

工用材料試験における高強度コンクリート強度試験結果に関する考察

正会員 ○大野吉昭*1
 " 大串浩治*1
 " 二木幹夫*2

高強度コンクリート 圧縮強度 工用材料
 調査集計

1. はじめに

高強度コンクリートの調合強度 mF は、高強度コンクリート施工指針(案)・解説⁽¹⁾において、a)設計基準強度 F_c に構造体強度補正值 mSn とコンクリートのばらつきを考慮した割り増しを加えた強度、b)コンクリートの圧縮強度が最小限界値以下になる確率がほぼ 0 になるような強度の 2 条件の大きい方の値で定められる。ばらつきによる割り増し強度は、使用するコンクリートの強度の標準偏差 σ に正規偏差 K を乗じた値としている。指針の中では F_{c80N/mm^2} 未満では $K=1.73$ とし、構造体コンクリート強度が mF を下回る割合を最大 4%程度許容している。

また、JIS A 5308「レディーミクストコンクリート」における高強度コンクリートは、呼び強度(以下、 F_n)45 を超える 50, 55 及び 60 を高強度コンクリートと区分しているため、呼び強度 45 を超える範囲について、供試体コンクリートの圧縮強度の調査を行い、供試体コンクリートの不良率の算出を行った。

また、鉄筋コンクリート構造物は、生コン工場からのコンクリートの供給以外に、プレキャストコンクリート工場(以下、PCa 工場)から製品として供給される場合も有るため、PCa 工場のコンクリート供試体の圧縮強度結果から算出される正規偏差 K との比較も行った。

2. コンクリートの圧縮強度試験の調査方法

2-1 圧縮強度試験の集計方法

試験結果の集計は、表 1 に示す A)~H)の項目を満たす供試体について行った。試験方法は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に従って行い、供試体の圧縮強度結果を集計対象とし、呼び強度は、47, 49, 54 及び 89 が集計対象となり JIS 規格外であった。使用材料は、呼び強度 47, 49 及び 54 の場合、普通ポルトランドセメントと高性能 AE 減水剤を、呼び強度 89 の場合、中庸熱ポルトランドセメントと高性能減水剤を使用したコンクリートを集計対象とした。供試体の圧縮強度試験材齢 28 日が休日の場合は、休日を除く材齢 28 日に近い日に振り分けて強度試験を実施した。

集計は、呼び強度・養生方法及び季節ごとに圧縮強度の結果を項目別に行った。季節は、標準期(4~6 月及び 10~12 月)・夏期(6~8 月)・冬期(1~3 月)とし、供試体コンクリートが製作された時点で区分けをした。対象となる

全ての圧縮強度結果の件数に対する、圧縮強度 $1N/mm^2$ 毎の件数を相対度数として算出し、相対度数と圧縮強度の関係をヒストグラムで表した。

また、PCa 工場の供試体の圧縮強度結果は、平均値 X_{ave} ・標準偏差 σ ・変動係数 V ・正規偏差 K ・不良率 α の算出のみとした。PCa 工場の場合は、設計基準強度 F_c に構造体強度補正值 mSn を加えた値を便宜上呼び強度とした。コンクリート供試体の作成は試験室にて行い、試験室温度は $21.5^{\circ}C \sim 24.5^{\circ}C$ の範囲で実施した。供試体の養生は、全て標準水中養生とし、圧縮強度試験を材齢 28 日で行った。

2-2 コンクリート供試体強度の正規偏差 K の算出方法

集計したコンクリート供試体の圧縮強度結果より正規偏差 K を次式(1)により算出した。

$$K = (F_n - X_{ave}) / \sigma \quad \dots\dots\dots \text{式(1)}$$

ここで、 K : 不良率に応じた正規偏差

F_n : 呼び強度

X_{ave} : 圧縮強度の平均値(N/mm^2)

σ : 圧縮強度の標準偏差(N/mm^2)

また、集計したデータを正規分布とし、正規偏差 K と確率密度関数から不良率 α を算出した。

表 1 集計項目

記号	項目	詳細
A)	試験期間	H18.3.1~H20.3.31
B)	形状	円柱供試体 $\phi 10cm \times 20cm$
C)	セメント	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)
D)	試験材齢	28 日(※但し材齢が休日の場合のみ試験を前後に振替)
E)	呼び強度	47, 49, 54, 89
F)	養生方法	標準水中養生
G)	化学混和剤	高性能 AE 減水剤, 高性能減水剤
H)	混和材	使用しないもの

3. コンクリートの圧縮強度試験集計調査結果

3-1 圧縮強度試験の集計結果

集計期間 H18.3.1~H20.3.31 の呼び強度 47, 49, 54 及び 89 のコンクリートの圧縮強度平均値の変動(季節別)を図 1 に示す。集計対象とした高強度コンクリートは、標準水中養生の供試体のみで 606 件あり、呼び強度 49 及び

89は標準期(春)と夏期のみを集計対象とした。

集計を行った試験期間中の呼び強度別の平均値を表 2 に示す。標準偏差は、呼び強度 89 が最も大きく 7.7N/mm²、変動係数は、呼び強度 47 で最も大きく 9.2%であった。

表 2 呼び強度別の集計結果

呼び強度	養生方法	N 数	季節	Xave (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	V (%)
47	標準	177	通期	64.2	5.9	9.2
49	標準	90	春期・夏期	65.3	3.9	5.9
54	標準	186	通期	71.3	5.4	7.5
89	標準	27	春期・夏期	109.1	7.7	7.1

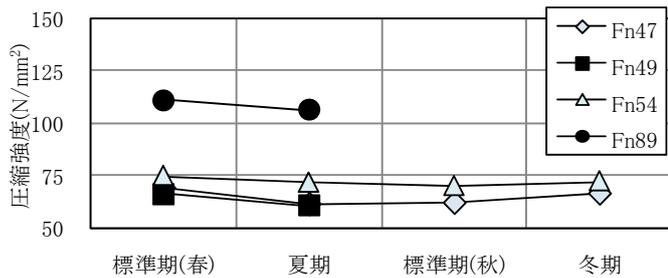


図 1 圧縮強度変動 (季節別)

3-2 不良率に応じた正規偏差と不良率

図 2 に標準期の呼び強度 47, 49 及び 54 の圧縮強度と正規偏差の関係を示す。標準期における正規偏差から求められる不良率を表 3 に示す。呼び強度 47 の場合に不良率が最も大きく 0.25%を示した。他の呼び強度 49, 54, 89 の場合の不良率は、0%に近い結果を示した。

表 3 呼び強度別の不良率(標準期)

呼び強度	正規偏差 K	不良率 α (%)
47	2.81	0.25
49	4.68	0.00
54	3.62	0.01
89	3.20	0.07

3-3 PCa 工場のコンクリート供試体の正規偏差と不良率

表 4 に PCa 工場における正規偏差と不良率を示す。呼び強度呼び強度 107 の場合、正規偏差 K=2.5 であり、そのときの不良率は 0.68%であった。PCa 工場における不良率は、高強度コンクリート施工指針の調査強度算定式で用いられている正規偏差 K=2.0 の時の不良率 α=2.28%に比べて少ないことが認められた。

表 4 PCa 工場の正規偏差と不良率

呼び強度	Xave (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	V (%)	K	α (%)
107	129.3	9.0	7.0	2.5	0.68

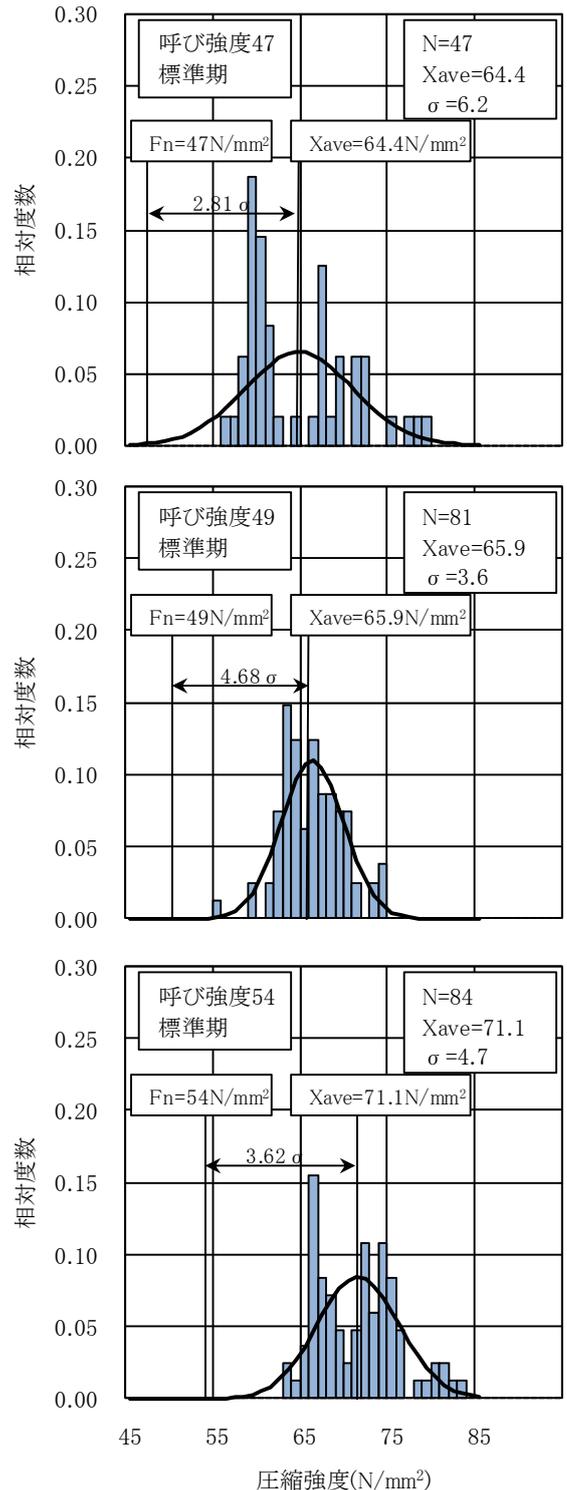


図 2 圧縮強度と正規偏差の関係

【参考文献】

(1)高強度コンクリート施工指針(案)・同解説 2005.1

【謝辞】

本報告をまとめるに際して、高強度コンクリートの資料等をご提供頂いた PCa 製造 15 工場の方々、(社)プレハブ建築協会の方々へ深謝いたします。

*1(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター

*1Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab.

*2(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター 所長 工博

*2 Center for Better Living Tsukuba Building Research and Testing Lab. Dr.Eng.