

[218] スランプロス低減型高性能減水剤を用いた高強度コンクリートの超高層 RC 建築への適用

正会員 ○和 美 広 喜 (鹿島建設技術研究所)

金 子 宏 (鹿島建設建築本部)

正会員 岡 本 公 夫 (鹿島建設技術研究所)

正会員 亀 田 泰 弘 (神奈川大学工学部)

1. はじめに

RC超高層集合住宅において初めて設計基準強度 $390\text{kgf}/\text{cm}^2$ と $420\text{kgf}/\text{cm}^2$ の高強度コンクリートが採用された。このような高強度コンクリートの場合には、水セメント比が35%近くになり単位セメント量が非常に多くなる。このようなコンクリートを流動化コンクリートとした場合は、ベースコンクリートのスランプロスと品質変動の問題があり、高性能減水剤を使用した時には輸送中のスランプロスの問題がある。

従って、本工事では、これらの問題を解決するために生コン工場のミキサで全材料を完全に練り混ぜ、しかも輸送中のスランプロスができるだけ少なくなるようなスランプロス低減型高性能減水剤を使用した。

本報告は、工事開始前に実施したコンクリートの調査設計資料を得るための試験結果と実際の工事における品質管理結果について述べるものである。

2. 建物概要

建物は、地上30階(最高高さ96.85m)のRC造純ラーメン構造の超高層集合住宅である。

コンクリートの設計基準強度は、図-1に示すように1階柱~3階梁・床まで $420\text{kgf}/\text{cm}^2$ 、3階柱~6階梁床まで $390\text{kgf}/\text{cm}^2$ で上階になるに従って小さくなっている。

コンクリートの打込みは、分割打設工法とし、一フロアの施工開始より4日目に柱コンクリートをバケットで打込み、その後梁・床鉄筋を配筋して8日目に梁・床コンクリートをコンクリートポンプで打込んだ。

3. コンクリートの品質管理規準

表-1にコンクリートの品質管理規準を示す。コンクリートの強度判定は、表-2によって行った。

4. 使用材料

使用材料は次のとおりである。

- (a) セメント：普通
ポルトランドセメント(○社製)，
比重：3.16

- (b) 細骨材：君津産

表乾比重2.59，吸水率1.28，粗粒率2.68

- (c) 粗骨材：硬質砂岩碎石(八王子産)，表乾比重2.68
吸水率1.41，実積率59.4%

- (d) AE減水剤：リグニンスルホン酸塩系(S社製)

- (e) 高性能減水剤：特殊水溶性高分子化合物とポリアル

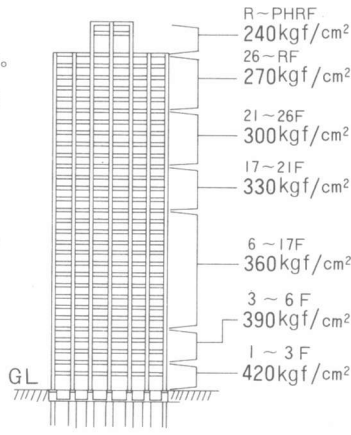


図-1 RC超高層集合住宅の設計基準強度

表-1 コンクリートの品質管理規準

管理項目		規 準 値
フレッシュコンクリートの品質	スランプ	15cm
	空気量	3.0%
	コンクリート温度	打込み時35℃以下
運 搬 時 間		25℃未満 90分 25℃以上 60分
強度管理	構造体コンクリート強度	(現場水中養生、材令28日、平均値) 1. 設計基準強度に対する不良率を2.3%以下にする。 2. 強度下限値を設計基準強度の90%とする

表-2 コンクリートの強度判定

検査対象	試験回数	判定式	検 査 特 性
標準養生	3	$\bar{x} - 1.55\sigma \geq F_0$	生産者危険 5% 施工者危険 10% 合格ロットの不良率0.62%
構造体コンクリート	3	$\bar{x} - 1.05\sigma \geq F_0$	生産者危険 5% 施工者危険 10% 合格ロットの不良率2.3%
	6	$\bar{x} - 1.33\sigma \geq F_0$	生産者危険 5% 施工者危険 10% 合格ロットの不良率2.3%
圧縮強度の平均値 $\bar{x} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$ or $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ 調査設計に用いた標準偏差: σ 設計基準強度: F_0			

キラルリスホン酸塩系 (D社製,

以下DX-5と略す)

5. 調査設計のための試験

5.1 試験内容

DX-5を用いたコンクリートの基本的性質 (凝結, ブリージング, 圧縮強度, 静弾性係数) に関する試験と練りまぜ方法及び輸送によるスランブ変化を調べるための試験を行った。輸送によるスランブ変化の試験は, 実際に使用する生コン工場のミキサでコンクリートを製造し, ミキサ車で現場まで輸送して行った。

5.2 コンクリートの計画調査

表-3にコンクリートの計画調査を示す。DX-5の添加量は, 単位水量に含むものとした。

5.3 試験項目及び試験方法

(a) 凝結試験

凝結試験は, JIS A 6204の附属書1によった。

(b) ブリージング試験

ブリージング試験は, JIS A 1123によった。

(c) 圧縮強度・静弾性係数

圧縮強度は, JIS A 1108によった。静弾性係数は, JIS原案の「コンクリートの静弾性係数試験方法(案)」によった。

(d) 練りまぜ方法試験

DX-5の添加時期がコンクリートのスランブに与える影響を知るために, DX-5を同時添加した場合とDX-5の添加までのベースコンクリートの練りまぜ時間を15~120秒の範囲で変えて練りまぜ試験を行った。ミキサは, 実験室の一軸強制型ミキサ(容量100ℓ)で行い, DX-5添加後の練りまぜ時間は, 同時添加で120秒, DX-5添加後60秒である。

(e) 輸送によるスランブ変化試験

現場までの輸送時間20~90分の間におけるスランブの変化を知るために, DX-5の添加量を1.1~1.35%まで変えて輸送試験を行った。

生コン工場のミキサは, 二軸強制型であり, 練りまぜ時間は, ベースコンクリートを30秒練りまぜDX-5添加後30秒練りまぜた。試験は, 4.5㎡のミキサ車約20台について行った。

5.4 試験結果及び考察

(a) 凝結

図-2にコンクリートの凝結試験結果を示す。

DX-5の添加量0.8%と1.2%の場合の凝結時間は, AE減水剤コンクリート(W/C=38%)よりもやや早くなっている。

DX-5の添加量が1.4%の場合には, 水セメント比の低減効果よりもDX-5の凝結遅延効果が大きくなり, AE減水剤コンクリートよりやや遅れている。

表-3 コンクリートの計画調査

試験項目	調合No	水セメント比 (%)	スランブ (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m³)	単位セメント量 (kg/m³)	細骨材量 (kg/m³)	粗骨材量 (kg/m³)	AE減水剤 (kg/m³)	DX-5 (%)
凝結 ブリージング	1	38	15	3	37.0	190	500	596	1054	1,250	0
	2	34	15	3	37.0	170	500	616	1087	1,250	0.8
	3	33	15	3	37.0	165	500	619	1098	1,250	1.2
	4	32	15	3	37.0	160	500	624	1106	1,250	1.4
	5	31	15	3	37.0	155	500	629	1114	1,250	1.8
圧縮強度 静弾性係数	6	40	15	3	39.0	168	420	676	1098	1,050	1.2 1.3
	7	37	15	3	37.5	171	462	636	1098	1,155	1.2 1.3
	8	35	15	3	35.9	175	500	593	1098	1,250	1.2 1.3
	9	32	15	3	32.7	183	572	513	1098	1,430	1.2 1.3
練りまぜ	10	35	—	3	37.0	169	483	662	1093	1,208	1.2 1.3
輸送	11	35	15	3	37.0	169	483	662	1093	1,208	1.10~ 1.35

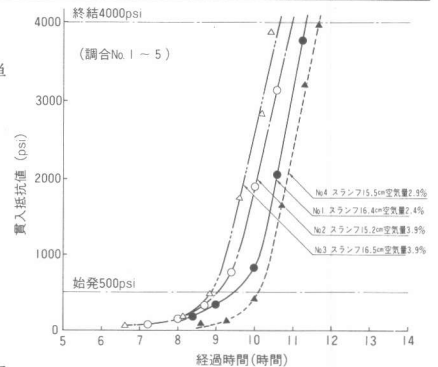


図-2 凝結試験結果

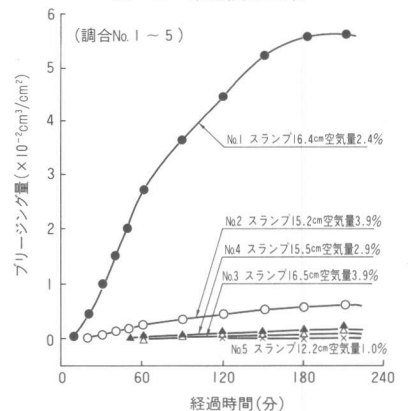


図-3 ブリージング試験結果

(b) ブリージング

図-3にコンクリートのブリージング試験結果を示す。

DX-5を添加したコンクリートのブリージング量は、AE減水剤コンクリートに対して著しく少なく、 $0.005\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 以下であった。

(c) 圧縮強度・静弾性係数

図-4にセメント水比と圧縮強度の関係、図-5に圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。

(d) 練りやぜ方法

図-6にDX-5添加前のベースコンクリートの練りまぜ時間と添加後のスランプの関係を示す。

これより、DX-5を全材料と同時に添加し練りまぜた場合には、スランプが8~10cm程度であるが、ベースコンクリートを練りまぜながらDX-5を添加する時差添加方式は、スランプの増大効果が大きい。

従って、実際の生コン工場で練りまぜる場合、あらかじめこれらの特性を調べて、練りまぜ時間を定めておく必要がある。

(e) 輸送によるスランプ変化

図-7に実際の生コン工場で練りまぜミキサ車で輸送した場合の経過時間によるスランプの変化を示す。

スランプは、経過時間30分程度でほとんどのものが出荷時よりも少し大きい傾向となっている。これは、コンクリート練りまぜ初期においては、DX-5の特殊水溶性高分子化合物の分散作用により、時間が経過するとポリアルキルアリルスルホン酸塩の分散作用によりスランプロスが抑制されているものと考えられる。

6. 実際の工事における品質管理結果

6.1 コンクリートの計画調査及び製造方法

表-4にコンクリートの計画調査を示す。

本工事では、設計基準強度 $360\text{kgf}/\text{cm}^2$ の場合も冬期における温度による強度補正によって設計基準強度 $420\text{kgf}/\text{cm}^2$ の場合と同じ調査となるので14階まで本調査を使用した。

コンクリートの製造は、二軸強型ミキサを用い、ベースコンクリートを30秒練りまぜ、DX-5を時差添加し30秒練りまぜた。

表-4 コンクリートの計画調査

打込み箇所	スランプ(cm)		空気量 (%)	配合率 (%)	単位水量 (kg/m^3)	セメント量 (kg/m^3)	粗骨材量 (kg/m^3)	AE減水剤 (kg/m^3)	DX-5 (%)
	ベース	荷加し							
1、2階柱	2.5	15	3	37.0	169	483	662	1093	1,208 1.20 1.30
2階床梁 3~14柱・梁・床	2.5	16	3	36.4	172	492	606	1093	1,230 1.20 1.34

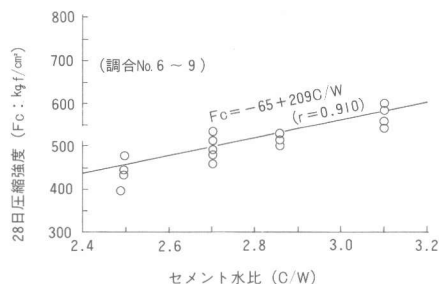


図-4 セメント水比と28日圧縮強度の関係

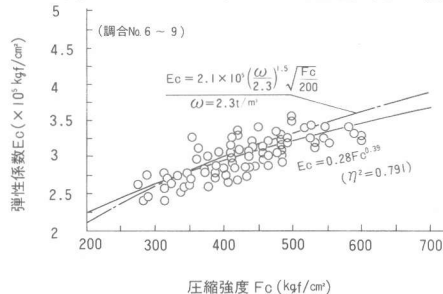


図-5 圧縮強度と静弾性係数の関係

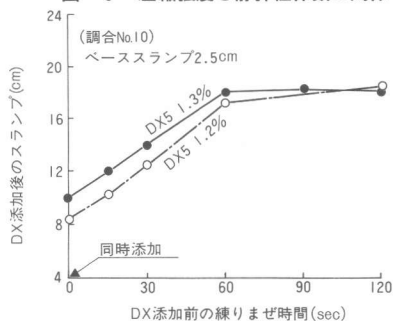


図-6 DX-5添加前の練りまぜ時間と添加後のスランプの関係

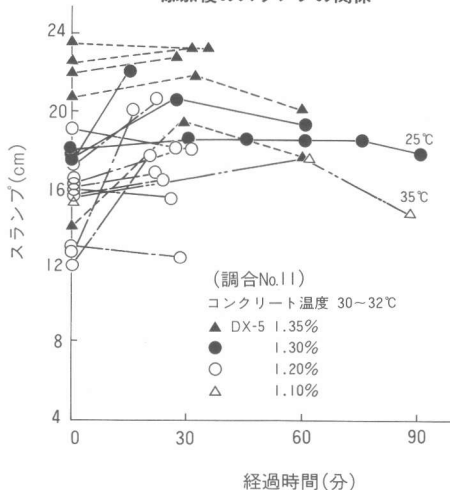


図-7 経過時間とスランプの関係

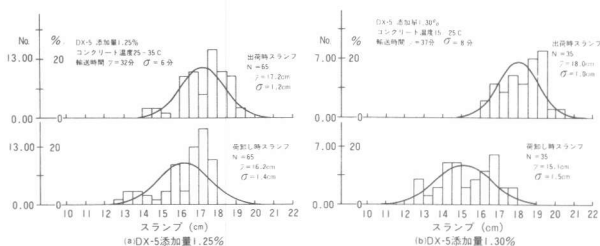


図-9 出荷時及び荷卸し時のスランプ分布

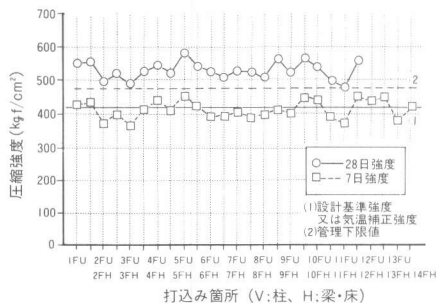


図-11 標準養生供試体の圧縮強度管理グラフ

6.2 スランプの管理結果

図-8に荷卸し時スランプの管理グラフを示す。

スランプは、 15 ± 2.5 cmの規準値を満足した。

図-9の(a)に(DX-5添加量1.25%, コンクリート温度25~35°C)の場合、(b)に(DX-5添加量1.30%, コンクリート温度15~25°C)の場合の出荷時及び荷卸し時のスランプの分布を示す。

図-10(2~6階打込み時)に圧送前後のスランプの関係を示す。

輸送中のスランプの低下は、DX-5 1.25%で平均1cm(輸送時間平均=32分, 標準偏差=6分), DX-5 1.30%で平均3cm程度(輸送時間平均=37分, 標準偏差=8分)であった。

圧送によるスランプの変化は、ほぼ ± 1.5 cmであった。

6.3 圧縮強度の管理結果

図-11、図-12に標準養生供試体及び構造体コンクリートの圧縮強度の管理グラフを示す。いずれも管理規準を満足している。

図-13に積算温度と圧縮強度の関係を示す。

構造体コンクリート強度(現場水中養生)は、試し練り時の強度(標準養生)に対してやや低めとなっていた。

7. むすび

スランプロス低減型高性能減水剤を用いることによってRC超高層集合住宅としては初めて設計基準強度 390 kgf/cm^2 , 420 kgf/cm^2 の高強度コンクリートを施工することができた。

本工事にあたって御協力いただいた第一工業製薬(株)及び内山コンクリート工業(株)の関係者に感謝致します。

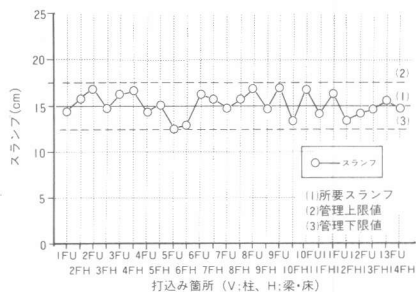


図-8 荷卸し時のスランプの管理グラフ

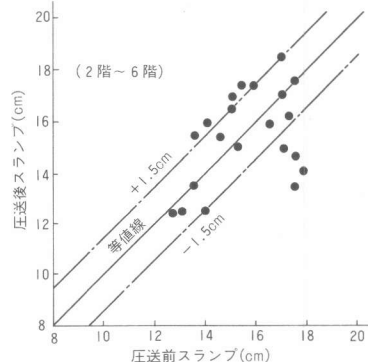


図-10 圧送前後のスランプの関係

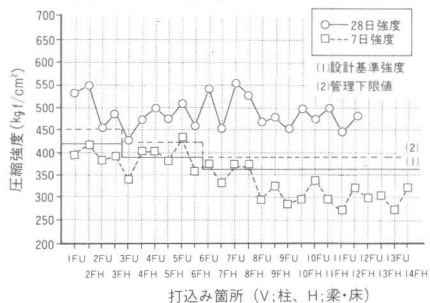


図-12 構造体コンクリートの圧縮強度管理グラフ(現場水中養生)

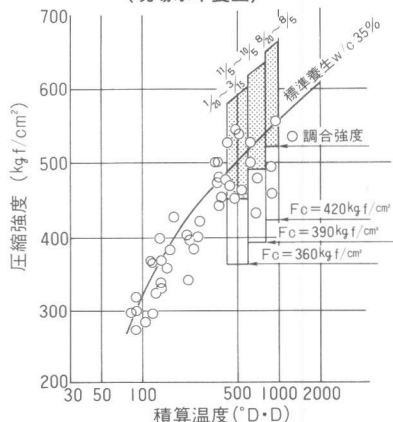


図-13 積算温度と圧縮強度の関係