

## RC構造物のひび割れ深さ測定精度の改善

(株)きんでん 正会員 ○白井 晋一郎  
三協エンジニアリング(株) 正会員 茨田 匠

### 1. はじめに

RC構造物の劣化診断方法は、一般的には1つの方法ですべてを網羅するものではなく、それぞれに利点、欠点がある。そのため、様々な方法を組み合わせ補完して実施しているのが現状である。RC構造物の維持補修を効率よく行うには、その特性を的確に評価し、所要の強度を推定して、補修でよいとするか、改築、あるいは、撤去・新設とするかを判断しなければならない。そこで、劣化診断を正しく行ない、適切な維持補修ができるように得られたデータを分析・試験・評価して、現時点で最も確実なRC劣化診断方法を確立したい。本報ではコンクリートの調査・メンテナンス方法を検討するために有効な研究開発としてひび割れ深さの測定精度改善に的を絞って報告する。

### 2. 劣化評価実験の計画

図1に示すように、人工的にひび割れが鉄筋に達したRC供試体1を作成し、実用性の確認を行った。表1に供試体1の示方配合を示す。

表1 示方配合

$\sigma=24\text{N/mm}^2$  24-15-25

コンクリートの配合						単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
粗骨材の最大寸法(mm)	スランブの範囲(cm)	空気量の範囲(%)	水セメント比(%)	細骨材率(%)							
					水	セメント	細骨材	粗骨材	混和材	混和剤	
25	15	6	55	45	174	322	721	1034	AE減水剤		

W/C=55%



図1 RC供試体1

### 3. ひび割れ探査実験の実施

ひび割れ深さの測定は $T_c-T_0$ 法により実施した。式1に理論式を示す。

$$d = a \sqrt{(T_c / T_0)^2 - 1} \quad \dots (式1)$$

$T_c-T_0$ 法概念図を図2に、測定波形を図3に、測定状況を図4に示す。乾燥時のひび割れ深さは147mmの測定値を示したが、ひび割れ内部を水で満たした状態では測定できない。しかし、15分経過した排水後では、もとの測定値を回復した。そのため、人孔(マンホール)等では排水後にコンクリートのひび割れ内の水が引いている、あるいは、ブロウで吹き飛ばすなどの前処理を実施して測定可能である。 $T_c-T_0$ 法では、プローブの直径が影響して音波伝播時間が短くなり時間測定誤差を生じやすいことから、プローブは直径を小さくしても十分なゲインが得られるものを開発して測定精度の改善を行った。図5は開発したプローブの外観である。このプローブを設計するにあたり、式2に示す理論式により、図4の施工条件を想定し、1.8億要素の3次元FEM解析の実施により、媒質への接触面の小口径化による干渉波、ノイズの影響抑制効果を確認した。式3に入力波を図6及び図7に音圧分布を示す。なお、超音波の周波数は50kHzである。実用粋においてプローブから出力された音波が直径の影響を受けることなく媒質内を伝播することにより、測定精度が向上することを確認した。

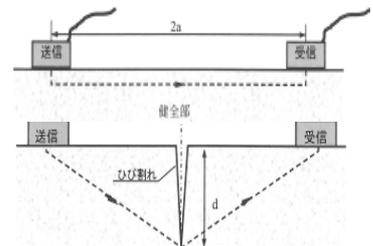


図2  $T_c-T_0$ 法概念図

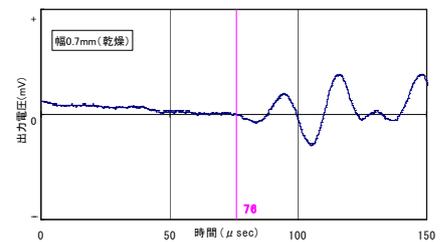


図3 測定波形



図4 測定状況

キーワード：人孔，RC構造物，劣化，ひび割れ，剥離，超音波

連絡先 06-6359-6699 (株)きんでん 白井 ， 06-6453-5388 三協エンジニアリング(株) 茨田

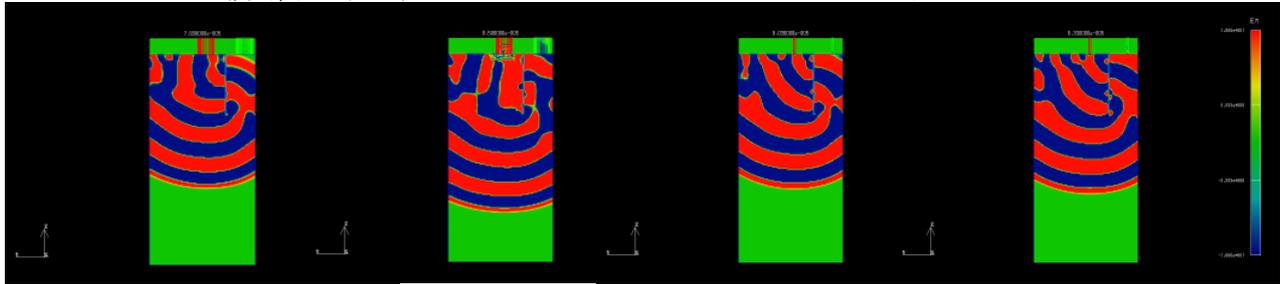
$$\text{div}D \equiv \frac{du}{dx} + \frac{dv}{dy} + \frac{dw}{dz} \quad (u, v, w \text{ を変位とする}) \quad \dots \text{(式 2)}$$

$$y = \cos 2\pi ft \cdot \left(1 - \cos \frac{2\pi ft}{3}\right) \quad \dots \text{(式 3)}$$

(f : 周波数 (Hz), t : 経過時間 (sec), y : 変位)

(分解能が低い)

(分解能が高い)



a) φ 40mm 第 1 波到達    b) φ 40mm 干渉波    c) φ 6mm 第 1 波到達    d) φ 6mm 干渉波

図 6 音波解析結果による音圧コンタ

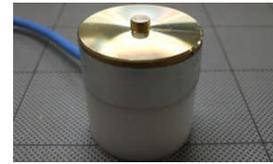


図 5 ひび割れ用プローブ

図 8 に供試体 2 の外観を示す。供試体の寸法は長さ 400mm, 厚さ 202mm, ひび割れ深さは 160mm である。この供試体 2 において, ひび割れ深さの測定を行った。その際, 音波透過測定距離を  $L=202\text{mm}$  として, プローブ設置はひび割れからのオフセット量を 100mm としている。表 2 に小口径プローブによるひび割れ測定精度向上確認結果を示す。測定誤差は小さく, 実用性能を確保できた。なお, 表 2 に記載の数値は, 各 5 回測定を行った平均値である。これらの結果は小口径化により分解能が向上して, ひび割れ深さの測定精度が高くなることを示している。

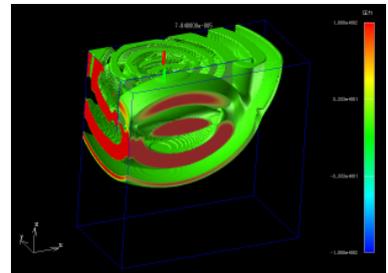


図 7 3次元音波解析結果

**4. 結果および考察**

開発の効果として, ①既存の鉄筋探査機と組み合わせてひび割れが鉄筋に達しているか否か確認ができる。②ひび割れ修理後の充填度の確認が行える。これらのことから開発品と既存の鉄筋探査方法, 中性化深さの測定, 剥離検出, 人による点検結果とを組合せ一連の劣化判断ツールが整ったことになり, コンクリート構造の健全度が正確にわかるようになったといえる。したがって, 維持補修による RC 構造物の性能回復施工の計画設計および施工管理に重要な項目が正確に監理でき, 確実な維持補修計画と施工が行えるようになった。



図 8 供試体 2

**5. 結論**

ひび割れ深さについては, 長い経験を持つ熟練技術者のみが経験と五感を駆使して, 探査精度を改善しているもので技量的に難しいものとなっていた。しかし, 良好な精度が得られる 50kHz 縦波用プローブを開発したことで, 鉄筋探査, 剥離探査, 中性化深さの探査と組合せ劣化程度の把握がより確実に行えるようになった。これを活用して, RC 構造物は効率の維持補修により性能を回復し, ライフサイクルコスト改善の施工技術提案ができる。

<参考文献>

- 1) 尼崎省二他: コンクリートの表面ひび割れ深さ測定方法の再検討 2008.
- 2) 魚本健人: コンクリート構造物の検査・診断 2003.
- 3) 日本コンクリート工学協会 コンクリート診断技術'08.
- 4) 日本非破壊検査協会 新コンクリートの非破壊試験 2010.

表 2 小口径プローブによる測定精度

項目	透過測定値 スタート時間 考慮済み L=202mm (μs)	To 2a=100mm 換算 (μs)	Tc (μs)	ひび割れ 深さ 測定値 (mm)	精度(%) d=160mm
50kHzフ ローブ(φ 小径接触型 プローブ(φ 6mm))	52	26	78.8	144	90%
	51.6	26	87.6	161	101%

\* 測定条件: 送信パルス幅 20 μsec, 受信波読取周期 0.1 μsec, 印加電圧 335V (φ 40mm 50kHz), 670V (点接触・小径 φ 6mm, 12.5mm)