

## 農業用開水路壁面の健全度評価指標構築の課題

本間新哉\*・加藤 敬\*\*

| 目 次                                             |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| I 緒 言                                           | 255 |
| II 算術平均粗さ (Ra) の標準的な値と健全度<br>評価に対する現場データによる適用検討 | 256 |
| 1 検討に用いたデータ                                     | 256 |
| 2 供試体から求められた算術平均粗さ (Ra) の<br>指標への適用性            | 257 |
| III 凹凸容量を用いた健全度評価手法の検討                          | 257 |
| 1 凹凸容量の算定の方法と健全度評価の検討                           | 257 |
| IV 中性化の健全度評価指標への適用性の検討                          | 259 |
| 1 調査対象                                          | 259 |
| 2 調査の方法                                         | 259 |
| 3 中性化深さ調査の結果                                    | 259 |
| V テストハンマー調査によるコンクリート強度<br>推定の健全度評価指標の適用性への検討    | 260 |
| 1 実施概要                                          | 260 |
| 2 調査結果と考察                                       | 260 |
| VI 水路壁面ひび割れの健全度評価指標への<br>適用性の検討                 | 261 |
| 1 各用水路のひび割れ状況                                   | 261 |
| 2 経年に対するひび割れ状況                                  | 261 |
| VII 劣化評価項目と健全度評価指標への適用性                         | 262 |
| VIII 結 言                                        | 262 |
| 参考文献                                            | 263 |
| Summary                                         | 264 |

## I 緒 言

農地・農業用水等の資源を農業・農村の基盤を支える社会共通資本として、将来にわたって良好な状態で保全管理する「農地・水・環境保全向上対策」及び「農業水利施設のストックマネジメント」の施策が進められている。このように、更新時期を迎える農業水利施設の施設診断や適時の予防保全対策の実施により、施設の長寿命化を図り、ライフサイクルコスト (LCC) を低減することが求められているが、LCC 低減のためには、施設点検時点の健全度の把握だけでなく、将来の施設の劣化状態を予測すること (劣化予測) が重要である。農業水利施設のうち現場打ち鉄筋コンクリート製農業用開水路 (以下「農業用水路 (RC)」とする) は長大な延長を有することから、農業用水路 (RC) の点検・診断においては、目視もしくは簡易な器具を用いた点検管理が主体となっている。施設の長寿命化と LCC の最小化算定に大きく影響する劣化予測の精度向上のためには、劣化予測の基礎となる水利施設の点検・診断情報を的確に収集することが重要である。

このような背景の下、筆者らは農業用水路 (RC) を対象とした目視による施設の劣化状態を判定する健全度の評

価基準の確立や、簡易な計測調査から求まる健全度評価の定量的な指標づくりの取り組みを進め、水路壁面等の凹凸に対し、算術平均粗さ (Ra) を用いた健全度評価手法の提案及び健全度評価基準の提案を行ってきた。農業用水路 (RC) の目視による劣化診断では、水路壁面の凹凸状態が構造物の劣化状態を判断する指標の一つと考えられるが、筆者らが行った 2006 年の調査 (本間ら, 2007b) で、診断評価は定性的なものが主であった。このため評価者が異なる場合、診断の熟練度の違いによって健全度評価の結果が異なる可能性があることが指摘されている (北村ら, 2008c)。

定性的な健全度評価結果の相違を回避するためには、健全度評価の定量的な指標が必要となる。水路壁面の凹凸を型取りゲージを用いて測定し、粗度係数を計算した事例が報告されている (日本水土総合研究所, 2006)。筆者らは、水路壁面凹凸の健全度評価の定量化と評価精度の向上を目的として、簡易な計測器 (型取りゲージ) を用い、水路壁面の凹凸計測を行うとともに、凹凸を数値表現するため、算術平均粗さ (Ra) の指標の水路壁面の健全度評価への適用性の検討を行った (本間ら, 2007a)。

また、北村ら (2008c) は、用水路の壁面の粗化 (水路壁面の表面の粗化とは、摩耗などによって水路壁面の表面の凹凸が経年的に増大していくことと定義) による凹凸について型取りゲージを用いて数値化し、算術平均粗さ (Ra) と供用年数の相関関係について述べている。また、水路壁面凹凸の健全度評価と構造的機能の関連については、流水等により水路壁面のコンクリート断面の減少した量と許

\* 農村総合研究部地域資源保全管理研究チーム

\*\* 農村総合研究部上席研究員

平成22年1月14日受理

キーワード：農業用水路 (RC)、算術平均粗さ (Ra)、供試体、凹凸容量、健全度、中性化

容応力度についての構造的検討が行われている(本間ら, 2008a)。

このように、算術平均粗さ(Ra)を用いて水路壁面凹凸を数値化し定量的に表現する可能性が示され、健全度評価基準への指標化の研究が進められてきた。一方、これらの報告の中では、調査対象地区が北陸地域(西蒲原地区)を中心としたものであったこと、現地で相当に進んだ劣化状態が確認されていないこと、現地の水路の表面露出骨材寸法が地域によって異なる等の課題が生じていた。より精度の高い定量的な算術平均粗さ(Ra)の指標化のため、供試体を用いた定量化の検討が行われた。この検討では、コンクリートの骨材寸法の違いが算術平均粗さ(Ra)算定におよぼす影響や、粗骨材が剥離する直前までの状態と算術平均粗さ(Ra)の適用性について報告されるとともに、供試体から求められた算術平均粗さ(Ra)と健全度の標準的な関係の値の提示と凹凸容量の健全度評価の指標としての可能性が提案されている(本間ら, 2009)。なお、算術平均粗さ(Ra)の算定方法、水路壁面凹凸状態の健全度評価基準、供試体から求められた算術平均粗さ(Ra)の標準的な値及び供試体から求められた凹凸容量についての詳細については報告(本間ら, 2009)を参照されたい。

しかしながら、供試体から求められた算術平均粗さ(Ra)標準値の健全度への適用や供試体から求められた凹凸容量の標準値から求められる健全度を現場調査に適用した事例はない。また、中性化やテストハンマーを用いたコンクリートの推定強度及び水路壁表面のびびり割れについての測定結果の報告はなされているが、それぞれの項目を単独で施設の劣化予測を行うための健全度評価指標として用いている例は見当たらない。

これまで我々が3年間にわたり蓄積してきた現地調査データ(約1,400バレルを対象)と分析データを基に、供試体から求められた算術平均粗さ(Ra)の標準的な値の現場への適用性や、テストハンマーを用いたコンクリートの推定強度、ひび割れ及び中性化の深さについてこれらの劣化評価指標としての有効性について検討を行

い、現時点におけるそれぞれの健全度評価指標を現場へ適用する際の課題を取りまとめたので技術資料として報告する。

本報告をまとめるにあたり関係土地改良区の方々に多大なるご理解とご協力を賜りましたことを記して感謝申し上げます。

## II 算術平均粗さ(Ra)の標準的な値と健全度評価に対する現場データによる適用検討

### 1 検討に用いたデータ

供試体計測から求められた算術平均粗さ(Ra)の標準的な値と健全度の検討には、2006年度、2007年度に実施された北陸地域(西蒲原地区)の農業用水路(RC)を対象とした型取りゲージを用いた凹凸現地調査と健全度評価データ及び2009年度までにまとめられた算術平均粗さ(Ra)のデータを用いた。調査対象地域は、北陸の沖積平野に位置する約19,000haの広さを持つ水田地帯であり、土地改良区が総延長約671kmにわたる用水路を長年管理し、供用期間が概ね10年から40年の異なる用水路施設が存在しているという特徴がある。また同一水系内の水路は同様の気象条件を受けるとともに、水質や灌漑期間も同じであることから、水路壁面の劣化は同様の条件下で進むと判断される。

算術平均粗さ(Ra)の値は灌漑期水位以下の算術平均粗さ(Ra)の平均を用いた。これは、北村ら(2008a)が健全度と算術平均粗さ(Ra)の相関の分析を行い、良い相関関係を表すとの結果を示している。

2009年度までに求められた算術平均粗さ(Ra)と健全度の相関関係をFig.1に示す。この傾向は北村ら(2008a)の分析した相関傾向は一致しているが、筆者ら(本間ら, 2009)の提案した供試体から求められた算術平均粗さ(Ra)の標準的な値と健全度の相関関係とは異なる傾向が見られた(Fig.2)。

現場水路壁面の凹凸は壁面の測定位置により異なり一様でないため、算術平均粗さ(Ra)の分布も一様とはならない。Fig.1では壁面の凹凸を代表する算術平均粗さ(Ra)の値として、灌漑期水位以下の算術平均粗さ(Ra)の平均値を用いている。一方、供試体を用いて求められた算術平均粗さ(Ra)の標準的な値は、計測面全体が一様の凹凸状況を表すように作成された供試体から求められた値である。このため供試体から求められた標準値と、現地の水路壁面の算術平均粗さ(Ra)の平均から求められた値が異なると考えられる。提案している標準値と現場で得られる算術平均粗さ(Ra)との関係を明確にすることは標準的な値の適正な活用を図るためには重要な事項である。関係を検討するため水路壁面の凹凸から得られた算術平均粗さ(Ra)の灌漑期水位以下における算術平均粗さ(Ra)の平均値、最大値及び供試体から求められた標準値と健全度の分布関係を調べた

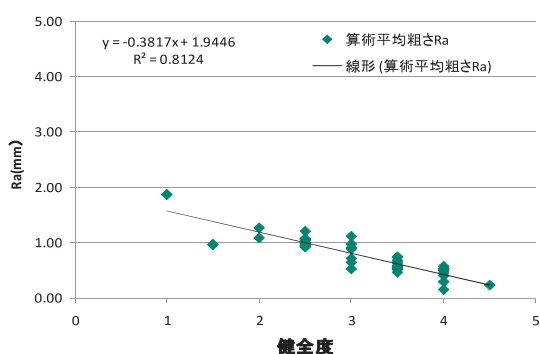


Fig.1 灌漑期水位以下の算術平均粗さ(Ra)の平均値と健全度の相関  
Correlation between Ra means and soundness index less than water level for the irrigation period

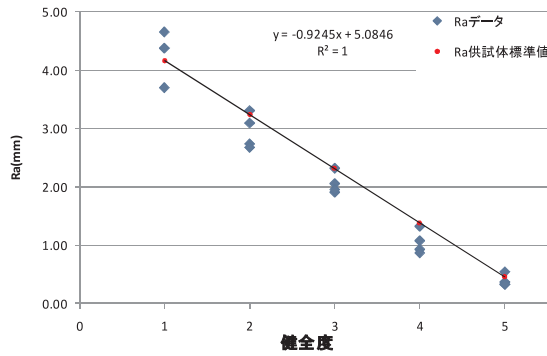


Fig.2 供試体から求められた算術平均粗さ (Ra) と健全度の相関 (本間ら, 2009)

Correlation between Ra which was demanded by test specimen and soundness index (Honma, 2009)

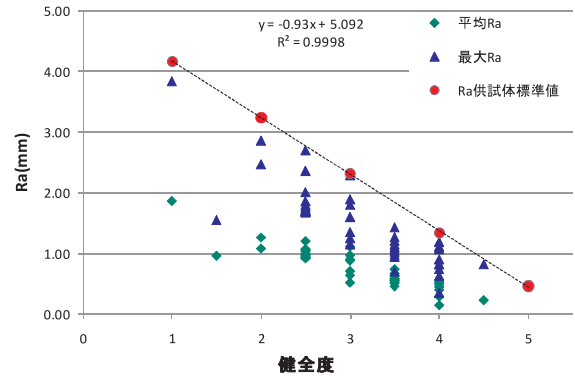


Fig.3 算術平均粗さ (Ra) の平均値, 最大値及び供試体標準値の分布

Distribution of mean and maximum of Ra and test specimen standard level

(Fig.3)。

## 2 供試体から求められた算術平均粗さ (Ra) の指標への適用性

灌漑期水位以下の算術平均粗さ (Ra) 最大値の分布と、供試体計測から求められた算術平均粗さ (Ra) の標準的な値の分布を比較した結果、求められた算術平均粗さ (Ra) の標準的な値が、実測から求められた算術平均粗さ (Ra) の最大値の上限値と接する位置に分布することが分かった。すなわち、筆者らが提案した供試体から求められた算術平均粗さ (Ra) の標準的な値は、5段階に設定した各健全度評価基準における上限を示す値であることが明らかとなった。供試体から求められた算術平均粗さ (Ra) の値を健全度評価判断基準の算術平均粗さ (Ra) の上限を表す基準値として用いることにより、各現場において設定する健全度評価基準を順当なものに導くことができると考える。なお、最大値だけで水路壁面の凹凸の健全度を評価する場合、最大値は局部的な凹凸の影響を大きく受けるという課題があるので注意が必要である。

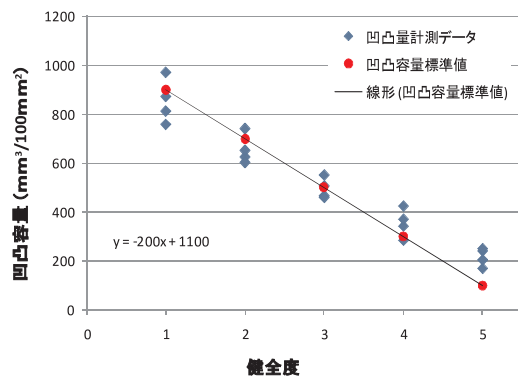


Fig.4 凹凸容量と健全度の相関  
Correlation between quantity of unevenness and soundness index

## Ⅲ 凹凸容量を用いた健全度評価手法の検討

筆者らは、水路施設の健全度評価指標の開発を目的として、算術平均粗さ (Ra) を使用した壁面凹凸の健全度評価指標の提案を行ってきた。更に、現時点では十分確立されていない水路の健全度評価の新たな指標開発の検討を行った。凹凸容量 (供試体を用いて計測された、コンクリート打設面からの減少した容量) と健全度の相関関係について、その標準的な値を筆者ら (本間ら, 2009) は提案していた (Fig.4)。しかしながら現場において凹凸容量を直接かつ容易に把握する手法は確立されていない。このため本報告では、型取りゲージ以外の簡易な計測器 (ノギス) を用いて壁面の凹凸量を推定し、凹凸容量と算術平均粗さ (Ra) の関係 (Fig.5) を用いその分布状況を比較することにより、凹凸容量の健全度評価指標としての適用性について検討を行った。

### 1 凹凸容量の算定の方法と健全度評価の検討

凹凸容量の算定には、水路壁面を垂直線に対し直角方向に凹凸をノギスで測定する方法を用いた。まず水路壁に近接した2つの地点 (A 地点, B 地点) を選定する。

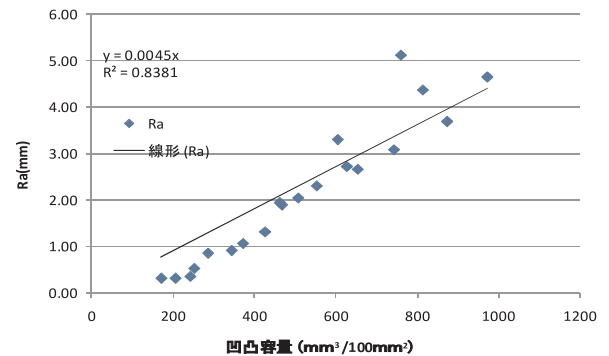


Fig.5 凹凸容量と Ra の相関  
Correlation between quantity of unevenness and Ra

次に2つの地点の壁面凹凸をノギスにより測定し、その値を基に凹凸容量を求めることとした。

具体的には、A 地点において水路壁面に対し約 50cm 離れた垂線（下げ振りを用いて垂線を設定）と水路壁面凹凸間の距離をノギスを用いて水路高さ方向に 1cm 間隔で測定した（Fig.6）。次に A 地点から 15cm 上流を B 地点として、A 地点と同様の計測を行いデータを収集した。

それぞれの深さ位置における凹凸量を算定するために想定面を設定した。本来施工時表面からの凹凸量を計測することが望ましいが、施工時の表面位置は不明であり想定することも難しい。そのためここでは設計図を基に壁面は垂直であると想定した。想定面の位置については、凹凸量の最低値が 0.1mm となる地点とした。このように設定した想定面を基に凹凸量を計算した。各水位における値を A 地点においては  $ai$ 、B 地点においては  $bi$  とし、

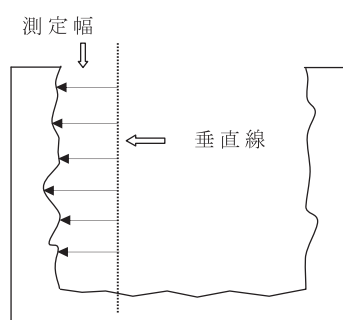


Fig.6 水路壁の凹凸測定  
Unevenness measurement of canal wall

$ai$  と  $bi$  の値の平均をその深さ位置における凹凸量 ( $ci$ ) とした。求められた凹凸量 ( $ci$ ) を  $100 \text{ (mm}^2\text{)}$  当たりの凹凸容量に換算 ( $di = ci \times 10 \times 10$ ) して各深さの凹凸容量  $di$  とした。

縦軸に天端からの深さ (cm)、横軸に測定幅 (mm) を設定した計測データのプロットを Fig.7, Fig.8 に示す。なお、図中の垂直のプロット線は凹凸量算定に用いた当初の想定断面位置を表す。

求められた各凹凸容量 ( $di$ ) に対し、Fig.5 に示す関係式 ( $y = 0.0045 \times x$ ) を用いて、それぞれを算術平均粗さ ( $Ra$ ) とした。凹凸容量から換算して求められた算術平均粗さ ( $Ra$ ) 分布を Fig.9, 同一地点の型取りゲージを用いて求められた算術平均粗さ ( $Ra$ ) 分布を Fig.10 に示す。凹凸容量から求められた灌漑期水位以下の算術平均粗さ ( $Ra$ ) の平均値は 1.27, 最大算術平均粗さ ( $Ra$ ) は 2.39, 実測により求められた灌漑期水位以下の算術平均粗さ ( $Ra$ ) の平均値は 0.52, 最大算術平均粗さ ( $Ra$ ) は 0.98 となり、値としては開きがあった。この値の違いは、供試体から求められた算術平均粗さ ( $Ra$ ) の標準的な値と凹凸容量の相関を用いて  $Ra$  分布を設定したためと考えられる。

Fig.9 の  $Ra$  の最大値を Fig.3 の供試体標準値に照らし合すと健全度は 2.5 ~ 3.0 の間にあると読み取れる。目視による判定の健全度は 2.5 であったことから、この場合、近似的には表現できていると考えられるが、今後さらに算術平均粗さ ( $Ra$ ) の標準値の取り扱いと、凹凸容量算出手法について検討を重ねる必要がある。

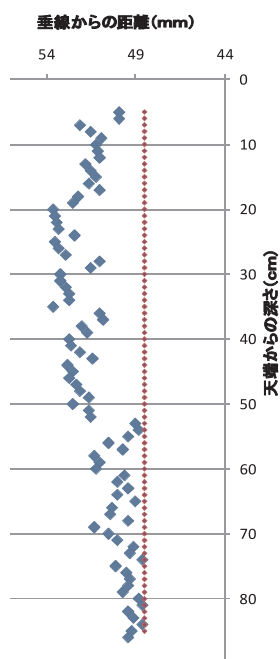


Fig.7 A 地点計測結果  
Point A measurement result

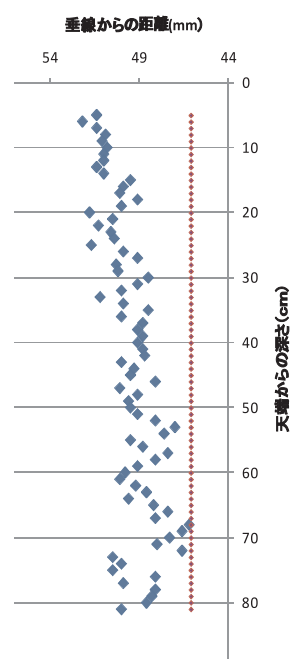


Fig.8 B 地点計測結果  
Point B measurement result

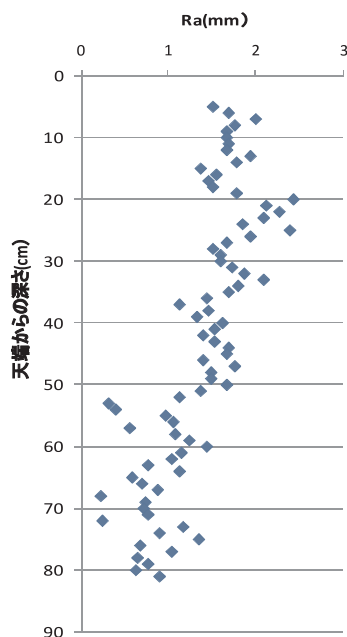


Fig.9 凹凸容量から換算して求められた Ra 分布  
Distribution of Ra demanded by quantity of unevenness

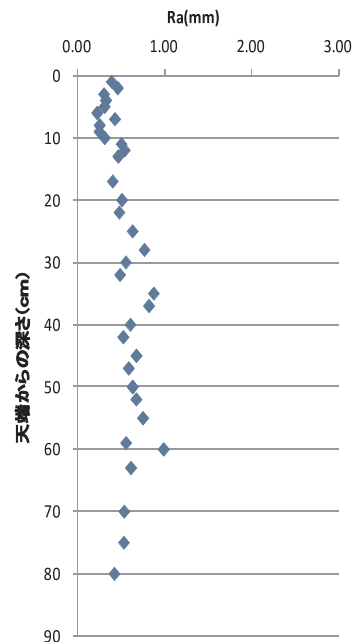


Fig.10 実測により求められた Ra 分布  
Distribution of Ra demanded by actual survey

#### IV 中性化の健全度評価指標への適用性の検討

##### 1 調査対象

筆者らの報告（本間，2008a）で、灌漑期水位位置より上方部と下方部で中性化の進行傾向が異なることや、クラックが入っている部分については、より中性化が進んでいることを報告したが、これらの現象傾向について、追加して収集された水路壁面の中性化深さの測定結果（6水路，67バレル）を用い指標としての検討を行った。

##### 2 調査の方法

コンクリートの中性化は大気中の二酸化炭素がコンクリート表面から内部に侵入しコンクリートの pH を時間の経過とともに低下させる現象である。このため中性化深さの測定は、施設表面から施設内部方向に必要最小限の破壊で中性化の進行状況を把握できるドリル法で行った（Fig.11）。調査箇所数は1バレル当たり、左右両岸の2面）とし、またそれぞれの壁面においては、灌漑期想定水位の上部と下部の2か所で計測データを収集した。調査手順を以下に示す。

- ・ろ紙に1%フェノールフタレインエタノール溶液を噴霧し、吸収させる。
- ・携帯型振動式ドリル（ビット径5mm）を用いてコンクリート面と垂直にゆっくり削孔する。
- ・落下した削孔粉が集積しない様に、ろ紙を移動させながら削孔し、ろ紙が紅色に変色した時点で削孔を直ちに停止する。
- ・ドリルの刃を孔から抜き取り、ノギスを用いて孔の深

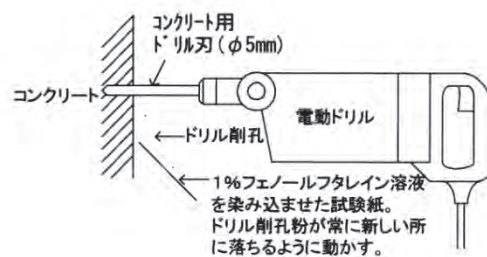


Fig.11 ドリル法による中性化深さ測定  
「コンクリート診断技術'02〔基礎編〕」を一部修正  
Measurement of neutralization depth by drill method

さを測定する。

- ・削孔後の孔は、固練り型のエポキシ樹脂を充てんして補修する。

##### 3 中性化深さ調査の結果

Fig.12に各水路での健全部（クラックのない部分）における中性化深さの平均値を示す。また、ひび割れ部の中性化深さと、健全部の中性化深さ及びコンクリートの中性化深さを $\sqrt{t}$ 則に基づいて計算した結果を Fig.13に示す。ひび割れ部の測定値の一部で中性化深さが大きいものが観測されているが、全てのひび割れ地点で大きい値が観測されていない結果となっている。しかし、これは中性化深さの測定方法・精度 Fig.14と合わせて検討する必要があると考えられる。すなわち、ひび割れに接しているコンクリートの中性化がそれほど進んでいなければ、ドリル法ではドリルビット径の方が、ひび割れ方向に対して直角に進む中性化の進行深さより大きくな

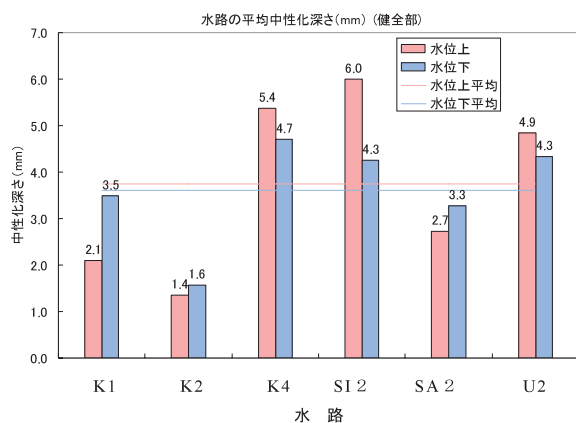


Fig.12 水路の中性化深さの平均値  
Neutralization depth mean of canals

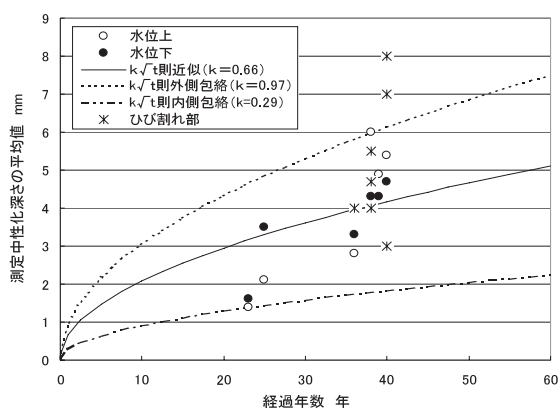


Fig.13 経過年数と中性化深さ  
Relations between elapsed years and neutralization depth

り、中性化進行が適切に計測されない場合がある。

## V テストハンマー調査によるコンクリート強度推定の健全度評価指標の適用性への検討

### 1 実施概要

テストハンマーによるコンクリート強度の推定値の劣化評価指標としての適用性について、供用年数の異なる6水路 (66バレル) のデータを用いて検討を行った。テストハンマーを水路壁面に垂直に打撃し、反発硬度を測定した。調査箇所数は1バレル当たり左右岸の2面を測定した。一部の水路では灌漑期想定水位の上部と下部で調査を実施した。灌漑期想定水位は壁面の付着物等で水位跡を識別して定めた。

コンクリートの推定強度  $f_{cl}$  は、式 (1) より求めた。

日本材料学会推定式

$$f_{cl} = a \times \{13 \times (R0 + \Delta R) - 184\} \times 0.098 \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 $a$  : 材令係数,  $R0$  : 反発硬度の平均値,  $\Delta R$  : 角度補正

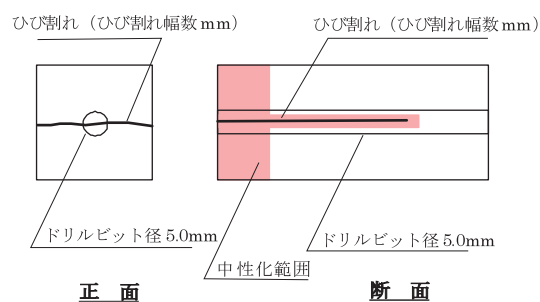


Fig.14 ドリル法によるひび割れ地点の中性化深さの測定  
Measurement of neutralization depth by drill method

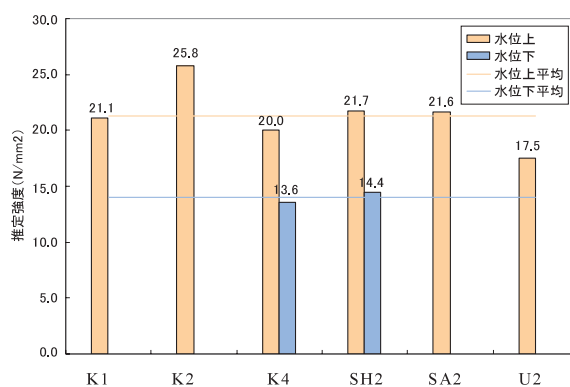


Fig.15 水路のコンクリート推定強度の平均値  
Concrete estimate strength mean of canals

但し、材令係数  $a$  の補正は行わなかった。

### 2 調査結果と考察

水路毎のコンクリートの推定強度の平均値を Fig.15 に示す。

想定水位より上部でのコンクリートの推定強度の平均は水路によって異なるが、17.5 ~ 25.8 N/mm<sup>2</sup> であった。調査資料によれば、昭和40年代前後のコンクリートの仕様はA号、あるいはAコンクリートという表現で示されており、この場合設計基準強度を特定することはできない。一方、昭和50年代のコンクリートは8A-210と示されていること、また調査水路が昭和40年代に施工されていることから、調査水路の設計基準強度は21 N/mm<sup>2</sup> であると推定できる。推定した設計基準強度に比して、ほぼ同じ強度、もしくはそれ以上であるといえる。

灌漑期想定水位下部での推定強度は水位上部に比べて明らかに小さい値であった。これは、灌漑期想定水位下部ではコンクリート表面の付着物や摩耗によって露出した骨材の分布状況が影響したためと考えられる。

## VI 水路壁面ひび割れの健全度評価指標への適用性の検討

### 1 各用水路のひび割れ状況

ひび割れも目視で観察可能な健全度評価指標となりうるが、現時点で十分に定量化された指標にまでは至っていない。ここでは蒲原地区の供用年数の異なる3水路（236バレル）についての調査結果の取りまとめを報告する。

目視観察されたひび割れはほとんどが、壁面天端からの縦ひび割れであった。各用水路のひび割れ発生率、平均ひび割れ本数、平均ひび割れ長さ、平均ひび割れ幅を **Table 1** に示す。

主な特徴は、①ひび割れ発生率は24～38%で、全バレルの約1/3でひび割れが発生していた。②ひび割れが発生しているバレルの平均ひび割れ本数は約3～4本であった。③平均ひび割れ長さは約30～50cmで平均ひび割れ幅は0.2～0.4mm程度であった。

ひび割れ深さについては、超音波測定器を用いて4バレルについて測定したものである。ひび割れ深さの大きいものは8cm程度になっており、鉄筋位置まで達していると推定された。ひび割れ深さについて測定された結果を **Table 2** に示す。

### 2 経年に対するひび割れ状況

気象条件などから、ひび割れは乾燥収縮や自己収縮に

よるひび割れであり、経年的に成長するひび割れでは無いと考えられるが、参考として各用水路のひび割れ本数と壁面数、ひび割れ長さ分布、ひび割れ幅分布、ひび割れ発生位置分布について経年的に整理した結果を **Fig.16** に示す。

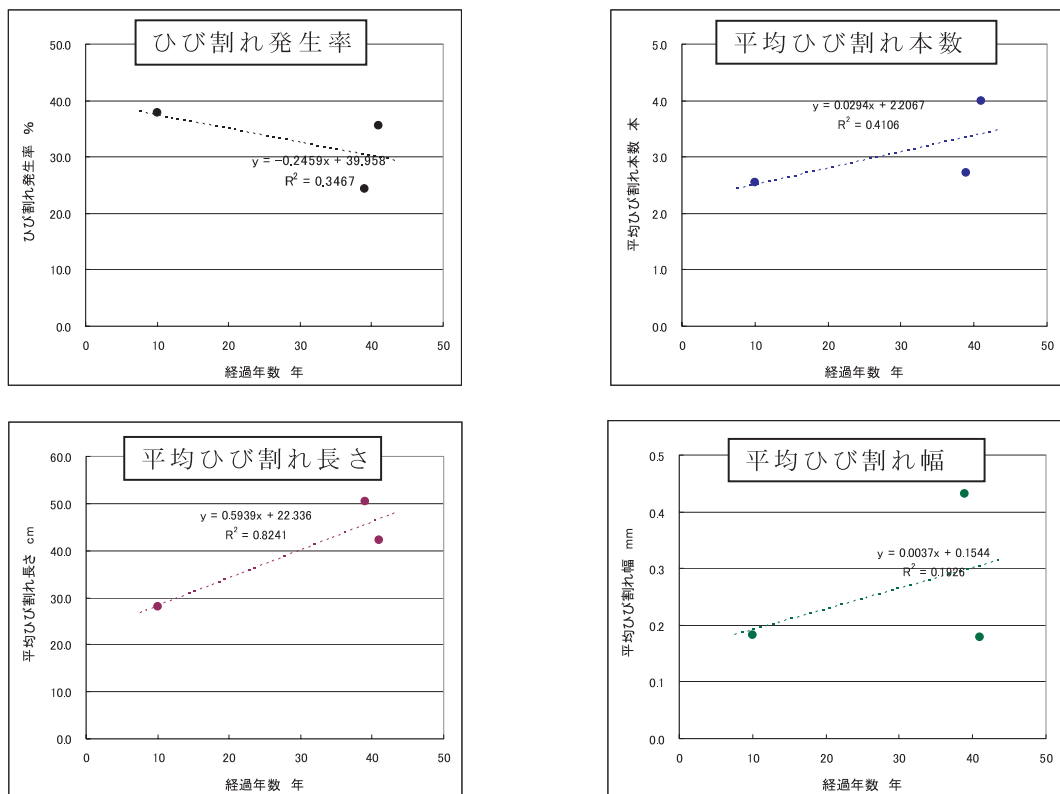
**Table 1** 水路のひび割れ状況  
Crazing situation of canals

| ( ) 内は施工年度              | K4<br>(1967) | SH2<br>(1969) | SH1<br>(1998) |
|-------------------------|--------------|---------------|---------------|
| 全バレル数                   | 38           | 37            | 161           |
| 全左右岸数                   | 76           | 74            | 322           |
| ひび割れ発生の左右岸数             | 27           | 18            | 122           |
| ひび割れ発生率 <sup>※1</sup> % | 35.5         | 24.3          | 37.9          |
| 平均ひび割れ本数 本              | 4.0          | 2.7           | 2.5           |
| 平均ひび割れ長さ cm             | 42.1         | 50.4          | 28.0          |
| 平均ひび割れ幅 mm              | 0.18         | 0.43          | 0.18          |

※1：ひび割れ発生率＝ひび割れ発生の左右岸数／全左右岸数

**Table 2** 水路のひび割れ深さ  
Crazing depth of canal

| 水路名称      | バレル番号 | 左右岸 | ひび割れ深さ cm |
|-----------|-------|-----|-----------|
| SH1 (H10) | 147   | 左岸  | 2.0       |
|           | 152   | 右岸  | 7.0       |
|           | 156   | 右岸  | 8.0       |
|           | 160   | 左岸  | 5.5       |



**Fig.16** 経過年数とひび割れ深さ  
Relation between elapsed years and crazing

## Ⅶ 劣化評価項目と健全度評価指標への適用性

農業用水路を対象として凹凸評価をはじめとする健全度評価の各指標について現場への適用性について現地測定データを用いて検討を行った。その結果次のことが分かった。

- (1) 供試体計測から求められた算術平均粗さ（Ra）の標準的な値を現場において適用する場合は、健全度評価基準における各レベルの上限値として利用するとよい。
- (2) 供試体計測から求められた凹凸容量の標準的な値を、健全度評価指標として用いるためには、ノギスによる凹凸容量算定手法など、凹凸容量を推定する手法の確立が必要である。
- (3) 調査対象地区の農業用開水路においては中性化の進行は遅く、現時点では、中性化による影響が出るのは、更に数十年後と推定されることから水路を対象とした場合、補修・補強の時期を設定する主要指標とはなりにくいと考えられる。
- (4) 調査対象地区の農業用開水路のひび割れは乾燥収縮や自己収縮によるものであり、経年的に成長するひび割れは見られなかった。本報告で収集されたデー

タからは評価指標となりにくいと考えられる。

- (5) テストハンマーを用いた推定強度を評価指標として用いる場合には、テストハンマーの使用の基本条件である調査対象面の均一を凹凸状態の水路壁面に求めることが難しいため、調査箇所が限られる、あるいは適正な調査場所が見当たらないなどの課題が生じる。劣化評価指標として用いるには難があると考えられる。

以上の健全度の評価指標への適用性についての概要を **Table 3** に示す。

## Ⅷ 結 言

農業用水路（RC）の劣化評価は、目視もしくは簡易な器具を用いた診断が主となる。本報告で述べたように、劣化評価項目はいくつかあるが、補修・補強工法の時期を設定するための決定的な評価指標は現時点では見当たらないことから、現場では複数の判断項目・基準を用いることが望ましいと考えられる。このように、現状では健全度評価手法が十分に確立されたとはいえず、更なる研究開発が望まれる状況にある。今後とも、簡易で、大量の情報収集に対応しかつ分析処理が早い手法開発を目指すこととする。

**Table 3** 劣化評価項目と健全度評価指標への適用性  
Deterioration evaluation item and applicability of soundness evaluation index

| 劣化評価項目                 | 検討結果                                                                          | 課題等                                                             | 健全度評価指標への適用性                                                               |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 水路壁面凹凸<br>（算術平均粗さ（Ra）） | 供試体を用いて求められた算術平均粗さ（Ra）の標準的な値と健全度の相関関係を適切に用いることにより、現場において定量的な健全度評価基準の設定が可能となる。 | 水路壁面の算術平均粗さ（Ra）測定箇所（灌漑期水位以下）に留意が必要。                             | 算術平均粗さ（Ra）と健全度の相関関係を適切に用いることにより、定量的な健全度評価指標となる。                            |
| 水路壁面凹凸容量               | 供試体から求められた凹凸容量と算術平均粗さ（Ra）の相関関係を用いて、健全度評価を行うには、凹凸容量の推定精度の良否が大きく左右する。           | 凹凸容量を高い精度で推定する手法がない。                                            | 現時点では、現場で凹凸容量を求めることが容易でないため、適用には難がある。                                      |
| 中性化                    | 現時点で、農業用開水路のコンクリートの中性化の進みは、灌漑期水位の上部・下部とも遅い。                                   | 中性化進行状況把握の精度を向上させるためには、多くの調査箇所が必要となるが、基本的には破壊試験となり、管理者には歓迎されない。 | 農業用開水路のコンクリートの中性化の進みは、灌漑期水位の上部・下部とも遅いため、補修・補強の時期を判定する主要な評価指標にはなりにくいと考えられる。 |
| ひび割れ                   | 目視調査で観測される、劣化指標の一つとなるものであるが、進行性のひび割れを目視で観察するのは難しい。                            | ひび割れ深さを容易に高い精度で観測する手法が確立されていない。                                 | ひび割れの多くが乾燥収縮や自己収縮によるものであり、経年的に成長するひび割れを目視で観測することは難しいことから評価指標となりにくいと考えられる。  |
| テストハンマーによる強度推定         | テストハンマーによる強度推定では調査対象面（凹凸や藻等付着物）の影響を受ける。                                       | 調査対象面の均一を、凹凸状態の水路壁面に求めることが難しい。                                  | 調査箇所が限られるあるいは適正な調査場所が見当たらないなどの課題が生じるため、劣化評価指標としては難があると考えられる。               |

## 参考文献

- 1) 土木学会 (2007)：コンクリート標準示方書（維持管理編），p.1-228
- 2) 本間新哉・北村浩二・今泉眞之・加藤 敬（2007a）：農業用鉄筋コンクリート製開水路の壁面の凹凸評価手法，H19 農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p.312-313
- 3) 本間新哉・北村浩二・今泉眞之・加藤 敬（2007b）：農業用水路における劣化予測手法について，ARIC 情報 86 号，p.20-26
- 4) 本間新哉・北村浩二・加藤 敬（2008a）：水路摩耗における健全度評価と構造的機能に関する考察，農工研技報 207，p.1-11
- 5) 本間新哉・北村浩二・加藤 敬（2008b）：農業用鉄筋コンクリート製開水路壁面の凹凸評価手法，H20 農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p.202-203
- 6) 本間新哉・北村浩二・加藤 敬（2009）：農業用鉄筋コンクリート製開水路壁面の凹凸評価手法，農工研技報 209，p.17-27
- 7) 加藤 敬・本間新哉・北村浩二・今泉眞之（2008）：開水路における壁面の凹凸から水路の粗度係数を求める試み，農工研技報（技術資料），p.183-193
- 8) 北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤 敬（2007a）：インフラ資産のアセットマネジメントに関する研究レビューと農業水利施設を対象とした研究の方向性，農村工学研究所技報 第 206 号，p.83-104
- 9) 北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤 敬（2007b）：農業用水路（RC）の劣化予測曲線と LCC 算定システムの構築，H19 農業農村工学会大会講演会講演要旨集，p.314-315
- 10) 北村浩二・本間新哉・加藤 敬（2008a）：農業水利施設へのインフラ会計導入の必要性和諸課題，農工研技報 207，P.13-23
- 11) 北村浩二・本間新哉・今泉眞之・加藤 敬（2008b）：農業用水路の壁面の摩耗劣化と継目劣化の予測，農業農村工学会論文集 254，p.39-50
- 12) 北村浩二・本間新哉・加藤 敬（2008c）：農業用水路における壁面粗化による劣化予測の定量的評価，農業農村工学会誌 76（9），p.35-40
- 13) 財団法人日本水士総合研究所（2006）：水利施設の機能評価，「水土の知」を語る（性能設計を考える その 3），p.95-116
- 14) 社団法人農業土木事業協会（2007）：農業水利施設の機能保全の手引き，p.1-86

# Problems of Soundness Index Evaluation of Irrigation Canal

HONMA Shinya and KATO Takashi

## Summary

About the soundness index of irrigation canals, various indexes were examined. A standard value of an arithmetical mean roughness expresses an upper limit level of the soundness index evaluation level. Neutralization is hard to consist to an index to decide a repair time of a canal at present. A crazing that occurred because of a dry shrinkage is hard to consist to an evaluation index. Because there is circumscription in the investigation point, a concrete strength to estimate with a test hammer is hard to consist to a deterioration index.

**Keywords:** irrigation canal, arithmetical mean roughness (Ra), test specimen, quantity of unevenness, soundness index, neutralization