

# 全国7地区の覆工コンクリートを対象としたフレッシュ性状の調査および評価

鹿島建設(株) 正会員 ○長尾雄一 高木英知 日野博之 松本修治 坂井吾郎 手塚康成 青柳隆浩

## 1. 背景および目的

同一スランプであっても使用する骨材によっては、コンクリートの材料分離抵抗性やブリーディングが異なることが報告されており<sup>1)</sup>、覆工コンクリートにおいても充填不良や表層品質の低下などに影響を及ぼすことが考えられる。そこで筆者らは、覆工コンクリートの施工性や品質の確保を目的に、骨材などの使用材料に応じた配合設計手法を検討している。本報では、全国7地区のレディーミクストコンクリート工場で製造される覆工コンクリートを対象に、使用材料の違いがワーカビリティに及ぼす影響について調査および評価した結果について示す。

## 2. 調査対象および試験方法

全国のレディーミクストコンクリート工場のうち北海道、福島、新潟、愛知、高知、愛媛、長崎の7地区で製造されるスランプ 15cm の覆工コンクリートを対象に、フレッシュ性状を確認した。各地区の使用材料一覧を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。セメントには、主に高炉セメントB種が用いられており、一部の地域では普通ポルトランドセメントが使用されている。骨材には、砕石や砂利が用いられており、粗骨材の最大寸法は20~40mmである。混和材には、結合材または細骨材の一部としてフライアッシュを用いる地区があり、混和剤には主にAE減水剤が用いられ、一部の地域では高性能AE減水剤が使用されている。これらの材料を用いたコンクリートを各工場の室内での試し練りにて、練上がり直後のコンクリートを対象に、スランプ(JIS A 1150)、空気量(JIS A 1128)、ブリーディング(JIS A 1123)を取得した。また、中流動覆工コンクリートの流動性および材料分離抵抗性を評価する加振変形試験<sup>2)</sup>についても、加振前および10秒の加振後においてそれぞれスランプフローを測定した。

表-1 使用材料

材料名	記号	北海道	福島①	福島②	新潟
練混ぜ水	W	地下水	地下水	回収水	地下水
セメント	C	高炉セメントB種, 密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3750cm <sup>2</sup> /g	高炉セメントB種, 密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3750cm <sup>2</sup> /g	高炉セメントB種, 密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3950cm <sup>2</sup> /g	高炉セメントB種, 密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3750cm <sup>2</sup> /g
細骨材	S1	静内産 砂, 密度: 2.74g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.90	大沼郡会津美里町地内 砂, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.80	阿賀川産 砂, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.80	村上市内 砂, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 3.20
	S2	—	下郷町大字落合地内 砂, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.80	蛇ノ沢産 砕砂, 密度: 2.60g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.40	酒田市内 砂, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 1.75
粗骨材	G1	静内産 砂利 2005, 密度: 2.74g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 64.0%	大沼郡会津美里町地内 砂利 2505, 密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 65.0%	阿賀川産 砂利 2505, 密度: 2.60g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 64.0%	村上市 砂利 2505, 密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 6.90
	G2	—	下郷町大字落合地内 砂利 4020, 密度: 2.63g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 63.0%	阿賀川産 砂利 4020, 密度: 2.60g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 61.0%	村上市 砂利 4020, 密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 7.90
混和剤	Ad	AE減水剤, 主成分: 変性リグニルスルホン酸化合物	AE減水剤, 主成分: 変性リグニルスルホン酸化合物	AE減水剤, 主成分: リグニルスルホン酸化合物	AE減水剤, 主成分: 変性リグニルスルホン酸化合物

材料名	記号	愛知	高知	愛媛	長崎
練混ぜ水	W	地下水	地下水	地下水	地下水
セメント	C	高炉セメントB種, 密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3750cm <sup>2</sup> /g	高炉セメントB種, 密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3750cm <sup>2</sup> /g	高炉セメントB種, 密度: 3.02g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3800cm <sup>2</sup> /g	普通ポルトランドセメント, 密度: 3.16g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3800cm <sup>2</sup> /g
混和材	FA	—	II種 密度: 2.30g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3400cm <sup>2</sup> /g, 強熱減量: 2.0%	I種 密度: 2.40g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 5650cm <sup>2</sup> /g, 強熱減量: 2.0%	II種 密度: 2.28g/cm <sup>3</sup> , 比表面積: 3680cm <sup>2</sup> /g, 強熱減量: 2.1%
細骨材	S1	遠山川産 砂, 密度: 2.64g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 3.00	南国市白木谷 砕砂, 密度: 2.66g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 3.08	蒲江産 海砂, 密度: 2.66g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.00	東彼杵郡川棚町産 砕砂, 密度: 2.55g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.60
	S2	天童川産 砂, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.70	高岡郡中土佐町加江崎沖 砂, 密度: 2.60g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.02	津久見産 砕砂, 密度: 2.68g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 3.00	老岐市石田町沖合産 海砂, 密度: 2.57g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.60
粗骨材	G1	水梨産 砂利 4020, 密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 8.00	南国市白木谷 砕石 1505, 密度: 2.70g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 63.5%	宇和島産 砕石 4020, 密度: 2.63g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 7.95	東彼杵郡川棚町産 砕石 2005, 密度: 2.58g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 62.0%
	G2	水梨産 砂利 2505, 密度: 2.62g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 8.00	南国市白木谷 砕石 2010, 密度: 2.70g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 63.0%	津久見産 砕石 2005, 密度: 2.70g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 6.65	—
	G3	—	南国市白木谷 砕石 4020, 密度: 2.70g/cm <sup>3</sup> , 実積率: 59.1%	—	—
混和剤	Ad	高性能AE減水剤, 主成分: ポリカルボン酸コポリマー	AE減水剤, 主成分: リグニルスルホン酸化合物	AE減水剤, 主成分: リグニルスルホン酸化合物	AE減水剤, 主成分: 変性リグニルスルホン酸化合物

※ 細骨材および粗骨材の密度は、表乾密度を示す。

キーワード 覆工コンクリート, ワーカビリティ, スランプ, 材料分離抵抗性, ブリーディング

連絡先 〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11 鹿島建設(株) TEL 03-5544-1111

表-2 コンクリートの配合

地区	粗骨材の最大寸法 (mm)	水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	$V_{0.15}/V_m$ (%)	$V_{0.3}/V_m$ (%)	目標スランプ (cm)	目標空気量 (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )								
								W	C	FA	S1	S2	G1	G2	G3	Ad
北海道	25	48.5	44.1	20.5	24.1	15.0	4.5	158	326	-	833	-	-	1065	-	3.26
福島①	40	54.1	39.3	19.5	26.9	15.0	4.5	154	285	-	503	214	786	339	-	2.85
福島②	40	54.4	42.5	20.6	30.0	15.0	4.5	151	278	-	586	197	746	320	-	3.34
新潟	40	52.0	38.9	19.4	28.0	15.0	4.5	146	281	-	432	288	804	344	-	2.81
愛知	40	58.1	42.8	17.7	20.4	15.0	4.5	163	280	-	237	541	314	735	-	0.56
高知	40	58.5	42.0	18.4	27.9	15.0	4.5	151	232	26 <sup>※1</sup>	561	234	281	338	505	2.32
愛媛	40	58.0	46.6	21.7	37.6	15.0	4.5	157	271	30 <sup>※2</sup>	339	513	398	612	-	2.71
長崎	20	54.9	46.1	21.9	30.2	15.0	4.5	175	319	25 <sup>※2</sup>	552	236	929	-	-	3.44

※  $V_{0.15}/V_m$ ,  $V_{0.3}/V_m$  : モルタル中に含まれる 0.15mm または 0.30mm 以下の粒子の容積割合

※1 結合材の一部として用いられている ※2 細骨材の一部として用いられている

### 3. 試験結果

#### 3.1 フレッシュ性状

表-3 に各工場で取得したフレッシュ性状を示す。スランプおよび空気量については、目標値である 15.0cm および 4.5% に対して、それぞれ  $\pm 1.5$ cm および  $\pm 0.5\%$  の範囲内とした。図-1 にモルタル中に含まれる 0.15mm 以下の粒子の容積割合と加振変形試験における加振前後のスランプフローの

差との関係を示す。本試験の範囲では、セメント種、粗骨材の最大寸法および混和剤の種類によらず、モルタル中に含まれる 0.15mm 以下の粒子の容積割合が大きくなると加振前後のスランプフローの差は小さくなる傾向にあった。これについては、0.15mm 以下の粒子の容積割合が大きくなることで、コンクリートの粘性が高くなり材料分離抵抗性が改善されたことが要因として考えられる。一方で、0.15mm 以下の粒子の割合が小さい場合では、加振により粗骨材が崩れ、それらの自重によりフローの変形量が大きくなったと考えられる。

#### 3.2 ブリーディング

図-2 にモルタル中に含まれる 0.3mm 以下の粒子の容積割合とブリーディング量の関係を示す。本試験の範囲では、モルタル中に含まれる 0.3mm 以下の粒子の容積割合を要因とした傾向は確認されなかったが、高性能 AE 減水剤を用いた配合（愛知）では、0.3mm 以下の粒子の容積割合が最も小さいことと相まってブリーディング量は最も大きい結果となった。これらについては、引続き検討を進めていきたい。

### 4. まとめ

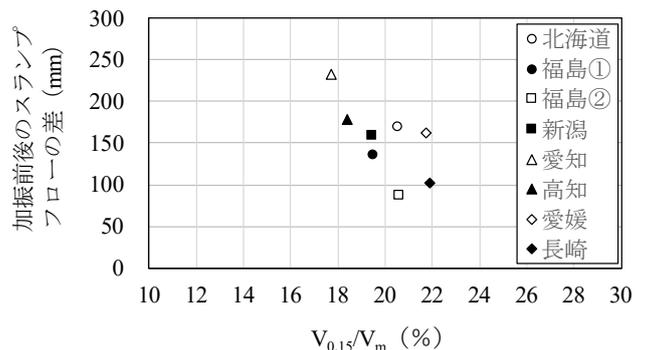
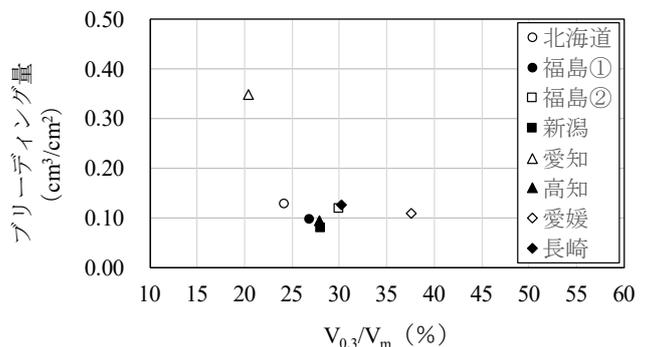
全国7地区のレディーミクスト工場で製造される覆工コンクリートを対象に、使用材料がワーカビリティなどに及ぼす影響について評価を行った。その結果、モルタル中に含まれる 0.15mm 以下の粒子の容積割合を大きくすることで材料分離抵抗性を改善することができることが分かった。

参考文献 1)土木学会；施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針，pp.1-2，2016.6.

2)高速道路総合技術研究所；中流動覆工コンクリート技術のまとめ，p.43，2011.12.

表-3 フレッシュ性状

地区	スランプ (cm)	空気量 (%)	スランプフロー (cm)			ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> )	環境温度 (°C)
			加振前	加振後 (10 秒間)	加振前後の差		
北海道	13.5	4.5	245	415	170	0.13	18.0
福島①	16.5	4.2	265	401	136	0.10	17.0
福島②	16.5	4.1	302	390	88	0.12	17.0
新潟	15.5	5.0	238	398	160	0.08	17.0
愛知	14.0	4.0	227	459	233	0.35	18.0
高知	15.5	4.0	249	428	179	0.09	18.0
愛媛	16.5	4.5	267	429	162	0.11	18.0
長崎	16.5	4.5	280	382	102	0.13	20.5

図-1  $V_{0.15}/V_m$  と加振前後におけるフローの差の関係図-2  $V_{0.3}/V_m$  とブリーディング量の関係