

劣化現象が各種非破壊試験の測定値に及ぼす影響に関する実験的検討

愛媛大学大学院 学生会員 ○三嶋晃平
愛媛大学大学院 正会員 氏家勲 正会員 河合慶有

1. はじめに

近年，高度経済成長期に建設された鉄筋コンクリート構造物の劣化や損傷が顕在化しており，維持管理や性能評価手法の確立が急務となっている．橋梁やトンネル等では国が定める基準に基づいて近接目視が義務化されている．しかし，経験的かつ定性的に行われる目視点検では，点検者の技術力によって評価結果に差異が生じるといった問題が指摘されている．また，コンクリート内部の損傷などの表面からでは確認できない損傷を早期に発見することは非常に困難である．以上のような背景から，目視点検と同時に実施することができる非破壊試験方法として，透気試験（トレント法），電気抵抗率測定試験（Wenner 法），表面形状測定試験（2 次元レーザー変位計），超音波試験，圧縮強度試験（コンクリートテスター）の 5 つの試験方法を採用し，これらの測定結果に基づいてコンクリート内部の損傷を早期に検知可能であることを明らかにすることを目的とした．

2. 実験概要

(1) 供試体概要

本研究では，120×120×540mm の角柱供試体を作製し，D16 の鉄筋を 1 本埋設した．かぶりは 40mm とした．また，かぶりの位置を目視で確認するために鉄筋の両端 20mm をコンクリートから露出させている．なお，鉄筋両端 90mm をエポキシ樹脂で被覆している．コンクリートの配合表を表 1 に示す．また骨材の物性を表 2 に示す．以下の検討では，各供試体を圧縮強度の結果に基づいて FC36，FC49，FC56，及び FC61 と称する．

表 1 配合表

表 2 骨材の物性

水セメント比 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	単 位 量 (kg/m ³)								細骨材	粗骨材	混和剤
		水 W	セメント C	細骨材 S1	細骨材 S2	細骨材 S3	粗骨材 G1	粗骨材 G2	混和剤 AD			
40	FC61	180	449	482	234	108	464	476	4.50	S1	大分県津久見市新津見鉱山産石灰砕砂	
										S2	愛媛県東温市山之内産砕砂	
										S3	銅スラグ細骨材 CUS2.5	
50	FC49	177	346	560	270	122	450	460	2.78	G1	愛媛県東温市山之内産砕石	
60	FC56	178	296	606	294	132	428	440	2.38	G2	愛媛県西条市丹原町田滝産砕石	
70	FC36	179	259	636	308	140	420	430	2.08	AD	AE減水剤遅延形 (I 種)	

(2) 試験概要

本検討では，既往の研究¹⁾で提案されている液体窒素を用いた簡易急速凍結融解試験方法を採用した．実験手順として，まず凍結を促進するために，24 時間水道水を用いて浸漬し飽和处理を行った供試体を作製する．次に 830×435×500mm の容器に蓋をして数秒間液体窒素を吹き付け，蓋を開け試験面を上にして供試体 2 体を容器の中に静置する．蓋をして 2 分間試験面を凍結させ，密封した容器の中にさらに 2 分間静置する．その後，容器から取り出し，約 40℃の温水に浸漬し，5 分間融解する．これらの手順を 3 回繰り返す．試験終了後，供試体を 20℃の恒温室に移し，2 日間乾燥させる．その後，20℃の恒温室にて各種非破壊試験を実施した．測定終了後，上述の手順を繰り返し 24 サイクルまで促進試験を実施した．

3. 実験結果及び考察

透気試験，電気抵抗率試験，及び表面形状測定試験では，内部損傷が生じることで透気係数，電気抵抗率，算術平均粗さ（JIS B 0601）が増加すること想定して，損傷の検知が可能か検討する．図 1 に各サイクル後に測定された透気係数の結果を初期値で除した変化率の経時変化を示す．図より各供試体の透気係数の変化率は，FC61 では 12 サイクル後，FC49 では 21 サイクル後，FC56，36 では 18 サイクル以降から増加傾向を示している．さらに FC61 及び FC36 では 18 サイクル後から急増していることが認められる．次に，図 2 に電気抵抗率の測定結果を初期値で除した変化率の経時変化を示す．図より，各供試体の電気抵抗率の変化率は，FC61 では

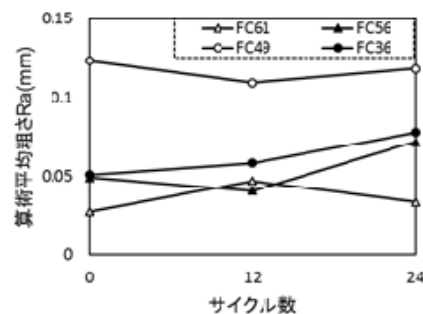
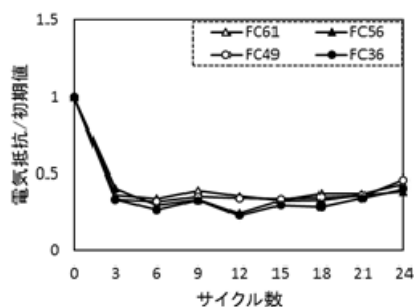
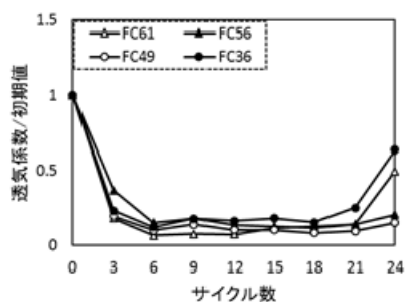


図1 透気係数の変化率の経時変化

図2 電気抵抗の変化率の経時変化

図3 算術平均粗さの経時変化

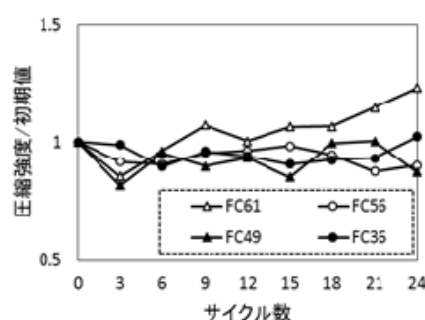
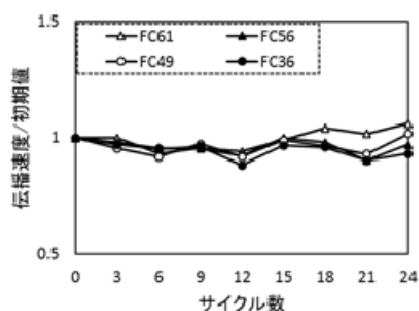


図4 伝播速度の変化率の経時変化

図5 圧縮強度の変化率の経時変化

18 サイクル後、FC56、36 では12 サイクル後、FC49 は21 サイクル後から増加傾向を示している。次に、表面形状測定結果を用いて算出した算術平均粗さの経時変化を図3に示す。図より各供試体の算術平均粗さは、FC61、FC56、及びFC49 においてはほとんど変化していない。しかし、最も強度の低いFC36 ではサイクル数が多くなるほど算術平均粗さが増加する傾向が一定程度認められる。以上の結果より、それぞれの試験結果において内部損傷の存在を示唆する結果が得られたサイクル数は異なるものの、透気係数、電気抵抗率、及び算術平均粗さの結果に基づいて損傷を早期に検知できる可能性が示唆される。次に、超音波試験及びコンクリートテスターを用いた圧縮強度推定試験では、コンクリートの内部損傷が蓄積するほど超音波伝播速度及び圧縮強度が低下することを想定して、損傷の検知が可能か検討する。図4に超音波伝播速度の測定結果を初期値で除した変化率の経時変化を示す。また、図5に圧縮強度の推定結果を初期値で除した変化率の経時変化を示す。いずれの結果からも、内部損傷の存在を示唆する明確な変化は認められない。これは、凍結融解作用のサイクルが24 サイクルと短く、損傷が各非破壊試験に顕著な影響を与えるほど進展していないためと考えられる。

4. まとめ

各種非破壊試験において凍結融解作用による損傷を検知できる可能性が示された供試体について、損傷が検知されたサイクル数をまとめたものを表3に示す。表よりFC61及びFC56では、透気試験、電気抵抗率測定試験の結果において損傷検知の可能性が示唆される。またFC36では透気試験、電気抵抗率測定試験、表面形状測定試験のいずれの試験結果においても内部損傷に伴う測定値の増加傾向からコンクリート内部の損傷の有無を評価することができると考えられる。一方、超音波試験及び圧縮強度試験(コンクリートテスター)に関しては、損傷が測定結果に影響するほど進展していないと考えられるため、促進サイクルを継続し測定を行うことで、複数回の測定値の減少傾向からコンクリート内部の損傷が検知可能であるかをさらに検討する予定である。

参考文献

- 1) 弓場上有沙, 橋本親典, 渡邊健, 石丸啓輔: 再生骨材コンクリートによるJISの凍結融解試験方法(A法)と液化窒素を用いた簡易急速凍結融解試験方法の比較, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, 2011.

表3 各種非破壊試験による損傷検知の結果

圧縮強度 (N/mm ²)	かぶり (mm)	透気係数	変化 開始日	電気抵抗率	変化 開始日	算術平均 粗さ	変化 開始日
FC61	40	○	12~	○	18~	-	/
FC56	40	○	18~	○	12~	-	/
FC49	40	-	/	-	/	-	/
FC36	40	○	18~	○	12~	○	12~