

機械インピーダンス法による劣化コンクリートの省力化強度測定手法の検討

北見工業大学 正会員 ○岡田 包儀 正会員 猪狩 平三郎
日東建設(株) 正会員 久保 元 正会員 久保 元樹 正会員 金田 重夫
アブライドリサーチ(株) 正会員 境 友昭

1. 背景及び目的

我が国の社会資本は、財政制約の下で適切な維持・管理を施す予防保全対策によるアセットマネジメント手法の確立が喫緊の課題となっている。今後の構造物の診断において益々非破壊試験の需要が高まっているが、コンクリートの非破壊強度を測定する手法としては、近年、機械インピーダンス法によるハンマが開発・実用化されている。筆者らは、これまでこのハンマを使用し、前処理（表面を切削し平滑化）を施さないとその測定が困難とされてきた劣化コンクリート面を対象とした強度測定手法の検討を行ってきた。本研究は、新規に開発したハンマを使用し前処理を施さず内部強度を比較的効率的に測定する実用的測定手法の開発を行うことを目的とした。

2. 研究方法

2.1 調査構造物の概要及びコンクリートの配合条件

- (1) 調査構造物の概要 用途：水路用コンクリート構造物（写真2）、供用年数：37年、環境：寒冷地内陸環境下
(2) コンクリートの配合条件（当時の資料参照） F_{ck} ：300kgf/cm²、スランプ：8.0cm、空気量：5.0%，
最大W/C：55%，最小セメント量：280kg/m³、セメント種類：普通ポルトランドセメント

2.2 調査領域及び測定方法

- (1) 調査領域及び測定位置の設定 調査領域は、水路コンクリートの環境状態の違いを考慮し、写真3に示すように気中部、水中部の2箇所を対象とした。各測定領域における測定数は、20測定箇所とした。



写真1 コンクリートの表面劣化

写真2 水路コンクリート構造物

写真3 水路コンクリート測定部

- (2) 非破壊強度試験器 機械インピーダンスハンマ：380g（新規製作）

(3) 強度の測定方法 測定は前半と後半に分け前半は、劣化した測定部を前処理無しで写真3に示す各測定箇所において測定点を20箇所とし同一地点で20回連続打撃し強度指標値を求めた。これは、同一点を連続的に打撃することにより脆弱な劣化部を潰し、次第に内部と同等の強度指標値が得られることを想定したものである。前半の劣化面測定後、内部コンクリートの強度指標値が得られると想定できる健全部まで中性化試験・劣化観察等実施・確認しながら切削・平滑化を行い、基準面を設けた。これは、既往の研究結果より近傍部コンクリートでは硬度試験結果から、劣化によるコンクリート表層内部の硬度の低下傾向（組織脆弱性）は認められなかったため、比較的深い切削を行わなくても内部のコンクリート強度指標値を反映する結果が得られると判断できた。

後半の測定は、前半と同一測定領域を設定し強度指標値の基準値（健全部）を測定した。この時の測定方法は、各打点領域内で測定打撃点をずらし5点ずつデータを採取した。

- (4) 劣化深さ及び中性化深さの測定方法 コンクリートの劣化深さを測定するためデプスゲージを使用し、中性化深さについては、フェノールフタレイン法により中性化深さを測定した。

キーワード 機械インピーダンス法，非破壊強度，表面劣化コンクリート，省力的測定手法

連絡先 〒090-8507 北海道北見市公園町165番地 北見工業大学工学部社会環境工学科 TEL 0157-26-9489

3. 結果と考察

3.1 劣化状況及び劣化要因 水路コンクリートの表面劣化状況については、気中部と水中部では劣化状況に大きな違いが生じていた。気中部の劣化の主要因は、凍結融解作用による凍害と推察され、一部表層スケーリング及びピーリングが発生していた。これに対して春季から秋季にかけ常時水に接触されている水中部の劣化の主要因は、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の溶脱による細孔構造の粗大化及び土粒子を含む流水によるすり減り作用等によるものと推察され表面のモルタル等は損失し細・粗骨材が露出し劣化深さも顕著（写真1参照）となっている。各部の表面劣化深さ及び中性化深さの試験結果を表1に示しているが、気中部の平均劣化深さは、1.16mm、水中部では3.16mmとなっていた。

表1 表面劣化深さ及び中性化深さの試験結果

測定部位	平均劣化深さ mm (計25点)	標準偏差 mm	変動係数 %	中性化深さ (近傍) mm
気中部	1.16	0.43	37.3	9.3
水中部	3.16	0.74	23.4	2.4

表2 切削・研磨後の平均深さ（強度指標値基準面）

測定部位	平均切削深さ mm	標準偏差 mm	変動係数 %
気中部	11.79	1.25	10.6
水中部	7.41	0.52	7.1

3.2 ハンマの連続打撃による強度指標値の測定結果

新規に開発したハンマによる劣化部強度指標値と切削後の基準強度指標値との比率結果を表3に示す¹⁾。

表3 連続打撃（計20回）により測定した強度指標値と切削後の基準指標値との比率

	打撃回数	切削前 累積平均指標値	データ数(±0.2) (各総数20)	切削後 平均指標値	指標値比率 (前/後)		打撃回数	切削前 累積平均指標値	データ数(±0.2) (各総数20)	切削後 平均指標値	指標値比率 (前/後)
気中部 (上部)	1	22.36	18	22.66	0.99	水中部 (下部)	1	21.25	10	22.80	0.93
	1~2	22.15	17		0.98		1~2	22.31	10		0.98
	1~3	22.33	18		0.99		1~3	22.79	12		1.00
	1~4	22.02	18		0.97		1~4	22.78	11		1.00
	1~5	21.94	17		0.97		1~5	23.07	9		1.01
	1~6	21.93	13		0.97		1~6	22.82	9		1.00
	1~7	21.81	14		0.96		1~7	22.76	10		1.00
	1~8	22.08	19		0.97		1~8	22.81	13		1.00
	1~9	22.13	17		0.98		1~9	22.84	11		1.00
	1~10	22.14	17		0.98		1~10	22.83	15		1.00
	1~11	22.07	18		0.97		1~11	22.86	13		1.00
	1~12	22.08	18		0.97		1~12	22.99	17		1.01
	1~13	22.13	18		0.98		1~13	22.99	12		1.01
	1~14	22.09	18		0.97		1~14	22.92	14		1.01
	1~15	22.06	19		0.97		1~15	22.89	14		1.00
	1~16	22.15	20	データ 偏差±0.2	0.98		1~16	22.90	12	データ 偏差±0.2	1.00
	1~17	22.19	19		0.98		1~17	22.86	13		1.00
	1~18	22.14	18		0.98		1~18	22.89	9		1.00
	1~19	22.11	19		0.98		1~19	22.79	12		1.00
	1~20	22.15	15		0.98		1~20	22.77	12		1.00

4. 結論

表面劣化が進行したコンクリート面に対し、新規に開発した機械インピーダンス法ハンマ（質量：380g）使用による強度試験結果は、前処理（切削・研磨）無しでも比較的高い精度で内部強度測定値が得られた。但し、強度測定を行う際は、劣化状況に応じ以下の対応が必要である。

(1) 気中部（平均劣化深さ：1.16mm，外観：骨材露出せずスケーリング）の劣化面においては、切削後の基準強度指標値と比較し、打撃回数が1回から20回までの各累積平均強度指標値が-4%～-1%の範囲となった。この結果より、気中部劣化面においては、連続同一点打撃を行わず1打撃のみで健全部と同様に精度の高い強度指標値が得られることが認められた。

(2) 水中部（平均劣化深さ：3.16mm，外観：骨材露出）の劣化面においては、切削後の基準強度指標値と比較し、打撃回数が1回から20回までの各累積平均強度指標値が-7%～+1%の範囲となり、比較的良好な結果が得られた。但し、1打目においては、劣化による強度の低下（-7%）が認められたため、各点同一点に2打ずつ打撃しデータを採取（-2%の強度指標値）し、累積平均データを求める必要がある。

参考文献

1) 岡田包儀，猪狩平三郎，久保元，金田重夫，久保元樹，境友昭；劣化コンクリートの省力化強度測定手法の開発及び検討，農業農村工学会北海道支部第59回研究発表会，2010.10.15