MT 法を用いたパターン認識によるコンクリート部材の健全性および補修効果の評価

徳島大学大学院 正会員 〇渡辺 健

- 三井住友建設(株) 正会員 野内 彩可
 - 徳島大学大学院 正会員 滑川 達 徳島大学大学院 フェロー 橋本 親典

1. 目的

現在,国内では社会基盤構造物の維持管理が一般化し,構造物の点検・調査・診断および補修・補強が進められている.その一方で,点検や調査結果に基づく劣化変状の定量化や,補修・補強の効果を評価するが確立されているとはいえない.本研究では,非破壊試験結果を利用し,劣化変状によるコンクリート構造物の診断や補修効果に,品質工学で提唱されている MT (マハラノビス・タグチ)システムが適用できると想定し(図-1),研究の第一段階として,初期欠陥の豆板およびその補修効果への適用を通じて有用性について検討を行った.

2. 実験概要

部分欠陥を模擬した試験体の試験体概要および試験体のパラメータを図-2 および表-1 に示す. 試験体は 100 mm×100 mm×400 mm の角柱試験体である. 試験体の中央部には幅 100 mm, 長さ 100 mm, 深さ 30~70 mm の切り欠きを設け,豆板を模擬したポーラスコンクリートを母材コンクリート材齢 3 日に後打ちで作製した. 欠陥部の補修方法は表-1 に示す条件とし,断面修復工法の左官工法により補修を実施した.

図-3に各種非破壊試験による測定点の一例を示す.非破壊試験は、衝撃弾性波法の多重反射法,超音波法, 機械インピーダンス法により測定を行い、表面含水率の測定を併せて実施した.各測定は補修前については母 材のコンクリート材齢16日時点、補修後については補修材材齢3日と28日にて実施し、その後補修材の材齢 30日経過後に曲げ強度試験を行い、力学的な回復程度を 確認した.

3. MT システムによる評価手法および結果

MT システムは、品質工学(タグチメソッド)の創始者 である田口玄一博士によって考案された、パターン認識や 予測のための手法である¹⁾. MT システムは、健全な状態

(単位空間)を基準として設定し、この基準からの評価デ ータ(信号空間)のパターンの相違をマハラノビスの距離

(Mahalanobis Distance,以下,MD) により数量化するこ とで,定量的な評価を可能にする.本研究ではMTシステ ムの基本となる MT 法により評価を行い,JUSE-StatWorks/V5を用いてMDを算出した.

評価に用いた項目は、①母材コンクリート材齢(日)、 ②表面含水率(%)、③弾性波速度(m/s)、④卓越周波数の 振幅値(mV)、⑤振幅比面積、⑥超音波速度(m/s)、⑦STR 値(N/mm2)、⑧INDX 値の 8 次元とした.単位空間の作成 には、試験体の補修前後において、欠陥を有しない左右の 健全部の全 49 データを用いた.評価データである信号空



図-1 MT システムによる補修効果の評価イメージ



キーワード 品質工学, MT システム, マハラノビス距離, 豆板, 非破壊試験, パターン認識 連絡先 〒770-85064 徳島大学大学院 E-mail:t_watanabe@tokushima-u.ac.jp

試験体名	欠陥深さ (mm)	欠陥部の 除去	補修方法 ※ () 内は使用補修材	補修界面の処理方法	欠陥部の 全空隙率 (%)	曲げ強度 (N/mm ²)
無補修	- 30	無し	無補修	-	16.9	2.08
S-NSM-wet			表面補修(NSM)	プレウェッティング	23.1	3.04
S-PCM-p			表面補修(PCM)	プライマー	27.1	2.66
S-PCM-wet				プレウェッティング	26.9	2.80
無補修	- 50	無し	無補修	-	20.6	1.09
IS-NSM-wet		有り	内部 ・表面補修(NSM)	プレウェッティング	24.4	3.54
IS-PCM-p			内部 ・表面補修 (PCM)	プライマー	23.2	2.95
IS-PCM-wet			内部 ・表面補修 (PCM)	プレウェッティング	24.1	3.04
I-NSM-wet+S-PCM-p			内部補修(NSM) + 表面補修(PCM)	プレウェッティング(内部補修), プライマー(表面補修)	24.1	3.39
無補修	70	無し	無補修	_	23.9	0.53
S-PCM-p			表面補修 (PCM)	プライマー	26.3	2.40

表-1 試験体のパラメータ

間には、試験体の補修前後の補修(欠陥)部の 30 デ ータを用い、正常なデータとして健全部右側の補修材 材齢 28 日の 11 データを用いて評価を行った.

図-4 に MT 法により得られた評価結果を示す.縦 軸の MD が大きいほど,健全部のデータで作成した単 位空間からの相違が大きく,不具合の程度が大きいこ とを示している.補修前・無補修試験体は MD が非常 に大きく,欠陥を評価できていることが確認できる. 次に,補修後の MD の大きさに着目すると,補修前と 比較して MD の値は大幅に小さくなり,健全な状態に 近づいていることが分かる.このことより,補修前の 状態および補修後の状態(補修効果)を MD という距 離で定量化できる可能性が示された.

図-5 に曲げ強度と MT 法により得られた MD の関係 を示す. 無補修試験体に着目すると, MD と曲げ強度 の間には相関関係が認められた. また, MD の増加に 伴い, 欠陥深さが深くなるとともに曲げ強度は低下し, 単位空間から離れることが確認できた. 補修試験体に ついては, MD が小さくなり単位空間に近づくほど曲 げ強度は大きくなる傾向が認められた.

以上より, MD と曲げ強度の間には相関関係が認め られ,各種非破壊試験結果を MT 法に適用することで, 補修の効果を定量化でき,それらの値は力学的性能と も相関する可能性を示した.

4. まとめ

各種非破壊試験により得られた試験データを MT 法 に適用することで,断面修復工法による補修前後の状 態を定量化できる可能を示した.今後は実構造物を想 定し,様々な劣化・変状への有効性を検討する予定で ある.

参考文献

 田村希志臣:よくわかる MT システム 品質工学によるパ ターン認識の新技術、日本規格協会、2009



図-3 非破壊試験による測定点



図-4 MT 法により得られた

各試験体のマハラノビスの距離



図-5 MDと曲げ強度の関係