

実施工における高強度コンクリートの品質管理

Quality Management of High-Strength Concrete on Construction Site

河上 浩司 HIROSHI KAWAKAMI

松田 拓 TAKU MATSUDA

西本 好克 YOSHIKATSU NISHIMOTO

東京建築支店 蓮尾 孝一 KOICHI HASUO

東京都江東区豊洲地区にて、52階建てタワー型超高層集合住宅を含む総戸数約1,500戸に及ぶ大規模開発を行い、そのなかでコンクリートの設計基準強度として当社で最高となる設計基準強度120N/mm²と、設計基準強度100N/mm²の高強度コンクリートの打設を行った。これらの高強度コンクリートは2006年の夏期に2つのレディーミクストコンクリート工場で製造し打設したが、それぞれ安定した品質管理結果が得られた。

キーワード：高強度コンクリート、品質管理、フレッシュ性状、圧縮強度

Large-scale development including 52-storied super high-rise housing is under construction at Toyosu in Tokyo. The high-strength concrete of Fc120N/mm² and Fc100N/mm² that is the highest as specified design strength in our company was used for the housing. The high-strength concrete was mixed at two ready mixed concrete factories in summer, 2006 and steady results of quality control were obtained, respectively.

Key Words: High-Strength Concrete, Quality Management, Fresh Properties, Compressive Strength

1. はじめに

現在、東京都江東区の豊洲地区では各所で再開発が行われ、IT企業や大学の移転、集合住宅の建設、さらには大型商業施設がオープンするなど新しい都市に変貌しつつある。ここで、当社は豊洲2丁目の一角で超高層集合住宅を建設しており、設計基準強度（以下、Fcと記す）100N/mm²以上の高強度コンクリートを施工する機会が得られた。本報では、当社としてこれまでの最高強度となるFc120N/mm²の高強度コンクリートや、2件目の施工となるFc100N/mm²の高強度コンクリートについての品質管理結果を報告する。

2. 工事概要

プロジェクトの全体配置図を図-1に示す。本プロジェクトは、東京湾（敷地北西側）に面した延べ28,900m²の敷地内に、52階建てタワー型超高層集合住宅棟（A棟）を1棟、32階建て板状超高層集合住宅棟（B棟）を1棟、7階建て中層集合住宅棟（C棟）を1棟、その他駐車場施設などの付随施設を建設するもので、A棟では最

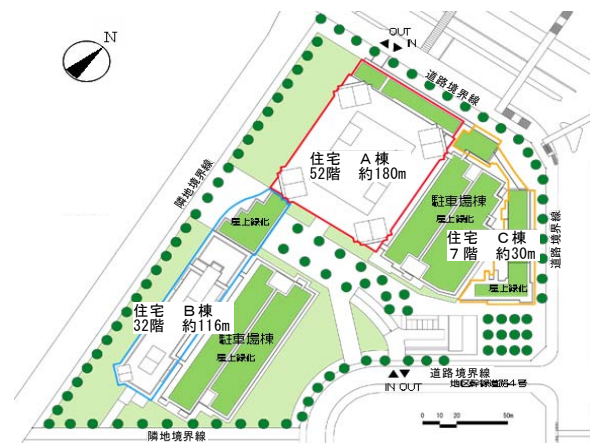


図-1 全体配置図概要

表-1 A棟建物概要

敷地面積	14,001.29m ²
建築面積	7,553.82m ²
延床面積	120,948.50m ²
構造規模	RC造 地上52階 棟屋2階 地下1階

高Fc120N/mm²、B棟では最高Fc60N/mm²の高強度コンクリートを使用した。本報告では、Fc100N/mm²以上の高強度コンクリートを施工したA棟における管理結果について報告する。A棟の建物概要を表-1に示す。

表-2 コンクリート設計基準強度区分

単位: N/mm²

階	柱	大梁	床	壁
PH	30	36,30	36,30	30
48-52	48	36	36	-
42-47	54,48	42	36	-
36-41	60,54	42	36	-
25-35	70,54	48	36	-
21-24	70,60	48	36	-
15-20	80,60	48	36	-
4-14	100,60	48	36	-
1-3	120,100	48	48	-
B1	80	48	48	48

表-3 コンクリート概要と管理基準

	A工場	B工場	
Fc(N/mm ²)	100	100	120
結合材	SFC	L+SF	L+SF+Ex
mSn (N/mm ²)	28 ^S 91	56 ^S 91	
	0	15	
構造体補正強度(N/mm ²)	100	115	135
変動係数(%)	6	6	6
調合強度(N/mm ²)	112	129	151
目標空気量(%)	2±1.5	1.5, +1.5,-1.0	1.5, +1.5,-1.0
目標スランプフロー(cm)	65±10	65±10	70±10
コンクリート温度(°C)	5~35	5~40	
出荷時期	2006/6/28~9/1	2006/7/6~9/5	2006/7/7~9/5
総出荷量(m ³)	470	282	77

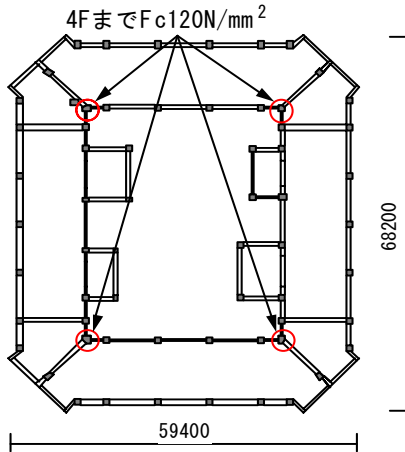


図-2 基準階伏図

単位: mm

表-4 使用材料

	材料名	種類	記号
A工場	結合材	シリカフェュームプレミックスセメント	SFC
	細骨材	千葉県万田野産山砂	S1
	粗骨材	埼玉県両神産硬質砂岩砕石	G1
	化学混和剤	高性能減水剤	SP1
B工場	結合材	低熱ポルトランドセメント	L
		シリカフェューム	SF
		膨張材	Ex
	細骨材	千葉県富津産山砂	S2
		高知県鳥形山産石灰石砕石	S3
	粗骨材	茨城県岩瀬産硬質砂岩砕石	G2
化学混和剤	高性能減水剤	SP2	

表-5 コンクリート調合

工場	Fc (N/mm ²)	W/B (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)								SP (B*%)
				W	SFC/L	SF	Ex	S1	S2	S3	G1/G2	
A工場	100	20.7	2.0	150	725	-	-	702	-	-	875	2.15
B工場	100	22.7	1.5	140	555	62	-	-	520	356	827	1.75
	120	15.4	1.5	150	857	97	20	-	322	221	827	2.37

次に、A棟の各部材で使用した高強度コンクリートの設計基準強度区分の一覧を表-2に、基準階部分の平面形状を図-2に示す。Fc100N/mm²以上の高強度コンクリートは、1階から14階までの柱に使用され、特に、図-2に示す基準階平面における内周四隅の柱(図中の○印)では、4階床レベルまでFc120N/mm²の高強度コンクリートが使用された。

コンクリート部材のうち、3階途中までの柱は主にバケットを用いて、2階までの梁と床は主にコンクリートポンプを用いて現場打設を行った。それより上層では、接合部など一部を除いてプレキャストコンクリート部材を使用した。

部材の寸法として、たとえば現場打設した下層階の柱部材では、1,150 × 1,150mmから1,300mm × 1,300mm程度と非常に大きい断面となっている。

3. コンクリート工事

(1) コンクリート概要

本工事において、Fc100N/mm²以上のレディーミクストコンクリートは、東京都内のレディーミクストコンクリート工場(生コン工場)の2工場(A工場、B工場と称す)から出荷を行った。各生コン工場から出荷した高強度コンクリートの概要と管理基準値とを表-3に示す。A工場とB工場のどちらも構造体コンクリートの管理材齢(n日)は91日であるが、使用するコンクリートの管理材齢(m日)はA工場では28日、B工場では56日と異なる。その結果、同じFc100N/mm²のコンクリートであっても、構造体コンクリート強度補正値(mSn値)が異なり、算出される構造体補正強度そして調合強度が異なっている。また、管理値の目標値を定めるにあたり、各種指針等^{1),2),3)}に準拠するほか、空気量は硬化コンクリートで必要強度を確保することを考慮し、スランプフロー

値はバケット打設のための流動性や部材への自己充填性を考慮して設定した^{4),5),6)}。

(2) 使用材料とコンクリート調合

各工場で製造する高強度コンクリートに使用した材料を表-4に、製造した高強度コンクリート調合を表-5に示す。A工場では、セメント工場であらかじめシリカフェームがプレミックスされた特殊セメント(SFC)を使用した。この特殊セメントは、低熱ポルトランドセメントをベースとして、シリカフェームが内割り10%程度置換されている。一方、B工場では低熱ポルトランドセメント(L)をベースにして内割10%(質量比)をシリカフェーム(SF)で置換したものを結合材として使用した。この場合、シリカフェームはオキシカルボン酸を用いて水に分散させたシリカフェームスラリーとして混入している⁷⁾。また、Fc120N/mm²のコンクリートでは、自己収縮低減を目的として膨張材(Ex)を20kg/m³混入した。

本工事では、Fc80N/mm²以上のすべてのコンクリートを対象に、火災時の爆裂低減対策として、写真-1に示す粉末状のポリプロピレン樹脂粉末をFc100N/mm²以下では1kg/m³、Fc120N/mm²では3kg/m³混入した。



写真-1 ポリプロピレン樹脂粉末

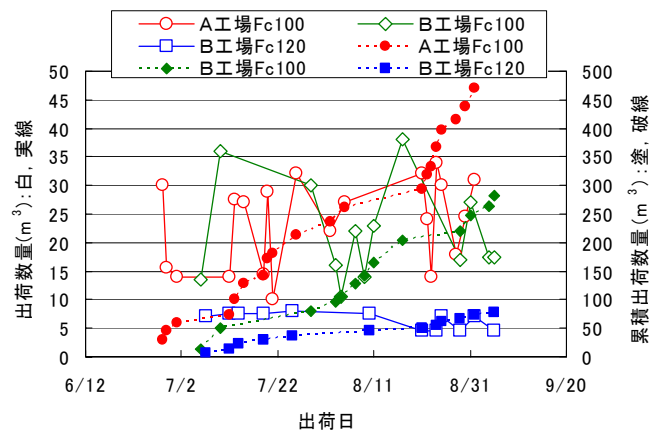


図-3 コンクリート出荷状況

(3) 出荷状況

Fc100N/mm²ならびにFc120N/mm²の高強度コンクリートの出荷状況を図-3に示す。出荷は、2006年の6月末から9月初旬にかけて行った。1日当たりの出荷量をみると、B工場から出荷したFc120N/mm²コンクリートは最大でも一日当たり8.0m³で、総出荷量は77m³となった。一方、Fc100N/mm²コンクリートでは、両工場とも一日当たり10.0m³~37.0m³範囲で打設日ごとに出荷量に差がみられた。出荷日数はA工場のほうが多く、総出荷量は450m³を超えた。B工場は280m³強であるが、品質変動を確認するためには十分な出荷実績が得られた。なお、管理区分を明確にするため、Fc100N/mm²コンクリートを両工場から同一日には出荷することは回避した。

生コン工場における出荷試験時刻と、施工現場での荷卸し試験時刻との時間(ここでは、輸送時間と仮定する)を図-4に示す。輸送時間はおおむね安定しており、施工現場に隣接するA工場ではほとんどが45分以内であった。一方、やや離れたB工場でもほとんどが30分から1時間で輸送された。

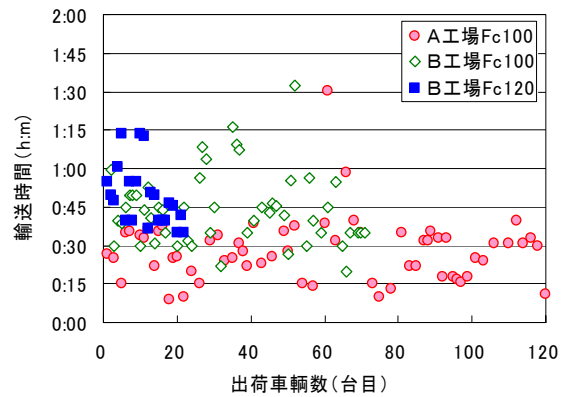


図-4 輸送時間

(4) 施工期間の気象条件

レディーミクストコンクリートを出荷した期間中の気象データについて、施工現場に近く気象条件が比較的似

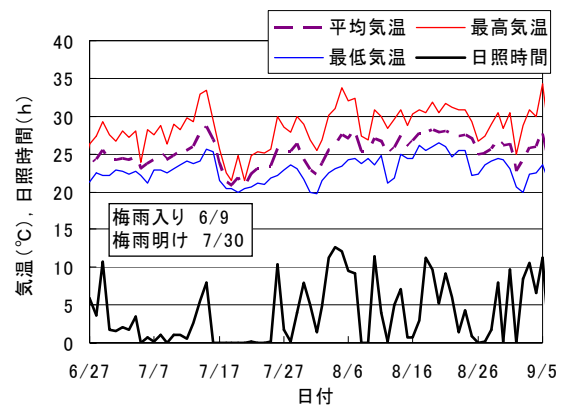


図-5 気象データ(新木場)

表-6 フレッシュ管理結果

			SF (cm)	50cm時間 (sec)	Air (%)	CT (°C)
A工場 Fc100 (出荷120 台)	出荷時 (試験93回)	平均値	70.0	7.7	1.8	32.2
		標準偏差	2.3	2.2	0.3	max 34.5
	荷卸時 (試験64回)	平均値	66.5	7.6	1.6	31.2
		標準偏差	3.9	1.3	0.2	max 34.0
B工場 Fc100 (出荷71台)	出荷時 (試験66回)	平均値	73.3	8.9	1.6	31.5
		標準偏差	1.9	2.2	0.3	max 33.0
	荷卸時 (試験46回)	平均値	67.8	11.2	1.5	31.3
		標準偏差	3.9	3.7	0.3	max 35.0
B工場 Fc120 (出荷22台)	出荷時 (試験20回)	平均値	73.6	13.2	1.5	33.6
		標準偏差	3.6	4.5	0.2	max 36.0
	荷卸時 (試験22回)	平均値	70.5	16.1	1.6	33.2
		標準偏差	4.7	5.5	0.3	max 36.5

ていると考えられるアメダス観測所（新木場）における気象観測データを図-5に示す。2006年は日本の多くの地方で梅雨明けが遅れ、東京地区においても平年より12日遅い7/30に梅雨明けが発表された。気温は梅雨明け前後で大きな差はないが、日照時間は梅雨明け前後で大きな差がみられる。なお、最高気温が30℃を超えた日数は出荷期間の約70日間で23日あり、最も気温が高くなったのは9/5の34.3℃であった。豊洲地区も新木場と同様に臨海部であるため、気温は都心部と比較して若干低い条件であったと考えられる。

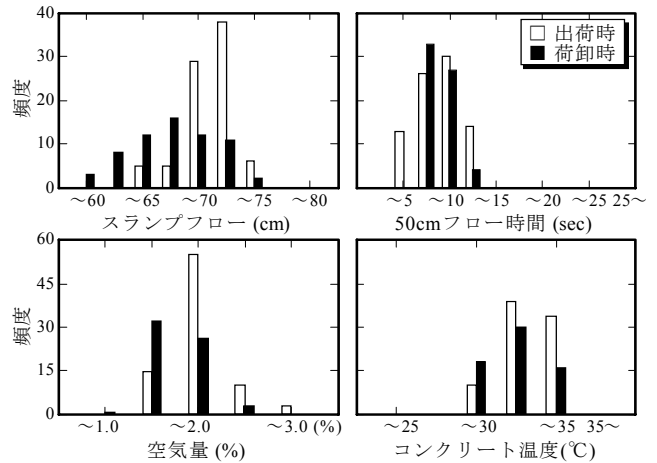
4. 品質管理結果

(1) フレッシュ性状

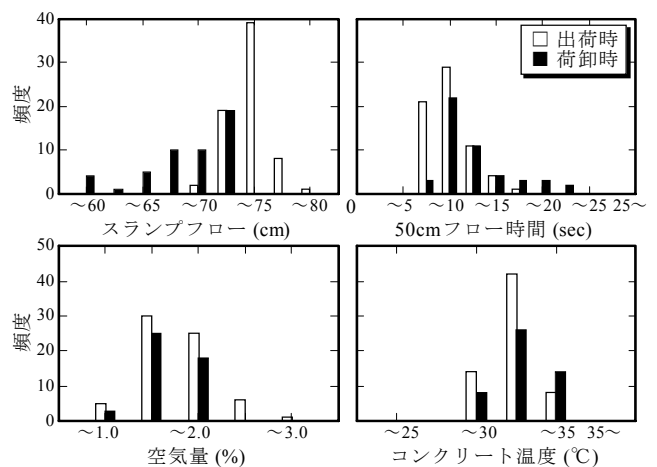
出荷時（生コン工場）と、荷卸し時（施工現場）におけるフレッシュ試験結果を、生コン工場ならびに調査ごとに図-5に、両地点でのフレッシュ試験集計結果を、出荷台数ならびに試験回数とともに表-6に示す。

a) A工場のFc100N/mm²コンクリート

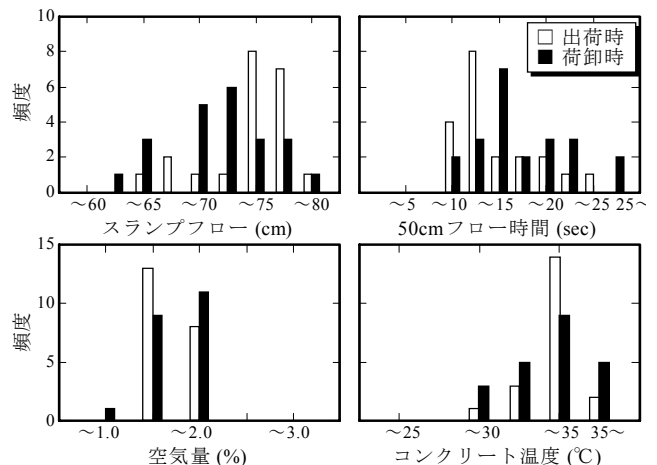
スランプフローは出荷時と荷卸し時ともに、管理範囲である65cm ± 10cmを満足した。スランプフローの分布状況を見ると、出荷時は70cm程度が突出しているが、荷卸し時は全体的にフローロスしてスランプフローが小さくなるとともに分布範囲が広がっている。なお、フローロスの量を表-6における平均値で評価すると3.5cmとなった。50cmフロー時間は、出荷時の4～12秒程度に対し、荷卸し時も6～12秒程度で安定していた。平均値と分布状況は、出荷時と荷卸し時とでほとんど変わらず性状変化が小さい。空気量は、出荷時と荷卸し時ともにほとんどが2.0%以下で安定し、平均値はどちらも目標値である2.0%をわずかに下回った。コンクリート温度は大半が30℃を超え、平均値は31～32℃程度、最高値は34.5℃となった。



(a) 工場A Fc100N/mm²



(b) 工場B Fc100N/mm²



(c) 工場B Fc120N/mm²

図-6 フレッシュ性状

b) B工場のFc100N/mm²コンクリート

スランプフローは、出荷時は75cmを超える結果もあるが、荷卸し時は管理範囲の65cm ± 10cmを満足した。スランプフローの分布状況を見ると、出荷時はほとんどが70～75cmであるが、荷卸し時は分布幅が広がり

形状にも偏りがみられる。フローロスの量を平均値より評価すると、5.5cmとA工場よりやや大きくなったが、これは輸送時間の差によると考えられる。50cmフロー時間は、出荷時と荷卸し時ともに10秒前後の頻度が高いが、分布範囲は6~20秒程度と幅広くなった。特に、荷卸し時では20秒を超える結果もあり、粘性の増加が目立っている。空気量は、出荷時と荷卸し時ともに安定しており、目標値である1.5%とほぼ一致した。コンクリート温度は、平均値は31℃程度、最高値は35.0℃であった。

c) B工場のFc120N/mm²コンクリート

スランブフローは、フローロスを見込んでほとんどを70cm以上で出荷し最大値は78.5cmであった。なお、フローロスを平均値の差で評価すると約3cmとなっている。分布状況は、A工場のFc100N/mm²コンクリートと同様に、荷卸し時では全体的に小さくなるとともに分布範囲が広がっている。50cmフロー時間は出荷時では10秒前後、荷卸し時では15秒程度が最頻値となったが、分布幅は6~20秒程度と幅広く分布し、平均値の差は約3秒となった。50cmフロー時間の分布状況は、B工場のFc100N/mm²コンクリートと同様に偏っている。空気量は、出荷時と荷卸し時ともに安定し、平均値はいずれも目標値である1.5%とほぼ一致した。コンクリート温度の最頻値は32.5~35℃と全体的に高く、最高値は36.5℃に達した。

JIS A 5308 やJASS 5では、フレッシュコンクリートの温度は5℃以上35℃以下と規定されているが、今回使用したコンクリートは、コンクリート温度40℃以下の条件で大臣認定を取得している。近年の温暖化や高強度コンクリートの練り時間の長時間化を勘案すると、最高温度35℃以下の規定を満足できない事例は増加すると予想される。また、今回のフレッシュ試験の結果の範囲では、Fc100N/mm²コンクリートのコンクリート温度は35℃以下であったが、極暑期の場合は35℃を超える事例も発生することが予想される。

(2) 経時変化

2工場より出荷したコンクリートについて、調査ごとに性状変化量を出荷台数、荷卸し時のコンクリート温度で整理した結果を図-7に示す。

a) A工場のFc100N/mm²コンクリート

出荷台数との関係として、スランブフローは出荷台数に関係なく運搬中に低下し、なかには10cm以上フローロスするデータもみられた。50cmフロー時間については、出荷時よりも荷卸し時のほうが早いデータもみられ、特に出荷の初期段階ではすべてが早まった。この理

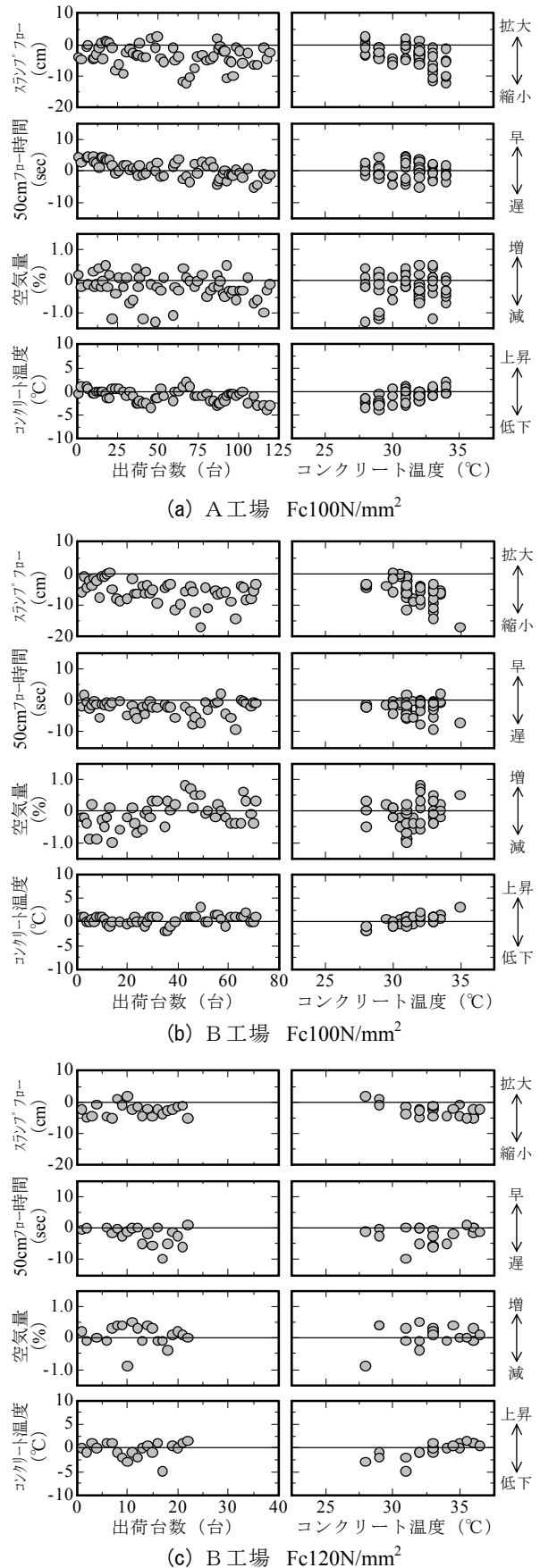


図-7 フレッシュコンクリートの性状変化

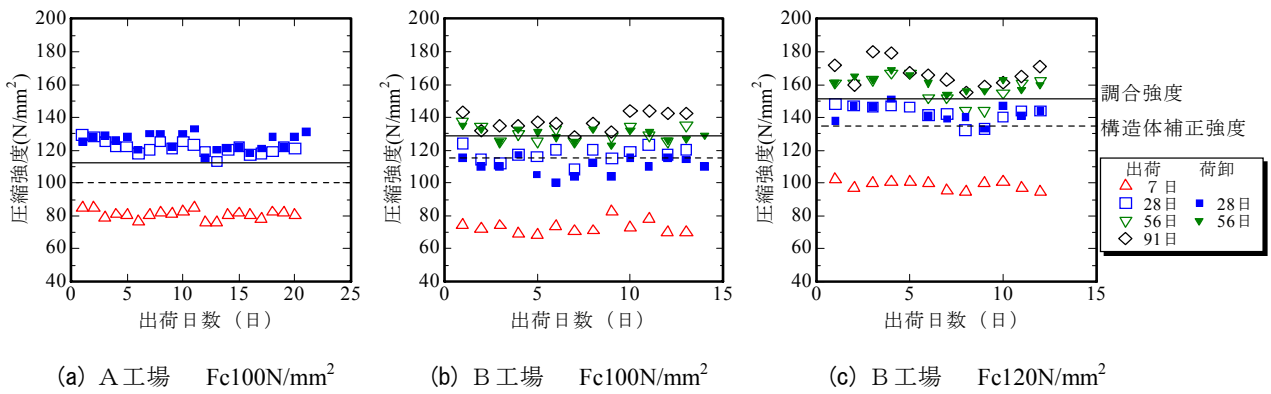


図-8 出荷日ごとの圧縮強度

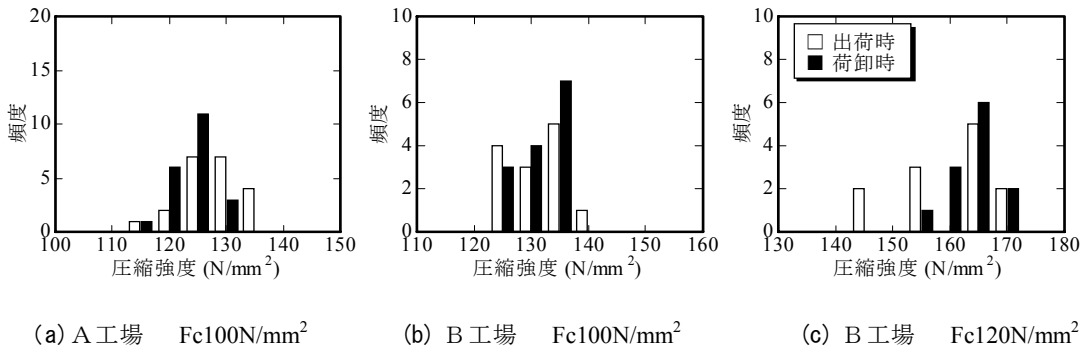


図-9 圧縮強度試験結果の分布

由として、高性能減水剤の効果が少し時間がたった頃に強く現れる後効き状態にあり、運搬時間の短いA工場では50cmフロー時間が早まったことが考えられる。また、出荷期間の途中で梅雨明け(65台目)を迎えたが、スランプフローや50cmフロー時間のどちらも梅雨明けとの関連性は明瞭でなかった。空気量はほとんど変化しないが、1.0%以上低下する事例がみられた。また、コンクリート温度は若干低下することが多かった。

荷卸し時のコンクリート温度との関係としては、温度が高いほどスランプフローは低下し、コンクリート温度は上昇する傾向があった。一方、50cmフロー時間ないし空気量について傾向は確認できなかった。

b) B工場のFc100N/mm²コンクリート

スランプフローは低下し50cmフロー時間は遅くなった。出荷台数との関係として、フローロス出荷を重ねるとともに若干増加する傾向がみられたが、梅雨明けとなった23台目前後で急激な変化は確認できない。空気量やコンクリート温度の変化に傾向は確認できなかった。

コンクリート温度で整理すると、温度が高いほどスランプフローが低下し、50cmフロー時間が遅くなるデータが目立つ。空気量には傾向はみられないが、コンクリート温度は上昇する傾向がみられた。

c) B工場のFc120N/mm²コンクリート

B工場のFc120N/mm²コンクリートをみると、スランプフローは小さく、50cmフロー時間は遅くなった。特

表-7 圧縮強度試験結果

		出荷時				荷卸時			
		7日	28日	56日	91日	7日	28日	56日	91日
A工場 Fc100	平均値(N/mm ²)	81.2	122	—	—	81.5	125	—	—
	標準偏差(N/mm ²)	3.5	3.8	—	—	6.3	5.0	—	—
	変動係数(%)	4.3	3.1	—	—	7.7	4.0	—	—
B工場 Fc100	平均値(N/mm ²)	72.8	117	130	137	—	110	129	—
	標準偏差(N/mm ²)	4.0	4.4	4.5	5.3	—	5.2	3.8	—
	変動係数(%)	5.5	3.8	3.5	3.8	—	4.7	3.0	—
B工場 Fc120	平均値(N/mm ²)	98.6	142	157	167	—	142	161	—
	標準偏差(N/mm ²)	2.7	5.2	8.0	7.8	—	5.1	4.7	—
	変動係数(%)	2.8	3.7	5.1	4.7	—	3.6	2.9	—

に梅雨明け後の13台目以降では、50cmフロー時間の変化量が大きくなり、なかでも極端に遅くなる結果が目立つ。Fc120N/mm²コンクリートは、夏期の直射日光がフロー時間の遅れに影響を与えたことが考えられる。空気量はやや増加するが、コンクリート温度はほとんど変化しなかった。

コンクリート温度との関係としては、コンクリート温度が高いほどスランプフローは小さくなった。フロー時間や空気量に明確な傾向はないが、コンクリート温度は上昇傾向にあった。

(3) 圧縮強度

出荷日ごとの圧縮強度試験結果を図-8に、分布状況を図-9に、そして管理結果を表-7に示す。

a) A工場のFc100N/mm²コンクリート

材齢28日強度は、ほぼ正規分布していると判断でき

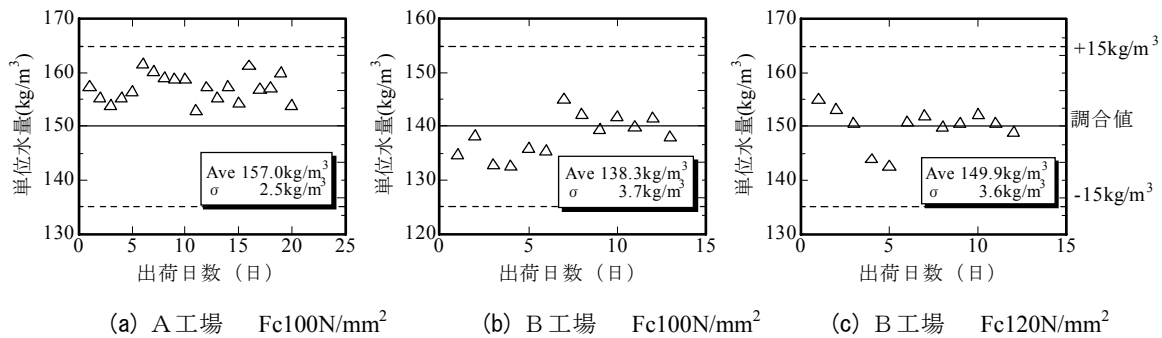


図-10 単位水量測定結果

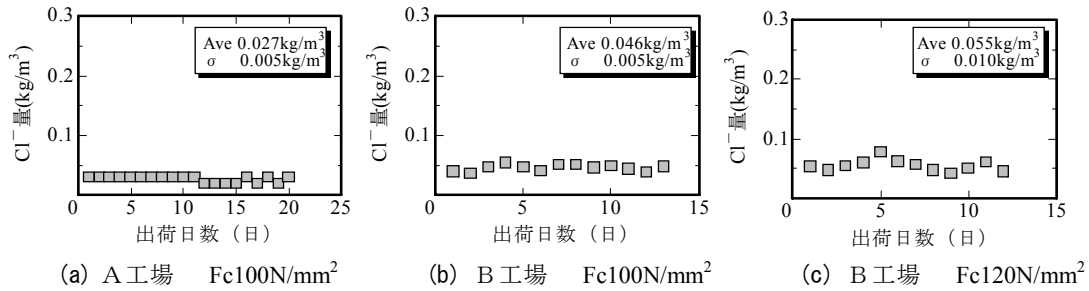


図-11 塩化物イオン量測定結果

る。また、すべての試験結果が調合強度の 112N/mm^2 を上回ったが、これは、調合算定式として試験結果の強度回帰式ではなく95%信頼区間の下限式を用いたことによる。強度回帰式から算出される圧縮強度は、 121N/mm^2 であることから、表-6に示す出荷時の 122N/mm^2 と荷卸し時の 125N/mm^2 は想定どおりの強度が得られたと判断できる。材齢28日の変動係数は出荷時で 3.1%、荷卸し時で 4.0% といずれも設定の 6.0% を満足した。

b) B工場のFc100N/mm²コンクリート

材齢56日強度は調合強度である 129N/mm^2 を挟んで分布した。頻度はほぼ均等となったが、最頻値はやや高強度側にみられた。表-7をみると、材齢56日圧縮強度の平均値は出荷時で 130N/mm^2 、荷卸し時で 129N/mm^2 となった。強度回帰式をそのまま調合算定式として用いたためどちらも調合強度と一致し、想定どおりの強度が得られたと判断できる。また、使用するコンクリートの圧縮強度は、材齢28日の時点で構造体補正強度（指定強度）である 115N/mm^2 までほぼ到達していた。圧縮強度試験結果の日間変動係数は、材齢7日では 5.0% を超えたが、材齢28日以降では 5.0% 未満となり安定していた。

c) B工場のFc120N/mm²コンクリート

材齢28日の時点で構造体補正強度である 135N/mm^2 をほとんどが上回り、材齢56日になると試験結果の分布範囲は調合強度である 151N/mm^2 よりもやや高かった。頻度が最大となった強度は 160N/mm^2 を超え、分布状況は全体的に高強度側に偏っている⁸⁾。表-7をみると、材齢56日圧縮強度の平均値は、出荷時で 157N/mm^2 、荷卸し

時では 161N/mm^2 とどちらも調合強度を上回った。圧縮強度の日間変動係数は、出荷時の材齢56日が最も大きく 5.1% となったが、ほとんどが 4.0% 以下であった。

(4) 単位水量

単位水量は、出荷時に生コン工場にて試料を採取し、高周波加熱乾燥法によって測定を行った。なお、測定には10分程度を要するが、運搬時間中に測定を実施しその変動を確認した。単位水量の測定結果を図-10に示す。

A工場の Fc100N/mm² コンクリートの測定結果の平均値は 157kg/m^3 であり、調合上の値 (150kg/m^3) に対しやや高めとなったが、分布幅は平均値から $\pm 5.0\text{kg/m}^3$ 程度の範囲で安定しており、全体としても調合値に対して $\pm 15\text{kg/m}^3$ を外れることはなかった。

B工場の Fc100N/mm² コンクリートは調合上の値 (140kg/m^3) を挟んでその上下に分布していた。分布幅も $\pm 7.5\text{kg/m}^3$ 程度の範囲に収まり安定していた。

B工場の Fc120N/mm² コンクリートについても、測定結果は調合上の値 (150kg/m^3) の上下に分布し、その変動幅も $\pm 7.5\text{kg/m}^3$ 程度の範囲にあり安定していた。

単位水量は、工場ごとに分布状況に相違はあるが、変動として評価した場合は小さく安定しており、実際のコンクリートにおいても単位水量の変動は小さかったと考えられる。

(5) 塩化物イオン量

塩化物イオン量は、出荷時に生コン工場にて試料を採

取し、電量滴定法により測定した。塩化物イオン量の測定結果を図-11に示す。

いずれの生コン工場や調合においても、コンクリート中の塩化物イオン量は、高強度コンクリートの規定値である 0.30kg/m^3 を大きく下回っていた。使用材料が含む塩化物イオンの平均値とそれぞれの単位量をもとに算出した塩化物イオン量は、A工場の $\text{Fc}100\text{N/mm}^2$ コンクリートでは 0.087kg/m^3 、B工場の $\text{Fc}100\text{N/mm}^2$ コンクリートでは 0.062kg/m^3 、B工場の $\text{Fc}120\text{N/mm}^2$ コンクリートでは 0.093kg/m^3 となり、それぞれの結果の平均値より相当大きい。今回、すべての測定結果が算出値より小さくなる理由として、高強度コンクリートではブリーディングがなく、測定用のサンプル水を得ることが困難であることや、材料中の塩化物イオンのすべてが可溶成分でないこと、可溶成分であってもすぐさま溶出しないことが考えられる⁹⁾。

5. まとめ

2006年6月末から9月上旬にかけて、東京都内の生コン工場2工場より $\text{Fc}100\text{N/mm}^2$ 以上の超高強度コンクリートを出荷し、現場打設を行った。以下に、結果を示す。

- ① フレッシュ性状はおおむね安定し、強度や施工性を考慮し設定した管理範囲にあった。全体的に変動も小さかったが、荷卸し時のスランプフローは若干ばらつきが見られた。
- ② フレッシュ性状の変化として、スランプフローは3～5cm程度ロスし、50cmフロー時間は若干遅くなるとともにばらつきが大きくなる傾向が確認された。
- ③ 圧縮強度は出荷時・荷卸し時ともに安定していた。変動係数は3.0～5.0%程度で、大臣認定取得に当たり想定した6.0%を下回った。
- ④ 圧縮強度はすべて構造体補正強度を満足した。
- ⑤ 単位水量測定結果は安定していた。
- ⑥ 塩化物イオン量は規定の 0.30kg/m^3 を大きく下回った。

今回、すべてのコンクリートが設定した管理値や圧縮強度を満足した。また、脱枠後のコンクリート表面にも充填不良箇所はみられなかったことから、仕上がりと強度ともに高品質なコンクリートを施工できたと考えられる。

謝辞：本検討を行うに当たりデータの収集にご協力いただきました本店建築技術部、東京建築支店豊洲2丁目作業所、住友大阪セメント(株)、東京エスオーシー(株)芝浦工場、そして晴海小野田レミコン(株)の諸氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事，2003
- 2) 日本工業規格：JIS A 5308 レディーミクストコンクリート，2003
- 3) 日本建築学会：高強度コンクリート施工指針・同解説，2005
- 4) 蓮尾ほか：超高強度コンクリートの実用化に関する研究，三井住友建設技術研究所報告，No.1, pp.69-74, 2003
- 5) 西本ほか： $\text{Fc}150\text{N/mm}^2$ 級高強度コンクリートの実用化に向けての検討，三井住友建設技術研究所報告，No.4, pp.113-118, 2006
- 6) 小出，河上ほか： $\text{Fc}150\text{N/mm}^2$ 級高強度コンクリートの実用化に関する研究（その1）実験概要とフレッシュ性状，（その2）強度発現と強度補正值，日本建築学会大会学術講演梗概集，A-1, pp.55-58, 2006
- 7) 小出ほか： 150N/mm^2 級高強度コンクリート用シリカフェームスラリー，セメント・コンクリート論文集，No.60，pp.454-461，2006
- 8) 鈴木ほか：コンクリート圧縮強度レベルと確率分布形状，日本建築学会構造系論文集，No.578, pp.1-6, 2004.4
- 9) 寺内ほか：希釈法による超高強度コンクリートの塩化物イオン濃度試験に関する研究，日本建築学会構造系論文集，No.614, pp.17-22, 2007.4