

機関番号：14101

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20580262

研究課題名（和文） 超音波法による農業用PC管水路の非破壊診断の研究

研究課題名（英文） Nondestructive Inspection of Irrigation PC Tubes by Ultrasonic Waves

研究代表者

石黒 覚 (ISHIGURO SATORU)

三重大学・大学院生物資源学研究科・教授

研究者番号：30137244

研究成果の概要（和文）：

コンクリート構造物の非破壊検査技術である横波超音波共振法を適用し、試験体を用いた探傷実験を行った。その結果、試験体の模擬損傷検出が可能であることを確認でき、本検査手法の有効性を示す結果を得た。既存の水路構造物には、強度・耐久性に優れ、施工性も良いことからPC管等のコンクリート二次製品が多く用いられている。本検査手法を土中に埋設施工されたPC管に適用し、炭酸性侵食等による管外面の損傷検査に対して有効な結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

It experimented with the examination object by using the shear wave resonating method that was the non-destructive testing technology of a concrete structure. As a result, it was able to be confirmed to be able to detect mock damage of the examination object, and obtained the result of showing the effectiveness of this technique. A lot of concrete products such as PC tubes are used from excelling in strength and durability, and construct good for an existing waterway structure. The test method was applied to confirm the outside damage of PC tubes laid underground in the soil where damage occurs are seen by the Carbonic acid corrosion. The results showed the effectiveness of the test method.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：コンクリート工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業土木学・農村計画学

キーワード：超音波共振法、非破壊検査、PC管水路、コンクリート

## 1. 研究開始当初の背景

PC管(プレストレストコンクリート管)は強度および耐久性に優れているため、1950年代から1980年代頃まで農業用の管水路(パイプライン)に多く用いられてきた。そのストックは総延長で950kmにも及ぶといわれている。近年、これらのPC管において、経年劣化などによる機能低下や破損事故などにより安定した水管理に支障をきたす事

態が発生している。特に、PC管水路では漏水、カバーコートモルタルの侵食による管本体の破損による送水の停止、破損事故による第三者への損害賠償、復旧費用の確保など多大な労力とリスクの生じることが懸念されている。このため供用中のPC管水路の劣化状況を把握し、破損などに対する予防対策を講じることが急務の課題となっている。

## 2. 研究の目的

PC 管路の点検においては送水の停止期間が短期間に限定されるため、延長距離の長い管路を短期間で調査できるような迅速性のある点検手法が要求される。さらに、管の内部から外部のカバーコートモルタルの劣化状況を非破壊的に調査することから、管厚の変化を十分な点検精度で予測できることが要求される。本研究ではこれらの要求事項、すなわち、迅速な点検方法、および点検精度の向上を目指して、横波超音波共振法による点検手法の適用性とその運用方法について研究することが目的である。

## 3. 研究の方法

横波超音波共振法は管の厚さを定量的に

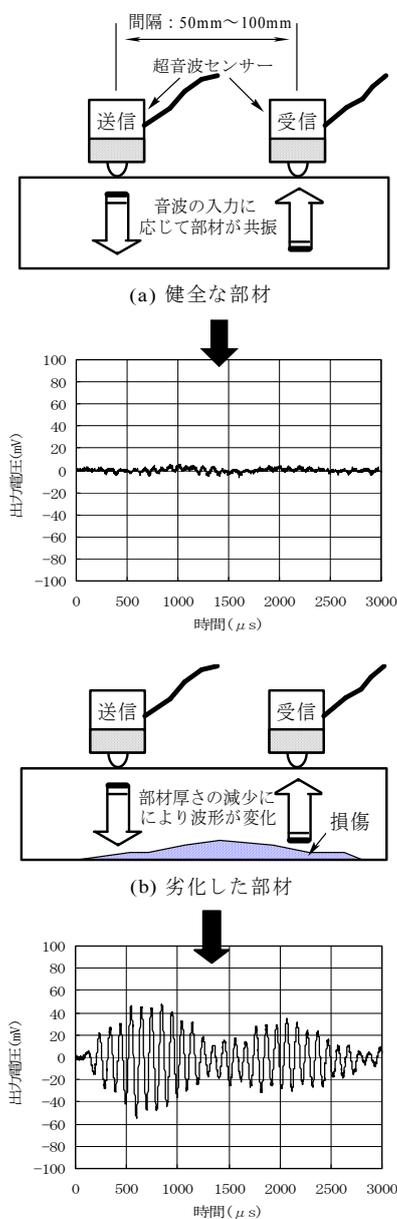


図1 横波超音波共振法の概要

評価できないが、図1に示すように健全な部材の波形と測定対象部材の波形を比較することにより、損傷している、あるいは、健全であるなど、定性的な評価が可能な方法である。測定に要する時間が短い、測定対象物とセンサーは点接触であるため接触媒質がいらないなどの利点を有している。

## 4. 研究成果

### 1) コンクリート版の厚さ測定精度の検証

コンクリート版の厚さ変化を非破壊で推定できるかどうか検証するため、厚さ 75mm のコンクリート版の背面に欠損部を設けた供試体（欠損部深さ 0, 15, 25, 35mm）を作製し、超音波共振法を用いて上面から背面の欠損、コンクリート版の厚さの変化が検出できるかどうか実験を行った。本研究結果から、超音波共振法はコンクリート版の厚みそのものを調べることはできないが、図2のように、測定波形の最大振れ幅比を指標とした場合、健全部分に比べて厚みが減少しているような場合には検出が可能であることが確認できた。この研究結果は、平成 21 年度の農業農村工学会大会講演会において発表した（発表題目：超音波共振法によるコンクリート版の厚さ測定について）。

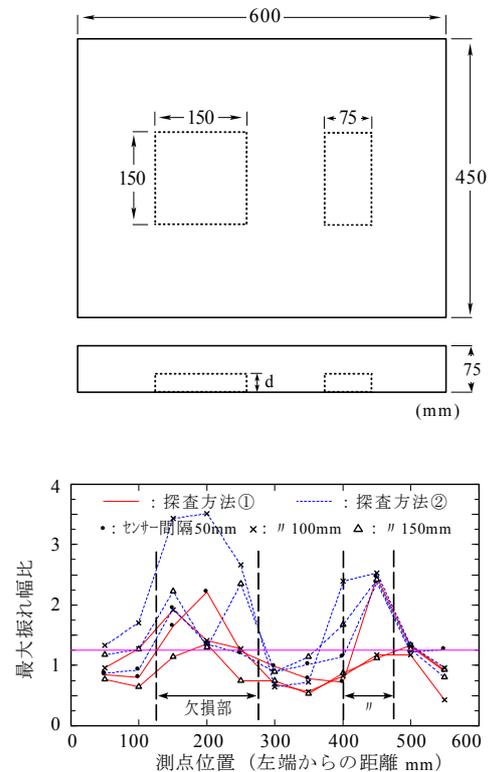


図2 背面に欠損部を有する供試体と  $d=35\text{mm}$  の場合の探査欠陥

2)モルタルとコンクリート接着面の欠陥探査精度の検証

コンクリート版(450×600×60mm)の上面にモルタルを厚さ 10mm および 20mm で塗りつけ、それらの接着面に厚さ 5mm の発泡スチロールを埋め込み、欠陥部を有する供試体を作製した。超音波共振法を用いて供試体上面から接着面の欠陥(空洞)が検出できるかどうか実験を行った。本研究結果から、欠陥の上面の測定波形の振幅は、健全部に比べて大きくなり、両方の探触子が欠陥上面にある場合、モルタル厚さが 10mm および 20mm であれば十分な精度で探査できることがわかった。この研究結果は、平成 21 年度の農業農村工学会京都支部研究発表会において発表した(発表題目:超音波法によるコンクリート内部空洞の探査について)。

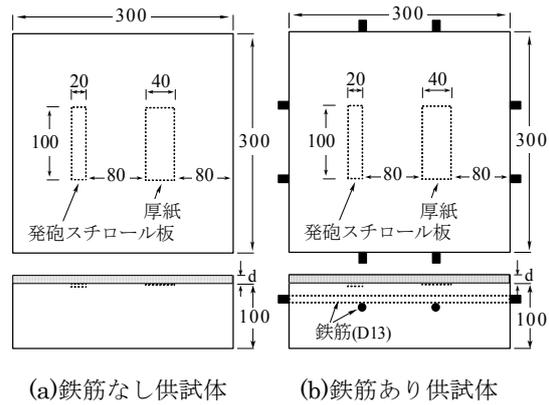
3)超音波法による欠陥検査におよぼす鉄筋などの影響の検討

劣化した PC 管あるいは補修した鉄筋コンクリート開水路における調査では、PC 管の PC 鋼線、開水路の鉄筋などが存在し、それらが探査精度に影響するかどうか調べる必要がある。このため、図 3 (a),(b)のように室内試験では模擬欠陥を有する鉄筋コンクリート版のモデル供試体を作製し、鉄筋の存在が探査精度へ及ぼす影響を検討した。図 3 (c)に示すように、横波超音波共振法では鉄筋の影響を受けることなく剥離や空洞の欠陥検査ができることを確認した。

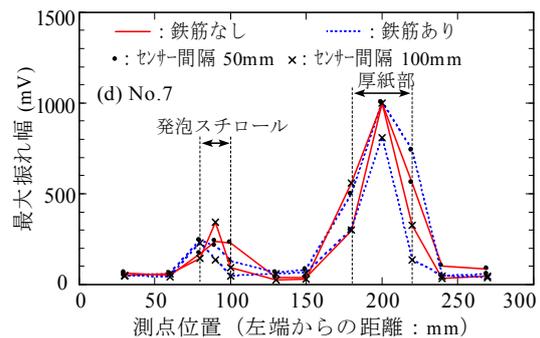
また、図 4 に示すように、木板と鋼板を埋め込んだ供試体の測定結果から、木板部では最大振幅が大きくなり、鋼板部の最大振幅は非常に小さかった。これは鋼板の密度と剛性が比較的大きく、かつ、コンクリートとモルタルに密着しているためと考えられる。この研究結果は、平成 22 年度の農業農村工学会大会講演会において発表した(発表題目:横波超音波共振法によるモルタルとコンクリート接着面の欠陥探査)。

4)超音波法によるPC管厚の測定精度の検証

これまでに構築した非破壊点検方法を適用して、試験室で作製したモデル供試体、ならびに現場における損傷供試体の管厚測定を行い、供試体における探傷精度の検討を行った。共振波形の最大振幅をパラメータとした場合、背面が浸食されて管厚が薄くなっているときには最大振幅が大きくなり、管厚測定の検査に適用できることを確認した。この方法を用いて、三重県名張市および菰野町の

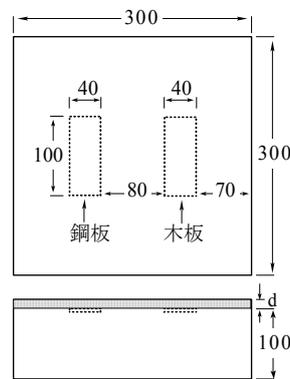


(a)鉄筋なし供試体 (b)鉄筋あり供試体

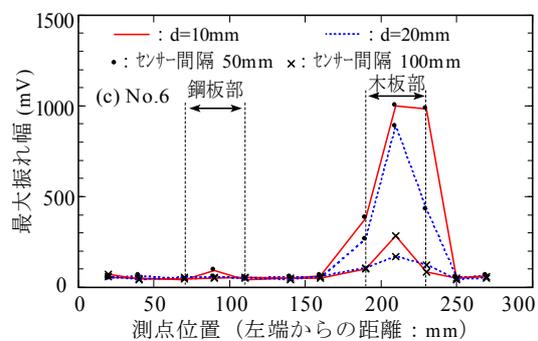


(c)欠陥部の探査結果

図 3 最大振幅に及ぼす鉄筋の影響



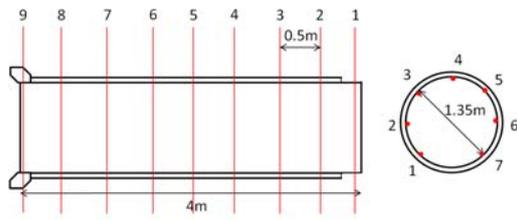
(a)木板と鋼板を埋め込んだ供試体



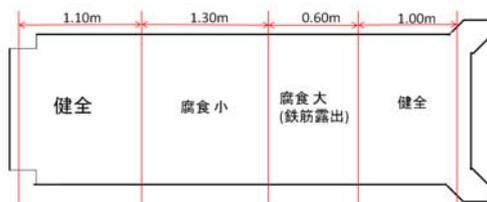
(b)欠陥部の探査結果

図 4 最大振幅に及ぼす木板と鋼板の影響

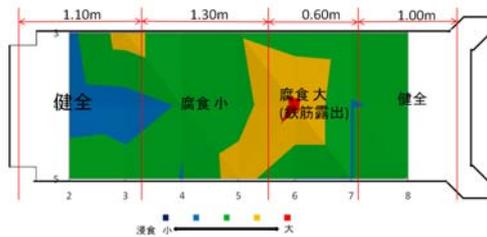
農業用PC管の現地調査を行った。名張市富貴ヶ丘サイフォンにおける埋設PC管の調査結果を図5に示す。目視による結果と本手法による測定結果を比較すると、カバーコートモルタルが浸食されてPC鋼線が露出していたところが検出できている結果となった。本検査手法の有効性を示す結果が得られた。



(a) PC管における測定位置と間隔



(b) PC管外面の浸食状況の目視結果



(c) 測定結果と目視結果の比較

図5 埋設PC管の管厚の調査結果

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 石黒覚，和田隆弘，コンクリートとモルタルの接着面における欠陥検査に関する研究，コンクリート工学年次論文集，査読有，第33巻，2011，掲載確定

[学会発表] (計5件)

- ① 石黒覚，和田隆弘，横波超音波共振法によるモルタルとコンクリート接

着面の欠陥探査，平成22年度農業農村工学会大会講演会，平成22年9月1日，神戸市

- ② 石黒覚，サーモグラフィ法と超音波共振法によるコンクリート内部剥離の検査，第4回産学連携セミナー(農業農村工学会主催)，平成21年11月19日
- ③ 和田隆弘，石黒覚，超音波法によるコンクリート内部空洞の探査について，第66回農業農村工学会京都支部研究発表会，平成21年11月5日，富山市
- ④ 田村純也，石黒覚，サーモグラフィ法によるコンクリート内部空洞の探査について，第66回農業農村工学会京都支部研究発表会，平成21年11月5日，富山市
- ⑤ 石黒覚，超音波共振法によるコンクリート版の厚さ測定について，平成21年度農業農村工学会大会講演会，平成21年8月5日，つくば市

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

石黒 覚 (ISHIGURO SATORU)

三重大学・大学院生物資源学研究科・教授  
研究者番号：30137244