強度は、気中作成供試体に対しA配合で50~60%、B配合で80~90%の値である。実構造物と同条件でコンクリートポンプ車で水中に打設して作成したコンクリートブロックのコアにおいては、A配合、B配合ともに気中作成供試体とほぼ同等の圧縮強度が得られSCAの効果が十分発揮された。なお、水中における鉄筋コンクリート構造の床版として、今後アクアコンクリートを適用するには、圧縮強度以外の強度特性も必要と考えられる。このため、別途試験した結果を表-4<sup>1)</sup>に示す。

### 3. 船台洗掘部改修工事への適用

#### 3.1. 工事概要

この工事は、図-4に示すように、船台下部の海水による洗掘部分を水質汚染の少ないアクアコンクリートを用いて改修したものである。

#### 3.2. 打設計画

洗掘部の打設場所が狭く、またポンプ車が近付けないため、約70mの配管をして圧送を行なった。打設はホースの先端を潜水夫に操作させ、海面上の船と無線連絡により指示しながら行なった。(写真-2)

#### 3.3. 使用材料および配合

使用した材料は以下のとおりである。

試料 No.	1	2	3	4	5	平面図
打設箇所	①	②	③	終了後約30分	終了後約1時間	
打設したSCコンクリートの種類	B配合	B配合	A配合	—	—	
採取深さ(m)	水面下約0.6	水面下約0.2	水面下約0.2	水面下約0.1	水面下約0.1	
PH値	9.12	8.08	8.94	7.67	7.53	
濁度	106	90	96	76	52	

但し、SCコンクリート打設前の河川水のPHは6.8、濁度は15である。

表-3 打設に伴う河川水の変化

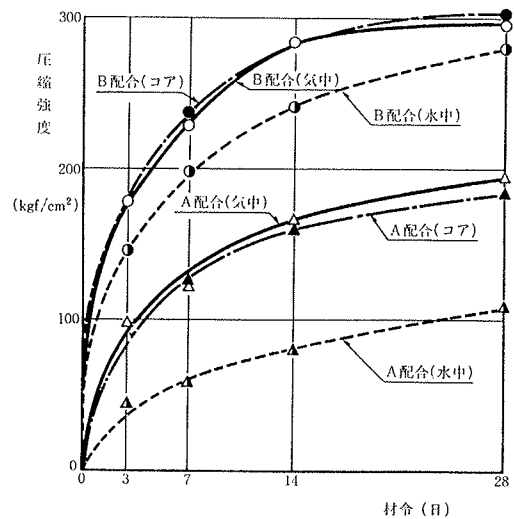


図-3 圧縮強度発現

圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	引張強度 / 圧縮強度	曲げ強度 / 圧縮強度	せん断強度 / 圧縮強度
200~500	$\frac{1}{10} \sim \frac{1}{13}$	$\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8}$	$\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$

表-4 圧縮強度と各種強度の関係

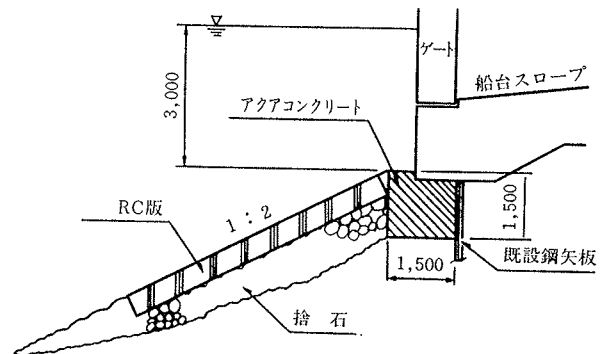


図-4 船台改修工への適用例

セメント; 高炉セメントA種

(比重=3.10, 粉末度=3,640 cm<sup>2</sup>/g)

細骨材; 海砂

(比重=2.55, 吸水率=1.5%, FM=2.67)

粗骨材；砕石(2005)

(比重=2.68, 吸水率=1.9%, FM=6.60)

S C A；セルロースエーテル系分離低減剤  
減水剤；標準型 AE 減水剤

ここで用いた配合は、表-5 のとおりである。現場が生コン工場から遠いこと、配管長が70 m に達することを考慮して事前に試験練り、試験圧送を行ない定めた。

### 3.4. アクアコンクリートの品質および施工状況

表-6 にアクアコンクリートの特性値を示す。スランプ値は24 cm, スランプフローは51 cm でかなり軟練りとしたため、ポンプ圧送も容易に行なうことができ、セルフレベリング性により自重で洗掘部に広がるので配管の差換え回数も少なくすんだ。また、生コン工場で混練りした後、1時間程度経過した後にポンプ圧送したものもあるが、アクアコンクリート特有の凝結特性により特に閉塞などの問題は生じなかった。

なお、海水のアクアコンクリートへの影響に関しては圧縮強度の結果からわかるように真水中で成形した供試体と同様に、海水中で成形した供試体の強度は気中作成供試体の約8割以上となっており、特に強度上の問題はないと思われた。

## 4. ケーソン底版工事への適用

### 4.1. 工事概要

この工事は、海岸に近い埋立て地に取水槽を構築するもので、その底版は干満の影響を受ける。そのため、水密性の高いアクアコンクリートを打設した。(図-5)

### 4.2. 打設計画

比較的広い場所に打設するため、写真-3 に示すようにポンプ車を2台使って中央から外側へ潜水夫の指示により打設した。表面の均しは、セルフレベリング性を期待して特に行なわなかった。

### 4.3. 使用材料および配合

使用した材料は次のとおりである。

セメント；ポルトランドセメント

(比重=3.20, 粉末度=3,300 cm<sup>2</sup>/g)

粗骨材；海砂

(比重=2.52, 吸水率=1.47%, FM=2.73)

粗骨材；砕石(2505)

(比重=2.71, 吸水率=0.51%, FM=6.60)

SCA ；セルロースエーテル系分離低減剤

減水剤；促進型 AE 減水剤

配合は、必要強度を考えると W/C を大きくできるが、水密性を必要とするため表-7 に示すように W/C を小さくした。

### 4.4. アクアコンクリートの品質および施工状況

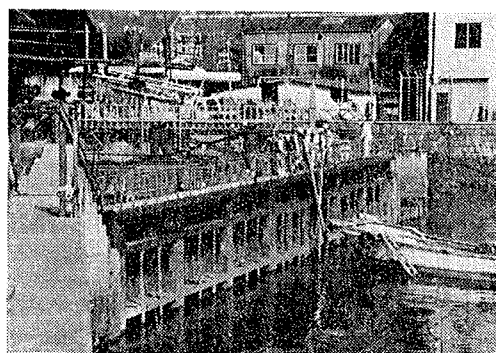


写真-2 アクアコンクリートの施工状況  
(船台改修工事への適用例)

呼び強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )	スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )					
				W	C	S	G	Ad	SCA
210	24.0	57.0	37.0	224	400	600	1,014	4.0	2.8

表-5 アクアコンクリートの配合

スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (kgf/cm <sup>2</sup> )			
			材令 7 日		材令 28 日	
			気中	海水中	気中	海水中
24.0	51.0	1.5	199	149	339	269

表-6 品質試験の結果

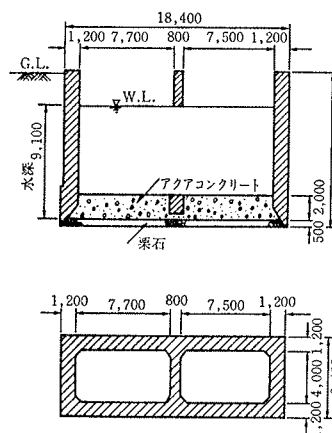


図-5 ケーソン底版部への適用例

スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )					
			W	C	S	G	Ad	SCA
22.0	60.0	40.0	198	330	695	1,108	1.65	2.5

表-7 アクアコンクリートの配合

表-8 にフレッシュな状態での性状および強度試験結果を示した。底版コンクリートからのコアの採取は工程上材令5日に行ない、気中養生を行なった。そのため、若材令時の養生が不十分となり気中作成供試体よりかなり低い強度となった。また、若材令でのコアボーリング

スランブ (cm)	スランブ フ ロー (cm)	空 気 量 (%)	圧縮強度 $\sigma_{28}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	
			気 中	コ ア
21.5	37.0	2.0	323	269

表-8 品質試験

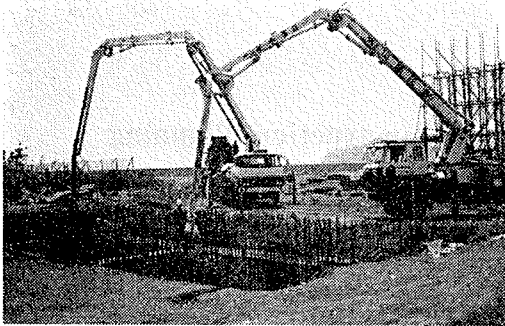


写真-3 施工状況

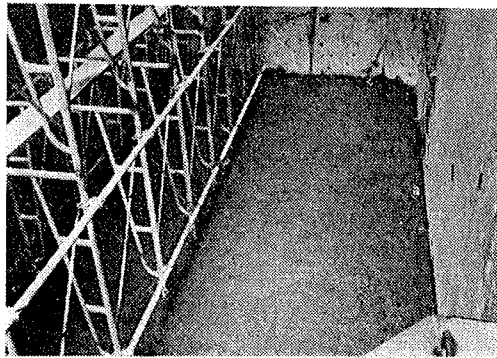


写真-4 水抜き後の状況

の影響もその一因と考えられる。

広い場所でのセルフレベルング特性の計測結果を図-6に示すが、最終的にはほぼ水平な面になることが確認された。写真-4は、ケーソン内の水を抜いた状況であるが良好なコンクリート面が得られていることがわかる。なお、水密性に関しては、室内試験により調べたがこの結果を表-9に示す。この試験では、アクアコンクリートは空気量が多いにもかかわらず、ほぼ同等の拡散係数を示し極めて高い水密性を有することを確認した。

### 5. あとがき

今回報告した現場施工の結果より、アクアコンクリートは、十分にポンプ圧送ができること、水質汚染の防止に有効であること、強度や水密性に優れていることなどが確認された。

なお、今後は、水中における打継部の性状や耐久性などに関する実験や逆巻きコンクリートやPCグラウトなどの利用を考えた実験を実施していく予定である。

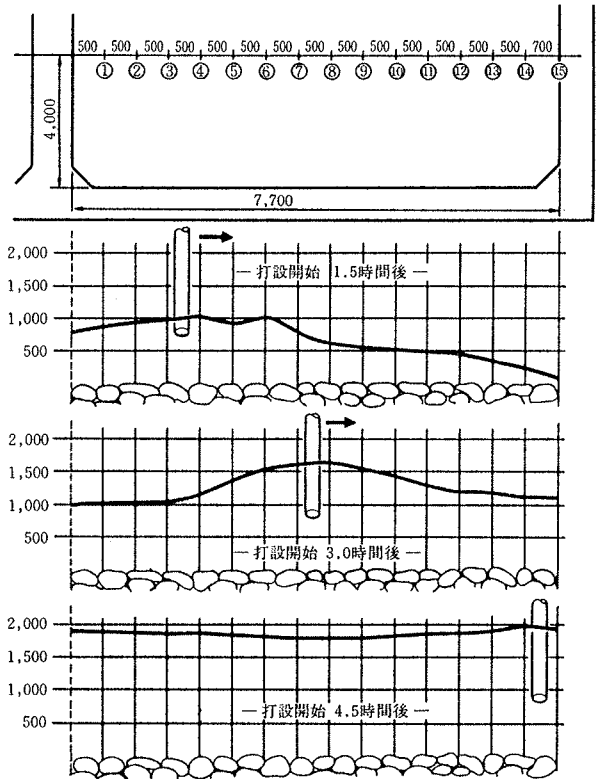


図-6 打設中のコンクリート天端の推移

No.	W/C (%)	S/a (%)	C (kg/m <sup>3</sup> )	SCA (kg/m <sup>3</sup> )	空 気 量 (%)	拡散係数* (×10 <sup>-6</sup> cm <sup>2</sup> /sec)
1	50	40	400	0	0.4	4.12
2				1	4.4	5.19
3				3	2.0	4.54
4				5	2.8	3.78

\* ) 透水試験はINPUTに法よる<sup>2)</sup>

表-9 アクアコンクリートの水密性

### 参考文献

- 1) 芳賀, 十河, 三浦, 玉田: 分離低減剤を用いた水中コンクリートに関する研究, 第6回コンクリート工学年次講演会論文集, (1984), pp. 45~48
- 2) 国分正胤編: 土木材料実験, 技報堂出版, pp. 289~293
- 3) 十河, 三浦, 玉田: 分離低減剤を用いたコンクリートの基礎性状, 第38回セメント技術大会講演要旨, (1984), pp. 84~85
- 4) 玉田, 十河, 三浦: 分離低減剤を用いたコンクリートに関する研究(その1), 土木学会第39回年次学術講演会講演概要集, 第5部, (1984), pp. 217~218
- 5) 芳賀, 十河, 三浦, 玉田: 分離低減剤を使用したSCコンクリートに関する研究(その1), 大林組技術研究所報, No. 28, (1984), pp. 123~128