

コンクリートの極若材齢時におけるコンクリートのヤング係数の経時変化

大成建設 土木技術研究所 正会員 ○臼井 達哉
 正会員 武田 均
 正会員 村田 裕志
 正会員 谷 卓也

1. はじめに

温度応力解析に用いられるコンクリートの自己収縮は、凝結始発を起点とし定式化されているが、コンクリートの圧縮強度とヤング係数については、材齢1日以降の圧縮強度 3N/mm^2 以上、ヤング係数 7GPa 以上の実験データをもとに設定されている¹⁾。温度応力解析では、コンクリートの硬化初期からの応力を算出することから極若材齢時の圧縮強度およびヤング係数の経時変化の影響は大きいと考えられるが実験データはほとんど報告されていない。そこで、本研究では、コンクリートのヤング係数の経時変化を極若材齢時から材齢28日まで測定した。測定は、普通セメントコンクリート、高炉セメントコンクリート対象としコンクリート温度 20°C 、 40°C 環境温度下において実施し、セメント種類、コンクリート温度の影響について検討した。

表-1 コンクリートの配合

配合	W/B [%]	s/a [%]	単位量 [kg/m ³]					
			W	OPC	BFS	S	G	AE
N	55	47.5	166	302		863	963	3.02
BB		47.5	164	179	119	861	961	2.98

表-2 試験材齢と供試体本数

材齢	養生温度 20°C		材齢	養生温度 40°C	
	載荷速度			載荷速度	
	0.1mm/min	JISA1149		0.1mm/min	JISA1149
7時間	1本		4時間	1本	
8時間	1本		6時間	1本	
9時間	1本		8時間	1本	
10時間	1本		10時間	1本	
12時間	1本		12時間		1本
14時間	1本		14時間		1本
16時間	1本		16時間		1本
24時間		3本	24時間		1本
2日		3本	2日		3本
3日		3本	3日		3本
28日		3本	28日		3本

表-3 凝結始発・終結時間

配合名	凝結始発	凝結終結
N20	5:50	8:00
BB20	6:10	9:25
N40	3:05	3:55
BB40	2:35	3:40

20:養生温度 20°C 、40:養生温度 40°C を示す

2. 試験概要

2.1 使用材料とコンクリートの配合

結合材は、普通ポルトランドセメントおよび高炉スラグ微粉末4000を用いた。コンクリートの配合を表-1に示す。コンクリートの配合は、普通ポルトランドセメントのみを用いた配合、高炉スラグ微粉末を内割で40%置換した配合とし、水結合材比55%、スランプ $15\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5\pm 1.5\%$ と設定した。

2.2 極若材齢の試験方法

試験材齢、供試体本数を表-2に示す。養生温度 20°C 、養生温度 40°C の凝結試験結果(表-3)をもとに、凝結始発後からヤング係数を測定した。供試体は、直径100mm高さ200mmの鋼製型枠を用いた。養生温度 20°C は、コンクリートの練上り温度を 20°C とした。材齢3日までの測定では、鋼製型枠に打込み後、試験開始材齢まで上面をビニールで覆い封緘した後、温度 20°C 、湿度80%の恒温恒湿室内で養生した。養生温度 40°C の供試体は、コンクリートの練上り温度を $35\sim 40^\circ\text{C}$ とし、型枠に打込み後、試験開始材齢まで上面をビニールで覆い封緘した後、温度 40°C 、湿度80%の恒温恒湿室内で養生した。

養生温度 20°C における材齢24時間、養生温度 40°C における12時間以降のヤング係数の測定は、JIS A 1149に基づいて実施した。養生温度 20°C における材齢16時間、養生温度 40°C における10時間(以降、極若材齢と記載)までの供試体は、鋼製型枠の周囲にテフロンシートを貼付け、型枠脱型の際にコンクリートが付着しないように留意した。試験の際には側面のテフロンシートを取り除き試験を実施した。供試体の上面の仕上げは、ブリーディング水の発生が収まった状態を確認し、鋼製蓋を押し付けることによって供試体の上下面の平行を確保した。極若材齢の測定は、既往の研究²⁾をもとに載荷速度を0.10mm/minとした。その他のヤング係数の算出方法はJIS A 1149に準じた。

3. 試験結果

圧縮強度の経時変化を有効材齢にて図-1に示す。それぞれの配合の圧縮強度の温度依存性は、有効材齢による材齢の

キーワード ヤング係数、経時変化、極若材齢、凝結、養生温度

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター TEL045-814-7228

補正により表すことができている。圧縮強度とヤング係数の関係を図-2、図-3 に示す。図中には、既往の研究³⁾において求めた本試験と同配合のコンクリートのJCI 指針の推奨式をもとに設定した回帰式を示している。圧縮強度とヤング係数は、セメント種類、養生温度によらず1つの相関関係があると推測される。図-2a)によると、圧縮強度とヤング係数の関係は、回帰式³⁾と良好に一致しているように見えるが、圧縮強度0~3.0N/mm²の範囲(図-2b)では、試験により得られたヤング係数は推奨式よりも若干小さな値を示している。特に、圧縮強度 1.0N/mm² 以下では乖離していることがわかる。縦軸(ヤング係数)を対数とした場合(図-3b)), 極若材齢である圧縮強度 1.0N/mm² 以下においてその差を明確に確認することができ、1.0N/mm² 以下におけるヤング係数は、回帰式よりも 1/10~1/100 程度小さな値となっている。

これは、回帰式は材齢 1 日以降の試験結果をもとに算出していること、JCI 指針における推奨式は材齢 1 日以降の試験データをもとに設定したものであり、本試験のように極若材齢の試験結果を考慮したものではないためであると考えられる。また、圧縮強度 0~0.75N/mm² に着目すると、この範囲でのヤング係数は指数関数的に大きくなる。圧縮強度 1.0N/mm² 以上におけるヤング係数の発現特性とは明らかに異なる傾向を示しており、圧縮強度 0.75~1.0 N/mm² の前後においてヤング係数の強度発現が大きく変化することを示唆している。

また、圧縮強度 0~0.75N/mm² に着目すると、この範囲でのヤング係数は指数関数的に大きくなる。圧縮強度 1.0N/mm² 以上におけるヤング係数の発現特性とは明らかに異なる傾向を示しており、圧縮強度 0.75~1.0 N/mm² の前後においてヤング係数の強度発現が大きく変化することを示唆している。

4. まとめ

本研究における試験結果から圧縮強度とヤング係数の関係は、

極若材齢においてヤング係数の発現特性が JCI 指針と大きく異なることが明らかになった。若材齢時の温度応力解析の精度向上のためには、JCI 指針との違いを考慮することが重要であると考えられる。今後、ヤング係数の発現特性の違いが温度応力解析に与える影響について把握することで、自己収縮ひずみや温度応力解析におけるひずみの起点の合理的な設定方法について検討する予定である。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会: マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008, 2008.11
- 2) 谷卓也, 青木智幸, 小川豊和, 武田均, 藤井義明: 若材齢トンネル吹き付けコンクリートの変形特性に関する研究, 資源・素材学会誌, vol.128, No.3, pp113-120, 2012
- 3) 臼井達哉, 宮原茂禎, 丸屋剛, 大友健: 異なる養生温度条件下における高炉セメントコンクリートの自己収縮ひずみと収縮応力の特性, 土木学会論文集 E2, vol.70, No.1, pp92-103, 2014.3

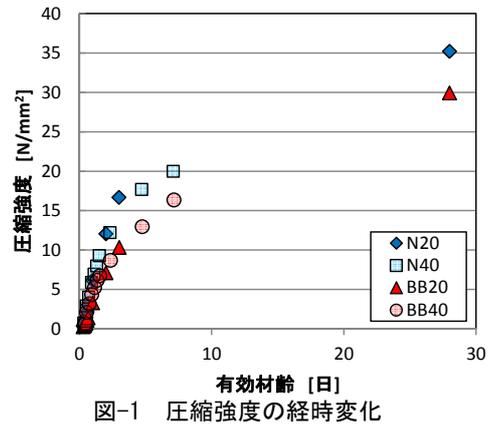
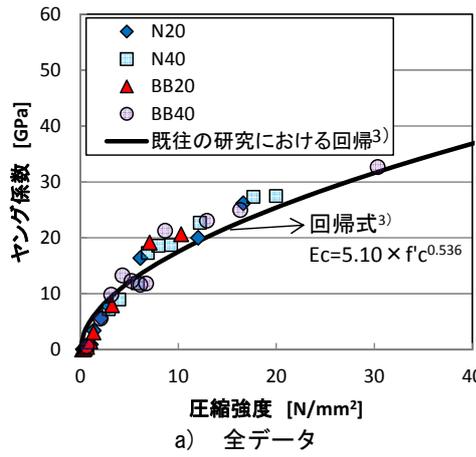
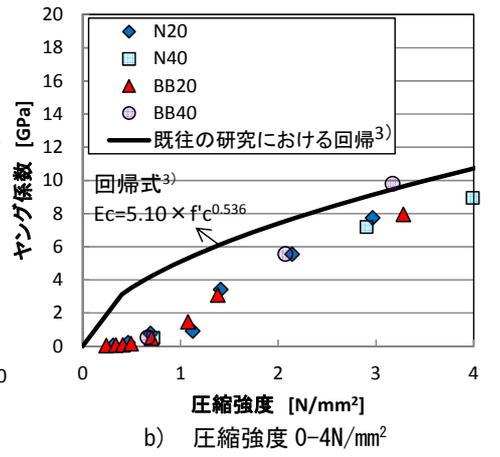


図-1 圧縮強度の経時変化

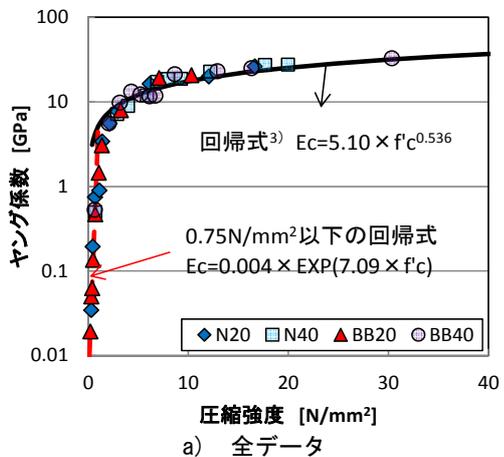


a) 全データ

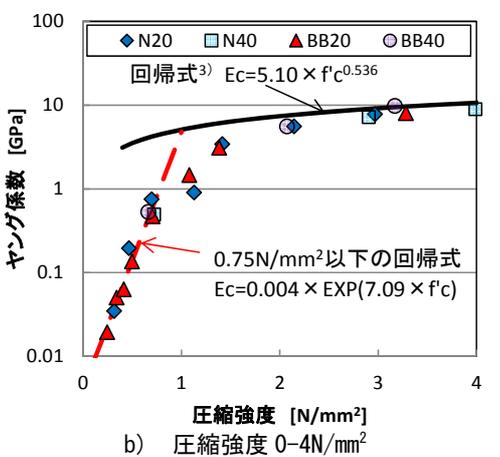


b) 圧縮強度 0-4N/mm²

図-2 圧縮強度とヤング係数の関係



a) 全データ



b) 圧縮強度 0-4N/mm²

図-3 圧縮強度とヤング係数の関係 (対数表示)