

コンクリート構造物の劣化評価に関する一考察

呉高専 學員 迫井裕樹 呉高専 正員 市坪 誠
呉高専 正員 竹村和夫 呉高専 正員 小松孝二

1. はじめに

近年、トンネルの崩落等土木用コンクリート構造物の早期劣化が顕在化し大きな社会問題となっている。土木用構造物は社会基盤であり、その膨大なストックを考慮すると、その維持管理、補修・補強及びリハビリテーションは、今後より一層重要と思われる。ここで、構造物診断手法の中でも躯体一部を欠損させずに検査する非破壊検査法が注目されている。しかしこの手法は、技術者にとって分析機器の原理や特徴が分かり難く適用条件や技術的根拠などが明確化されてないことから、十分活用されていないのが現状である。ここで非破壊試験法に関する情報を整理しまとめることは、既存のコンクリート構造物を評価する上で非常に有意義なものになる。

そこで本研究では、非破壊検査法のうち代表的な方法について調査し測定内容をまとめるとともに利点及び欠点の整理を行った。そして、非破壊試験のうち特に目視検査法について検討を行うべく、構造物の表面劣化が一般の人々の心理に及ぼす影響を把握した。

2. 研究概要

2. 1 非破壊検査法について

非破壊検査は技術者にとってその測定対象、測定範囲が十分把握されていない現状にある。そこで、コンクリート構造物の劣化に対する文献等^{1) 2) 3)}を参考に非破壊検査手法を把握しそれぞれの測定内容及び利点・欠点についてまとめた。

2. 2 劣化の評価構造について

コンクリート構造物（土木・建築）の劣化事例を多様に収集し、劣化原因、劣化面積など劣化情報を 14 アイテム・46 カテゴリーに分類した。これをもとに代表的な劣化事例の写真 73 枚を選定した。評価感性は既往の研究をもとに形容詞 21 対にまとめ、被験者 116 名（16~22 歳の学生）により評価実験を行った。評価実験の結果をもとに因子分析を行い、感性尺度を少数個の軸に要約して構造物の劣化に対する評価軸を把握した。これより、コンクリート構造物の劣化に対する評価構造を明確化した。

3. 結果及び考察

3. 1 非破壊検査

非破壊検査について調査した結果、主な非破壊検査 7 手法とそれぞれの測定内容を表 1 にまとめた。縦軸に検査法、横軸に劣化形態（ひびわれ等）で示した。表中の○印はそれぞれの検査法で判断し得る劣化形態（測定内容）である。これより構造物表面と内部の検査方法は異なることが理解できた。

表 2 に検査別ごとの利点と欠点をまとめた。劣化判断の一連の流れにおいて最も基本となる目視検査は、評価手法が容易なものの構造物の内部を調査できないこと、また判断指標に技術者の主観が介在することから、機器分析等定量的な劣化評価との関連性が求められることが理解できた。

表 1 主な非破壊検査とその測定内容

	構造物表面			構造物内部					
	ひび割れ	剥離・剥落	溶出物・錆汁等	ひび割れ	被り厚	鉄筋腐蝕	配筋	空洞	内部亀裂
目視法	○	○	○						
赤外線法	○	○	○						
打音法				○				○	○
電磁波法					○		○	○	
自然電位法						○			
超音波法				○	○	○		○	○
AE法									○

表2 検査別に見た利点・欠点

	長所	短所
目視法	・測定が比較的容易 ・測定物の寸法や形状に関係なく適用できる	・検査員による読みとり誤差が大きい ・異状箇所の有無やひび割れの成長がわかりにくい
打音法	・測定が比較的容易 ・測定物の寸法や形状に関係なく適用できる	・測定部位がコンクリート表面に限られる ・コンクリート中の空洞の調査で精度に問題 ・同一箇所の再度測定は不可
赤外線法	・非接触型で遠方から大面積を調査できる ・明暗に左右されない	・天候に左右される ・対象物の曲率・観測距離により有効範囲が狭くなる
超音波(弾性波)法	・同一箇所に戻して適用できる ・測定物の形状・寸法にあまり左右されない	・使用周波数が高くなるほど指向性が良くなるが、超音波の減衰が大きくなる
電磁波法	・測定が比較的容易 ・調査箇所の断面の様子が画像として見える	・使用周波数が低くなると装置が大型化する ・空洞の大きさに20～40%の誤差
自然電位法	・内部鉄筋の腐食度の調査が容易	・測定された自然電位から腐蝕していると言いきれない
AE法	・微少破壊でもリアルタイムで促される	・既に生じているひび割れなどは把握しにくい

3. 2 劣化に対する評価構造

コンクリート構造物の評価構造を把握するため、21組の形容詞対を3軸に要約した(表3)。

形容詞対の構成により、第Ⅰ因子軸(寄与率：60.7%)を「安全性因子」(代表尺度：対策が緊急である感じ)、第Ⅱ因子軸(寄与率：17.8%)を「審美性因子」(代表尺度：清潔な感じ)、第Ⅲ因子軸(寄与率：2.1%)を「劣化範囲因子」(代表尺度：劣化の範囲が広い感じ)と名付けた。コンクリート構造物の劣化に対する心理構造は、これら3軸(累積寄与率：88.5%)により規定されることが理解できた。この結果、一般の人々は構造物の劣化現象に対し、安全性という万人共通の評価基準と審美性という個人的な評価基準をもって評価していることが理解できた。このことは目視情報が主観のみでなく共通基準を含むことを意味するものであり、今後、定量的な表面・内部現象と結びつけることにより、より有効な劣化判断手法となり得ることが示唆された。

4. まとめ

本研究の結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 非破壊検査は構造物表面と内部の検査方法が異なることが理解できた。
- 2) 劣化評価は、「安全性因子」、「審美性因子」及び「劣化範囲因子」の3軸により判断された。
- 3) 上記結果より、目視検査は有効な劣化判断手法(定量評価)となり得ることが示唆された。

今後、専門家の評価構造を明確化し、劣化評価に及ぼす劣化要素の対応を把握することが必要となる。

【参考文献】

- 1) 魚本健人ほか：コンクリート構造物の非破壊検査，森北出版，pp.4-26，1990
- 2) 大成建設技術開発部編：コンクリートのはなし，日本実業出版社，pp139-159，1995
- 3) 魚本健人：「非破壊検査」ではかるコンクリート構造物への影響，土木学会誌，pp.81-84，Vol. 85，2000

表3 因子負荷量

因子	1	2	3
対策が緊急である感じ	0.965	-0.200	0.092
安全な感じ	-0.960	0.215	-0.063
必要がある感じ(造り替え)	0.959	-0.222	0.055
必要がある感じ(工事の必要性)	0.955	-0.266	0.050
不安な感じ	0.950	-0.264	0.080
安定している感じ	-0.930	0.187	0.012
長持ちする感じ(構造物の状態)	-0.929	0.256	0.046
必要がある感じ(詳しい調査)	0.904	-0.340	0.111
重度である感じ(劣化の程度)	0.903	-0.385	0.089
工事費が高い感じ	0.879	-0.108	0.331
健全な感じ	-0.849	0.486	0.015
劣化している感じ	0.838	-0.444	0.103
管理の必要がある感じ(もし工事)	0.819	-0.325	0.211
景観上好ましい感じ	-0.747	0.582	-0.049
構造物が重い感じ	0.551	-0.133	0.334
清潔な感じ	-0.546	0.821	-0.140
汚れている感じ	0.453	-0.814	0.328
美しい	-0.671	0.709	-0.098
効果が長期である(もし工事)	-0.012	0.583	0.079
範囲が広い感じ(劣化の範囲)	0.311	-0.112	0.936
散らばっている感じ(劣化の分布)	-0.139	0.021	0.874
寄与率(%)	60.691	17.807	10.044
累積寄与率(%)	60.691	78.498	88.542