

# 構造体コンクリートの品質管理に関する一考察

## - ジェットヒータによる養生を行った高性能AE減水剤コンクリートの場合 -

日大理工(院) 大塚秀三 飛坂技術士事務所 飛坂基夫  
 ものつくり大 中田善久 前足利工業大学 毛見虎雄  
 ものつくり大(学部) 浦部冨英 岩堀建設工業㈱ 佐々木保吉

### 1. はじめに

現場における構造体コンクリート強度の管理は、一般的に荷卸し時点で採取された試料の圧縮強度により確認されており、不良率の存在を包含したうえでその妥当性は揺るぎないものとなっている。従って、現場における強度管理は、特殊なコンクリートを除いてコンクリートの練上がりから構造体コンクリートに至る各工程においてデータを収集し、精査されることは少なく、不具合が生じた場合に材料以外の施工などの要因を特定することが困難となる。

そこで、本報告は、中規模の鉄筋コンクリート造建築物の施工における現場打設コンクリートについて、現場において採用された強度管理に加えて、練上がりから構造体コンクリートまで試料を採取し、強度性状を調べるとともに強度推定試験も適用して複合的に確認することによって、強度管理を試みた結果を報告する。

ここでは、ジェットヒータを用いた養生(以下、ジェットヒータ養生とする)を行った場合の強度性状について確認した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 対象建築物およびジェットヒータによる養生の概要

対象とした建築物は、延べ床面積が約4,050m<sup>2</sup>、3階建て、壁厚200mmの鉄筋コンクリート造ラーメン構造であり、供試体の採取は各階の同一部位において行った。ジェットヒータ養生は、写真1に示すように水道水で満水にしたスチール缶をジェットヒータで加熱し、水蒸気を放散するもので、簡易的な高温湿潤養生に類する養生方法であるといえる。特に、冬期におけるコンクリート打設に際して強度発現が遅延する状態を改善する方策として、現場において経験的に有効とされており、本現場ではコンク

リートの打設後、8時間程度経過してから開始し、16時間継続的に行った。なお、養生中は、打設部位の周囲に外気の影響を排除するためのブルーシートで養生した。

#### 2.2 現場打設されたコンクリートの概要

コンクリートの使用材料を表1、調合を表2に示す。現場打設されたコンクリートは、設計基準強度 $F_c=24(N/mm^2)$ に気温による補正值 $T=6(N/mm^2)$ を加算して調合強度を $33(N/mm^2)$ としたものであり、呼び名(普通33-18-20N)である。また、フレッシュコンクリートの性状に対する目標値をスランプ $18 \pm 2.5cm$ 、空気量を $4.5 \pm 1.5\%$ としたものである。なお、コンクリートの打込みには、各階ともブーム付コンクリートポンプ車を使用した。

#### 2.3 強度管理方法および検討項目

現場で採用された強度管理材料は、現場水中養生で材齢28日である。本検討では、これに加えて

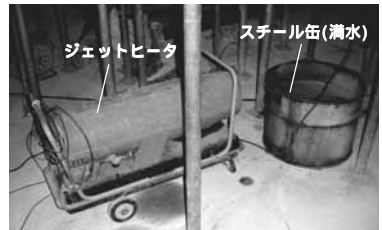


写真1 ジェットヒータ養生の状況

表1 コンクリートの使用材料

材料	種類	品質・特性・主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm <sup>3</sup>
水	地下水	-
細骨材	S1 栃木県安蘇郡田沼町産砕砂	表乾密度: 2.61g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 2.99%, 吸水率: 1.14%, 微粒分量: 0.51%
	S2 千葉県香取郡大栄町産陸砂	表乾密度: 2.63g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 1.55%, 吸水率: 1.49%, 微粒分量: 0.96%
粗骨材	G1 栃木県安蘇郡田沼町産砕石2005	表乾密度: 2.65g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 6.65%, 実積率: 60.9%, 吸水率: 0.27%
	G2 埼玉県秩父郡横瀬町産石灰砕石2005	表乾密度: 2.70g/cm <sup>3</sup> , 粗粒率: 6.65%, 実積率: 60.5%, 吸水率: 0.40%
混和剤	高性能AE減水剤	ポリカルボン酸エーテル系化合物

表2 コンクリートの調合

W/C(%)	S/a(%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
		水	セメント	細骨材		粗骨材		混和剤
				S1	S2	G1	G2	
47.7	46.9	170	357	619	206	667	286	3.93

A Study on Quality Control of Concrete in Structure

-Concrete with Air Entraining and High-range Water Reducing Agents by Jet Heater Curing-

OTSUKA Shuzo, NAKATA Yoshihisa, URABE Sae, Hisaka Motoo, KEMI Torao, SASAKI Yasukichi

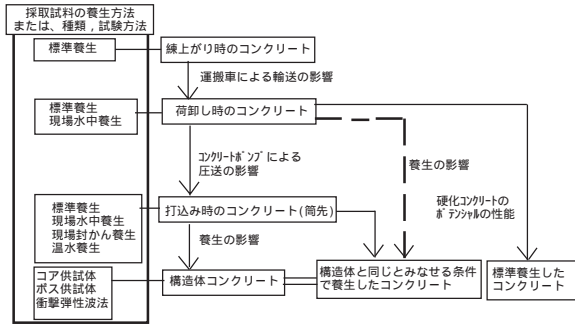


図1 コンクリート強度管理のフローと採取した供試体

図1に示す各工程で1階、2階および3階の図2に示す位置において、外壁を対象に供試体の採取を行った。各工程における強度性状を確認するために、表3に示すように、(1)運搬車による輸送の影響、(2)コンクリートポンプによる圧送の影響、(3)強度管理における養生法の影響および(4)構造体コンクリート

強度に関する検討のそれぞれについて、表4に示す材齢および試験方法により圧縮強度を調べた。コア供試体、ボス供試体<sup>2)</sup>の採取および衝撃弾性波法<sup>3)</sup>による強度推定試験は、図2に示すように、外壁の高さ方向で3水準(FL+750, 1,500および2,250mm)の位置において行った。また、ジェットヒータ養生期間中は、躯体内部温度(FL+750, 1,500および2,250mmの位置)、打設部位周辺の室温および外気温の測定を行った。なお、荷卸し時点でスランプ(フロー)、空気量、コンクリート温度についてフレッシュコンクリートの試験を行った。

#### 4. 実験結果および考察

##### 4.1 フレッシュコンクリートの性状および温度測定結果

フレッシュコンクリートの試験結果を表5、温度測定結果を図3に示す。フレッシュコンクリートの性状は、いずれの階数とも目標とした値を全て満足しており、ポンプ圧送およびコンクリート温度の違いによる影響は見られなかった。室温は、ジェットヒータ養生中において外気温より最大で15程度上昇した。これに伴い、壁内のコンクリート温度も同様に上昇し、温度履歴は壁上>壁中>壁下の順であり、いずれも徐々に外気温に追従する。壁の高さ

表3 検討項目および対象とする供試体・試験方法

検討項目	対象とする供試体・試験方法
(1)運搬車による輸送の影響	練上がり時と荷卸し時のコンクリートを標準養生供試体( )により比較
(2)コンクリートポンプによる圧送の影響	荷卸し時と筒先のコンクリートを標準養生供試体( )により比較
(3)強度管理における養生法の影響	・荷卸し時における標準養生( )および現場水中養生( ) ・筒先における標準養生( )、現場水中養生( )および温水養生( )の各供試体により比較
(4)構造体コンクリート強度に関する検討	・筒先における現場封かん養生( )とコア供試体の比較 ・ボス供試体および衝撃弾性波法のコア供試体との比較

表中( )内の数字は、図1中の数字である

表4 強度性状に関する試験概要

試験対象	試験項目	試験体形状(cm)	試料採取実施時期	養生方法	試験材齢(日)				試験方法
					7	28	56	91	
管理用供試体	圧縮強度	10 × 20	出荷	標準	-	-	-	-	JIS A 1108
				現場水中	-	-	-	-	
			筒先	標準	-	-	-	-	JIS A 1108 JIS A 1149
				現場封かん	-	-	-	-	
				現場水中	-	-	-	-	
			コア供試体	硬化後	-	-	-	-	JIS A 1107
温水養生供試体	筒先	10 × 20	筒先	温水(40 ± 1)	-	-	-	JIS A 1805	
ボス供試体	打込み	10 × 10 × 20	打込み	-	-	-	-	文献2	
構造体壁面	硬化後	-	硬化後	-	-	-	-	衝撃弾性波法 <sup>3)</sup>	

強度に関する検討のそれぞれについて、表4に示す材齢および試験方法により圧縮強度を調べた。コア供試体、ボス供試体<sup>2)</sup>の採取および衝撃弾性波法<sup>3)</sup>による強度推定試験は、図2に示すように、外壁の高さ方向で3水準(FL+750, 1,500および2,250mm)の位置において行った。また、ジェットヒータ養生期間中は、躯体内部温度(FL+750, 1,500および2,250mmの位置)、打設部位周辺の室温および外気温の測定を行った。なお、荷卸し時点でスランプ(フロー)、空気量、コンクリート温度についてフレッシュコンクリートの試験を行った。

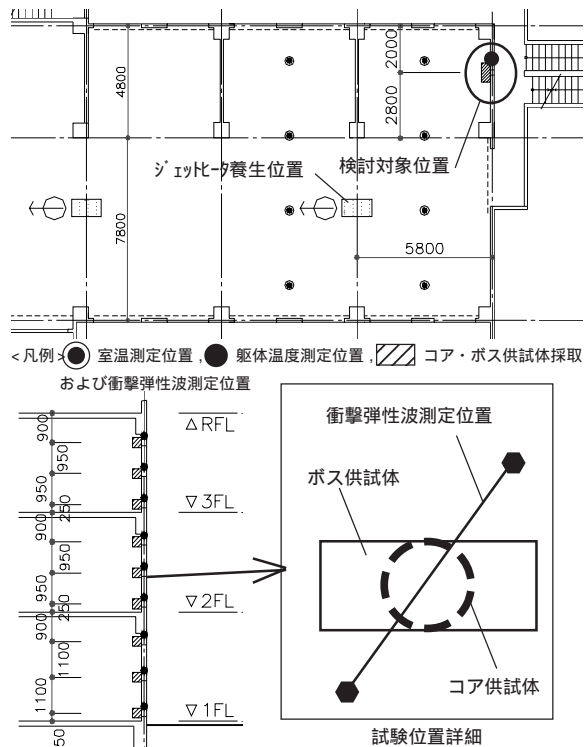


図2 試験箇所の詳細平面図

表5 フレッシュコンクリートの試験結果

打設階数	試料採取時期	スランプ (cm)	スランプ R- (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 ( )	外気温 ( )
1	荷卸し	20.5	39.0 × 37.0	4.7	11.0	7.2
	筒先	20.0	36.0 × 34.0	4.3	10.0	7.5
2	荷卸し	20.0	38.5 × 39.0	4.4	12.5	5.5
	筒先	20.5	37.0 × 38.0	4.3	12.3	6.2
3	荷卸し	20.0	39.0 × 37.0	4.5	16.8	10.5
	筒先	19.5	37.0 × 38.5	4.2	16.4	11.0

の違いにより温度履歴が異なった原因は、ジェットヒータ養生による暖気が上方において停滞したこと、上階のスラブ面への直射日光による日射の影響の両面が考えられる。なお、1階における温度の測定は、データ採取に際して不具合があったため削除した。

### 3.2 強度性状について

#### (1) 運搬車による輸送の影響

コンクリートの運搬前後における圧縮強度の関係を図4に示す。標準養生された供試体の材齢28日における運搬前(出荷)と運搬後(荷卸し)の圧縮強度の差は、3階で若干相違するが、概ね±5%以内となっており、コンクリートの運搬による影響は小さいといえる。

#### (2) コンクリートポンプによる圧送の影響

コンクリートポンプの圧送前後における圧縮強度の関係を図5に示す。標準養生された供試体の材齢28, 56および91日における圧送前(荷卸し)と圧送後(筒先)の圧縮強度の差は、各階とも概ね圧送後の方が強度低下する傾向が見られ、2階ではすべての材齢で-10%程度の強度差が生じ、3階の材齢28日においても同様の傾向であった。また、材齢ごとの強度の増進は、2階が最も大きかった。以上から、原因は定かでないが、2および3階では圧送による圧縮強度への影響があったと思われる。

#### (3) 強度管理における各種養生方法の影響

強度管理における各種養生方法の圧縮強度を図6に示す。圧縮強度は、標準養生および現場水中養生とも各階においてばらつきが見られたが、材齢28日ではいずれの養生方法とも設計基準強度 $F_c=24$  (N/mm<sup>2</sup>)を大幅に超えており、建築基準法施行令および旧建設省告示1102号に定められる強度管理上の圧縮強度を充分満足したものとなった。また、温水養生法<sup>4)</sup>による材齢28日における推定圧縮強度は、試料の採取時期によらず標準養生とほぼ同等の強度発現となっており、程良く推定できるといえる。

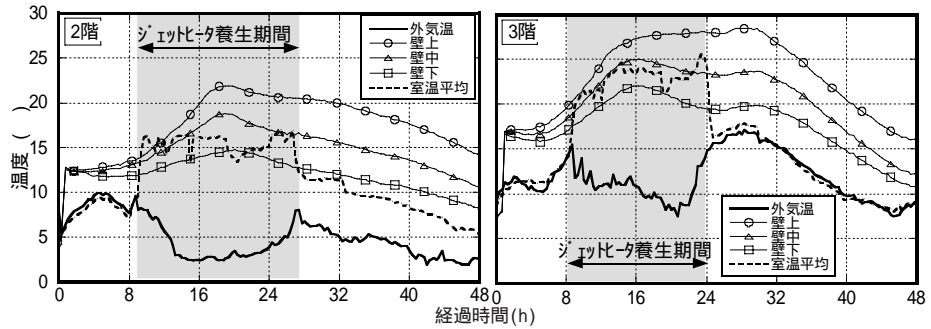


図3 温度履歴

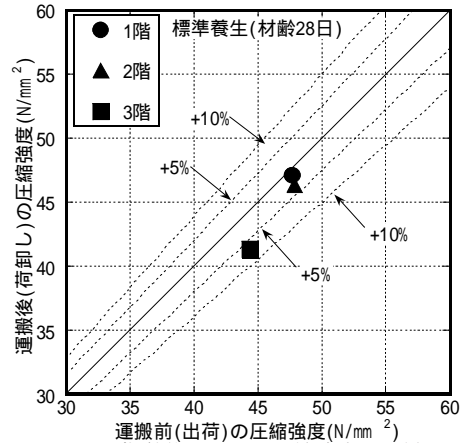


図4 運搬前後における圧縮強度の関係

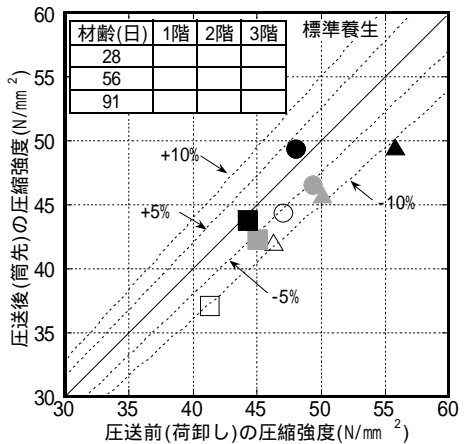


図5 圧送前後における圧縮強度の関係

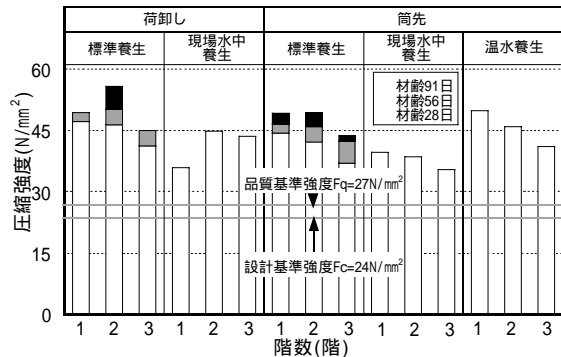


図6 強度管理における各種養生方法の圧縮強度

る。

#### (4) 構造体コンクリート強度に関する検討

各種養生をした構造体コンクリート強度を図7に

示す。現場封かん養生およびコア供試体とも材齢28日において設計基準強度  $F_c$  の0.7倍を超えており、建築基準法施行令および旧建設省告示1102号に定められる構造体コンクリートの強度管理上の圧縮強度を満足していた。コア供試体の材齢28日における圧縮強度は、採取高さの影響が顕著に見られ、下部の方が上部に比べ大きいことが確認できるため、構造体コンクリートには強度のばらつきがあることが分かる。しかし、コア供試体は、いずれも調合強度を満足しており、強度管理上の問題はないといえる。なお、今回は施工の都合上コア供試体の材齢91日における採取は行っていない。

各種強度推定試験とコア供試体における圧縮強度の関係を図8に示す。コア供試体の圧縮強度とボス供試体<sup>2)</sup>の推定強度は、同一部位からの採取にも関わらず一部で+10%を超えてボス供試体による推定強度が上回る傾向となった。この原因として、ボス供試体型枠内へのコンクリートの充填が壁に対して横方向の移動となる機構<sup>2)</sup>が影響し、粗骨材の割合が減少したためと考えられる。逆に、コア供試体の圧縮強度と衝撃弾性波法<sup>3)</sup>による推定強度は、一部で-10%を下回る傾向が見られた。これは、コンクリート表面の含水率の違いにより弾性波速度が遅くなり、相対的に推定強度が小さくなったため<sup>5)</sup>と考えられる。

#### 4. まとめ

本検討で得られた結果を以下にまとめる。

- (1) コンクリートの運搬による圧縮強度への影響は、少ないものであったが、ポンプ圧送の前後で2および3階では若干の強度低下が認められた。
- (2) 管理用供試体の圧縮強度および構造体コンクリート強度は、ある程度のばらつきは見られるものの、強度管理材齢において設計基準強度、品質基準強度あるいは調合強度を全て満足しており、通常の強度管理上問題ないと思われる。

#### 【謝辞】

現場での試験実施に際し、岩堀建設工業㈱大野潤也氏、加藤幹雄氏ならびにもつくり大学建設技能工学学科中田研究室の学生より多大な協力を得ました。ここに付記して深謝致します。

#### 【参考文献】

- 1) 日本建築学会：コンクリートの調合設計指針・同解説，p34，1999.2に加筆

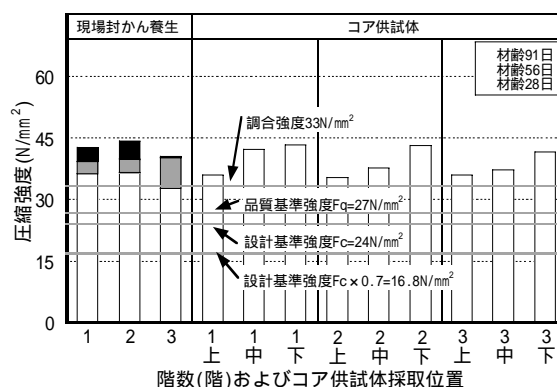


図7 各種養生をした構造体コンクリート強度

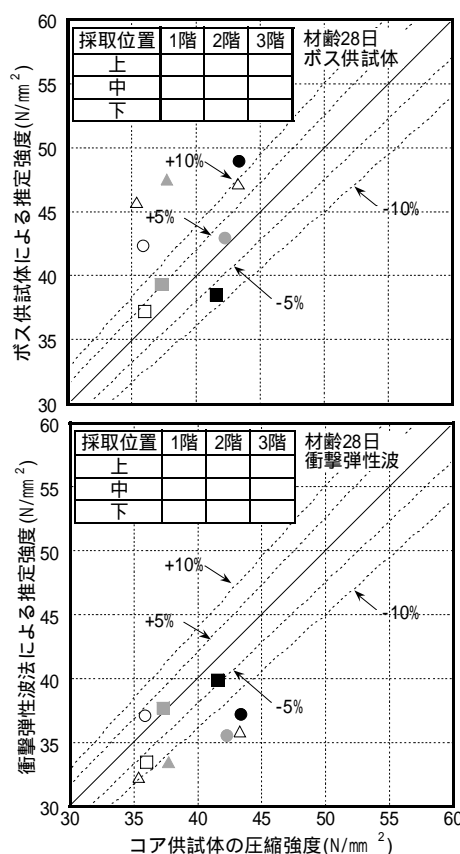


図8 各種強度推定試験とコア供試体における圧縮強度の関係

2) 篠崎徹，板屋俊郎，梅本宏宗，白山和久：ボス供試体による構造体コンクリートの強度推定方法，日本コンクリート工学協会コンクリートの品質評価試験方法に関するシンポジウム論文集，pp.69-76，1998.12

3) 立見栄司，中田善久，河谷史郎：衝撃弾性波によるコンクリートの圧縮強度推定方法に関する基礎的研究-コンクリートの使用材料および調合の違いが弾性波速度に及ぼす影響-，日本建築学会構造系論文集，NO.587，pp.15-21，2005.1

4) 池田尚治ほか：早期判定試験によるコンクリート強度の合理的品質管理方法について，セメント・コンクリート論文集，No.49，pp.522-527，1995

5) 立見栄司，中田善久，河谷史郎：衝撃弾性波によるコンクリートの非破壊圧縮強度推定法に関する研究 その1.コンクリートの含水率が弾性波速度に及ぼす影響，日本建築学会大会講演梗概集A-1，pp.1227-1228，2005.9