

寒中コンクリートにおける強度増進標準曲線の検証

正会員 小林和寛*1
同 深瀬孝*2
同 濱 幸雄*3

寒中コンクリート 強度増進 標準曲線
積算温度

1. はじめに

寒中コンクリート工事では調合計画や型枠の除去、支保工の解体などの施工計画において、構造体コンクリートの強度発現の状況を把握する事は極めて重要である。現行の日本建築学会「寒中コンクリート施工指針・同解説」(以下寒中指針)では、「資料6 圧縮強度の推定方法」の中でロジスティック曲線を用いた標準曲線を示している。

しかしながら、近年の設計基準強度の高強度化の中で、実務者により初期材齢時の強度発現が標準曲線より大幅に上回っているという指摘もある。

本研究では、寒中指針・資料6の標準曲線とレディミクストコンクリート工場から得られた寒中コンクリートの実績データを用いて現行の標準曲線との対応を検証するとともに、実験によりAEコンクリートの積算温度と強度増進の関係についても検討を行った。

2. 標準曲線について

標準曲線は積算温度と圧縮強度の関係をロジスティック曲線に近似した実験式である。式(1)に普通ポルトランドセメントを使用した場合の標準曲線式を示す。

$$F = F_{\infty} / \{1 + \exp(-2.4235 \log_{10}(M_c) + 5.6271)\} \dots (1)$$

ここに、

- F_{∞} : 構造体コンクリートの温度補正した推定最終強度
- $F_{\infty} = {}_{20}F_{\infty} \{1 - 0.003726(T_{24} - 20)\}$
- ${}_{20}F_{\infty}$: 標準養生したコンクリートの最終強度
- ${}_{20}F_{\infty} = {}_{20}F_{28} \{1 + \exp(-2.4235 \log_{10}({}_{20}M_{28}) + 5.6271)\}$
- M_c : 構造体コンクリートの温度補正した積算温度
- $M_c = M + 1.0394(T_{24} - 20)$
- ${}_{20}F_{28}$: 標準水中養生した材齢28日における圧縮強度
- ${}_{20}M_{28}$: 標準水中養生した材齢28日における積算温度
- T_{24} : 打込み24時間のコンクリートの平均温度(°C)
- M : コンクリートの積算温度

強度、積算温度の単位はそれぞれ(N/mm²)と(°D・D)を用いる。

3. 実績データと現行の標準曲線との対応

2001年~2005年の札幌圏で出荷された寒中コンクリートの圧縮強度データのべ2,929本(標準養生1,393本、現場封緘養生1,536本)を用いて検討を行う。ここで用いる強度発現比は各供試体における調合強度で任意材齢の圧縮強度を除した値とする。

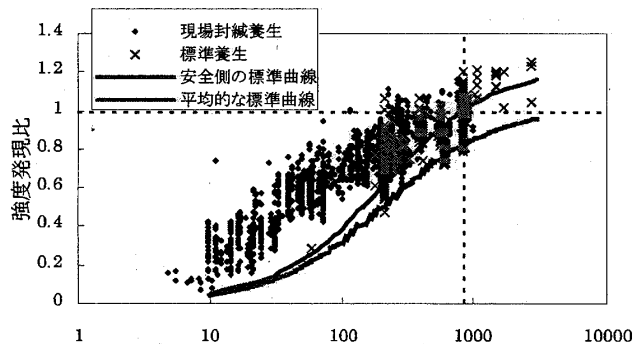


図1 実績データと標準曲線との対応

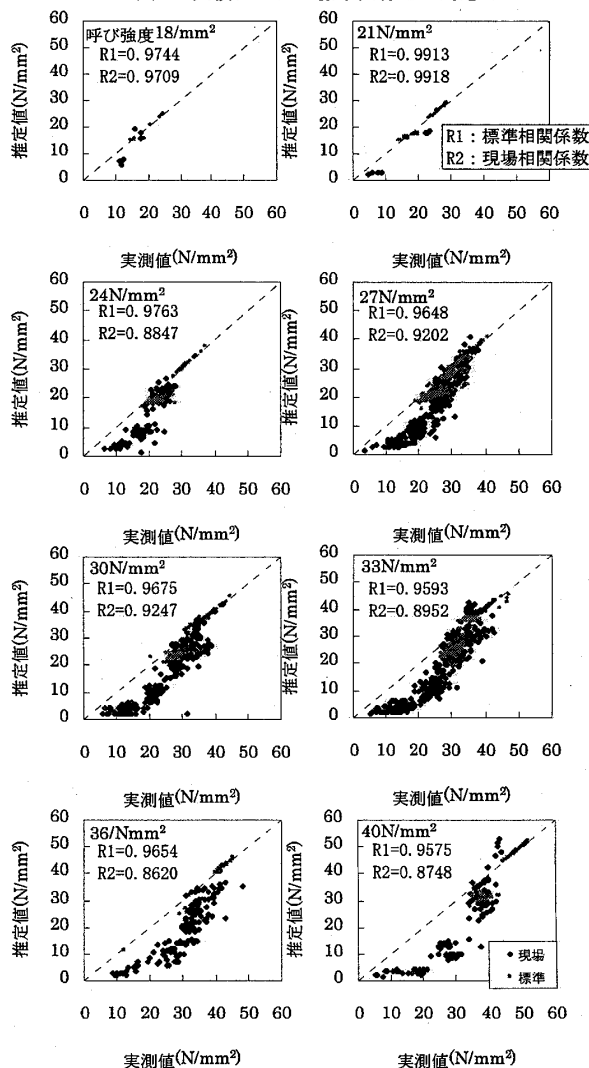


図2 実測値と推定値との対応

図1に実績データと標準曲線の対応を示す。特に若材齢において実績データと標準曲線には著しい乖離がみられ、特に現場封緘養生の初期材齢における差が大きい。図2に呼び強度ごとの実績データと標準曲線による推定強度の対応を示す。呼び強度が大きいほど実績値と推定値の差が大きくなる傾向がある。

4. 実験計画および方法

表1に実験計画を示す。水セメント比が45%、55%および65%の3水準と、目標空気量が1%および4%の2水準の、合計で6種類のコンクリートを作製した。セメントは普通ポルトランドセメント($\rho = 3.16$)、細骨材は登別産陸砂、粗骨材は敷生川水系安山岩砕石、化学混和剤としてAE減水剤標準形(I種)を使用した。表2にコンクリートの調合を示す。混練は二軸強制ミキサを用いた。表3に練り上がり性状および圧縮強度試験結果を示す。養生は全て封緘養生とし、型枠として $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用いる。T熱電対を用いて温度測定を行い、所定の材齢(積算温度 30,90,210,420,840,1680,2730° D·D)で圧縮強度試験を行った。

5. 実験結果および考察

図3にW/C別の積算温度と強度発現比との対応を示す。ここでの強度発現比はW/C毎に20°C封緘養生の840° D·D相当の圧縮強度によって任意材齢の圧縮強度を除した値とする。

W/Cが低くなるに伴い、若材齢での強度発現が標準曲線を大きく上回る傾向が見られる。これは実績データと標準曲線との関係と同様の傾向といえる。また、若材齢時の強度発現はnonAEコンクリート、AEコンクリート共に大差はないが、積算温度840° D·Dを超えたあたりから、AEコンクリートの強度増進は緩慢になる。現行の標準曲線はW/C=45%~65%のプレーンコンクリートのデータから算出されたものであり、コンクリートの高強度化、混和材の影響などに対応できていない可能性がある。今後は高強度コンクリートを中心にさらにデータを収集し、標準曲線との強度の乖離が生じる要因を考慮した標準曲線の修正が必要であると考えられる。

6. 結論

- (1) 実績データと標準曲線の関係は、初期材齢強度での乖離が大きく、特にW/Cが小さいほどその差は大きくなる。
- (2) 実験室実験結果でも、実績データと同様に、初期材齢時および低W/Cでの標準曲線との乖離が認められた。このことから最近のコンクリート強度の高強度化に対応した標準曲線の見直しが必要である。

【謝辞】本論文を執筆するにあたり、室蘭工業大学卒論生の相澤由美子氏(現日本郵政公社)に多大なご協力を頂きました。示して感謝の意を表します。

表1 実験計画

記号	W/C (%)	スランブ (cm)	Air (%)	混和剤	養生温度 (°C)
45A	45	18	4.0	AE 減水剤 標準形	20
55A	55				10
65A	65				5
45N	45		1.0	-	20
55N	55				
65N	65				

表2 コンクリートの調合

記号	W/C (%)	スランブ (cm)	Air (%)	s/a (%)	W (kg/m³)	絶対容積 (l/m³)			質量 (kg/m³)			単位粗骨材かさ容積 (m³/m³)	AE減水剤標準形		
						C	S	G	C	S	G				
45A	45	18	4.0	44.5	172	121	297	370	382	807	992	0.64	250m ^l /C100kg		
55A	55					47.0	166	96	328	370	302	893		992	0.64
65A	65					48.4	163	80	347	370	251	945		992	0.64
45N	45		1.0	43.8	195	138	287	370	433	782	992	0.64			
55N	55					46.8	187	108	325	370	340	884		992	0.64
65N	65					48.3	185	90	345	370	285	937		992	0.64

表3 練り上がり性状及び28日圧縮強度

記号	スランブ (cm)	Air (%)	単位容積質量 (kg/l)	練温 (°C)	室温 (°C)	20°C水中28日強度 (N/mm²)
45A	18.9	5.2	2.37	20.2	21.5	41.8
55A	17.4	5.4	2.36	20.0	22.0	31.2
65A	17.0	5.9	2.34	20.2	19.2	20.2
45N	20.8	2.1	2.43	20.2	19.2	49.1
55N	21.8	2.4	2.40	20.0	19.2	37.2
65N	18.4	2.5	2.39	20.0	19.2	26.2

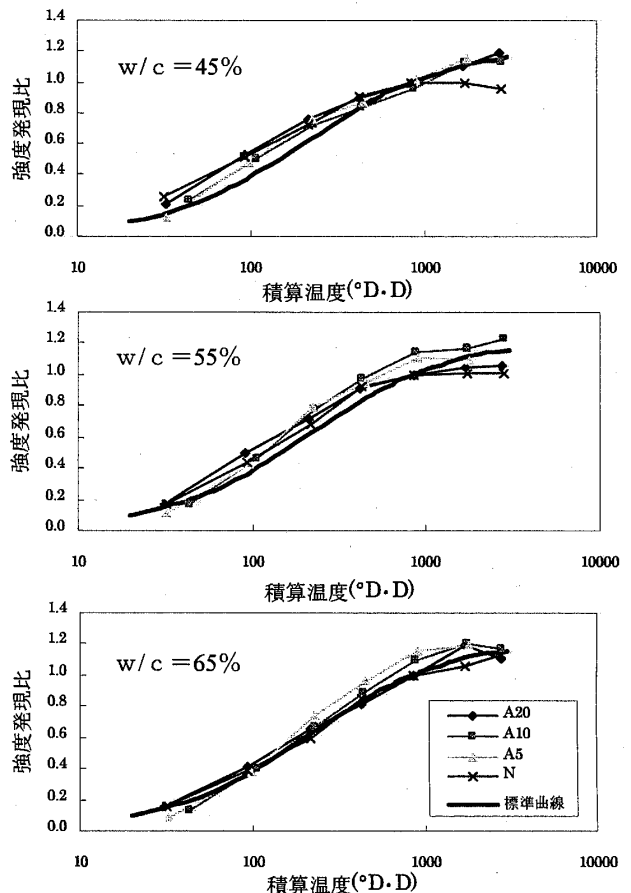


図3 積算温度と強度発現の関係

*1 室蘭工業大学大学院

*2 伊藤組土建株式会社・工修

*3 室蘭工業大学工学部 助教授・博士(工学)

*1 Graduate school, Muroran Institute of Technology

*2 ITOGUMI CONSTRUCTION Co., Ltd., M.Eng

*3 Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng