

[1043] 特殊水中コンクリートの分離抵抗性について

正会員 ○十河 茂幸 (大林組 技術研究所)  
 正会員 竹田 宣典 (大林組 技術研究所)  
 玉田 信二 (大林組 技術研究所)  
 渡辺 朗 (大林組 技術研究所)

1. まえがき

特殊水中コンクリートは、普通コンクリートに比べ材料分離に対する抵抗性が優れていると認められている。しかし、水の分離、セメントの分離に対する評価はされているが、粗骨材の分離に対する抵抗性は定量的に評価されていない。そこで筆者らは、室内および屋外において流動方向を鉄筋で妨げる型枠内にコンクリートを流し込み、流動に伴う分離抵抗性を評価する実験を行った。本報は、室内実験では流動による粗骨材量の変化、屋外実験ではコアの品質から材料分離の程度を調べ、

特殊水中コンクリートの分離抵抗性を普通コンクリートと比較、考察したものである。

2. 既往の研究結果<sup>1)</sup>

コンクリートの材料分離の指標として、ブリージング量や、コンクリートを水中自由落下した時の濁度が挙げられる。

図-1, 2は特殊水中コンクリートに関するそれらの実験結果である。分離低減剤(SCAと称す)の添加量の増加に伴ない、ブリージング、濁度は著しく減少することがわかる。

3. 実験概要

3.1 実験の組合せ

室内分離抵抗性実験および屋外流動打設実験の組合せを表-1に示す。特殊水中コンクリートではスランプフロー、

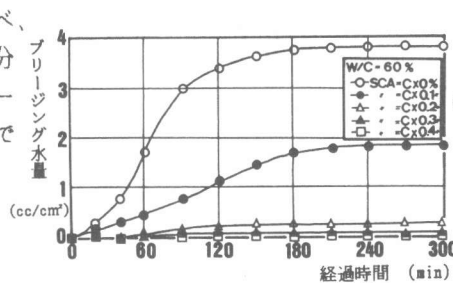


図-1 セメントペーストのブリージング

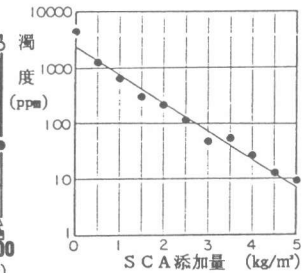


図-2 けん濁液の濁度

表-1 実験の組合せ

ケース	コンクリートの種類	目標値 (cm)		細骨材率 (%)	SCA (kg/m³)	室内実験	屋外実験	
		スランプ	スランプフロー					
A-1	特殊水中コンクリート	-	40	40	2.0	○	○	
A-2			50		1.0	○	○	
A-3			50		2.0	○	○	
A-4			60		3.0	○	○	
A-5			60		○	○		
A-6			50		35	2.0	○	
A-7			50		45	○		
M-1	普通コンクリート	18	8	45	-	○	○	
M-2			18	35	○	○		
M-3			18	40	○			
M-4			18	40	○			

表-3 配合

表-2 使用材料

	種類	物性, 主成分等
セメント	N P	比重 3.16
細骨材	山砂	比重 2.58 吸水率 1.58% 粗粒率 2.74
粗骨材	碎石	比重 2.85 吸水率 0.70% 粗粒率 6.95 最大寸法 20mm
混和剤	SCA	セルロースエーテル系
	A E減水剤	リグニンスルホン酸塩
	高性能減水剤	高縮合トリアジン

ケース	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				SCA	A E 減水剤	高性能減水剤	
			C	W	S	G				
A-1	50	40	354	177	695	1067	2.0	C×0.25%	C×4%	
A-2			340	170	707	1085	1.0			
A-3			400	200	656	1007	2.0			
A-4			460	230	605	929	3.0			
A-5			460	230	605	929				
A-6			35	400	200	574	1091			2.0
A-7			45	400	200	738	923			
M-1	50	45	308	154	826	1033	-	C×0.25%	-	
M-2			340	170	795	995				
M-3			35	320	160	633				1204
M-4			40	330	165	715				1098

SCA添加量、細骨材率を、普通コンクリートではスランプ、細骨材率をパラメータとした。

### 3.2 使用材料および配合

使用材料、配合を表-2、3に示す。

### 3.3 室内分離抵抗性実験

#### (1) 実験の目的

この実験は、流動後の粗骨材量の変化により、流動に伴なう材料分離の程度を評価するものである。

#### (2) 試験装置の構造

分離抵抗性試験装置の形状寸法を図-3に示す。鉄筋櫛はD13の異形棒鋼を用い、鉄筋のあきは27mm（粗骨材の最大寸法の4/3倍）とした。流動部と試料採取部は鉄板にて仕切られて、流動後これを引抜き、試料を採取する構造となっている。

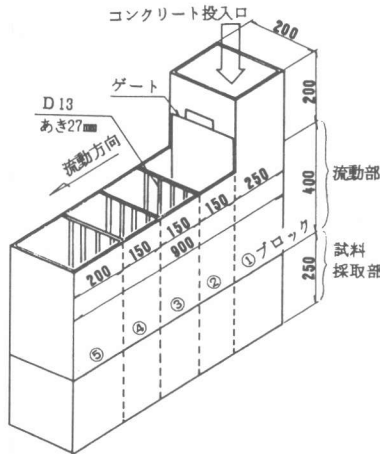


図-3 分離抵抗性試験装置の構造

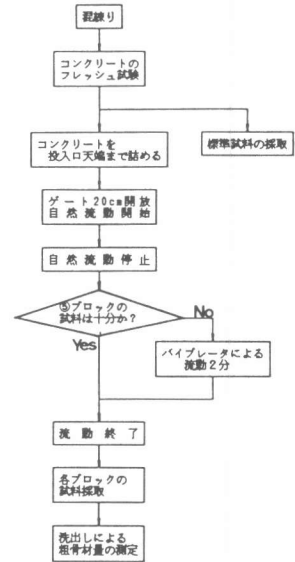


図-4 実験の手順

#### (3) 実験方法

実験の手順を図-4に示す。練上り直後に採取したコンクリートを標準試料として、流動前の洗い出し後の粗骨材量を基準値とした。バイブレータは①ブロックにおいてのみ使用し、投入口のコンクリートは流動中常に一杯となるよう補給した。フレッシュコンクリートの測定項目は、1)スランプおよびスランプフロー 2)空気量 3)練上り温度 4)粗骨材含有率（試料重量 $W_1$ と洗い出し後表乾状態の粗骨材重量 $W_2$ の比  $W_2/W_1$ ）とした。

### 3.4 屋外流動打設実験

#### (1) 実験の目的

この実験は、特殊水中コンクリートおよび普通コンクリートの流動性状を把握するとともに、硬化後のコアの品質から材料分離の程度を評価するものである。

#### (2) 試験型枠の構造

型枠の形状寸法を図-5に示す。流動方向に50cmピッチに設けた鉄筋櫛は、室内実験の場合と同様D13の異形棒鋼を用いたが、鉄筋のあきは実験規模を考え40mm（粗骨材の最大寸法の2倍）とした。

#### (3) 実験方法

実験の手順は、基本的に室内実験の場合と同様であるが、バイブレータは①ブロックのみに限らず、順次②ブロック、③ブロックへと移動させた。またコアは、材令18日において試験体の各ブロックの上下2段で水平方向に採取した。フレッシュコンクリートの試験項目は、1)スランプおよびスランプフロー 2)スプレッド 3)空気量 4)練上り温度、硬化コンクリー

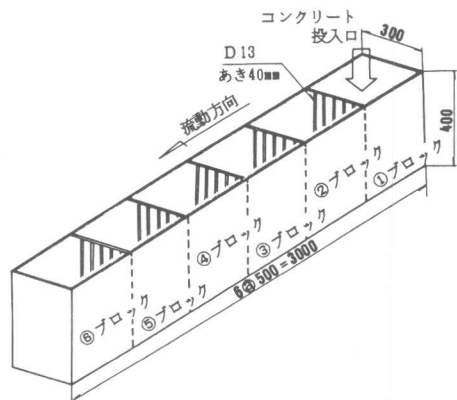


図-5 試験型枠の構造

トの試験項目は、標準供試体およびコアの 1)圧縮強度 2)静弾性係数 3)動弾性係数 4)単位体積重量とした。

#### 4. 実験結果および考察

表-4 フレッシュコンクリートの試験結果

##### 4.1 フレッシュコンクリートの性質

室内実験および屋外実験でのフレッシュコンクリートの試験結果を表-4に示す。スランプあるいはスランプフローは、

室内実験のA-1, N-3が若干硬練りとなったが、そのほかは、ほぼ目標通りであった。空気量は $3 \pm 1\%$ の範囲で練上り温度は室内実験で $15^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 、屋外実験で $12^{\circ}\text{C}$ 前後であった。これらの結果から、室内、屋外実験とも、コンクリートの流動に影響を及ぼす空気量、練上り温度の差は殆どなかったものと判断される。

##### 4-2. 特殊水中コンクリートの分離抵抗性

室内実験における流動距離と粗骨材含有率の関係、普通コンクリートおよび特殊水中コンクリートについてそれぞれ図-6, 図-7に示す。

ケース	コンクリートの種類	目標値						室内実験				屋外実験				
		スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	練上り温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	練上り温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	スランプ (cm)	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	練上り温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	
A-1	特殊水中コンクリート	-	40	20.5	33.5	3.1	20.0	24.5	44.5	2.7	12.5					
A-2				23.5	49.5	3.5	19.0	27.0	53.0	2.6	12.0					
A-3			50	25.0	50.3	2.8	19.0	27.0	54.5	2.7	11.2					
A-4				25.0	49.0	3.1	19.0	27.0	52.0	2.7	11.0					
A-5			60	-	27.0	61.5	2.8	19.0	28.0	62.0	2.3	11.2				
A-6					25.0	48.5	2.5	15.3	-	-	-	-	-	-	-	-
A-7			50	26.0	53.0	3.4	15.7	-	-	-	-	-	-	-	-	
N-1	普通コンクリート	8	-	8.5	-	3.8	15.9	8.5	-	3.5	11.8					
N-2				19.5	-	2.5	16.5	18.0	-	4.0	11.3					
N-3				18	13.5	-	2.5	15.0	-	-	-	-	-	-	-	-
N-4				17.5	-	2.8	15.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

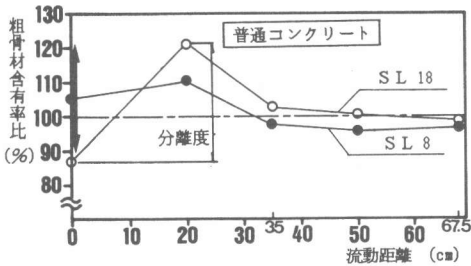


図-6 流動距離と粗骨材含有率比の関係

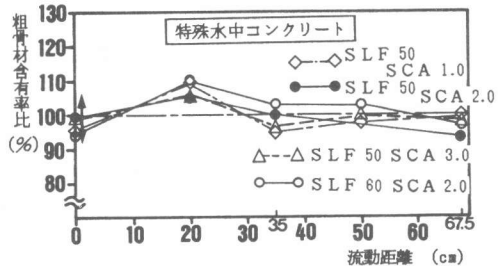


図-7 流動距離と粗骨材含有率比の関係

普通コンクリート、特殊水中コンクリートとも粗骨材含有率の変動は、②ブロックにおいて最大となり、③ブロック以後は減少していく傾向である。これは鉄筋櫛位置で粗骨材の流動が妨げられることを示す。図中、Y軸上に示した矢印は、バイブレータ使用による①ブロック内上下の材料分離を、粗骨材含有率の差で示すものである。普通コンクリートに比較して特殊水中コンクリートは、バイブレータの振動による粗骨材の分離に対し抵抗性が大きいことが認められる。なお、試験体においても普通コンクリートでは①ブロック上部でペースト分が多く

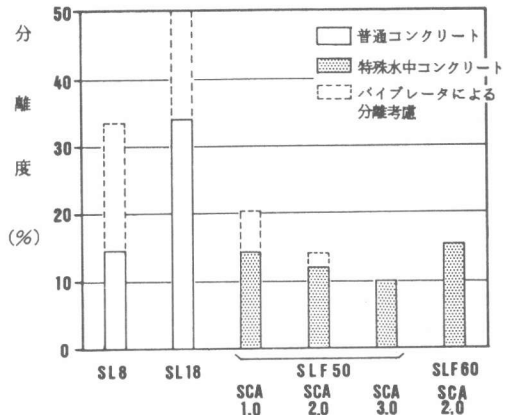


図-8 コンクリートの分離度

なり、下部では粗骨材が脱水圧密を受け、締固まっている状態が見られた。図-6に示すように、標準試料に対する粗骨材含有率比の最大値と最少値の差を分離度と称し、普通コンクリートおよび特殊水中コンクリートの分離度を図-8に比較した。この結果、普通コンクリート、スランプ18cmの場合と比較すると、特殊水中コンクリートの分離度は半分以下であり、またSCA添加量の増加に応じて分離度が減少することが認められた。なお、普通コンクリート、スランプ8cmの場合、流動させるのにバイブレータを使用する必要があった。その際流動による分離度は小さかったが、バイブレータ使用位置での分離度は著しかった。

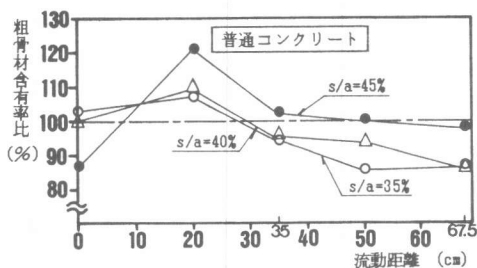


図-9 流動距離と粗骨材含有率比の関係

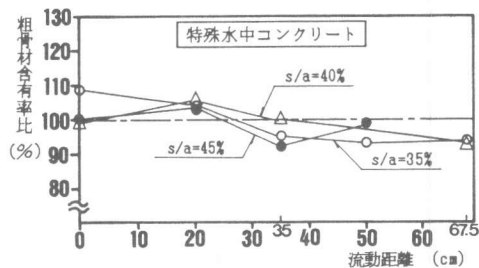


図-10 流動距離と粗骨材含有率比の関係

#### 4-3. 細骨材率が分離抵抗性におよぼす影響

細骨材率をパラメータにした粗骨材含有率の変動を図-9, 図-10に示す。

普通コンクリートで、細骨材率が35%, 40%の場合は、④ブロックの粗骨材含有率が基準値を著しく下回った。細骨材率と分離度の関係を図-11に示す。普通コンクリートは細骨材率が大きくなると分離度が若干増加する傾向であり、特殊水中コンクリートはその逆の傾向であった。また、これらの傾向はバイブレータをかけることによって顕著になることが認められた。

#### 4-4. 流動性状と硬化後の品質

図-12には、屋外流動実験におけるコンクリート天端高を、自然流動停止時を破線で、強制流動後を実

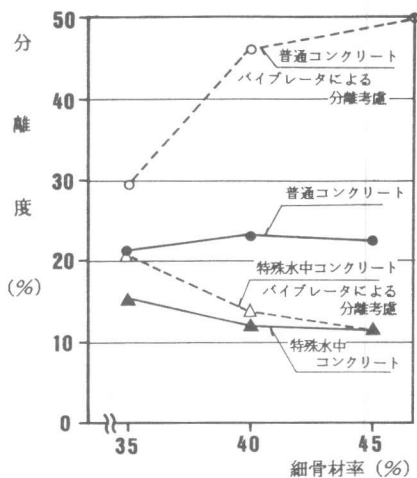


図-11 細骨材率と分離度の関係

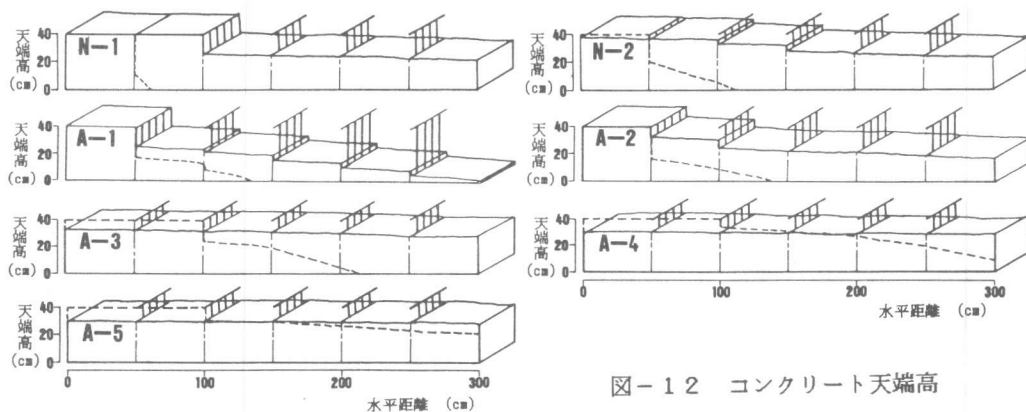


図-12 コンクリート天端高

線で示した。特殊水中コンクリートの自然流動停止時は、コンクリート先端の動きが90秒間変化しなかった時点とした。

特殊水中コンクリートのA-3, A-4, A-5は自然流動での流動距離も長く、強制流動後の天端の勾配も殆ど水平であった(表-5)。普通コンクリートのN-1, N-2は、打設開始後直ちに自然流動が停止し、②ブロックまでの流動であった。また、硬化後の天端も鉄筋櫛位置で不連続となり、平均勾配は1/20程度であった。図-13はコアの圧縮強度、単位体積重量、静弾性係数、動弾性係数を、標準供試体の試験値を100とした場合に対する割合で、比較したものである。実線が試験体上側のコアを、破線が下側のコアを示している。

圧縮強度は全コアとも標準供試体の試験値を下回ったが、これは養生条件の影響と思われる。また、流動距離に伴う強度の変動も配合の違いにかかわらず顕著な差は見られなかった。単位体積重量については、普通コンクリートにおいて常に下側コアのものが上側コアのものを上回った。これは、バイブレータ使用による粗骨材の沈降のためと考えられる。

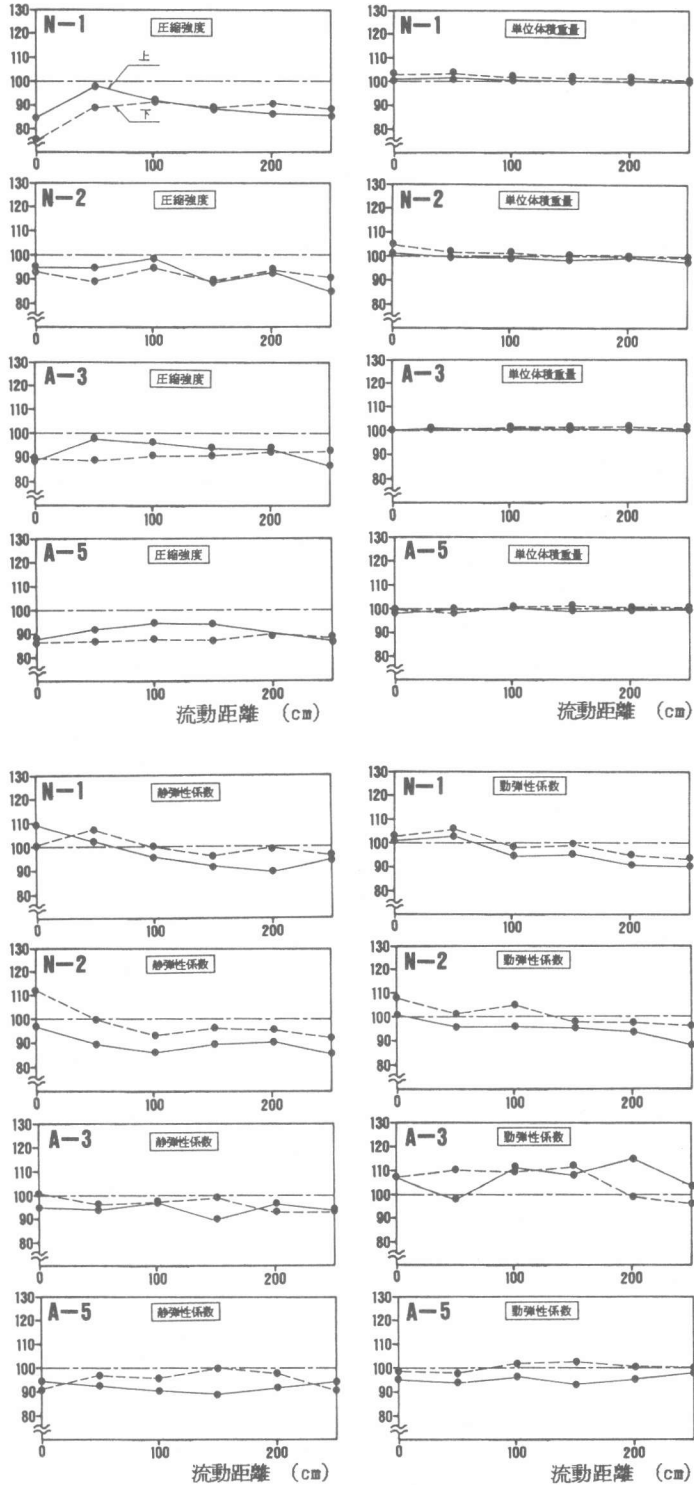


図-13 流動距離と圧縮強度比, 単位体積重量比, 静弾性係数比, 動弾性係数比の関係

静弾性係数および動弾性係数については、普通コンクリートは流動距離に伴う減少傾向が認められるが、特殊水中コンクリートは、あまり変動はなかった。また、上側と下側のコアを比較すると、普通コンクリートでは常に下側コアのものが大きく、粗骨材の量あるいは数と静弾性係数、動弾性係数の間には一義的な対応があるものと推察される。なお、特殊水中コンクリートの場合でもスランプフローが60cm以上になると、下側コアが上側コアの値を上回る傾向が生じるが、SCA添加量を増すことによりその差を縮めることができると測定される。

### 5. まとめ

特殊水中コンクリートは、水に接する場合のセメントの分離やブリージングのような水の分離のほかに、粗骨材の分離も少ないものと考え、その分離抵抗性を実験により確かめた。その結果、以下の結論が得られた。

- ①提案した試験装置により、コンクリートの分離度を定量的に把握することができる。
- ②特殊水中コンクリートは、普通コンクリートと比較し、流動に伴う粗骨材の分離が少なく、狭い鉄筋間にも容易に流動する。
- ③普通コンクリートは、狭い鉄筋に対し顕著な粗骨材分離を起さず流動するが、流動に際して必要となるパイプレータの振動により、上下方向の分離を生ずる。
- ④特殊水中コンクリートは、パイプレータによる上下方向の分離が小さい。
- ⑤同一SCA量では、フロー値が大きい程、流動による分離が大きくなる。
- ⑥特殊水中コンクリートの分離度は普通コンクリートの半分以下で、分離低減剤(SCA)の添加量の増加に伴ない、流動による分離度は小さくなる。
- ⑦特殊水中コンクリートは細骨材率40%以上では流動に伴う分離度はあまり変わらないが、細骨材率が小さくなると分離度が増し、本実験では最適細骨材率は40%程度と見られた。

### 6. あとがき

特殊水中コンクリートの特徴である分離抵抗性について、実験的にその定量評価を試みた結果、粗骨材の分離は、流動に伴う水平方向の分離と、振動および流動に伴う上下方向の分離に分けられ、軟練りのコンクリートほど分離が大きくなるが、SCA添加量を増加することによって分離抵抗性を改善できることが明らかとなった。しかしながら、実際の現場で生ずる材料分離による強度低下などとの対応が十分に把握できなかったため、設計に資するデータまではとらえることができなかった。今後は、流動化コンクリート等も含めて各種コンクリートの分離度と有効流動距離との関係などを明確にすべく検討したい。

### 参考文献

- 1)十河茂幸, 三浦律彦, 玉田信二: 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pp 84-85

表-5 コンクリート天端の勾配

ケース	コンクリートの種類	勾配 1:α	
		自然流動停止時	硬化後
A-1	特殊水中 コンクリート	1:5	1:11
A-2		1:7	1:18
A-3		1:5	1:67
A-4		1:8	1:150
A-5		1:20	1:200
N-1	普通	—	1:22
N-2	コンクリート	—	1:22