

スラッジ水使用コンクリートの品質確認実験結果

○長谷伸二*1 野上圭一*1 馬引俊之*1 大峠 勇*1 渡辺貞夫*1

要旨 : JIS A 5308 : 2009 規格改正のテーマの一つであるスラッジ水を使用するコンクリートについて、品質を確認するために上水道水（固形分を含まない水を示すものとし、スラッジ固形分率では 0%と表現した）配合との比較試験を行い、JIS に規定する品質に適うか否かを確認し、加えてその品質を実現・維持するための混和剤の使用量の傾向を実験により示した。

キーワード : スラッジ固形分率、ワーカビリティ、AE 減水剤（高機能型）、高性能 AE 減水剤、スランプ、空気量、圧縮強度

1. はじめに

JIS A 5308 : 2009 規格改正により、スラッジ水の利用を促進するため、呼び強度 36 以下について協議事項から外された。

当工組としても、コンクリートの練混ぜ水としてスラッジ水の使用を適切で円滑な推進ができるように支援して行くものとし、スラッジ水を練混ぜ水として用いたコンクリートの品質確認が不可欠と考え、スラッジ水がコンクリートの品質に与える影響を実験により確認することを目的とし実験を計画した。

2. 実験の概要

2.1 実施要領

大阪兵庫工業組合傘下の 50 工場により、平成 20 年 7 月 3 日から 9 月 11 日に、3 日前に回収水槽から採取したスラッジ水を用いて室内実験によって実施した。

2.2 実験の配合と水準

実験の配合と水準については、**表-1** のとおりとする。

表-1 試し練り組み合わせ

混和剤の種類	AE 減水剤 (高機能型)			高性能 AE 減水剤		AE 減水剤		
配 合	36-10-20 N			36-18-20 N		30-18-20 N		
スラッジ固形分率 (%)	0	1	3	0	3	0	1	3

* 1 大阪兵庫生コンクリート工業組合 スラッジ水活用促進ワーキンググループ

2.3 単位水量

高性能 AE 減水剤又は AE 減水剤（高機能型）の指定スランプ値に対応する単位水量設定値は、**表-2** とし、AE 減水剤使用の単位水量は自工場で設定している値とした。

表-2 スランプに応じた単位水量設定値

スランプ (cm)	10	18
単位水量 (kg/m ³)	168	180

2.4 スランプの調整方法

- (1) 高性能 AE 減水剤及び AE 減水剤（高機能型）配合は、混和剤の使用量で調整を行う。
- (2) AE 減水剤配合の場合で、スラッジ固形分率が 3%の調整方法は「スラッジ水を練混ぜ水に用いる品質管理指針¹⁾」第 4 章を参考とした。

2.5 試験項目、試験方法及び品質の目標値

試験項目、試験方法及び品質の目標値を**表-3**に示す。

表-3 試験項目、試験方法及び品質の目標値

試験項目	試験方法	目標値の範囲
スランプ	JIS A 1101	目標スランプ±1.5 cm
空気量	JIS A 1128	4.5±1.0%
圧縮強度	JIS A 1132	実測値
コンクリート温度	JIS A 1156	30±5℃

3. 実験結果

3.1 ワーカビリティ

フレッシュコンクリートのワーカビリティを、混和剤の種類別にスラッジ固形分率に対応する状態を集計した結果では、混和剤別及びスラッジ固形分率によって殆ど影響はなかったように見受けられる。

ワーカビリティに問題があった場合には良好に保つように、粗骨材量または細骨材率の変更に より調整した工場があった。特に呼び強度 36 付近の配合では粗骨材量に留意する必要があると考えられる。

3.2 圧縮強度

(1) 実験結果

圧縮強度の試験結果を一覧表として**表-4**に示す。

スラッジ水を使用した場合の圧縮強度に及ぼす影響については上水道水とほぼ同様かそれ以上であり、スラッジ固形分率 3%以下であれば JIS A 5308 の品質を充分保証出来ることが確認できた。

表-4 圧縮強度の試験結果

混和剤の種類	材 齢 固形分率	圧縮強度 (材齢：4 週)		
		0 %	1 %	3 %
AE 減水剤 (高機能型)	平均値	50.44	51.41	53.43
	標準偏差	3.41	3.25	4.86
	データ数	47	47	46
高性能 AE 減水剤	平均値	51.68	-	54.17
	標準偏差	3.00	-	3.85
	データ数	48	-	48
AE 減水剤	平均値	42.99	43.11	41.49
	標準偏差	2.91	3.24	3.16
	データ数	45	45	45

(2) 上水道水配合に対する強度比

上水道水配合に対する強度比は、表-5 に示すとおり、スラッジ固形分率 1%および 3%で AE 減水剤 (高機能型) 及び高性能 AE 減水剤使用の平均値の強度は上水道水使用を上回っており、また、AE 減水剤においてもスラッジ固形分率 1%で同様の結果となっており、従来の水セメント比を踏襲しても差し支えないものと判断される。

表-5 上水道水配合に対する強度比とその標準偏差(材齢4週)

混和剤の種類	AE 減水剤 (高機能型)		高性能 AE 減水剤		AE 減水剤	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
スラッジ固形分率 1%	1.02	0.04	—	—	1.00	0.05
スラッジ固形分率 3%	1.06	0.07	1.05	0.05	0.97	0.06

3.3 AE 減水剤 (高機能型) の使用量

(1) スラッジ固形分率別集計

上水道水配合とスラッジ配合 (スラッジ固形分率 1%及び 3%) の使用量の関係を示したのが図-1 である。

平均値については、上水道水配合の使用量が 0.84%に対し、スラッジ固形分率 1%の使用量が 1.06%、3%が 1.40%となっている。

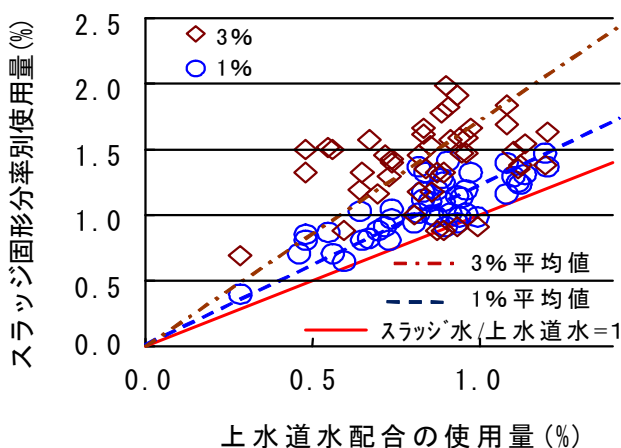


図-1 AE 減水剤 (高機能型) の使用量

(2) スラッジ固形分率と使用量の関係

設定したスラッジ固形分率と混和剤の使用量が相関関係にあれば、この項目の前書きでの仮定した通り高性能 AE 減水剤と同様に配合修正を行うことなく、混和剤の使用量を調整することでスランプ及び単位水量を適正な範囲に管理することが可能であり、任意のスラッジ固形分率に対応する使用量の算出も可能となる。

そこで、スラッジ固形分率を指定変数 (X 軸)、混和剤の使用量を従属変数 (Y 軸) にとり、各

工場における状態を示したのが図-2である。

このような結果から、直線回帰において相関係数 (r=0.9) が高いことが示され、

$$\text{回帰モデル } y = a + bx \quad (1)$$

が推定式として妥当であることが示された。

ここにおいて、統一して具体的な回帰係数の値を示すことについては工場間の差が大きくて適切でないが、各工場が実験によってこの回帰モデルを用いて計算式を組み立てるについては、スラッジ固形分率 (x) に対応する使用量が精度よく算出されることが示された。

このような状況から、直線補間によってスラッジ固形分率 1%当りの混和剤の増加量を示すことは概要を把握する限りにおいては有用であると判断し、スラッジ固形分率 3%の使用量の平均値から上水道水配合の使用量の平均値の差を 3 で除してスラッジ固形分率 1%あたりの増加量を算出すれば、スラッジ固形分率 1%当りの増加量の概算値は 0.19%となった。

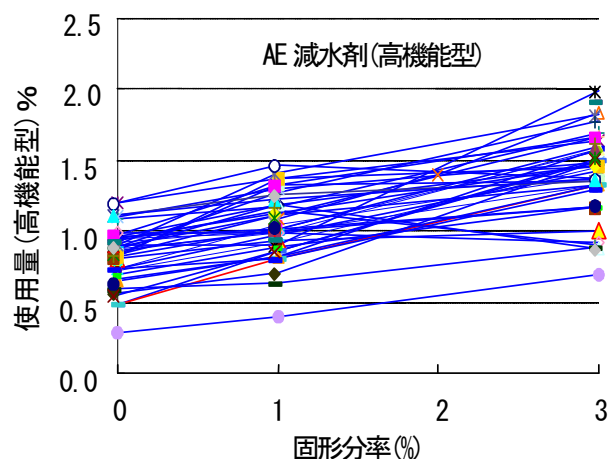


図-2 スラッジ固形分率と使用量

3.4 高性能 AE 減水剤の使用量

(1) 上水道水配合とスラッジ固形分率 3%の関係

上水道水配合とスラッジ配合 (スラッジ固形分率 3%) の使用量の関係を示したのが図-3である。

AE 減水剤 (高機能型) と同様な傾向を示している。この図からみると、上水道水配合では使用量の平均値が 0.68%、スラッジ固形分率 3%の場合は 0.95%になっており、AE 減水剤 (高機能型) に比較して増加量の幅が小さく、0.27%となっている。

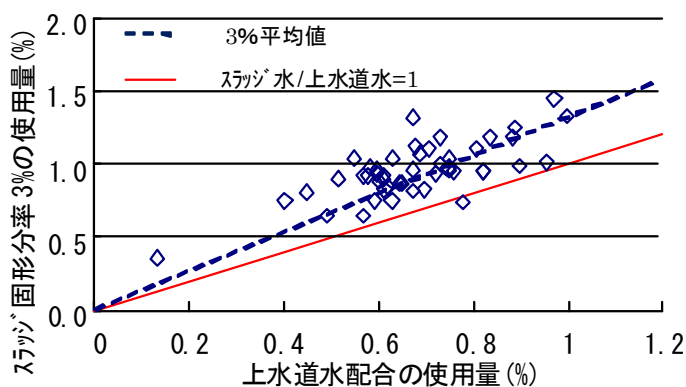


図-3 高性能 AE 減水剤の使用量

(2) スラッジ固形分率と使用量の関係

スラッジ固形分率を指定変数 (X 軸)、混和剤の使用量を従属変数 (Y 軸) にとり、各工場における状態を示したのが図-4である (工場内のデータは直線で結んだ)。

これをスラッジ固形分率 1%当りに概算すると 0.09%の増量ということになり、AE 減水剤 (高機能型) の約 2 分の 1 に相当する。また、標準偏差も

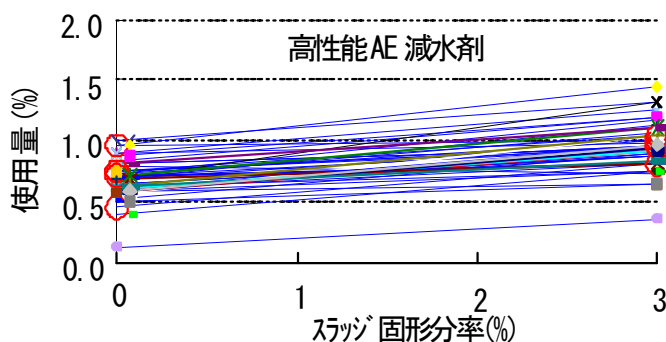


図-4 スラッジ固形分率と使用量

AE 減水剤（高機能型）に比較してやや小さく、工場間の差も小さいことを意味するものと考えられる。

3.5 AE 減水剤の単位水量

AE 減水剤を使用した場合の各スラッジ固形分率に対応する単位水量の動向の結果を図-5 に示す。

スラッジ固形分率 1%の場合では、空気量の目標値を得るために、約 10%の工場で単位水量が増加した。

また、AE 減水剤を増量してスランプと空気量の目標値の範囲に収めていた工場が、スラッジ固形分率 1%の場合では 4 工場あったが、スランプ及び空気量の誤差を補正すると、効果があったのは 1 工場であった。同様に 3%の場合では、27 工場が範囲に収めていたが、スランプ及び空気量の誤差を補正すると、全ての工場において単位水量が上水道水配合を上回っていた。

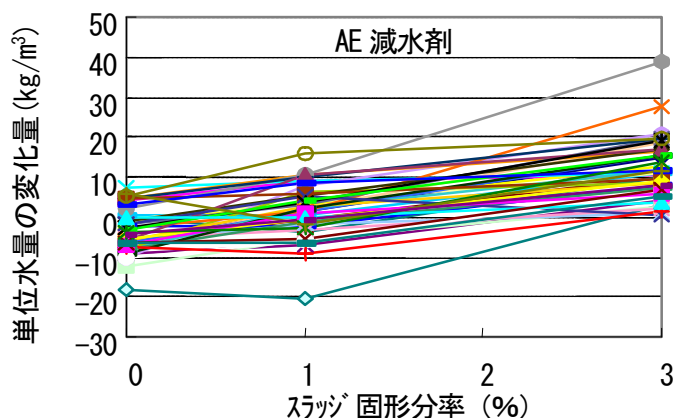


図-5 固形分率と単位水量の変化量

4. まとめ

4.1 フレッシュコンクリートのワーカビリティ

上水道水配合と比較して差異は認められなかったが、粘性が高くなったケースが散見され、工場によっては、呼び強度が高い値でスラッジ固形分率の大きいところにおいて、ワーカビリティに留意する必要がある。

4.2 圧縮強度

呼び強度に対する比は全てのデータが 1 を上回っており、スラッジ水使用が JIS 規格を保証する強度において支障がないと判断される。上水道水配合との比較においては、AE 減水剤使用の場合において、スラッジ固形分率 3%の材齢 4 週が僅かに上水道水配合の強度を下回っており、その他は全て上水道水配合を上回っていた。

したがって、AE 減水剤を使用する場合にはスラッジ固形分率 1%を限度とし、AE 減水剤（高機能型）及び高性能 AE 減水剤の場合は 3%を限度とした場合において、強度は上水道水配合の水準を充分保持できる。

4.3 スラッジ固形分率に対応する混和剤の使用量

(1) AE 減水剤（高機能型）は、スラッジ固形分率 3%を限度として、使用量を調整することによってスランプ及び単位水量は上水道水配合の設定値を維持できることが確認された。

使用量はスラッジ固形分率設定値の最大値と上水道水配合の差を把握しておけば、その間の任意のスラッジ固形分率に対応する使用量は、回帰式又は直線補間によって精度よく求めることができる。全体を集計した概算はスラッジ固形分率 1%当り 0.19%増しとなっている。

ただし、条件によって差異があるので、各工場においてスラッジ固形分率 3%近辺との使用量の差は把握しておく必要がある。

(2) 高性能 AE 減水剤を使用した場合も、AE 減水剤（高機能型）と同様に使用量を増量することによって上水道水配合の単位水量を維持できることが確認され、AE 減水剤（高機能型）より少ない増加量幅であった（概算、スラッジ固形分率 1%当り 0.09%増しで、AE 減水剤（高機能型）に

対して 0.1%小さい増加幅)。

ただし、AE 減水剤 (高機能型) と同様に、上水道水配合の段階において既に工場間で使用量の差が生じているので、各工場においてスラッジ固形分率 3%近辺との使用量の差は把握しておく必要がある。

また、任意のスラッジ固形分率に対応する使用量の算出方法は AE 減水剤 (高機能型) と同様に良いといえる。

(3) AE 減水剤でスラッジの固形分率が 1%を超えてスラッジ水を使用する場合には、使用量の増加によって上水道水配合における単位水量を確保することは、AE 減水剤 (高機能型) 以外は殆ど期待できない。

したがって、スラッジ固形分率が 1%以内であれば、工場によっては標準の使用量において使用可能であるといえる。

参考文献

- 1) 全生工組連 ; 『スラッジ水を練混ぜ水に用いる品質管理指針』 2003