

機械インピーダンスによる表層劣化コンクリートの強度推定に関する実験的検討

日東建設(株) 久保 元樹

アプライドリサーチ(株) 境 友昭

北見工業大学 岡田 包儀

北海道開発局網走開発建設部 五味 慎太郎 荒川 潤

1. まえがき

高度経済成長期，急激に進んだ社会資本整備は日本に豊かな暮らしをもたらす元となった．しかし今日，多くの社会資本には劣化，老朽化が見られるようになり，それらの機能保全と長寿命化のための戦略的なメンテナンスが必要とされるようになってきた．コンクリート構造物では，道路，橋梁，トンネルのみではなく，全国に張り巡らされた農業用水路にも同様に劣化，老朽化の可能性がある，これらの実態を把握することが急務となりつつあると言えよう．



写真1 水路コンクリートの表面劣化

コンクリート構造物では，コンクリートの強度(現有強度)，構造物としての有効寸法，鉄筋コンクリートでは更に，鉄筋の配置，被り深さ，などの情報が必要である．鉄筋の配置，被りについては，電磁波レーダや電磁誘導法があり，ほぼ確立された技術となっている¹⁾．一方，強度では，ほぼ非破壊で推定する方法としてリバウンドハンマ²⁾がある．また，国交省では新設構造物を対象として試行的に縦弾性波速度による強度推定手法を導入している³⁾．しかしながら，非破壊検査技術は，コンクリートの表面を対象とするため，写真1に示すような表面では，その適用が難しいというのが実状である．だからと言って，コンクリート表面を研磨したり，コア抜きしたりするのでは，調査時間が掛かるとともに費用も膨大となることから現実的ではない．そこで，ある程度表面が劣化していても強度推定が可能とされているコンクリートテスト⁴⁾を適用することを考慮し，本論ではその適用方法について実験的に検討した．

2. 水路コンクリートの状況と調査方法

2.1 試験の目的と試験方法の考え方

経年劣化した水路コンクリートの強度試験にコンクリートテストを適用する場合の試験方法の把握とその適用性確認を目的として，実水路コンクリートを対象として試験を行った．試験対象とした水路は，建設後約40年を経過し，表面部は写真1に示すように劣化の様相を呈している．コンクリート表面では，表層付近の粗骨材を被覆していたモルタル分が損失しており，細・粗骨材が露出した状態となっている．劣化の要因としては，土

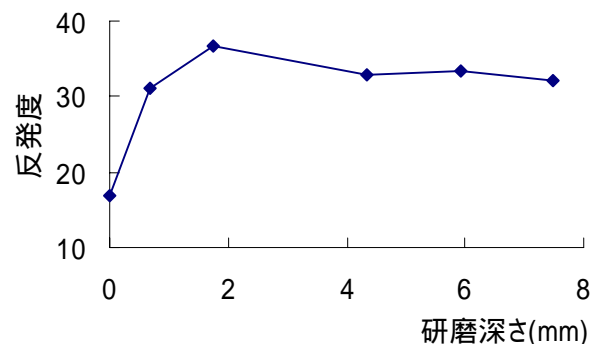


図1 研磨深さの反発度

粒子を含む流水によるすり減り作用が主要因と推定される。このような状況では、表面を研磨する以外にリバウンドハンマ法を適用することが出来ないと考えられる。そこで、表面劣化深さを確認するため、表面を研磨しながらリバウンドハンマによる反発度測定を行った。図1に研磨深さと反発度の関係を示す。この水路では深さ約 2mm の研磨でフレッシュな面が現れ、反発度も収束していることがわかる。この事実から、この水路コンクリートの場合、一見著しい表面劣化を呈しているようであるが、その深さは比較的浅く、コンクリート本体部の強度に対する影響は軽微であると考えられる。勿論全ての水路コンクリートがこの事例のように表層数 mm の劣化部を除けば健全である訳ではなく、劣化が深部に及んでいるケースも考えられる。すなわち、水路コンクリートの試験方法としては、劣化深さの推定、健全部の強度、の二つの情報を知り得ることが必要である。

2.2 適用した試験方法

試験は、水路コンクリートの環境状態の違いを考慮し、写真2に示すように(a)気中部、(b)気水境界部、(c)常時水中部を対象とした。試験は、同一点を連続 50 回打撃し強度推定値を測定する、という方法で行った。これは、同一点を連続的に打撃することによって劣化部を潰し、表層研磨と同等の効果が得られるかどうかを確認するためのものである。このため、コンクリートテストのハンマ質量(190g, 552g)をパラメータとし、劣化部のハツリ落とし効果について検討した。なお、リバウンドハンマについても同様に 50 回連続打撃を行った。

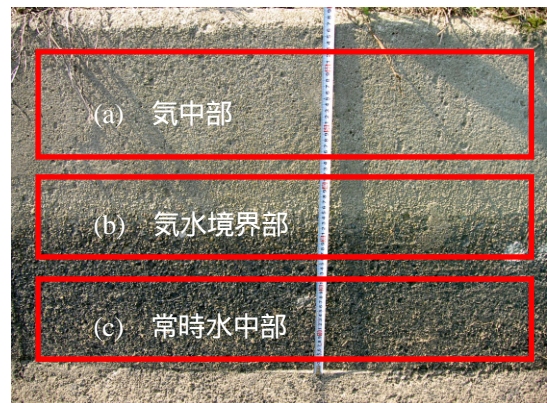


写真2 試験箇所

3. 試験の結果

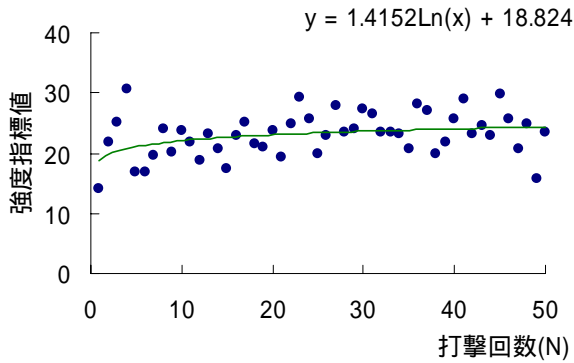
3.1 コンクリートテストの試験結果(強度指標値、表面劣化指標値)

図2に打撃回数と強度指標値(質量 190g の場合は、コンクリートテストによる推定強度)の変動関係を示す。図にはハンマ質量が 190g と 552g の場合を示している。190g ハンマの場合、打撃の進行とともに強度指標値が収束する傾向を示している。552g ハンマでは、同様に強度指標値は収束する方向に向かうと同時に強度が増加する傾向を示している。なお、552g ハンマの強度指標値は、コンクリート強度の推定値ではない。次に、表面劣化指標値について述べるが、表面劣化指標値は、完全弾性体の場合に 1 となり、表面の劣化度合いが大きいほど数値が大きくなる。図3に打撃回数と劣化指標値(反発係数の逆数)の関係を示すが、強度指標値と同様に、打撃の進行とともに劣化指標値が 1 に収束しながら低下する傾向を示し、連続打撃によって表面の劣化状況が改善されることがわかる。

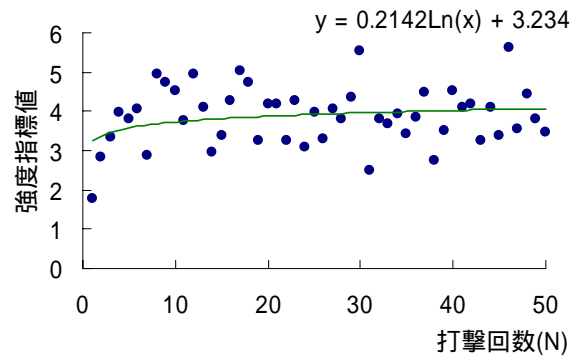
表1は、50回打撃後の強度、表面劣化指標値を比較したものである。表中の比率は、5回研磨後のフレッシュな面での測定値を1とした時の強度推定値の率である。試験対象とした構造物は、同一コンクリート配合であり、研磨部での測定値が、ほぼこの構造物コンクリートの強度を示しているものと考えて良いであろう。表に示すように、強度指標値は、ハンマヘッド質量 190g では、気水境界部、常時水中部での値が小さく、50回打撃後でも強度推定値として十分ではない。これに対し、552g の場合、常時水中部での比率は 0.92 とやや小さいものの、気中部、気水境界部ではほぼ同等の値となっている。

表1 50回打撃後強度・劣化指標の推定値(コンクリートテスト)

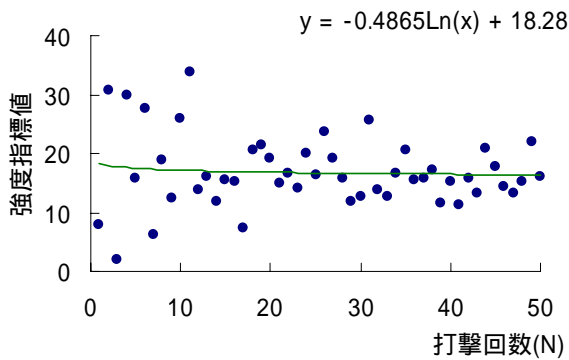
ハンマ 部位	190g ハンマ			552g ハンマ		
	強度指標値	比率	劣化指標値	強度指標値	比率	劣化指標値
気中部(a)	24.4	1.20	1.08	4.07	1.17	1.23
気水境界部(b)	16.4	0.80	1.14	4.40	1.27	1.24
常時水中部(c)	14.7	0.72	1.16	3.19	0.92	1.24
5回研磨後	20.4	1.00		3.47	1.00	



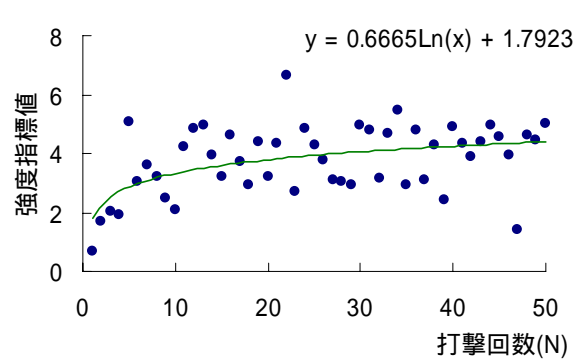
気中部 190g



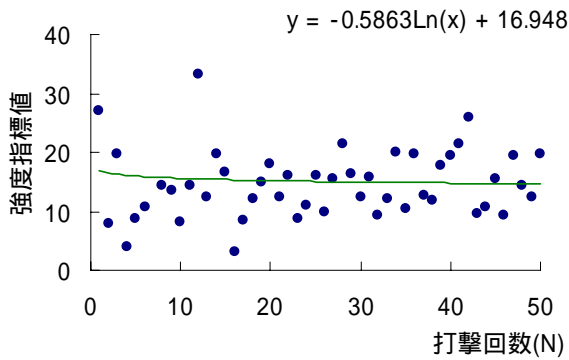
気中部 552g



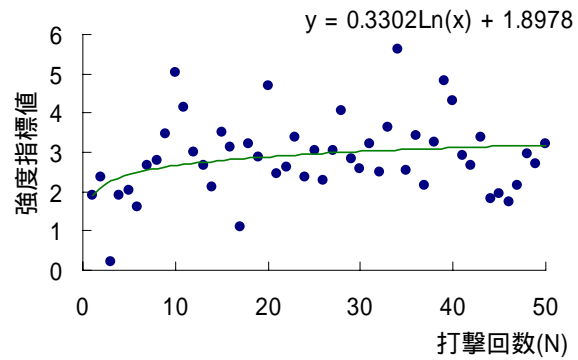
気水境界部 190g



気水境界部 552g



常時水中部 190g



常時水中部 552g

図2 連続打撃による強度指標値の変化

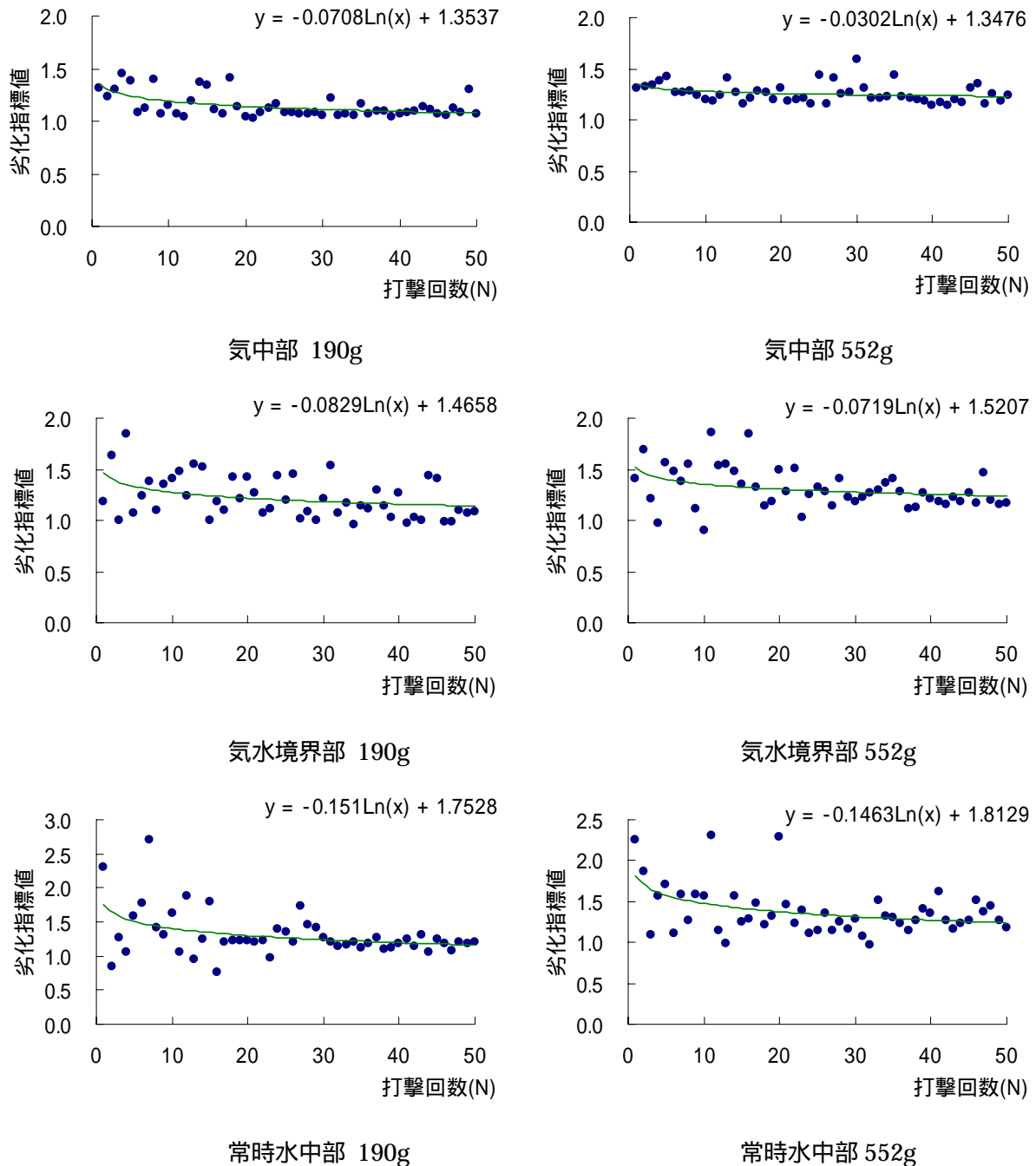


図3 連続打撃による表面劣化指標値の変化

3.2 打撃力波形

コンクリートテストで強度推定する場合、打撃力波形には幾つかの制限がある。その一つは、打撃力波形がピーク値に対してほぼ左右対称の釣鐘型となっていることである。実際には表面の塑性化、打撃時の塑性変形などによりやや前半の裾野が広がる傾向を示すが、コンクリートテストではこの性質を利用して表面の塑性化の度合い(劣化度合い)を検出している。ピークが複数生じることは、打撃によって表層部の細骨材が破損しているか、あるいは表面近傍の骨材が剥離している状況を意味する。図4にハンマ質量190gと552gの打撃力波形を示す。打撃力波形は50回の連続打撃の内、初回の打撃力波形と50回目の打撃力波形を示している。打撃力波形から明らかなように、打撃開始時で

は複数のピークがあり，左右対称波形とは異なっている．これに対し，50 回目の打撃力波形は，いずれの状態であってもピークが一つで，かつピークに対してほぼ対称な波形となっており，コンクリートテストで強度推定が可能な状態であることがわかる．

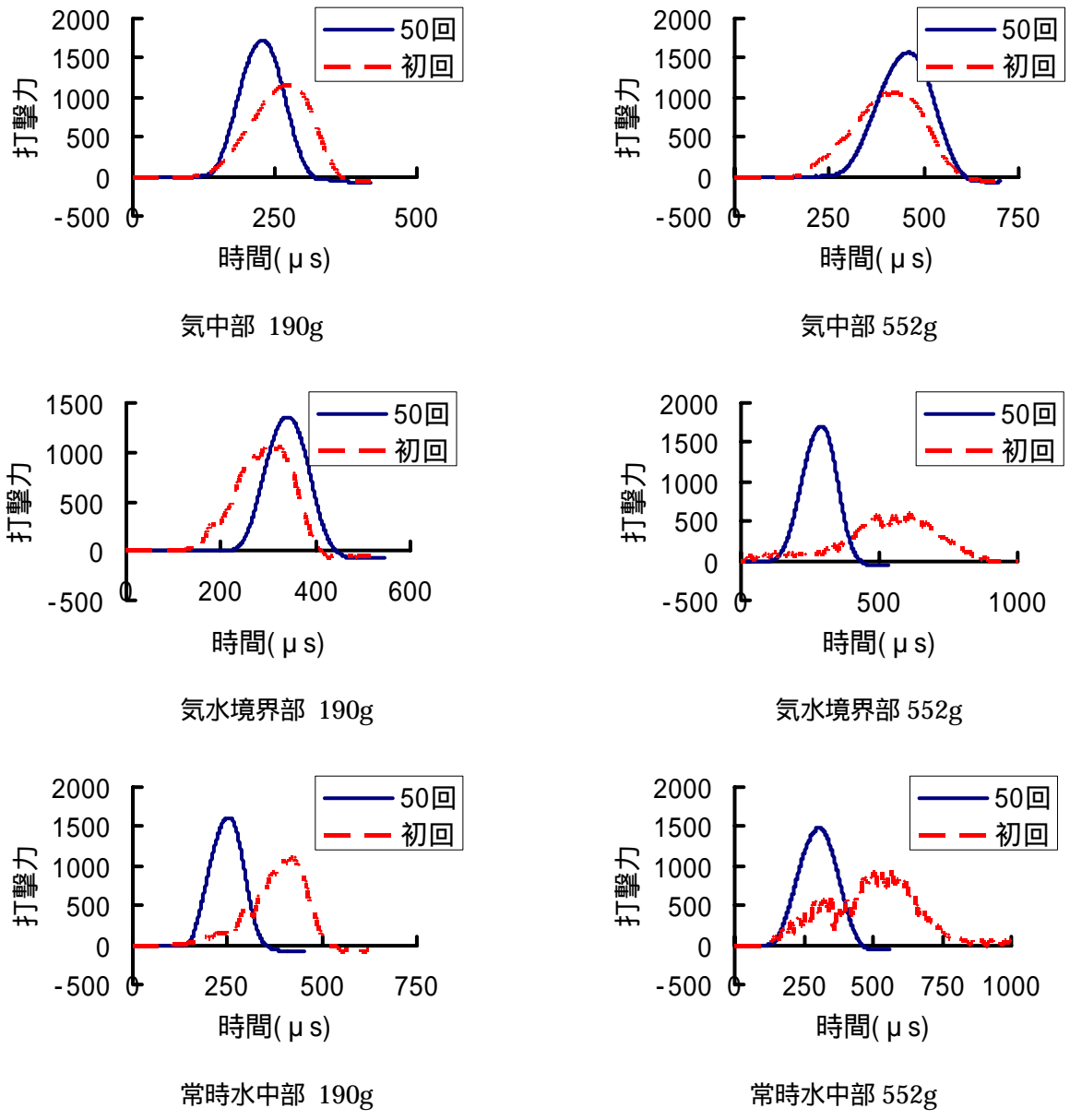


図4 連続打撃による打撃力波形の変化

3.3 リバウンドハンマの測定結果

リバウンドハンマの打撃回数と反発度の関係を図5に示す．測定結果は，コンクリートテストと同様に，打撃の進行とともに反発度が収束する傾向を示している．ただし，気中部の打撃回数 20 回～30 回のデータに見られるように，一部分だけ反発値の低いデータが測定箇所 3 箇所全てで見られる．これは，リバウンドハンマの打撃力が大きく，モルタル分が破壊に至ってしまったためと考えられる．ここから，さらに続けて打撃を継続すると，破壊された部分が再度潰され，測定値は通常に戻る．

図5 中右下に，50 回打撃後の反発度の推定値を示す．比率はコンクリートテストと同様に，5 回研

磨後のフレッシュな面での測定値を1とした時の反発度推定値の率である。全ての測定部位において、比率が1より大きい結果となり、気中部および常時水中部においては、30%程度も大きい結果となった。これは、リバウンドハンマは反発度(反発係数)を計測する装置であり、同一点を連続打撃するという測定方法では、測定点下面の粗骨材の影響を受けるためと考えられる。

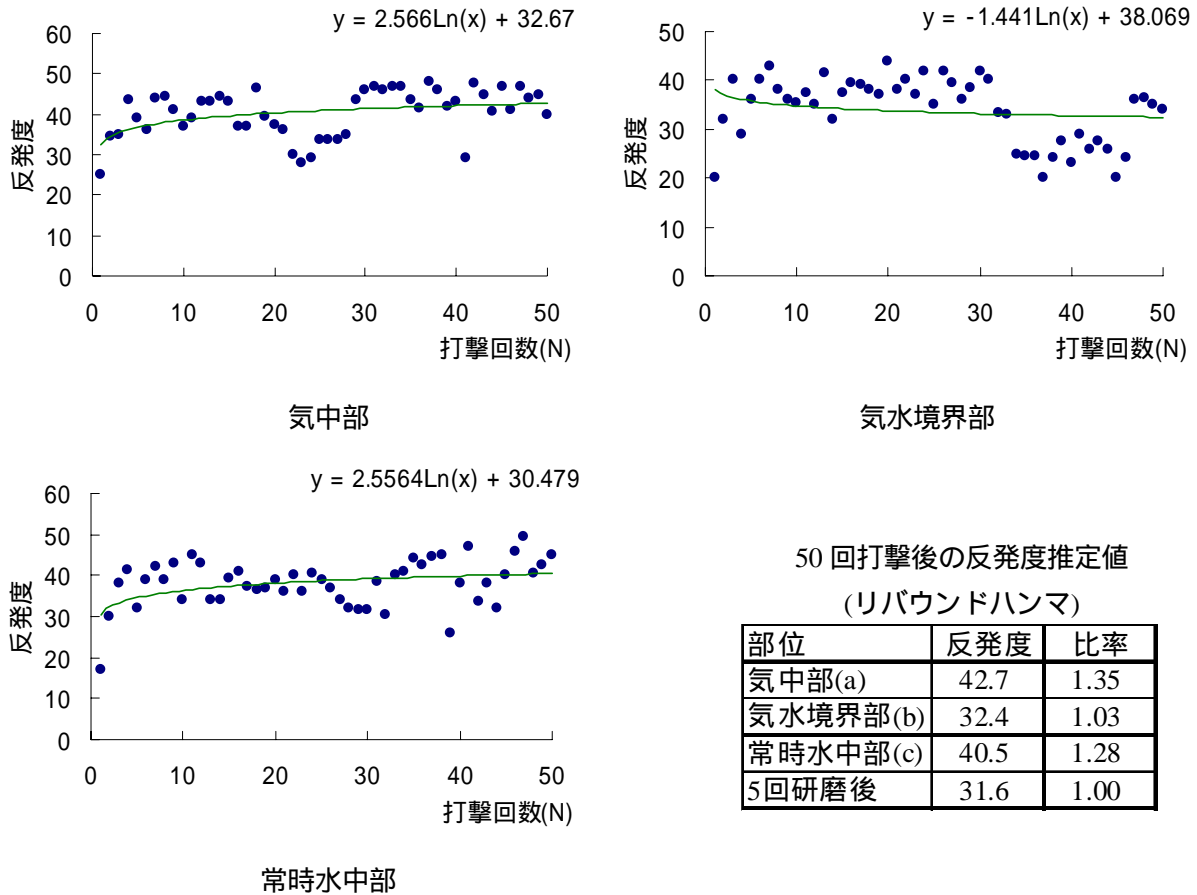


図5 連続打撃による反発度の変化

4. まとめ

表面劣化が激しいコンクリートを対象として、表面打撃式の強度推定方法が適用できるかどうかの検討を行った結果、表面処理を全く行わない状況では、強度推定に適した打撃力波形が得られないことがわかった。その対応策として、表面研磨ではなく、劣化部分を打撃によってハツリ落として測定できるかどうか実験的に検討を行った結果、ハンマ質量が十分であれば、十数回の打撃によって強度推定が可能となることがわかった。

参考文献

- 1) 森濱和正他；レーダ法、電磁誘導法によるかぶり厚さの検査方法，日本非破壊検査協会，シンポジウムコンクリート構造物への非破壊検査の展開論文集，H18.8 Vol.2 pp.227-232
- 2) JIS A 1155-2003 コンクリートの反発度の測定方法
- 3) 岩野聡史他；非破壊・局部破壊試験によるコンクリート構造物の品質検査に関する共同研究衝撃弾性波法その8 衝撃弾性波法(iTECS 法)によるコンクリート構造物の圧縮強度推定手順の検証，日本非破壊検査協会 H19 年度秋季大会講演概要集，pp.107-110
- 4) 久保元，金田重夫，久保元樹，極檀邦夫；ハンマ打撃によるコンクリート強度の推定，会誌コンクリート工学，5月号 Vol.44, No.5, pp41-44, 2006.5