

# 報告 レディーミクストコンクリートの受入検査結果の分析と活用

片山 行雄<sup>\*1</sup>・黒田 泰弘<sup>\*1</sup>

**要旨**：レディーミクストコンクリート工場の選定や個別案件の品質管理結果の評価等に役立てる基礎データを整備する目的で、調合管理強度（呼び強度に相当）が 24~66 N/mm<sup>2</sup>のレディーミクストコンクリートの受入検査結果を整理・分析し、一般的なレディーミクストコンクリートのスランブ（フロー）、空気量、塩化物含有量、圧縮強度の平均値や標準偏差およびそれらの分布や傾向、相互の関係などを明らかにした。さらに、本調査結果の活用例として、フライアッシュコンクリートの適用実績との比較例を示した。

**キーワード**：レディーミクストコンクリート、スランブ、スランブフロー、空気量、圧縮強度

## 1. はじめに

レディーミクストコンクリートの品質は、一般にスランブ（フロー）、空気量、塩化物含有量および強度で規定されており、同じ呼び方の JIS 規格品であれば、工場による品質の違いはないとされている。しかし、工場毎に使用材料は異なり、製造設備や規模にも違いはあるため、同じ呼び方のレディーミクストコンクリート製品であっても、工場によって平均値や標準偏差等に差異を生じていると考えられる。

ところが、受入検査の際の施工現場でのレディーミクストコンクリートの品質に関する主な関心は合否判定にあり、一般的にはそれ以上の整理はほとんどなされておらず、レディーミクストコンクリートの品質についての情報は、十分に整理されていない状況といえる。

そこで、スランブ（フロー）、空気量、塩化物含有量、強度の平均値や標準偏差およびそれらの分布や傾向を明らかにすることを目的に、受入検査結果の調査・分析を行った<sup>1), 2), 3)</sup>。こうした情報が明らかとなれば、レディーミクストコンクリート工場の選定や個別案件の品質管理結果の評価に役立つだけでなく、実際の現場で使用される一般的なコンクリートの基礎的データとして、様々な検討に有効に活用できると考えられるためである。

本報告では、レディーミクストコンクリートの調査・分析結果を示すとともに、得られた基礎データの活用例を示す。

## 2. 調査の概要

関東地区の 9 現場、関西地区の 8 現場から、普通コンクリートとして調合管理強度（呼び強度に相当）が 24~45N/mm<sup>2</sup>（普通ポルトランドセメントを使用）の 40 調査、高強度コンクリートとして調合管理強度が 45~66 N/mm<sup>2</sup>（普通ポルトランドセメント N、中庸熱ポルトランドセ

メント M、低熱ポルトランドセメント L を使用）の 26 調査の受入検査結果を入手し、スランブ（フロー）、空気量、塩化物含有量および使用するコンクリートの圧縮強度（標準養生、材齢 28 日）についてデータ整理を行った。受入検査結果の一覧を表-1 に示す。

## 3. 調査結果および考察

### 3.1 スランブ

スランブの相対度数分布を目標スランブ毎に図-1 に、工場別のスランブの平均値と標準偏差との関係を図-2 に示す。図-1 によれば、スランブ試験結果は全体的に目標より大きな方に分布する傾向にあった。一般に工場ではスランブロスを見込んだ調査で練っているため、ロスを大きく見込んだケースで上限値付近のデータが多くなったと推測される。なお、正規分布とならなかったケースについても標準偏差を参考値として示した。また、図-2 より、工場毎の標準偏差の最大値は、目標スランブが小さいほど大きくなる傾向にあることがわかる。今回の調査範囲で標準偏差が 1.0cm 以上となるケースは、目標スランブが 15cm の場合に 33%、目標スランブが 18cm の場合に 25%であった。

### 3.2 スランブフロー

スランブフローの相対度数分布を図-3 に、工場別のスランブフローの平均値と標準偏差との関係を図-4 に示す。図-3 によれば、今回の調査範囲では、スランブの場合と異なり、概ね正規分布をしており、目標スランブフローが 50cm の場合の平均値は 50.1cm、60cm の場合の平均値は 61.7cm であり、標準偏差は目標スランブフローが 50cm の場合が 3.73cm に対し、60cm の場合は 3.47cm と大差なかった。また、図-4 より工場毎の平均値にも差はなく、概ね目標どおりであり、標準偏差も 1 ケースを除き、5cm 以内に収まっていた。

\*1 清水建設(株)技術研究所（正会員）



### 3.3 空気量

空気量の相対度数分布を図-5に、工場別の空気量の平均値と標準偏差との関係を図-6に示す。図-5によれば、目標空気量が4.5%の場合、空気量は目標付近を中心に分布しているのに対し、目標空気量を3.0%とした高強度コンクリートでは、全体的に空気量は小さく、平均値も目標より1%程度小さかった。また、図-6によれば、空気量が大きくなるほど、工場毎の標準偏差の最大値は大きくなる傾向となった。

### 3.4 塩化物含有量

調合管理強度と塩化物含有量との平均値との関係を図-7に示す。塩化物含有量は最大でも0.2kg/m<sup>3</sup>以下であり、平均値はいずれも管理値の0.3kg/m<sup>3</sup>を下回った。

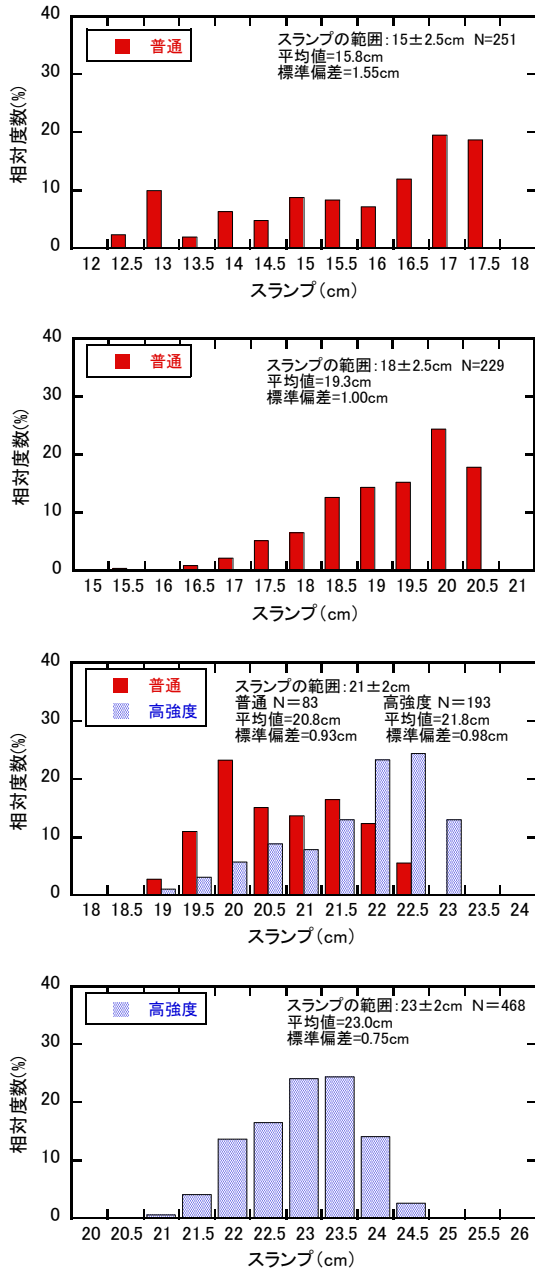


図-1 スラップの相対度数分布

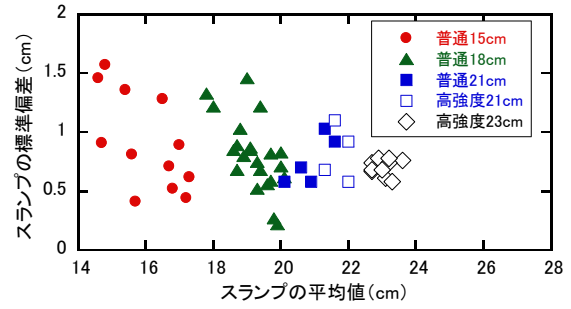


図-2 スラップの平均値と標準偏差との関係

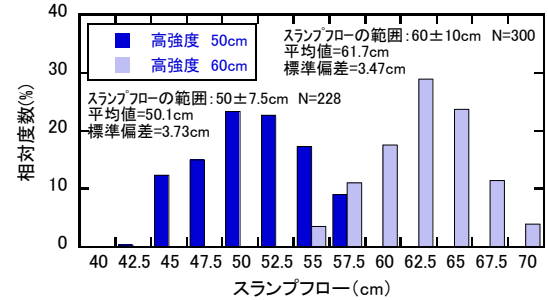


図-3 スラップフローの相対度数分布

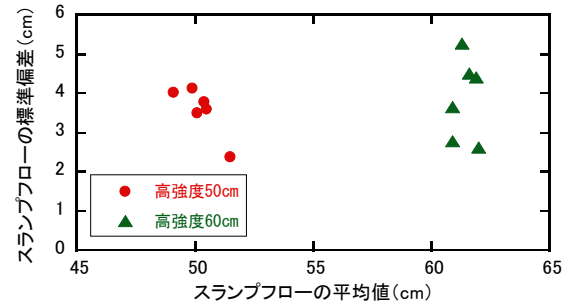


図-4 スラップフローの平均値と標準偏差との関係

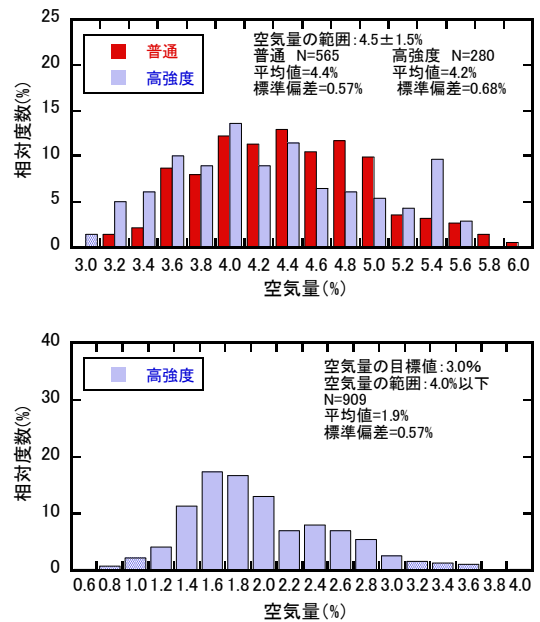


図-5 空気量の相対度数分布

また、調合管理強度と塩化物イオン量との間には、セメントの種類に関わらず、関係性は認められなかった。

### 3.5 圧縮強度

調合管理強度と圧縮強度の平均値との関係を図-8に、調合管理強度と圧縮強度の標準偏差との関係を図-9に、セメント水比と圧縮強度との関係を図-10に示す。

図-8によれば、圧縮強度の平均値は、コンクリートの種類（強度レベル）の違いによらず、調合管理強

度の概ね 1.2 倍から 1.6 倍の範囲にあり、平均では 1.4 倍程度の値を示した。スランプ（フロー）や空気量では上・下限値が規定されているのに対し、圧縮強度には下限値しか規定されていないことが、圧縮強度が高くなっている要因の一つと考えられる。

図-9より圧縮強度の標準偏差は、調合管理強度が大きくなると、大きくなる傾向にあるものの、明確な関係ではないことがわかる。標準偏差の最大値は普通コンクリートで 4.0N/mm<sup>2</sup>程度、高強度コンクリートで 5.0N/mm<sup>2</sup>程度であった。なお、高強度コンクリートの場合、目標空気量を 4.5%とした調合の圧縮強度の標

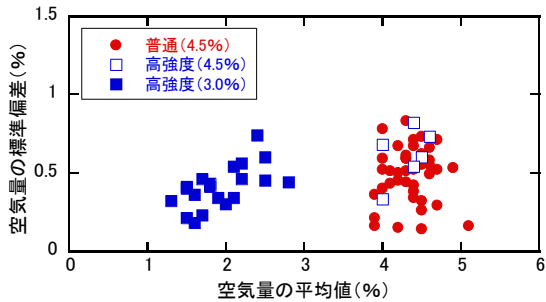


図-6 空気量の平均値と標準偏差との関係

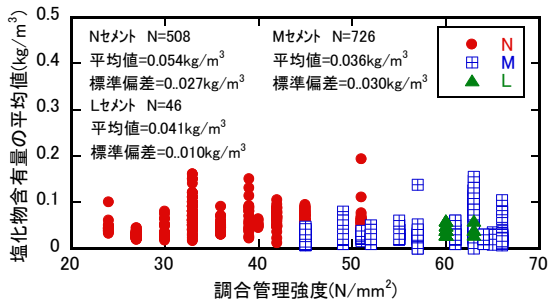


図-7 調合管理強度と塩化物含有量の平均値との関係

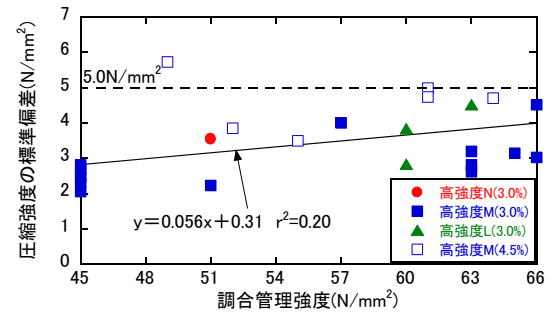
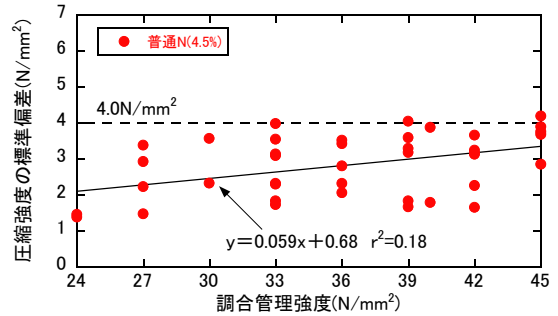


図-9 調合管理強度と圧縮強度の標準偏差との関係

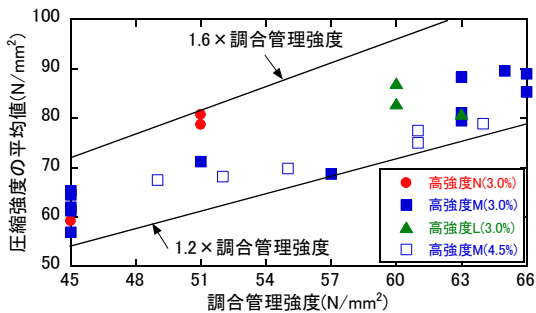
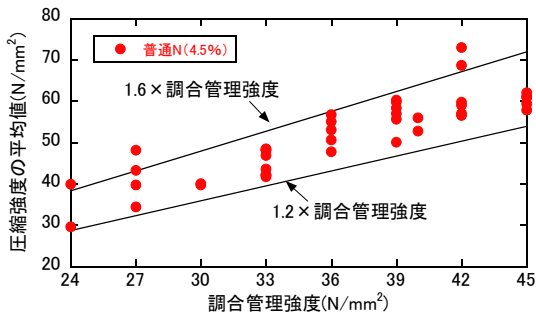


図-8 調合管理強度と圧縮強度の平均値との関係

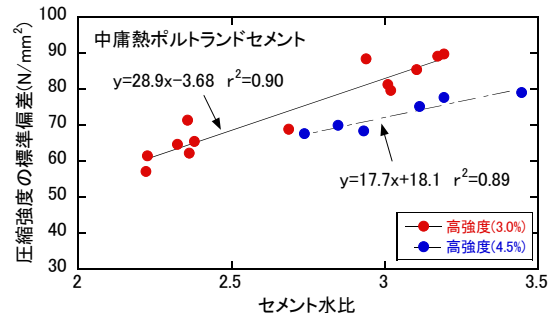
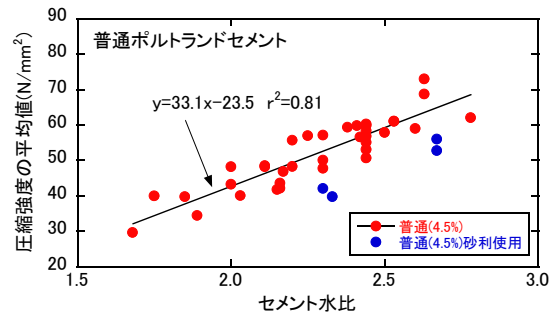


図-10 セメント水比と圧縮強度との関係

準偏差が、目標空気量を 3.0%とした調査と比較して大きくなる傾向が認められた。

図-10より、普通ポルトランドセメントを用いた普通コンクリートならびに中庸熱ポルトランドセメントを用いた高強度コンクリートのセメント水比と圧縮強度との関係を把握できた。普通ポルトランドセメントを用いたコンクリートの図より、粗骨材に砂利を用いたコンクリートは、砕石を使用した場合に比べ圧縮強度が低い傾向にあることがわかる。また、中庸熱ポルトランドセメントを用いたコンクリートの図より、目標空気量の違いが高強度コンクリートの圧縮強度に及ぼす影響がわかる。また、図中の回帰線と各工場のコンクリートの圧縮強度の実績を比較することで、その工場におけるコンクリートの圧縮強度が平均と比べて、大凡どのような位置づけにあるのかを把握することができる。

#### 4. データの活用例

##### 4.1 フライアッシュコンクリートのデータ

近年、フライアッシュ（以下FA）などの産業副産物を混和材として使用した環境負荷低減型のコンクリートへの関心が高まっているが、FAコンクリートは使用実績が少ないことから、品質のばらつきが不安視されることも多い。このため、ここでは本調査結果の活用例として、文献4)のFAコンクリートの受入試験結果との比較を示すことにした。

表-2はFAコンクリートの受入試験結果の一覧である。普通 33 15 20 FCおよび普通 33 21 20 FCは、FAを普通ポルトランドセメントに30%置換した、強度管理材齢を56日としたFAコンクリートである。一方、高強度 42 50 20 FBおよび高強度 60 60 20 FBは、FAを普通ポルトランドセメントに20%置換した、強度管理材齢を28日としたFAコンクリートである。

##### 4.2 比較結果

###### (1) スランプ、スランプフロー

FAコンクリートと本調査結果のスランプの平均値と標準偏差の比較を図-11に、スランプフローの平均値と標準偏差の比較を図-12に示す。これらの図より、文献4)のFAコンクリートのスランプおよびスランプフロー

の標準偏差は、本調査結果との比較において、いずれも小さい傾向にあることがわかる。

###### (2) 空気量

FAコンクリートと本調査結果の空気量の平均値と標準偏差との比較を図-13に示す。FAの品質の一つである強熱減量に変化し、大きくなると、FAコンクリートの空気量が低下することが知られている<sup>5)</sup>。したがって、FAの強熱減量に変化すると空気量の調整が難しくなるが、文献4)のFAコンクリートの空気量の標準偏差はいずれも0.5%以下と小さく、本調査結果の平均あるいはそれ以下であった。文献4)のFAの強熱減量の管理値は1.45±0.75%（実績は0.7~2.1%）であり、JIS A 6021におけるフライアッシュⅡ種の品質基準値の上限値である5.0%よりも十分に小さいことから、空気量の変動が小さく押えられたと推察される。

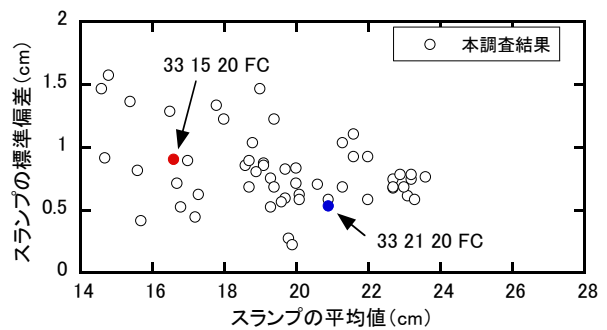


図-11 スランプの平均値と標準偏差との比較

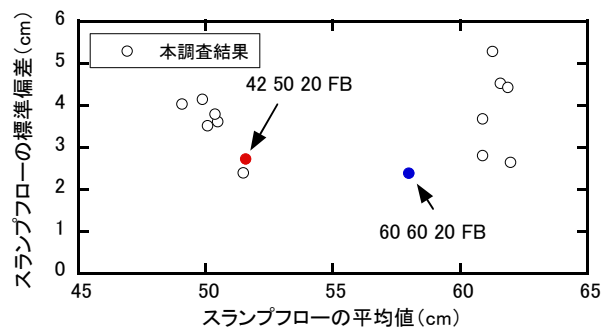


図-12 スランプフローの平均値と標準偏差との比較

表-2 FAコンクリートの受入試験結果の一覧

製品名	空気量 (%)	W/B (%)	FA 置換率 (%)	スランプ(フロー)(cm)			空気量(%)			圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )		
				N数	平均値	標準偏差	N数	平均値	標準偏差	N数	平均値	標準偏差
普通 33 15 20 FC	4.5	42.8	30	727	16.6	0.90	727	4.3	0.44	369	49.9	2.57
普通 33 21 20 FC	4.5	42.8	30	188	20.9	0.53	188	4.7	0.47	60	48.5	1.90
高強度 42 50 20 FB	3.0	36.9	20	408	(51.6)	2.70	408	2.4	0.27	120	72.0	3.08
高強度 60 60 20 FB	3.0	45.4	20	36	(58.0)	2.36	36	2.5	0.36	12	89.2	4.03

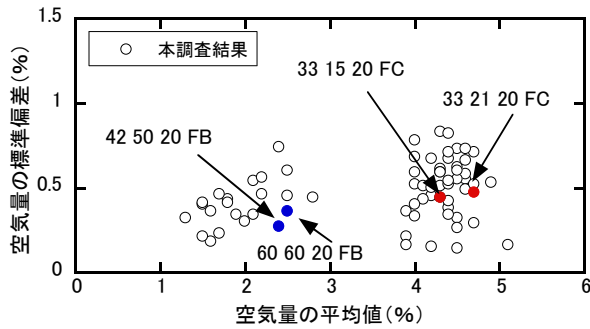


図-13 空気量の平均値と標準偏差との比較

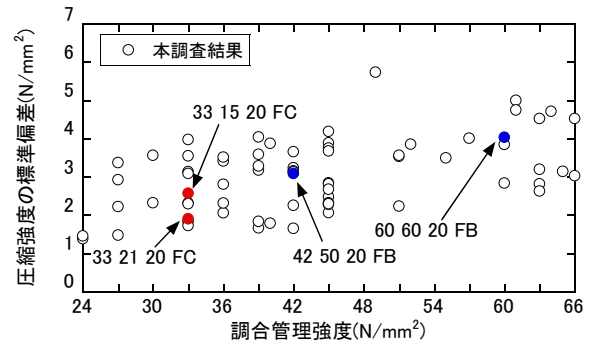


図-14 調合管理強度と標準偏差との比較

### (3) 圧縮強度の比較

FA コンクリートと本調査結果の調合管理強度と圧縮強度の標準偏差との比較を図-14 に示す。FA コンクリートの圧縮強度の標準偏差も本調査結果と同様に、高強度となるほど大きくなる傾向にあり、本調査結果の範囲内にあることがわかる。

(1) ~ (3) の結果より、文献4) のFA コンクリートは、一般に流通している通常のレディーミクストコンクリートと同等あるいはそれ以上に、良好に品質管理ができていたことを確認できた。

## 5. まとめ

レディーミクストコンクリートの受入検査結果を収集し、データを整理・分析するとともに、その活用事例を示した。検討結果は以下のようにまとめられる。

- (1) 普通コンクリートにおいて、スランブ試験結果は全体的に目標より上限近くに分布する傾向にあった。また、工場毎の標準偏差の最大値は、目標スランブが小さいほど大きくなる傾向にあった。
- (2) 高強度コンクリートにおいて、目標スランブフローが 50cm あるいは 60cm と変わっても、平均値は概ね目標通りであり、標準偏差にも差はなかった。
- (3) 目標空気量が 4.5% の場合、空気量は目標付近を中心に分布しているのに対し、目標空気量を 3.0% とした高強度コンクリートでは、全体的に空気量の平均値は小さくなり、標準偏差も小さくなった。
- (4) 塩化物含有量の測定結果はいずれも  $0.3\text{kg/m}^3$  を十分に下回るものであり、調合管理強度（呼び強度に相当）と塩化物含有量との間には、セメントの種類に関わらず、特に関係は認められなかった。
- (5) 強度レベルの違いに関わらず、圧縮強度の平均値

は概ね調合管理強度の 1.2 倍から 1.6 倍の範囲内であった。

- (6) 圧縮強度の標準偏差は、調合管理強度が大きくなると、大きくなる傾向にはあるものの、明確な関係は認められなかった。また、高強度コンクリートの場合、目標空気量を 4.5% とした調合の圧縮強度の標準偏差は、目標空気量を 3.0% とした調合と比較して大きくなる傾向が認められた。

- (7) 本調査結果の活用例として、フライアッシュコンクリートとの比較を行った。フライアッシュを混合したコンクリートでも、通常のレディーミクストコンクリートと同等あるいはそれ以上に、良好に品質管理ができている事例があることを示すことができた。

## 参考文献

- 1) 藤丸啓一ほか：建築現場用レディーミクストコンクリートの実態調査（その 2）、日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.849-850，2011
- 2) 片山行雄ほか：建築現場用レディーミクストコンクリートの実態調査（その 3）、日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.851-852，2011
- 3) 黒田泰弘ほか：建築現場用レディーミクストコンクリートの実態調査（その 4）、日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.887-888，2012
- 4) 黒田泰弘ほか：博多駅ビル（仮称）新築工事における現場練りコンクリートの製造・施工，コンクリート工学，Vol.48，No.12，pp.32-38，2010
- 5) 江藤弘之，赤塚剛，山本晃：フライアッシュの品質変動がコンクリートに及ぼす影響について，コンクリート工学年次論文集，Vol.24，No.1，pp.111-116，2002