

温度依存性を考慮したコンクリートの引張強度特性に関する研究

法政大学 学生会員 川野祐貴

法政大学 正会員 溝渕利明

1. はじめに

部材寸法の大きいマスコンクリート構造物は、セメントの水和発熱に起因する体積変化に伴う収縮ひび割れが生じやすい。コンクリート構造物に発生するひび割れは、構造物の初期欠陥となるだけでなく、耐久性の低下にも大きく影響する。現在、事前解析を行うことで、体積変化に伴う収縮ひび割れの発生予測を行っている。構造物の引張強度や伸び能力といった力学特性値を把握することで、収縮ひび割れ発生予測の精度向上に繋がる。また、事前解析に用いる力学特性値として、標準示方書やひび割れ制御指針などに示されている強度発現式を用いる場合が多く、強度発現式の多くは、20℃水中で養生された供試体を用いた強度試験結果から算定されている。また、実際の施工においてひび割れの発生には打込まれたコンクリートの熱特性や力学特性など様々な要因が影響する。そのため、収縮ひび割れ発生の予測精度向上のためには、実構造物に即した、セメントの水和熱による温度影響を考慮した供試体の引張特性を用いた方がよいのではないかと考えられる。

収縮ひび割れの発生に影響を与えるコンクリートの引張特性を求める試験法として、直接引張強度試験がある。直接引張強度試験は実構造物の引張特性に近いと考えられているものの、試験結果にバラつきがあることが確認されている。

そこで本研究では、コンクリートの引張特性を求める手法の一つとして、温度影響を考慮した供試体を用いて直接引張強度試験を実施する。同一条件でのコンクリートを用いた直接引張強度試験を複数回に渡って実施することで、直接引張強度、直接引張ヤング係数の値にどのくらいのバラつきが発生するのかに関して検討を行う。

2. 試験方法

本研究では図-1に示した簡易物性評価試験装置を用い試験を行った。簡易物性試験装置は発泡スチロールとその内部の供試体収容部に構成された試験装置で、打込み後のコンクリートを疑似的な断熱状態とし、構造物内のマス養生下での力学挙動を把握するための装置である。中央部の円柱型枠内にコンクリートを打込み、5分おきに14日間温度を測定した。簡易物性試験装置の両端には直接引張強度試験で用いる供試体を12本作製する。また比較のために、圧縮強度試験、割裂引張強度試験用の20℃水中養生した供試体を作製する。検討配合は表-1に示す通りで、各ケース3回、合計9実施する。その後、作製した供試体を用いて直接引張強度試験、圧縮強度試験、割裂引張強度試験をそれぞれ行い、力学特性値を取得する。また、簡易物性試験装置中央部に作製した円柱型供試体を用いて温度を測定し、温度履歴から断熱温度上昇特性を算出する。各試験で得られた力学特性、熱特性に関する値のバラつきを算出し、比較、検討を行う。

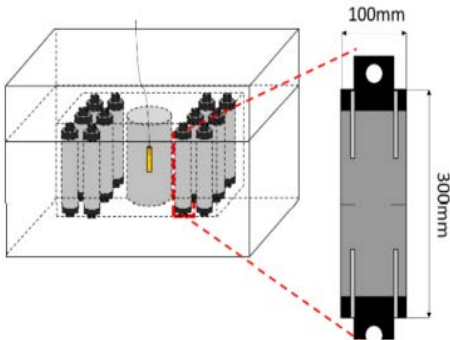


図-1 簡易物性試験装置概要

表-1 検討配合

セメント種	記号	水セメント比 W/C(%)	標準材	目標スランプ 最大寸法 (mm)	目標空気率 (%)	標準材率 G/a(%)	単位量(kg/m³)					
			水 W				セメント C	標準材 S	標準材 G	AE減水剤 WR	AE剤 AE	
高炉 セメントB種	BB45-1	45	20	12	4.5	42.0	157	349	740	1058	4.19	0.0279
	BB45-2											
	BB45-3											
	BB50-1	50				43.0	167	314	771	1057	3.77	0.0251
	BB50-2											
	BB50-3											
	BB55-1	55				44.0	157	285	799	1053	3.43	0.0225
	BB55-2											
	BB55-3											

キーワード 直接引張強度、直接引張ヤング係数、収縮ひび割れ、簡易物性評価試験装置

連絡先 〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2

法政大学 TEL03-3264-9240

3. 試験結果

各ケースにおける断熱温度上昇特性を図-3に示す。同一水セメント比での断熱温度上昇特性の変動係数はBB45 : 0.0100, BB50 : 0.0202, BB55 : 0.0193 となり、バラつきが非常に小さいことが示された。

各水セメント比における直接引張強度の変動係数を図-4に示す。図-4 から材齢が進むにつれてバラつきが小さくなる傾向にあることがわかる。また、圧縮強度、割裂引張強度の変動係数においても、同様の傾向を示した。各試験における強度の変動係数の比較を図-5に示す。図-5 から圧縮強度のバラつきは直接引張強度のバラつきと比較して非常に小さいことがわかる。また、割裂引張強度のバラつきは圧縮強度のバラつきと比較するとやや大きい、直接引張強度のバラつきと比較すると小さい傾向にあることがわかる。材齢3日の時点では割裂引張強度、直接引張強度ともに近いバラつきを示しているのに対し、材齢が進むにつれて割裂引張強度の方がバラつきの縮小が強まる傾向にあった。圧縮ヤング係数、直接引張ヤング係数の変動係数の比較を図-6に示す。ヤング係数の変動係数と水セメント比、材齢との相関性は見られなかったものの、圧縮ヤング係数と比較して、直接引張ヤング係数の変動係数は全体的にバラつきが大きい傾向にあることがわかる。

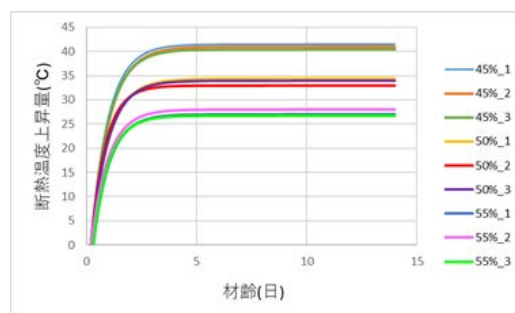


図-3 各ケースにおける断熱温度上昇特性

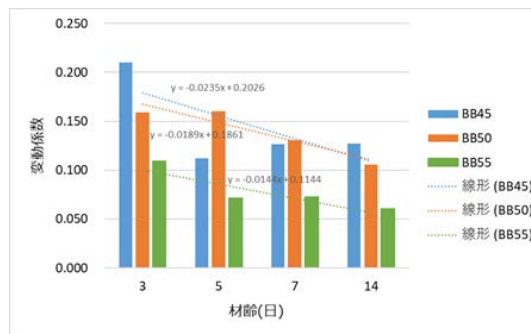


図-4 各水セメント比における
直接引張強度の変動係数

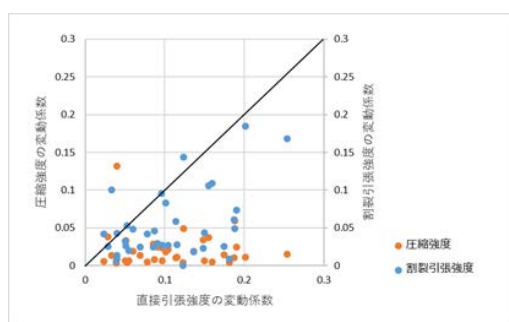


図-5 各試験における強度の変動係数の比較

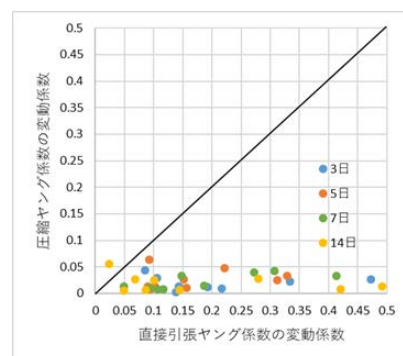


図-6 ヤング係数の変動係数の比較

4. 結論

各種強度試験結果から、材齢が進むにつれてバラつきが小さくなる傾向にあることが示された。また圧縮強度、割裂引張強度と比較して、直接引張強度のバラつきが大きい傾向にあることが示された。圧縮強度は直接引張強度と比較してバラつきは非常に小さいものの、割裂引張強度に関しては材齢3日の時点では直接引張強度と近いバラつきを示し、その後材齢が進むにつれてバラつきが小さくなるという結果になった。各水セメント比における断熱温度上昇特性の変動係数の比較では、どの水セメント比においても大きなバラつきは見られなかった。直接引張強度のバラつきには様々な要因が考えられるが、本研究では温度影響のバラつきが小さいことから、別の要因がバラつきに大きな影響を与えている可能性があると考えられる。供試体上部において応力集中が生じている、供試体に曲げ応力が作用している、といった供試体作製段階における欠陥が強度のバラつきに影響を与えていると考えられる。