

使用材料の違いが温水養生法による高強度コンクリートの圧縮強度の早期判定に及ぼす影響

ものづくり大(学部)○関森貴之 日大理工(院) 大塚秀三
ものづくり大 中田善久 飛坂技術士事務所 飛坂基夫

1. はじめに

JIS A 1805 : 2001「コンクリート生産工程管理 試験方法-温水養生法によるコンクリート強度の早期判定方法」(以下、温水養生法とする)は、40 の温水養生を行った供試体の材齢7日における圧縮強度(以下、 f'_{e7} とする)により、標準養生を行った材齢28日における圧縮強度(以下、 f'_{28} とする)を早期に判定する方法である。この適用範囲は、日本国内産の普通ポルトランドセメント(N)または高炉セメントB種(BB)を用いたコンクリートの標準養生した材齢28日における圧縮強度が16 ~ 55N/mm²の範囲に限定されている。また、これらについては推定式(以下、JIS推定式とする)が参考に示されている。

これまでに筆者らは、既報^{1)~3)}においてN, 中庸熱ポルトランドセメント(M)および低熱ポルトランドセメント(L)を用いたコンクリートを対象として、前置き養生時間、高強度領域における f'_{e7} と f'_{28} の相関性および実機プラントを用いた通期における検討を行い、 f'_{e7} と f'_{28} の相関性が高く、1次式で精度良く判定できることを示した。

既報^{1)~3)}に引き続き、本報告では使用材料の違いが温水養生強度の早期判定結果に及ぼす影響について、Nでは粗骨材の岩種について、MおよびLでは粗骨材の岩種およびセメントメーカーの違いについて検討したものである。さらに、MおよびLを実験室において3回繰返し練混ぜ、超高強度領域の標準養生強度推定のための推定式を導出した。

ここでは、JIS A 1805に従いN,MおよびLを用いたコンクリートについて既報^{1),2)}で導出された推定式(以下、実績式とする)に対する相関性の検討を行った。

2. 実験概要

実験の組合せを表1に示す。使用材料の違いとし

て、粗骨材の岩種を石灰岩系および硬質砂岩系の2種類、セメントメーカーをA社およびB社の2社とした。粗骨材の岩種の違いに関する検討をシリーズ、セメントメーカーの違いに関する検討をシリーズとし、それぞれ温水養生強度と標準養生強度の関係について最小二乗法により回帰式(以下、実績式とする)を求め、既報^{1)~3)}で得られた実績式との比較により使用材料の影響を確認した。なお、既報^{1)~3)}は粗骨材の岩種を石灰岩系、セメントメーカーをA社製としたコンクリートについて検討したものである。さらに、シリーズでは既報^{1)~3)}と同一の石灰岩系の粗骨材およびA社製セメントを用いたコンクリートにおける100 ~ 120N/mm²程度の超高強度領域の温水養生強度と標準養生強度の関係を最小二乗法により回帰させ実験式を導出した。

試料の採取時期は、練上がり直後とし、温水養生供試体は、コンクリート強度試験用供試体の作り方(JIS A 1132)に準拠して作製し、作製後直ちにポリエチレンフィルムによって上面を封かんし、恒温恒湿室(室温20℃, RH60%)において、24h前置き養生

表1 実験の組合せ

実験種類	セメント種類	粗骨材の岩種	セメントメーカー	水準
既報 ^{1),2)}	N	石灰岩系	A社	18, 20, 22, 27, 30, 37, 47, 60
	M			27, 37, 47, 55, 60
	L			25, 35, 45, 50, 55, 60
シリーズ(粗骨材の違い)	N	硬質砂岩系	A社	30, 37, 47
	M			22, 27, 37, 55
	L			22, 25, 35
シリーズ(セメントメーカーの違い)	M	石灰岩系	B社	18, 22, 27, 37, 55
	L			18, 22, 25, 35, 55
シリーズ(超高強度領域における実験式の導出)	M	石灰岩系	A社	18, 20, 22
	L			18, 20, 22

網掛け部分は本研究で行った実験を示す



写真1 温水養生槽外観

表2 使用材料

材料	種類	品質・性状・主成分
セメント	A社	N 密度：3.16g/cm ³ 比表面積：3,270cm ² /g
		M 密度：3.21g/cm ³ 比表面積：3,270cm ² /g
		L 密度：3.22g/cm ³ 比表面積：3,350cm ² /g
	B社	M 密度：3.21g/cm ³ 比表面積：3,760cm ² /g
		L 密度：3.24g/cm ³ 比表面積：3,560cm ² /g
粗骨材	栃木県栃木市 尻内町産 砕石2005 (石灰岩系)	表乾密度：2.64g/cm ³ 粗粒率：6.62 実積率：59.4% 吸水率：1.27%
	埼玉県秩父郡 小鹿野町産 砕石2005 (硬質砂岩系)	表乾密度：2.72g/cm ³ 粗粒率：6.59 実積率：58.9% 吸水率：0.52%
水	上水道水	—
細骨材	栃木県栃木市 尻内町産 陸砂	表乾密度：2.61g/cm ³ 粗粒率：2.75 吸水率：2.30%
化学混和剤	高性能AE減水剤	カルボキシル基含有ポリエーテル系

した後、型枠を脱型し、温水養生槽に浸漬させ、試料採取後7日間まで温水養生した。その後、コンクリートの圧縮強度試験(JIS A 1108)を行った。

また、いずれも温水養生供試体の採取時に標準養生供試体の試料の採取も行い、同様に試料採取直後に上面を封かんし、材齢28日において圧縮強度試験に供した。なお、圧縮強度試験結果は、全て供試体3本の平均値を用いた。

本実験で用いた温水養生槽の外観を写真1に示す。温水養生槽は、水温を40 ± 1 に保持するため、自動温度調節装置および循環装置を備えたポリエチレン樹脂製であり、φ10 × 20cmの供試体が90本程度入る容器である。なお、本実験で用いた温水

表3 コンクリートの調合

シリーズ	セメント 種類	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m³)				化学混和剤 (c×%)		
				W	C	S	G			
シリーズ (粗骨材 の違い)	N	30.0	50.3	170	567	812	802	1.70		
		37.0	52.9		459	900	802	1.70		
		47.0	53.3		362	950	832	1.60		
	M	22.0	44.8		773	650	802	1.20		
		27.0	48.9		630	767	802	1.20		
		37.0	53.0		459	906	802	1.20		
		55.0	54.6		309	1000	832	0.90		
	L	22.0	44.9		773	653	802	1.50		
		25.0	47.6		680	728	802	1.40		
		35.0	52.5		486	885	802	1.25		
シリーズ (セメント メーカー の違い)	M	18.0	35.8	170	944	459	851	1.70		
		22.0	41.3		773	598	851	1.65		
		27.0	45.7		630	715	851	1.65		
		37.0	50.1		459	853	851	1.55		
		55.0	51.7		309	945	883	1.25		
	L	18.0	35.4		944	467	851	1.70		
		22.0	41.5		773	603	851	1.65		
		25.0	44.4		680	679	851	1.50		
		35.0	49.5		486	835	851	1.35		
		55.0	51.7		309	947	883	1.15		
シリーズ (超高強度 領域に おける実 験式の算 出)	M	18.0	35.0	170	944	459	851	1.05	1.80	1.80
		20.0	38.6		850	435	851	1.40	1.50	1.50
		22.0	41.3		773	598	851	1.40	1.40	1.40
	L	18.0	35.0		844	459	851	1.25	1.70	1.70
		20.0	38.6		850	535	851	1.80	1.50	1.50
		22.0	41.3		773	598	851	1.30	1.25	1.25

養生槽は、既報^{1)~3)}において用いたものと同一である。

使用材料を表2、コンクリートの調合を表3に示す。調合は単位水量を170kg/m³と一定とした。

3. 実験結果および考察

(1) 粗骨材の岩種の違いによる影響

温水養生強度と標準養生強度との関係を図1に示す。MおよびLともシリーズにおいて得られた実験式の傾きは、100N/mm²前後を境に異なる傾向にあった。温水養生強度と標準養生強度の関係は、N、MおよびLのいずれにおいても高い相関性が見られ、図中に示した本実験で得た実験式N、M1およびL1式とJIS推定式、実績式(1)、(3)、(4)はほぼ近似していた。NのJIS推定式および実績式、MおよびLの実績式、実験式より導いた推定強度と標準養生強度の関係を図2に示す。各式により導いた推定強度と標準養生強度の関係は、概ね±5%の範囲内にあり、精度よく判定でき、今回使用した石灰岩系および硬質砂岩系の粗骨材における岩種の違いが温水養生法に及ぼす影響は小さいといえる。

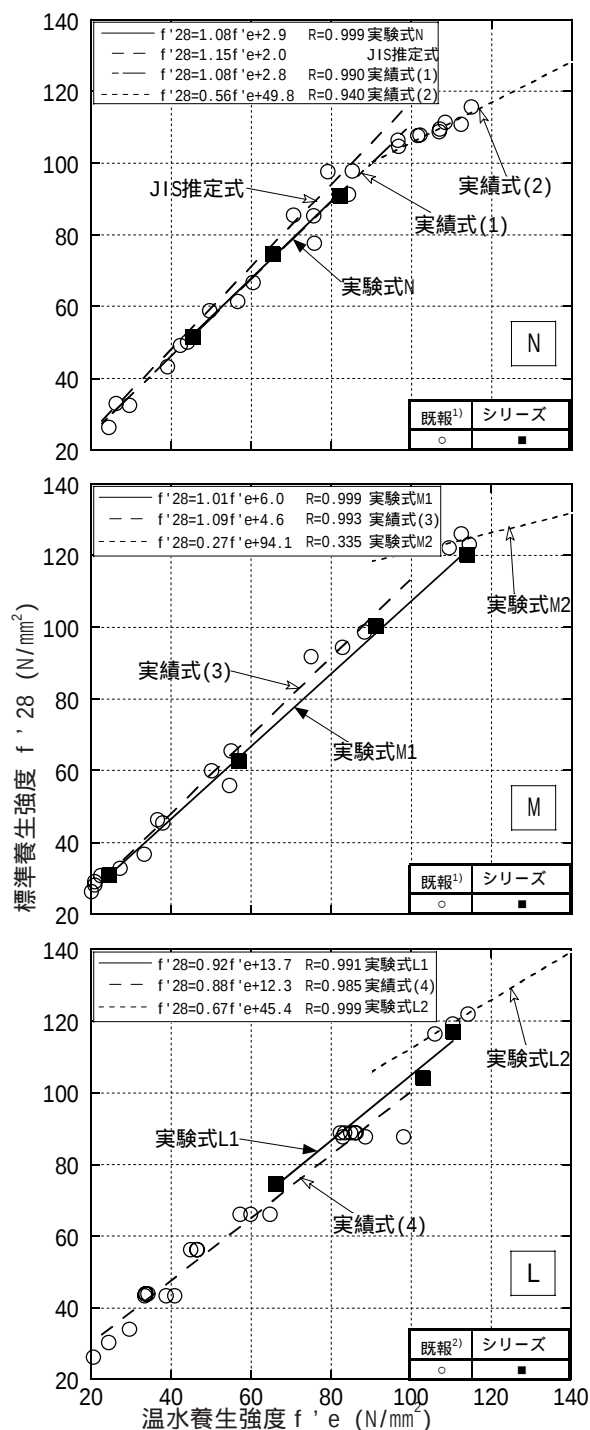


図1 温水養生強度と標準養生強度の関係
(粗骨材の岩種の違いによる影響)

(2) セメントメカの違いによる影響

温水養生強度と標準養生強度との関係を図3に示す。温水養生強度と標準養生強度の関係は、Mでは実績式(3)に対して、実験式M3は緩やかになる傾向を示し、超高強度領域では実験式M2に対して実験式M4はきつくなる傾向を示した。Lでは実績式(4)に対して実験式L3は異なる傾向が見られ、超高強度領域

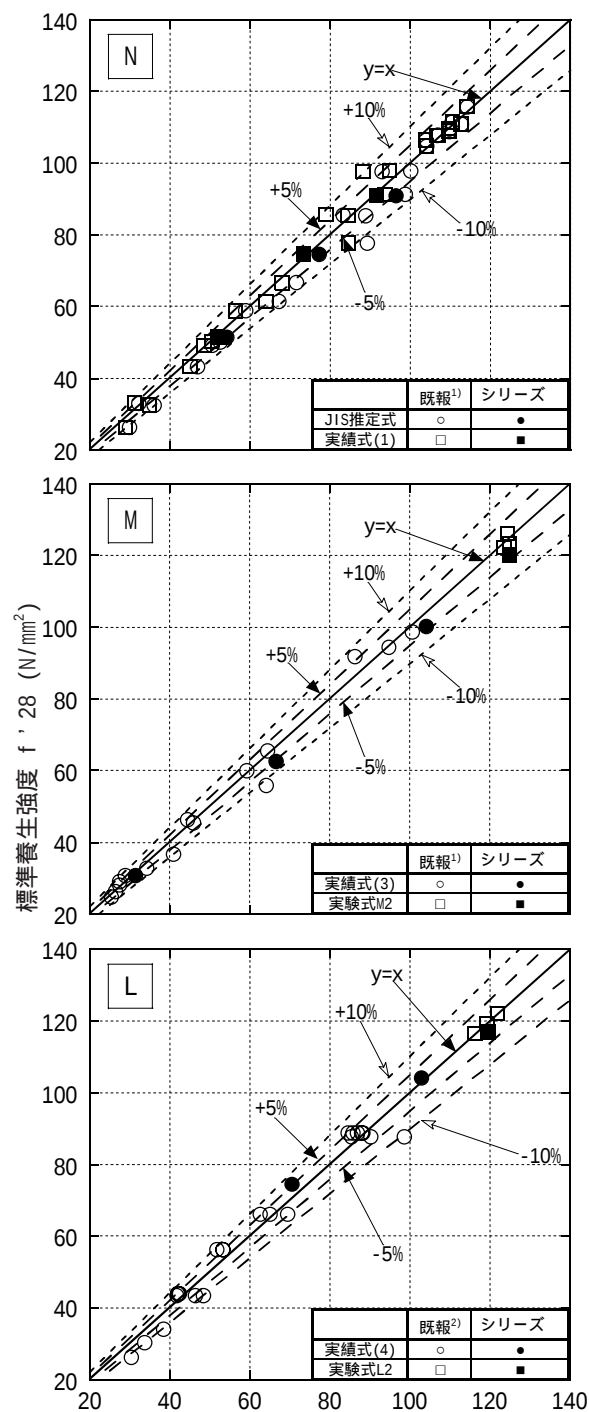


図2 JIS推定式および実績式、実験式より導いた
標準養生強度 f'_{28} の推定強度 (N/mm²)

図2 JIS推定式および実績式、実験式により導いた
推定強度と標準養生強度の関係
(粗骨材の岩種の違いによる影響)

では実験式L2に対して実験式L4は緩やかになる傾向を示した。さらに、図4に示すように実績式および実験式における推定強度と標準養生強度の関係はシリーズに比べて誤差は大きくなるが、概ね $\pm 10\%$ 程度の範囲内にある。

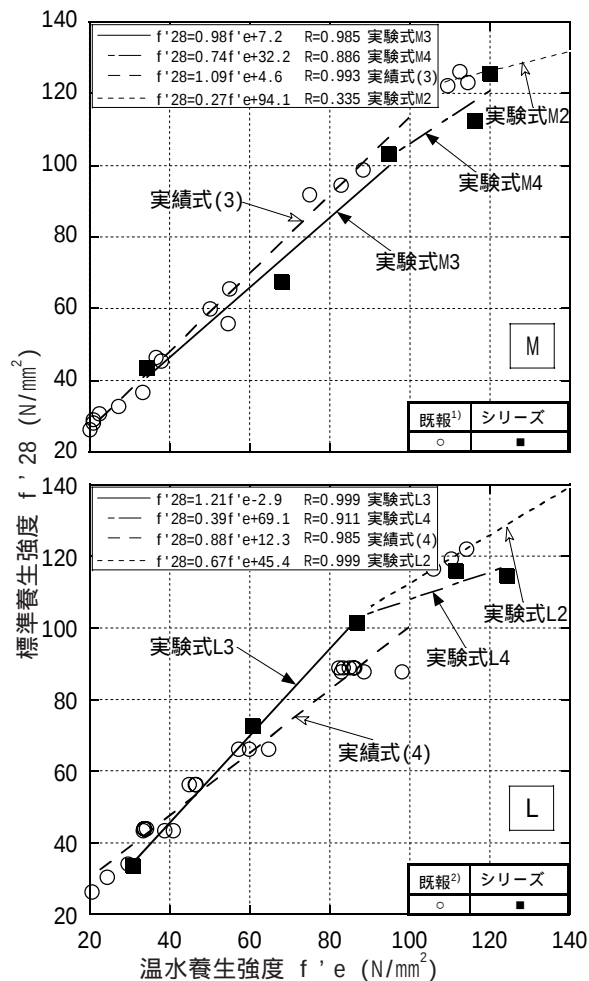


図3 温水養生強度と標準養生強度の関係
(セメントメーカーの違いによる影響)

以上のことから、MおよびLにおいてはセメントメーカーの違いによるひとつの要因として、比表面積の標準偏差が生じる場合もあり、試験結果に若干のばらつきが生じる可能性が考えられる。これは、セメントメーカーにおけるロット間の品質が異なるため⁴⁾と考えられ、試し練によりメーカーごとに回帰式を定めておく必要がある。

4. まとめ

本実験の範囲で得られた知見は次の通りである。

(1)粗骨材の岩種(石灰岩系および硬質砂岩系)の違いによる影響は少なく、NではJIS推定式および実績式、MおよびLでは実績式および実験式により精度良く推定できる。

(2)MおよびLではセメントメーカーの違いによる影響が若干見られるため、メーカーごとに回帰式を定めることが必要であると考えられる。

今後、粗骨材の違いとして、天然砂利系を用いた

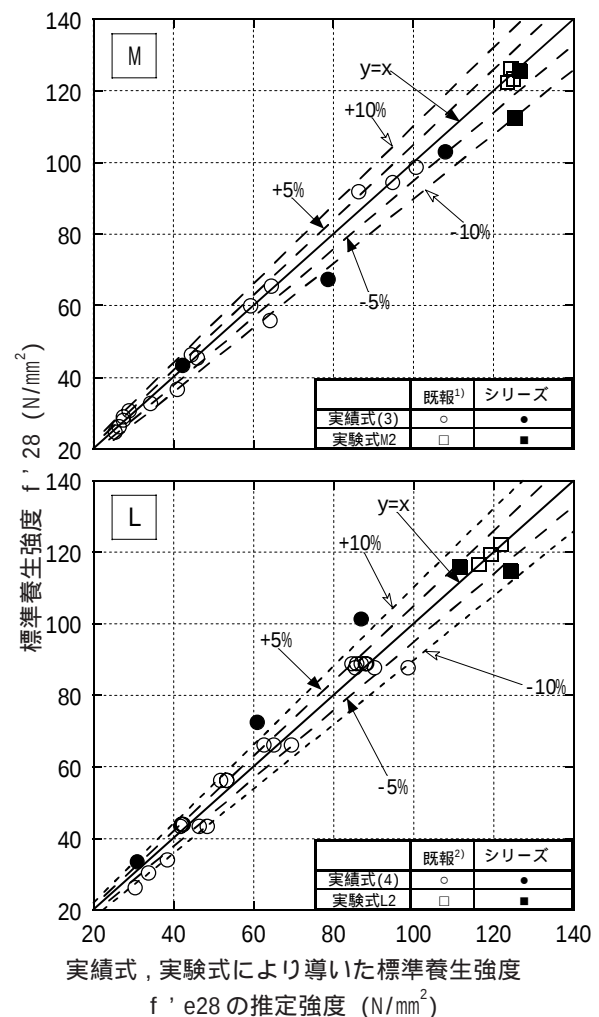


図4 実績式、実験式により導いた推定強度と標準養生強度の関係
(セメントメーカーの違いによる影響)

検討、セメントメーカーの違いとしてC社を用いた検討を行っていく予定である。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、ものづくり大学建設技能工芸学科中田研究室の学生より多大な協力を頂きました。ここに記して深謝致します。

【参考文献】

- 1) 大塚秀三ほか：温水養生法による100N/mm²を超える高強度コンクリートの圧縮強度の早期判定に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.28，No.1，pp1241-1246，2006
- 2) 大塚秀三ほか：温水養生法による高強度コンクリートの圧縮強度の早期判定に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.27，No1，pp.1219-1224，2005
- 3) 小田新二ほか：温水養生法による各種セメントを用いた高強度コンクリートの早期判定に関する考察 - 前置き養生時間が温水養生強度に及ぼす影響 -，日本建築学会大会学術講演概要集，A-1 分冊，pp.351-352，2005
- 4) 梶田佳寛ほか：最近のセメントの品質変動に関する調査，日本建築学会技術報告集，第23号，pp.15-19，2006