

# 建築現場用レディーミクストコンクリートの実態調査

黒田 泰弘 片山 行雄 西田 朗 藤丸 啓一 菅野 光寿  
(技術研究所) (技術研究所) (技術研究所) (関西事業本部) (生産技術本部)

## Actual Condition Survey of Ready-mixed Concrete for Building Construction

by Yasuhiro Kuroda, Yukio Katayama, Akira Nishida, Keiichi Fujimaru and Koji Kanno

### Abstract

Collection of the quality related factors of the ready-mixed concrete such as the transportation time and results of receiving test and execution of the statistical analysis of the factors are useful to understand actual condition of the concrete at site and to select ready-mixed concrete plant and also to evaluate the quality control results of each projects. Therefore, the actual condition survey on the delivery sheets and the results of acceptance inspection of ready-mixed concrete was carried out with Construction Technology Division and Kansai Construction and Civil Engineering Headquarters. This paper is prepared as the data base for various studies on the concrete field.

### 概要

運搬時間や受入時のレディーミクストコンクリートの品質に関わる情報を広く集め、統計的に整理することは、実際の現場で使用される一般的なコンクリートの実態の把握に繋がるだけでなく、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などに役立つと考えられる。本論文では、生産技術本部および関西事業本部と共同で、デリバリーシート(打込み時間管理表)と受入検査結果による実態調査を実施し、様々な検討の際の基礎的なデータとして活用できるように整理した。

### §1.はじめに

日本でレディーミクストコンクリート工場がはじめて誕生したのは1949年(昭和24年)である。その後、トラックアジテータが実用化されたこと、コンクリートポンプ工法が普及したことなどから、1964年の東京オリンピック前後から、コンクリートの製造と施工の分業化が進み、現場練りは急速に減少し、コンクリートの大部分はレディーミクストコンクリートとして現場に供給されるようになっていく。

商品としてのレディーミクストコンクリートは、現場練りのコンクリートに対し、次の様なメリットを有するとされている<sup>1)</sup>。

- (1) 施工現場にセメント、骨材などの貯蔵設備やコンクリート製造設備が要らない(敷地の有効利用)
- (2) 施工現場にコンクリート製造に関連する技術者、労務者が要らない(技術者、労務者不足の解消)
- (3) コンクリート材料の購入手間がかからず、品質を保証された均等質のコンクリートが、いつでも、どこ

でも手に入る(購買手間の省力化)

さて、レディーミクストコンクリートの品質に関する責任は荷卸までは製造工場にあるため、受入時における施工現場での主な関心は、運搬時間は守られているか、検査結果は基準をクリアしているか、といった受入時の合否判定にある。このため、一般的にはそれ以上の整理はほとんどなされておらず、運搬時間や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。

しかしながら、運搬時間や受入時のレディーミクストコンクリートの品質に関わる情報を統計的に整理することは、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なデータとして、様々な検討に有効に活用できるものと考えられる。

そこで、生産技術本部および関西事業本部と共同で、デリバリーシート(打込み時間管理表)と受入検査結果による実態調査を実施した。本論文は、この実態調査結果を整理したものである。

## §2.デリバリーシートの調査

### 2.1 調査の目的

JISA 5308 : 2011 追補版には「レディーミクストコンクリートの運搬時間は、生産者が練混ぜを開始してから運搬車が荷降ろし地点に到着するまでの時間とし、その時間は1.5時間以内とする。」との規定<sup>2)</sup>がある。また、JASS5 : 2009 の6節には「工場は、7節に定められた練混ぜから打込み終了までの時間の限度内にコンクリートを打ち込めるように運搬できる距離にあることとする。」との規定<sup>3)</sup>が、さらに7節には「コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間の限度は、外気温が25℃未満のときは120分、25℃以上のときは90分とする。」との規定<sup>4)</sup>がある。

フレッシュコンクリートの品質は時間の経過に伴って変化するため、上述のような時間限度が設けられているわけであるが、運搬時間は交通事情等により変動するものであり、打込み終了までの時間も施工上の様々な要因によって変動する。したがって、

運搬時間も打込み終了までの時間も、統計的に扱うべきデータであると考えられる。

そこで、運搬時間、待ち時間、打込み時間および出荷から打込み終了までの時間(以下、総時間)の分布や相互の関係を明らかにすることを目的に、デリバリーシートの調査・分析を行うことにした。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を選定する際の有力な資料となるだけでなく、打込み終了までの時間が長くなる場合に、必要な対策を講じるための検討を事前に実施することが可能となる。

### 2.2 調査の概要

#### 2.2.1 デリバリーシート

デリバリーシートとは、工場がレディーミクストコンクリートを出荷した時刻、現場に到着した時刻、打込みを開始した時刻、打込みを終了した時刻およびコンクリートの数量等を、打込み工区毎にまとめたものであり、現場においては通常打込み時間の管理や打込み数量の確認に使われている。

表-1 デリバリーシートの整理結果の一覧

単位:分

No.	現場	工場	延べ台数 (台)	運搬時間 の最小値	平均				標準偏差			
					運搬時間	待ち時間	打込み時間	総時間	運搬時間	待ち時間	打込み時間	総時間
1	A	イ	51	34	43.7	18.3	7.4	69.5	6.8	14.3	5.7	17.2
2		イ	45	38	53.6	21.2	7.0	81.8	7.2	10.1	2.6	13.4
3		イ	52	37	50.3	19.9	6.4	76.6	7.4	12.4	4.2	17.2
4		イ	45	34	47.7	15.2	6.8	69.8	8.5	10.4	3.4	14.3
5		イ	52	35	45.9	30.1	8.2	84.2	7.2	15.9	5.5	22.0
6	B	ロ	48	28	36.3	8.0	6.1	50.4	6.3	6.0	3.0	10.3
7		ロ	44	26	35.4	10.5	7.9	53.8	5.8	6.8	4.9	10.4
8		ロ	48	27	35.3	8.6	6.9	50.8	5.3	6.9	4.6	10.5
9		ハ	38	18	24.4	14.1	8.4	46.9	7.1	11.6	4.8	16.8
10		ハ	42	18	26.8	12.3	8.2	47.3	5.5	9.0	5.0	12.0
11	C	ニ	47	17	21.9	20.7	8.3	50.9	3.0	20.2	3.6	20.5
12		ニ	43	16	22.8	23.8	7.4	54.0	2.7	16.2	2.8	16.0
13		ニ	49	14	20.6	20.0	9.7	50.3	3.5	16.4	8.2	19.6
14		ホ	45	15	22.0	10.0	5.0	36.9	2.6	11.3	2.0	11.4
15		ホ	38	17	20.2	9.2	5.3	34.6	4.2	6.4	1.5	7.0
16		ホ	48	14	18.1	22.4	8.4	49.0	1.8	18.2	5.1	19.5
17		ヘ	52	18	22.5	8.3	5.2	36.0	2.3	7.9	2.5	8.2
18		ヘ	47	15	22.7	4.1	5.3	32.0	2.9	3.6	2.8	4.3
19		ヘ	43	16	24.5	14.3	5.8	44.5	3.9	10.4	1.9	7.6
20		D	ト	54	13	18.6	15.0	6.9	40.6	4.5	15.3	3.7
21	ト		50	10	17.1	14.6	6.7	38.3	3.9	7.6	2.9	7.5
22	ト		54	11	14.6	11.8	5.6	32.0	2.5	8.2	2.3	8.1
23	チ		54	7	11.9	14.6	6.9	33.4	3.1	11.4	3.9	11.5
24	チ		48	7	11.4	10.1	6.8	28.3	1.8	7.7	4.1	8.7
25	リ		51	7	14.7	13.3	6.9	34.9	5.2	8.1	4.7	9.2
26	リ		55	7	11.7	15.3	6.2	33.2	4.2	6.4	3.4	7.1
27	リ		54	7	10.0	12.5	6.9	29.5	2.8	8.7	3.9	10.2
28	E	又	54	1	1.8	5.4	7.0	14.1	1.4	7.2	4.9	9.3
29		又	37	1	2.1	10.0	7.7	19.8	1.1	8.6	4.2	8.7
30		又	42	1	3.0	4.0	6.7	13.7	1.0	3.3	2.9	4.9

## 2.2.2 調査内容

調査では、都市部に立地する5つの建設現場(後述のA~E現場)からデリバリーシートを入手し、工場毎に運搬時間、待ち時間、打込み時間および打込み終了までの時間について調査し、各時間の分布や相互の関係について検討することにした。

打込み数量が一定規模(150~250m<sup>3</sup>/日)のものに絞って、輸送時間が0~60分程度に分布するように、10工場(後述のイ~ヌ工場)、計30日分のデリバリーシートを選定し、データを整理した。

## 2.3 調査結果および考察

### 2.3.1 全体的な傾向

表-1にデリバリーシートの整理結果の一覧を、図-1および図-2に、No.2、7、14、30の輸送時間および打込み終了までの総時間のヒストグラムをそれぞれ示す。

これらの図より、運搬時間が長くなるほど、時間のばらつきが大きくなるとともに、総時間も長くなる傾向を示すことがわかる。輸送時間の平均値が約54分と最も長いNo.2のケースでは、約1/4にあたるトラックアジテータで、総時間は90分を超えていた。なお、1車あたりの打込み時間の平均値は約5~10分の間であり、現場間の差は小さかった。

### 2.3.2 運搬時間の最小値と平均値

デリバリー上の運搬時間とは、平均値を指すと思われるが、最短時間(最小値)を答える工場も多いと考えられる。図-3に、運搬時間の最小値と平均値の関係を示す。

運搬時間の最小値と平均値との間の相関は高く、今回の調査では式(1)のような回帰式が得られ、運搬時間の平均値は、最小値の概ね1.3倍であることがわかった。したがって、実績のない区間を運搬する場合には、交通量の少ない時間帯に調査を実施し、それを1.3倍することで運搬時間の平均値を予測することも可能と考えられる。

$$T_{ave} = 1.3 \times T_{min} + 1.9 \quad (R=0.99) \quad \text{式(1)}$$

$T_{ave}$  : 運搬時間の平均値(分)

$T_{min}$  : 運搬時間の最小値(分)

### 2.3.3 運搬時間の平均値と標準偏差

図-4に、運搬時間の平均値と標準偏差の関係を示す。運搬時間の平均値が大きくなるほど、運搬時間の標準偏差は大きくなる傾向にあり、今回の調査の範囲では、式(2)のような回帰式が得られ、運搬時間の平均値が30分の場合の標準偏差は約5分、60

分の場合の標準偏差は約9分となった。

$$T_{stv} = 0.13 \times T_{ave} + 1.1 \quad (R=0.86) \quad \text{式(2)}$$

$T_{stv}$  : 運搬時間の標準偏差(分)

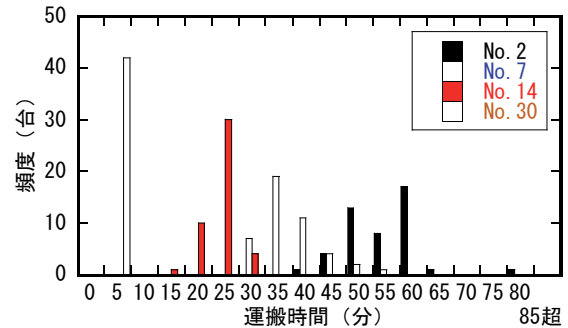


図-1 運搬時間のヒストグラム

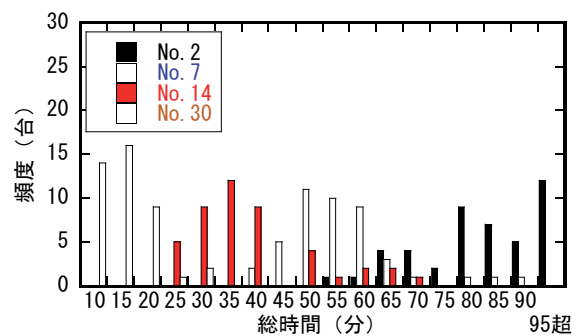


図-2 総時間のヒストグラム

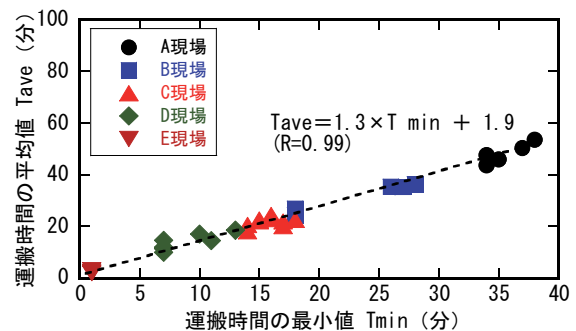


図-3 運搬時間の最小値と平均値の関係

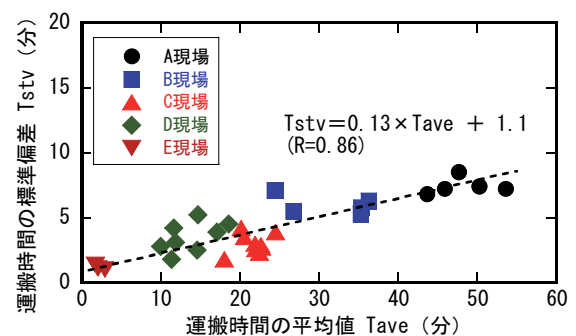


図-4 運搬時間の平均値と標準偏差の関係

### 2.3.4 運搬時間の平均値と待ち時間の平均値

図-5に運搬時間の平均値と待ち時間の平均値の関係を、回帰式を式(3)に示す。運搬時間が長くなるほど、待ち時間も長くなる傾向は認められたものの、相関は高くはなかった。運搬時間が長くても意識的に工場との連絡を密に行っていたB現場では待ち時間が短く、トラックアジテータの待機場所が十分あったC現場では大きくばらつく傾向にあるなど、現場固有の条件が影響していると考えられる。

$$\text{Wave} = 0.20 \times \text{Tave} + 9.2 \quad (R=0.46) \quad \text{式(3)}$$

Wave : 待ち時間の平均値(分)

### 2.3.5 運搬時間の平均値と総時間の平均値

図-6に運搬時間の平均値と総時間の平均値の関係を示す。運搬時間が長くなるほど、総時間も長くなり、今回の調査では、式(4)のような回帰式が得られ、運搬時間の平均値と総時間の平均値との相関は高いことが確認できた。

$$\text{Save} = 1.2 \times \text{Tave} + 16.0 \quad (R=0.94) \quad \text{式(4)}$$

Save : 総時間の平均値(分)

### 2.3.6 運搬時間の平均値と総時間の標準偏差

図-7に運搬時間の平均値と総時間の標準偏差の関係を示す。運搬時間が長くなるほど標準偏差は大きくなる傾向にあったものの、明確な関係ではなく、標準偏差の最大値は22分、平均値は12分であった。

回帰式を式(5)に示すとおりであり、運搬時間の平均値と総時間の標準偏差の相関が小さいのは、総時間の標準偏差が現場と工場間の交通事情や待ち時間のばらつきといった現場固有の条件によっても左右されるためと考えられる。

$$\text{Sstv} = 0.16 \times \text{Tave} + 8.0 \quad (R=0.46) \quad \text{式(5)}$$

Sstv : 総時間の標準偏差(分)

### 2.3.7 打込み終了までの時間限度を守るための運搬時間

今回の調査結果をベースに、練混ぜから打込み終了までの時間の限度を守るための運搬時間について求めることにした。なお、ここでは、練混ぜから打込み終了までの時間と総時間は、同義と見なすこととした。図-8のように、総時間のばらつきを正規分布と仮定し、95%の確率で総時間の限度が120分、90分となる場合の総時間の標準偏差と平均値および運搬時間の平均値を式(4)と式(5)より試算した。さらに、式(1)より運搬時間の最小値も試算した。試

算結果は表-2のとおりであり、時間限度を120分とした場合の運搬時間の平均値の目安は約62分(最小値:約46分)、時間限度を90分とした場合の運搬時間の平均値の目安は約42分(最小値:約31分)となった。

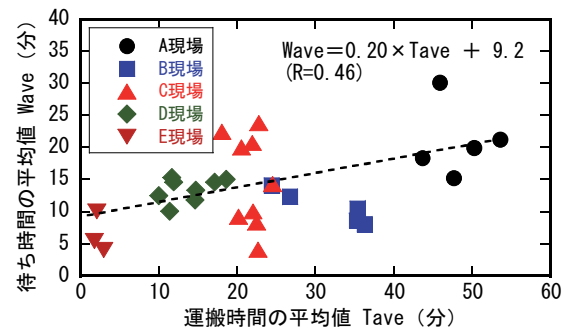


図-5 運搬時間の平均値と待ち時間の平均値の関係

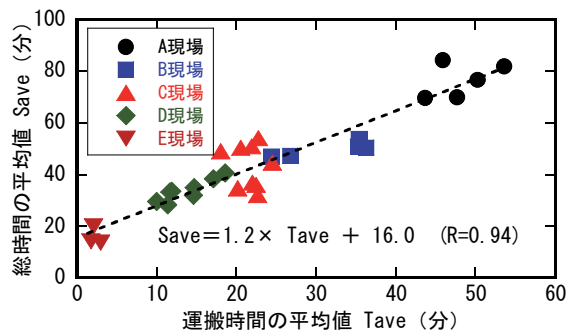


図-6 運搬時間の平均値と総時間の平均値の関係

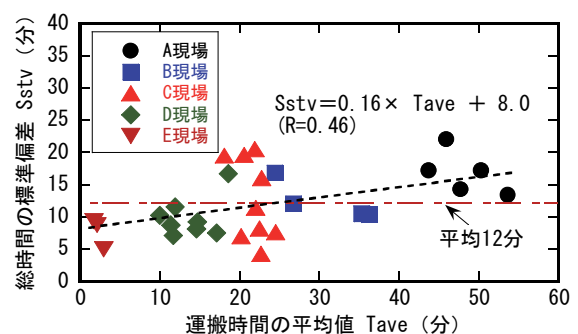


図-7 運搬時間の平均値と総時間の標準偏差の関係

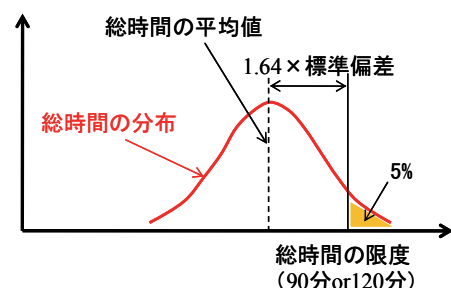


図-8 圧縮強度の平均値と標準偏差の関係

表-2 試算結果一覧

	時間限度 120分 (外気温 25°C未満)	時間限度 90分 (外気温 25°C以上)
総時間の平均値	90.5分	66.0分
総時間の標準偏差	17.9分	14.7分
運搬時間の平均値	61.9分	41.9分
運搬時間の最小値	46.2分	30.8分

### §3.受入検査結果の調査

#### 3.1 調査の目的

レディーミクストコンクリートの品質は、一般にスランプ(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、工場によって品質管理状況は異なり、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、平均値や標準偏差等に差異を生じているはずである。

そこで、スランプ(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・分析を行うことにした。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の調査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、特殊なコンクリート(例えば、フライアッシュコンクリートや再生骨材コンクリートなど)の品質管理状況を客観的に分析する際の比較資料としても有効活用できると考えられる。

#### 3.2 調査の概要

関東地区の 9 現場、関西地区の 8 現場から、レディーミクストコンクリート製品の受入検査結果を入手して、普通コンクリートとして調合管理強度が 24~45N/mm<sup>2</sup>(普通ポルトランドセメント N)の 40 調合と、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)の 26 調合に関するスランプ(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。

#### 3.3 調査結果および考察

受入検査結果の一覧を表-3 に示す。

#### 3.3.1 スランプ

スランプの相対度数分布を目標スランプ毎に図-9 に、工場別のスランプの平均値と標準偏差の関係を図-10 に示す。

図-9 によれば、スランプ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プロスを見込んだ調合で練っているため、ロスが少なかったことが原因と考えられる。また、AE 減水剤を用いたコンクリートの場合、高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートよりロスを大きく見込んでいるため、目標スランプを 15cm あるいは 18 cm としたケースで上限値付近のデータが多くなっていると推測される。なお、普通強度レベルでも水セメント比が低くなると、施工性が低下するため、高性能 AE 減水剤を用いる場合は、必要に応じて、目標スランプを 18 cm ではなく、21cm とするのが望ましいと考えられる。

また、図-10 より、目標スランプが 15~23cm の範囲では、工場毎の標準偏差の最大値は、目標スランプが小さいほど大きくなる傾向にあることがわかる。今回の調査範囲では、標準偏差が 1.0cm 以上となるケースは、目標スランプが 15cm の場合に 33% であり、目標スランプが 18cm の場合に 25% であった。

#### 3.3.2 スランプフロー

スランプフローの相対度数分布を図-11 に、工場別のスランプフローの平均値と標準偏差の関係を図-12 に示す。

図-11 によれば、今回の調査範囲では、目標スランプフローが 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、概ね目標通りであった。また、標準偏差は、目標スランプフローが 50cm の場合に 3.73cm、60cm の場合に 3.47cm であり、大差なかった。

図-12 より、工場毎の標準偏差も 1 ケースを除き、5cm 以内に収まっており、今回の調査範囲では、目標スランプフローの違いによる標準偏差の違いは認められなかった。

#### 3.3.3 空気量

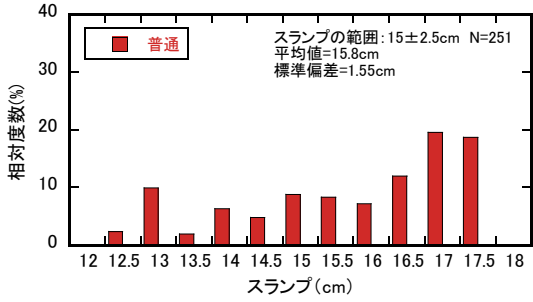
空気量の相対度数分布を図-13 に、工場別の空気量の平均値と標準偏差の関係を図-14 に示す。

図-13 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、平均値は目標より 1% 程度小さい結果となっていた。

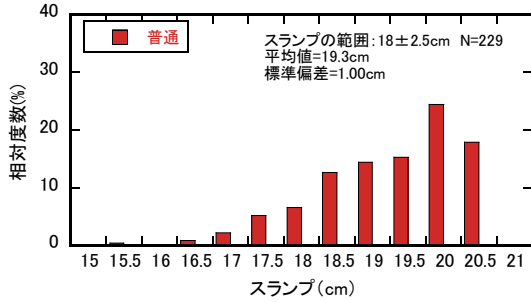
また、図-14 より、目標空気量が 3% の場合、空気量の平均値が小さくなるほど、空気量の標準偏差

表-3 受入検査結果の一覧

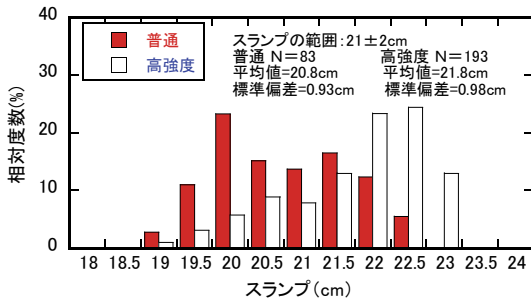
No.	地域	現場	工場	製品名		空気量 (%)	W/C (%)	スランブ(フロー)(cm)			空気量(%)			塩化物イオン量(kg/m <sup>3</sup> )			圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )			
								N数	平均値	標準偏差	N数	平均値	標準偏差	N数	平均値	標準偏差	N数	平均値	標準偏差	
1	関東	A	い	普通	33 21 20 N	4.5	47.4	6	20.1	0.58	6	5.1	0.16	4	0.024	0.005	6	48.1	1.83	
2			ろ	普通	33 21 20 N	4.5	46	10	21.3	1.03	10	4.6	0.55	4	0.028	0.011	10	46.8	3.97	
3		B	い	普通	33 15 20 N	4.5	46.2	18	17	0.89	18	4.6	0.58	18	0.064	0.02	18	42.1	2.31	
4			ろ	普通	33 15 20 N	4.5	46.3	65	16.7	0.71	65	4.7	0.71	65	0.081	0.027	65	43.5	3.13	
5			は	普通	33 15 20 N	4.5	45.5	13	16.5	1.28	13	4	0.78	13	0.101	0.037	13	48.2	3.08	
6		C	に	普通	36 18 20 N	4.5	43.5	21	19	1.46	21	4.2	0.67	5	0.076	0.013	21	47.7	2.8	
7			ほ	普通	39 21 20 N	4.5	43.5	45	20.6	0.7	45	4	0.52	10	0.09	0.028	45	50	1.66	
8		D	へ	普通	24 15 20 N	4.5	59.6	6	15.7	0.41	6	4.4	0.67	6	0.082	0.025	6	29.6	1.38	
9				普通	33 15 20 N	4.5	47.3	6	15.6	0.81	6	4.6	0.49	6	0.063	0.008	6	48.4	1.72	
10		E	と	普通	33 15 20 N	4.5	46.5	9	17.2	0.44	9	4.2	0.45	5	0.054	0.015	9	41.7	3.54	
11				普通	39 18 20 N	4.5	44.5	6	18	1.22	6	4.7	0.29	4	0.073	0.031	6	56.9	3.17	
12				普通	45 18 20 N	4.5	40	9	20	0.71	9	4.5	0.32	9	0.052	0.017	9	57.8	3.88	
13			ち	普通	42 18 20 N	4.5	41.4	6	19.8	0.27	6	4.5	0.55	5	0.05	0.012	6	56.5	3.23	
14				普通	45 18 20 N	4.5	39.6	9	19.9	0.22	9	4.5	0.14	9	0.059	0.019	9	61	4.18	
15				普通	42 18 20 N	4.5	41.5	6	19.7	0.82	6	4.1	0.51	5	0.073	0.016	6	59.7	2.25	
16			り	普通	45 18 20 N	4.5	39.5	20	19.7	0.59	20	4.4	0.38	19	0.056	0.023	20	60.9	3.75	
17				普通	42 18 20 N	4.5	38.5	7	19.6	0.56	7	4.3	0.51	6	0.069	0.017	7	58.9	3.15	
18			ぬ	普通	45 18 20 N	4.5	36	15	19.4	1.22	15	4.4	0.34	15	0.049	0.016	15	62	2.84	
19				普通	39 15 20 N	4.5	45.5	10	17.3	0.62	10	4.6	0.66	6	0.067	0.031	10	55.6	1.83	
20			る	普通	42 18 20 N	4.5	43.5	12	20	0.83	12	4.4	0.42	12	0.063	0.027	12	57	3.65	
21		普通		45 18 20 N	4.5	42	19	20.1	0.62	19	4.7	0.52	19	0.062	0.019	19	59.3	3.67		
22		F	を	普通	27 15 20 N	4.5	53	76	14.6	1.46	76	4.3	0.44	75	0.028	0.004	76	34.4	1.47	
23				普通	30 15 20 N	4.5	49.3	30	14.8	1.57	30	4.5	0.26	30	0.027	0.004	30	40	2.32	
24	関西	G	わ	普通	27 15 20 N	4.5	50	6	14.7	0.91	6	3.9	0.21	6	0.021	0.002	6	43.2	2.22	
25			普通	27 18 20 N	4.5	50	7	18.6	0.85	7	4.2	0.15	7	0.028	0.004	7	48.1	2.92		
26		H	か	普通	24 12 20 N	4.5	57	12	12.1	1.35	12	4.49	0.73	12	0.04	0.005	12	39.9	1.45	
27			よ	普通	27 18 20 N	4.5	54	6	17.8	1.33	6	4.5	0.62	6	0.036	0.006	6	39.7	3.37	
28		I	た	普通	30 18 25 N	4.5	43	18	18.67	0.891	18	4.311	0.609	18	0.062	0.012	18	39.73	3.555	
29				普通	33 18 25 N	4.5	43.5	17	19.1	0.87	17	4.9	0.53	17	0.056	0.008	17	42	2.29	
30		J	れ	普通	36 18 20 N	4.5	41	13	19.1	0.85	13	4	0.59	13	0.046	0.006	13	55	3.41	
31			そ	普通	36 18 20 N	4.5	41	6	19.3	0.75	6	4.1	0.43	6	0.042	0.009	6	50.6	3.51	
32			つ	普通	36 18 20 N	4.5	41	6	19.3	0.52	6	4.3	0.59	6	0.041	0.006	6	56.7	2.05	
33			ね	普通	36 18 20 N	4.5	41	6	18.8	1.03	6	3.9	0.16	6	0.048	0.002	6	53	2.31	
34		K	な	普通	40 21 25 N	4.5	37.5	6	20.92	0.585	6	3.9	0.363	6	0.051	0.004	6	55.87	1.776	
35				普通	40 21 25 N	4.5	37.5	6	21.58	0.917	6	4.367	0.706	6	0.053	0.008	6	52.67	3.866	
36		L	む	普通	39 18 20 N	4.5	41	8	19.44	0.678	8	4.038	0.403	4	0.045	0.004	8	58.31	3.282	
37				う	普通	39 18 20 N	4.5	41	6	18.67	0.683	6	4.283	0.591	2	0.038	0.001	6	59.73	6.129
38				み	普通	39 15 20 N	4.5	41	6	16.83	0.516	6	4.283	0.826	3	0.031	0.007	6	60.22	4.741
39				の	普通	42 15 20 N	4.5	38	6	15.42	1.357	6	4.15	0.501	2	0.067	0.001	6	72.88	1.652
40		M	お	普通	42 18 20 N	4.5	38	6	18.92	0.801	6	4.4	0.522	4	0.065	0.006	6	68.57	3.123	
41				高強度	45 23 20 M	3	42	30	23.6	0.76	30	1.8	0.43	10	0.029	0.011	30	65.3	2.06	
42				高強度	66 60 20 M	3	31.5	35	(61.6)	4.5	35	1.6	0.36	32	0.044	0.026	35	89	4.52	
43	高強度			45 23 20 M	3	43	48	22.7	0.67	48	1.5	0.4	16	0.016	0.007	48	64.5	2.47		
44	高強度			65 60 20 M	3	31.3	45	(61.3)	5.26	45	1.5	0.41	38	0.019	0.007	45	89.6	3.14		
45	高強度			66 60 20 M	3	32.2	68	(61.9)	4.4	68	1.7	0.46	60	0.018	0.006	68	85.3	3.02		
46	高強度			45 23 20 M	3	44.9	33	22.7	0.74	33	2	0.3	11	0.022	0.008	33	61.3	2.81		
47	A			や	高強度	63 60 20 M	3	34	38	(60.9)	2.78	38	1.3	0.32	31	0.028	0.008	38	88.3	2.81
48					高強度	45 23 20 M	3	42.3	34	22.9	0.78	34	2.2	0.46	12	0.015	0.006	34	62	2.67
49					高強度	45 23 20 M	3	45	70	22.7	0.68	70	2.1	0.54	24	0.014	0.008	70	56.9	2.32
50	N	ふ	高強度	51 23 20 M	3	42.4	35	23.1	0.61	35	1.64	0.18	31	0.025	0.006	35	71.2	2.23		
51			高強度	63 23 20 M	3	33.2	21	23.2	0.735	21	1.49	0.207	19	0.085	0.018	21	81.1	2.62		
52			高強度	57 23 20 M	3	37.2	67	23.18	0.78	67	1.77	0.406	63	0.031	0.022	67	68.72	4		
53			高強度	63 23 20 M	3	33.1	99	23.02	0.679	99	1.686	0.233	99	0.093	0.027	99	79.5	3.19		
54			高強度	52 21 20 M	4.5	34.1	43	22.03	0.92	43	4.48	0.6	43	0.023	0.007	39	68.24	3.85		
55	O	え	高強度	64 50 20 M	4.5	29	(50.5)	3.59	27	4.6	0.73	27	0.02	0.005	24	78.9	4.71			
56			高強度	49 21 20 M	4.5	36.5	102	21.6	1.1	102	4	0.68	102	0.026	0.012	77	67.5	5.73		
57			高強度	61 50 20 M	4.5	31.3	39	(50.4)	3.77	39	4.4	0.82	39	0.024	0.008	39	77.5	4.99		
58			高強度	55 23 20 M	4.5	35.1	32	23.3	0.58	32	4	0.33	32	0.03	0.01	11	69.8	3.49		
59			高強度	61 50 20 M	4.5	32.1	37	(51.5)	2.37	37	4.4	0.54	37	0.025	0.01	37	75	4.74		
60	関西	P	さ	高強度	51 50 20 N	3	38	51	(49.1)	4.01	51	2.76	0.44	17	0.07	0.034	51	80.7	3.53	
61			き	高強度	51 50 20 N	3	38	60	(50.1)	3.49	60	2.51	0.597	20	0.036	0.007	60	78.68	3.56	
62		Q	ゆ	高強度	45 21 20 N	3	47	42	22	0.58	42	2.1	0.34	14	0.059	0.009	42	59.2	2.28	
63				高強度	60 50 20 L	3	31	86	(49.9)	4.12	86	2.23	0.56	30	0.043	0.011	86	83.04	3.837	
64				高強度	60 60 20 L	3	31	26	(60.9)	3.652	26	2.465	0.447	10	0.037	0.007	26	87.1	2.83	
65				高強度	45 21 20 N	3	45	6	21.3	0.68	6	1.85	0.34	6	0.045	0.007	6	64.3	2.29	
66				高強度	63 60 20 L	3	33	15	(62.0)	2.62	15	2.37	0.74	5	0.042	0.011	15	80.94	4.52	



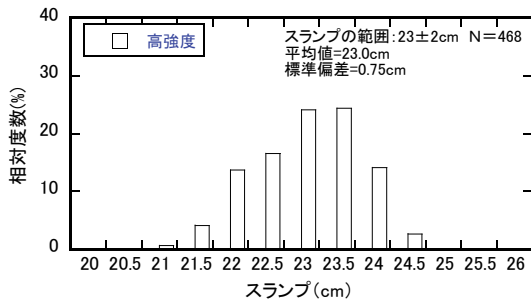
(1) 目標スラブ 15cm の場合



(2) 目標スラブ 18cm の場合



(3) 目標スラブ 21cm の場合



(4) 目標スラブ 23cm の場合

図-9 スラブの相対度数分布

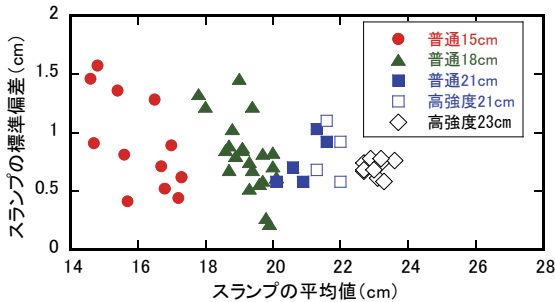


図-10 スラブの平均値と標準偏差の関係

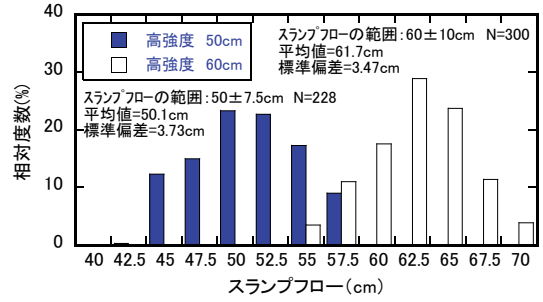


図-11 スラブフローの相対度数分布

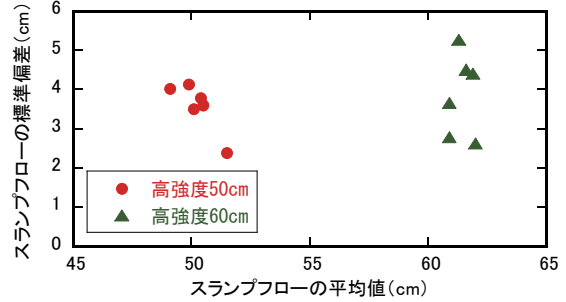
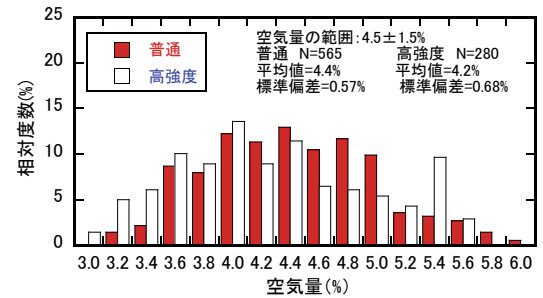
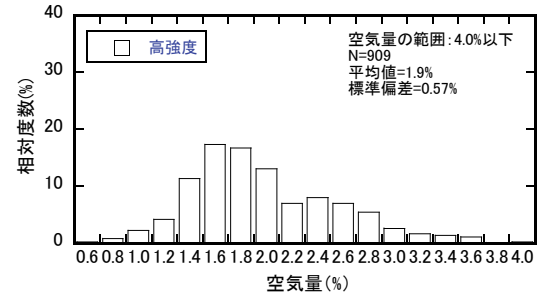


図-12 スラブフローの平均値と標準偏差の関係



(1) 目標空気量 4.5% の場合



(2) 目標空気量 3.0% の場合

図-13 空気量の相対度数分布

は小さくなる傾向にあることがわかる。また、3%を超える場合でも、概ね 0.75%以内に収まっており、目標空気量が 4.5%の場合の±1.5%という管理幅は妥当と考えられる。

### 3.3.4 塩化物含有量

調合管理強度と塩化物含有量の平均値との関係を図-15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>

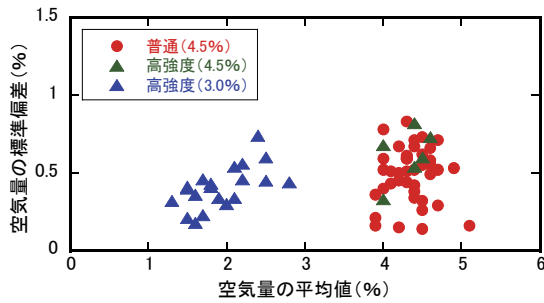


図-14 空気量の平均値と標準偏差の関係

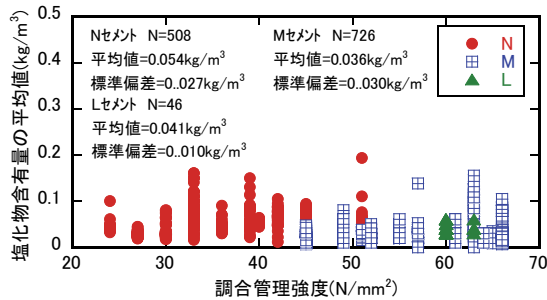


図-15 調合管理強度と塩化物含有量の平均値との関係

を大きく下回っていた。また、調合管理強度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。セメントに含まれる塩化物イオン量の影響は、非常に小さいことが示唆される。

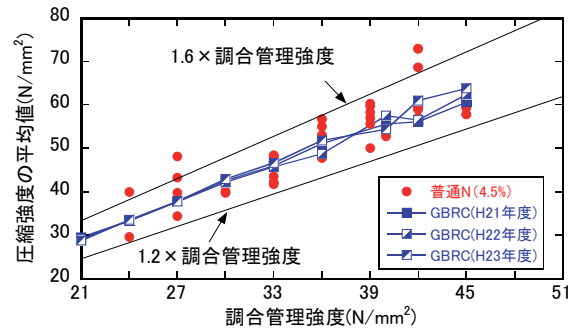
### 3.3.5 圧縮強度

調合管理強度と圧縮強度の平均値の関係を図-16に、調合管理強度と圧縮強度の標準偏差の関係を図-17に示す。

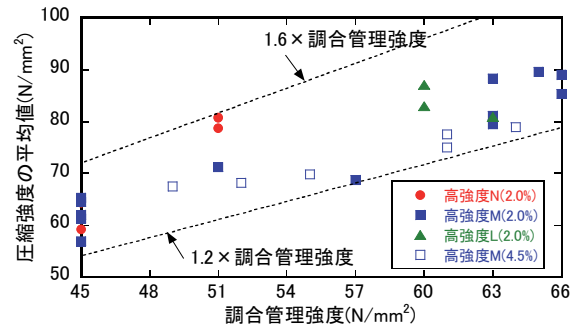
図-16の(1)には日本建築総合試験所の平成21～23年度の工事用材料試験結果の集計結果の平均値<sup>5)</sup>～<sup>7)</sup>も合わせて示すが、圧縮強度の平均値は、調合管理強度の概ね1.2倍から1.6倍の範囲にあり、平均では1.4倍程度の値を示した。また、図-16の(2)の高強度コンクリートの圧縮強度の平均値も同様に調合管理強度の1.2倍から1.6倍の範囲にあった。スランプ(フロー)や空気量では上限値および下限値が規定されているのに対し、圧縮強度には上限値が規定されていない。このことが、必要な圧縮強度に対し、実際の強度が過剰に高くなっているものが含まれる要因と考えられる。

図-17により、圧縮強度の標準偏差は、強度レベルの違いに関わらず、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。

普通コンクリートの調合強度を定める際に使用するコンクリートの圧縮強度の標準偏差について

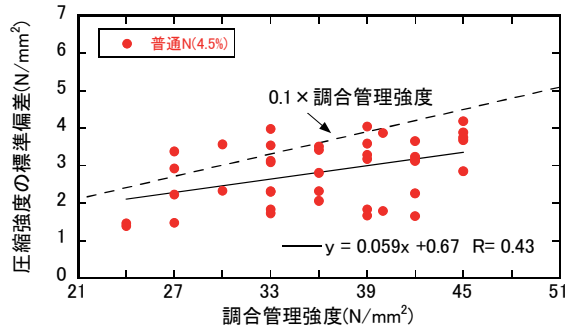


(1) 普通コンクリートの場合

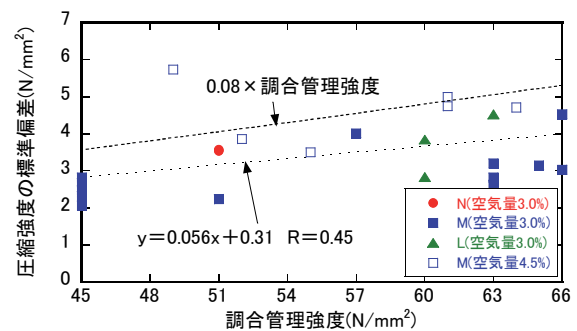


(2) 高強度コンクリートの場合

図-16 調合管理強度と圧縮強度の平均値の関係



(1) 普通コンクリートの場合



(2) 高強度コンクリートの場合

図-17 調合管理強度と圧縮強度の標準偏差の関係

JASS 5では、工場の実績のない場合、 $2.5\text{N/mm}^2$  または  $0.1F_m$  (調合管理強度) のどちらか大きい値とすると記載されている。今回の試験結果は現場におけるコンクリートの受入時のものであり、工場に



おける製品検査時の試験結果ではないので一概に比較はできないが、図-17の(1)では、これを上回るケースが複数あった。

一方、図-17の(2)の高強度コンクリートの場合、標準偏差の上限は、1ケースを除き、概ね調合管理強度の0.08倍であった。なお、目標空気量を4.5%とした調合の圧縮強度の標準偏差が、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るため、調合設計における標準偏差の設定については注意が必要と考えられる。

#### §4.まとめ

運搬時間や受入時のレディーミクストコンクリートの品質に関わる情報を、様々な検討のための基礎的なデータとして活用できるようにするため、複数の建築現場からデリバリーシートおよび受入検査結果を入手し、調査・分析を行った。

デリバリーシートの調査結果は(1)~(4)のようにまとめられる。

- (1) 運搬時間の最小値と平均値との間の相関は高く、運搬時間の平均値は最小値の概ね1.3倍であった。
- (2) 運搬時間が長くなるほど、待ち時間も長くなる傾向は認められたものの、相関は高くはなかった。運搬時間の違いよりも現場固有の条件の影響を強く受けたためと考えられる。
- (3) 運搬時間が長いほど、打込み終了までに要する時間は長くなり、打込み終了までに要する時間の標準偏差も大きくなる傾向が認められた。
- (4) 出荷から打込み終了までの時間のばらつきを正規分布と仮定し、95%の確率で打込み終了までの時間の

限度が120分、90分となる場合の運搬時間を試算すると、前者の場合の運搬時間の平均値の目安は約62分、後者の場合の目安は約42分となった。

一方、受入検査の調査結果は(5)~(10)のようにまとめられる。

- (5) 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大きな方に分布する傾向にあった。また、目標スランブが15~23cmの範囲では、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。
- (6) 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にコントロールできており、標準偏差にも差はなかった。
- (7) 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。
- (8) 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。
- (9) 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。
- (10) 強度レベルの違いに関わらず、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。

#### <参考文献>

- 1) [http://www.zennama.or.jp/4-namakon/1-namakon\\_towa/index.html](http://www.zennama.or.jp/4-namakon/1-namakon_towa/index.html)(全生ホームページ)。
- 2) 日本規格協会：“JISA 5308の追補(改正)のポイント”，p2, 2011
- 3) 日本建築学会：“鉄筋コンクリート工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」”，p.20, 2009
- 4) 日本建築学会：“鉄筋コンクリート工事標準仕様書・同解説 JASS5「鉄筋コンクリート工事」”，p.23, 2009
- 5) 日本建築総合試験所：“平成21年度工事用材料試験結果の集計”，GBRC Vol.35, No.3, pp.52-63, 2010
- 6) 日本建築総合試験所：“平成22年度工事用材料試験結果の集計”，GBRC Vol.36, No.3, pp.36-47, 2011
- 7) 日本建築総合試験所：“平成23年度工事用材料試験結果の集計”，GBRC Vol.37, No.3, pp.40-51, 2012

