

超音波法によるコンクリートのひび割れ深さの推定

Estimation of crack depth of concrete by pulse velocity method

○ 佐藤 周之*, 服部 九二雄**, 緒方 英彦**

SATO Shushi*, HATTORI Kunio**, OGATA Hidehiko**

1. はじめに

農業水利コンクリート構造物における劣化のうち、その使用性能に影響を及ぼすものにコンクリートのひび割れがある。劣化要因によってひび割れの種類は異なるが、放置するとひび割れが進行する場合もあり、鋼材の腐食や、炭酸化、中性化によるコンクリートの劣化の進行の原因となり、さらに、ひび割れの貫通による漏水に繋がる危険性もある。

構造物の維持管理では、点検により変状を把握する¹⁾。ひび割れを発見した場合の一連の作業は以下の手順となる。

- ①日常・定期点検によるひび割れの発見
- ②詳細点検によるひび割れ深さの把握
- ③劣化要因の特定および劣化予測
- ④補修・補強の実施

ひび割れの発見は、目視等による日常点検、あるいは定期点検により、比較的容易に実施できる。そこで、本研究では、ひび割れ深さの把握を目的とする詳細点検に超音波法が適用できるのかという点を検討する。

2. 実験の概要

実験に用いたコンクリートの示方配合は、セメント：普通ポルトランド、スランプ：12cm、WC：55.0%、sa：49.0%、単位量 (kg/m³) は、水：189、セメント：344、細骨材：878、粗骨材：905 である。

実験に用いた供試体は図1に示す3種類の角柱供試体であり、うち、2種類には打設時に厚さ1mmの鉄板を深さ約3cm、5cmまで埋設し、脱型と同時に抜取って溝を作った。供試体名称は溝のないものをControl (1本)、溝の深さ3、5cmのものを各々D-30 (3本)、D-50 (3本) とする。

超音波法の測定機器としては、マルイ製のウルトラソニックテスター (振動数50kHz、縦波用端子使

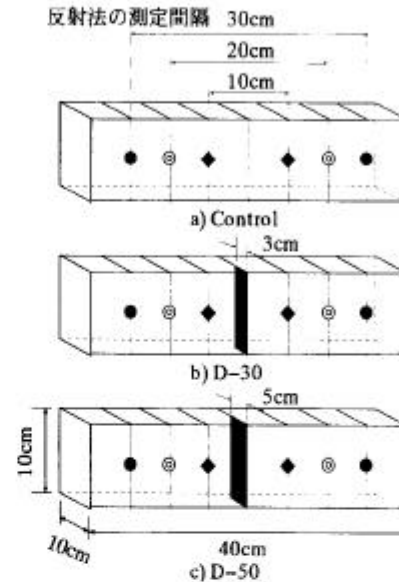


図1 角柱供試体の概要

Abstract of rectangular specimens

用) を利用した。この時の端子間の距離は図1に示すように10、20、30cmである。ただし、Controlについては、基準となる超音波伝播速度を直接法で求めた。その後、すべての供試体で、供試体の同じ面に発振子および受振子を設置して測定を行った。

これまでの研究では、この端子の設置方式を反射法と呼んできた。この設置方式における超音波は、コンクリートの端子設置面と反対側の境界面で反射しているという前提があった。しかし実際の超音波の伝播経路は、ほぼコンクリート表面付近であることが明らかになった²⁾。そこで以下では、この端子設置方式を反射法ではなく、表面法³⁾と呼ぶことにする。

縦波を利用したひび割れ深さの測定方法には、現在までに7種類提案されている³⁾。本研究では、端子の設置方式を考慮して、①Tc-To法 (L-L方式)、②デルタ方式、③近距離迂回波方式を対象とした。それぞれのひび割れ深さ d (mm) の推定式を以下に示す。

*鳥取大学連合農学研究科, The United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University, **鳥取大学農学部, Faculty of Agriculture, Tottori University, キーワード: ひび割れ深さ, 超音波法, 表面法

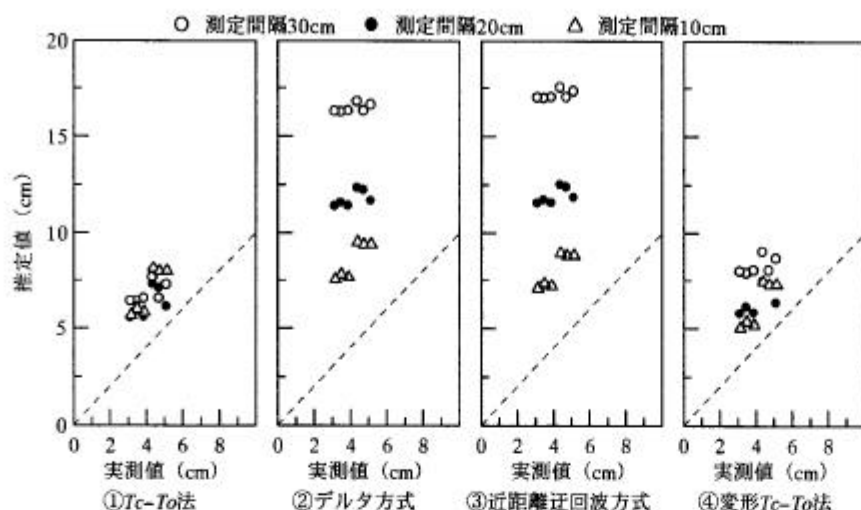


図2 ひび割れ深さの実測値と推定値の比較

Comparison of the depth of crack between measured value and estimated value

①Tc-To法 (L-L方式) :

$$d = a \sqrt{(Tc/To)^2 - 1} \dots (1)$$

Tc: 溝を挟んで測定した伝播時間 (μs), To: 健全部表面での伝播時間 (μs), 2a: 端子間距離 (mm)

②デルタ方式:

$$d = \sqrt{\left\{ \frac{T^2 - R^2 + (V * Tc)^2}{2V * Tc} \right\}^2 - T^2} \dots (2)$$

T, R: 溝から送・受振子までの距離 (cm), V: 健全部における音速 (km/s)

③近距離迂回波方式:

$$d = V * Tc / 2 \dots (3)$$

さらに、直接法で求めた超音波伝播速度を基準として求めた推定式 (本研究では変形 Tc-To 法と呼ぶ) についても検討を行った。そのひび割れ深さ推定式を以下に示す。

④変形 Tc-To法:

$$d = \sqrt{\frac{L^2 * Tc^2}{4T_1^2} - a^2} \dots (4)$$

L: 直接法による超音波の伝播距離 (mm), T₁: 直接法で測定した超音波伝播時間 (μs)

3. 結果と考察

各種推定式で求めたひび割れ深さの推定値と実測値を比較した結果を図2に示す。図中の破線は1対

1の関係を表している。まず、端子の設置距離 (測定間隔) によるひび割れ深さの推定値と実測値を比較する。②と③はほぼ同じ傾向を示し、端子の設置距離が大きくなるほど実測値と推定値の差が大きくなる。①および④は端子の設置距離の影響をあまり受けないが、それでも端子

の設置距離が小さいほど実測値に近づく傾向にある。したがって、上記各推定式を利用する際には、できるだけひび割れ付近に端子を設置して測定を実施することが望ましいと考えられる。

ひび割れ深さの推定値は、推定式に関わらず、実測値よりも大きくなる傾向にある。各推定式の端子の設置距離 10cm の結果を比較すると、推定値と実測値の差が比較的小さいのは①と④である。それでも両者の差の平均値は①が 211cm, ④が 278cm であり、少なからず誤差が生じている。したがって、本研究の結果からは、超音波法による精度の高いひび割れ深さの推定は難しいといえる。

4. おわりに

今回検討した推定式はすべて理論式であり、実際にはコンクリートあるいは超音波に起因する要因が影響したことも考えられる。また、構造物のひび割れには水や砂、苔等の無機・有機物質で充填されている場合が多く、これら挟雑物が超音波法に及ぼす影響についても検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 土木学会 (2001) : コンクリート標準示方書 [維持管理編], pp1~27.
- 2) 佐藤周之・服部九二雄・緒方英彦 (2003) : 超音波法と反撥度法によるコンクリートの強度推定と適用法, 材料施工研究部会報, pp13~31.
- 3) 魚本健人・加藤潔・広野進 (1990) : コンクリート構造物の非破壊検査, 森北出版, pp27~42.
- 4) 日本非破壊検査協会 (1994) : コンクリート構造物の非破壊試験法, 養賢堂, pp131~141.