

脱型材齢の異なるコンクリートの圧縮・引張・曲げ強度および反発度との比較

(財)電力中央研究所 正会員 ○西田孝弘 蔵重勲
(株)セレス 正会員 下村和也, 仲亮介, 石川弘毅

1. はじめに

コンクリート構造物の耐久性は、その表層品質の高低に左右されるため、設計から施工の段階において所定の表層品質を確保する必要がある。特に、型枠の脱型時期、その後の養生方法および曝露環境の違いにより表層の品質が大きく変化することが知られており¹⁾、その影響度合いを的確に把握・評価可能な試験方法の確立が望まれる。本報では、脱型材齢の異なるコンクリート供試体を作製し、代表的な強度指標として利用されている圧縮強度、ならびにコンクリート表層でのひび割れ発生評価に重要となる引張強度、曲げ強度を比較することにより、各強度の関係を調べ、脱型時から試験時までの質量減少率から水分逸散とそれぞれの強度の関係について考察した。さらに、非破壊試験方法として、実構造物への適用実績が豊富なテストハンマー試験を実施し、各強度と比較することにより、表層品質評価方法としての適用性を調べた。

2. 実験概要

表1に示す配合に従って、圧縮強度、引張強度の測定用に円柱供試体(Φ10x20cm)を、曲げ強度および反発度の測定用に角柱供試体(それぞれ 10x10x40cm, 15x15x53cm)を作製した。配合は2種類(普通コンクリート:N, フライアッシュ混合コンクリート:F)とし、脱型材齢を3, 7, 14, 28日と変化させた。圧縮試験と引張試験は材齢14日と28日に、曲げ強度試験とテストハンマー試験は材齢28日にそれぞれ実施した。なお、供試体は脱型後、室温20°C、湿度60%R.H.の環境に試験材齢まで曝露した。圧縮強度、引張強度、曲げ強度の測定は、それぞれ JIS A-1108-2006, JIS A-1113-2006, JIS-A-1106-2006 に準拠した。また、脱型後の乾燥による水分逸散程度と各強度の関係を把握するため、脱型直後から試験時までの質量の差を脱型直後の質量で除すことにより質量減少率を算出した。一方、非破壊試験による強度特性評価を目的に実施したテストハンマー試験は、JSCE-G504-2007 に示される方法に準拠し、測定は15x53cm 側面を対象に床上に定置した状態で鉛直方向に打撃し、打撃方向の補正を行って基準反発度を求めた。

3. 実験結果および考察

図1に示した各材齢の圧縮強度と脱型材齢の関係より、脱型材齢が短いほど圧縮強度は低下し、特に3日脱型の場合、何れの配合においても圧縮強度は大きく低下する傾向が認められた。この傾向は、配合Fにおいて顕著であり、さらに3日脱型の場合、材齢14日から28日までの圧縮強度が殆ど増進しないことが確認された。これは、脱型後の水分逸散により、硬化体表層の水和が阻害されたためと考えられる。以上の脱型材齢の違いが圧縮強度へ及ぼす影響が、ひび割れ抵抗性に関連が深い引張強度や曲げ強度にも同様に当てはまるか検証するため、引張・曲げ強度と圧縮強度をそれぞれ比較した(図2, 図3)。これらより、付記した示方書で提案されている式とは若干傾向が異なり、加えて、圧縮強度との関係もばらつく傾向が認められた。以上より、脱型材齢の違いによる水分逸散が各強度へ及ぼす影響は異なると考えられるため、各強度と脱型直後からの質量減少率の関係を調べた(図4~図6)。圧縮強度は、質量減少率が概ね1.5%以下では大きな変化は認められないがそれよりも高いと低下する傾向が確認された。また、引張強度は、材齢14日では質量減少率が異なっても変化せず、材齢28日となると質量減少率の上昇に依存して低下する傾向が認められた。一方、曲げ強度は、若干の質量減少率の上昇により低下し、それ以降は微減する傾向が認められた。これらは、各試験の方法や破壊進展機構と密接に関係して

表1 コンクリート配合

略号	W/B (%)	s/a (%)	SP (%xB)	AE (%xB)	単体量 (kg/m ³)					Sl. (cm)	Air (%)
					W	C	F	S	G		
N	50.0	46.7	1.2	0.0010	175	350	—	825	949	18.5	5.7
F			0.7	0.0015		280	70	814	936	18.5	4.3

B:結合材(C+F), SP:高性能 AE 減水剤, AE:AE 剤, W:水, C:普通セメント, F:フライアッシュII種, S:砕砂, G:砕石

キーワード 表層品質, 脱型材齢, 基準反発度, 圧縮強度, 引張強度, 曲げ強度
連絡先 〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646 (財)電力中央研究所 TEL04-7182-1181

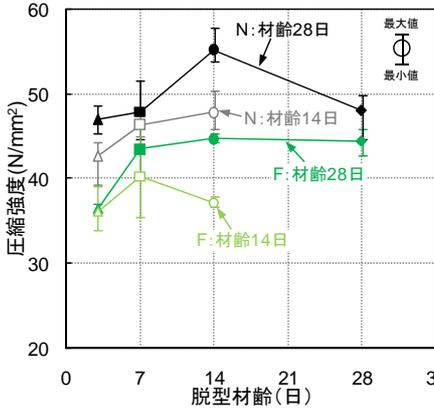


図1 圧縮強度と脱型材齢の関係

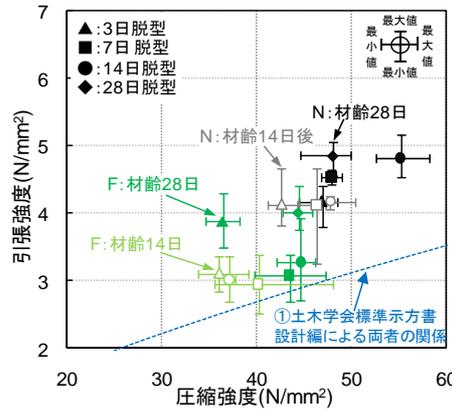


図2 引張強度と圧縮強度の関係

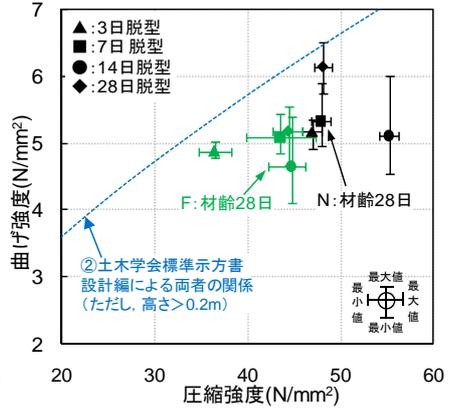


図3 曲げ強度と圧縮強度の関係

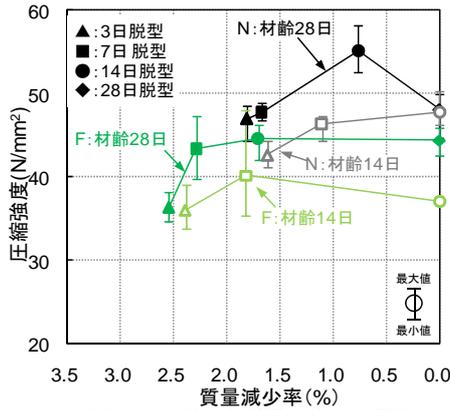


図4 圧縮強度と質量減少率の関係

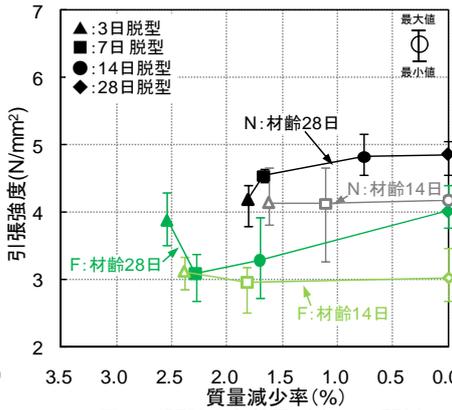


図5 引張強度と質量減少率の関係

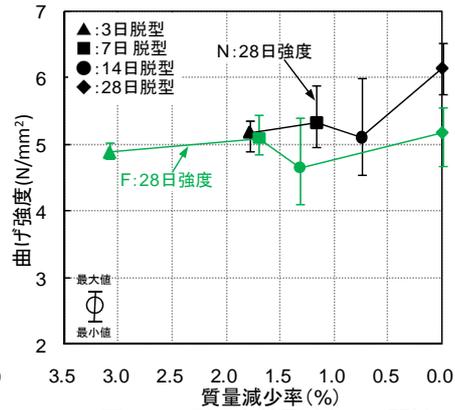


図6 曲げ強度と質量減少率の関係

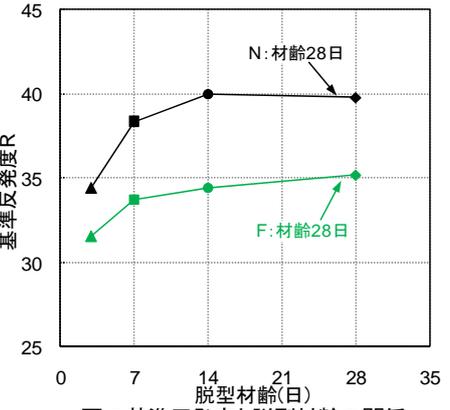


図7 基準反発度と脱型材齢の関係

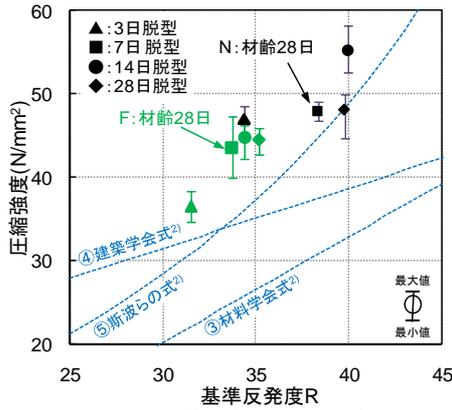


図8 圧縮強度と基準反発度の関係

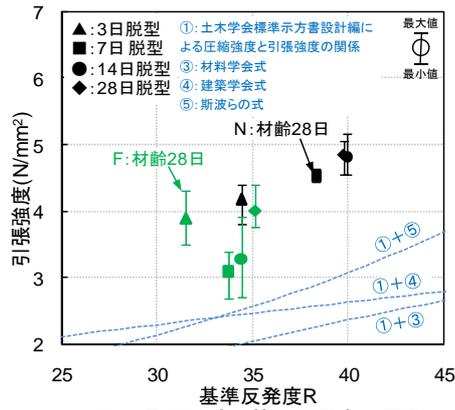


図9 引張強度と基準反発度の関係

いと考えられる。特に、曲げ試験に関しては、脱型後の水分逸散により変化する表層の品質をよりの確に把握可能な方法であると考えられ、今後さらなるデータ蓄積を行う必要がある。

他方、基準反発度に関しては、図7に示すように脱型材齢が短くなるほど減少する傾向を示し、脱型時期により変化するコンクリートの表層品質を把握できると考えられる。また、上記で得られた強度と基準反発度を図8～図10に示すように比較した結果、本報の範囲内では、何れの強度とも比較的良い正の相関が認められた。今後は、より長期材齢のデータを取得するとともに、表層品質と基準反発度の関係を明らかにすることにより、コンクリート表層のひび割れ発生の危険性評価方法等に関して検討を進める。

参考文献：1) 蔵重勲，廣永道彦：脱型材齢や曝露環境がコンクリート表層の強度特性と透気性に及ぼす影響，土木学会「コンクリート構造物の表層品質評価と耐久性能検証」に関するシンポジウム講演概要集，pp.79-84，2009。

2) 構造物表面のコンクリート品質と耐久性能検証システム研究小委員会成果報告書，土木学会コンクリート技術シリーズ80，2008。

謝辞：本研究は土木学会333委員会，335委員会，JCI混和材料委員会の活動に関連して実施したものです。委員各位との議論には深く感謝申し上げます。また，本研究の一部は，国土交通省建設技術研究開発補助金(実用化研究開発：コンクリート構造物長寿命化に資する品質保証／性能照査統合システムの開発，代表者：東京大学石田哲也准教授)の助成を得て実施したことを付記致します。

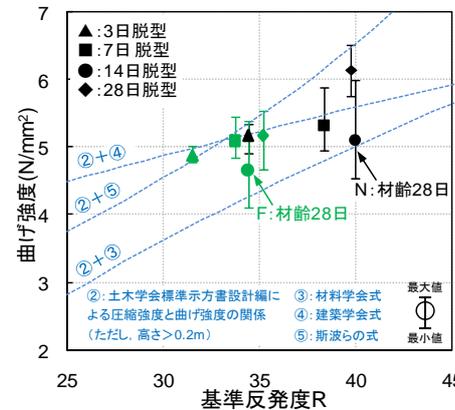


図10 曲げ強度と基準反発度の関係