東北大学	学生会員	○杉山涼亮	東北大学	学生会員
東北大学	正会員	内藤英樹	東北電力	正会員

## 1. はじめに

わが国のコンクリート構造物は一斉に老朽化を迎え ており、維持管理の必要性が見直されている、水中・ 地中構造物は目視点検が困難であるため、簡便で高精 度な非破壊検査手法の開発が急務である.特に、電力 施設や農業用のコンクリート開水路では、凍害等によ り側壁表面から内部に損傷が進展する事例がみられる. 深刻な劣化に至る前に対策するため, 通水時でも側壁 内部の損傷を評価できる点検技術のニーズは大きい.

これに対し、著者らは小型加振器を用いた非破壊検 香手法の開発に取り組んできた<sup>1)</sup>. 提案手法は, 加振器 によって周波数を連続的に上昇させた正弦波の振動を 与え, 部材厚さ方向の縦振動を励起させ, 部材の共振 曲線(周波数-応答加速度関係)を得ることで内部損 傷の検知を可能とする. これまで著者らは開水路にお ける提案手法の適用性を検討してきた<sup>2)</sup>が,検査範囲や, 損傷状態と共振周波数の関係など、実際の点検時に不 可欠な情報が十分に検討されていなかった. そこで本 研究では、供試体実験によりこれらの課題を検討した.

# 2. 水路供試体を用いた検査範囲の検討

# 2.1 強制加振試験概要

提案手法の検査範囲を検討するために、図-1に示す ような部材長さ6000mmの水路供試体を作製した.2つ の発泡スチロールを埋め込んだ側壁を損傷壁、もう一 方を健全壁と称した.頂部に加振器を接地させ、強制 加振試験(以下,頂部加振)を行った.提案手法の概 略図を図-2に示す.損傷壁に埋め込んだ2つの発泡ス チロールは幅が400mmと800mmで、厚さ105mm、高さ 200mmである. 幅400mm, 800mmの発泡スチロールによ る空隙をそれぞれ空隙S,空隙Lとした.頂部加振では 測定時間18秒を基本とし、加速度振幅は1m/s<sup>2</sup>で一定、 周波数を500~2000Hzの範囲で連続的に上昇させた.加 振点付近に厚さ1mm程度の両面テープで測定加速度セ ンサを貼付し、共振曲線を得た. 共振曲線中で応答加 速度が卓越した際の周波数を共振周波数とした.水路



五十嵐亜季

フェロー会員 鈴木基行

堀見慎吾

東北大学

供試体では図-1のように側壁にx軸を設定し, 左端部 をx=0としたので、空隙Sはx=1600~2000mm、空隙Lは x=3600~4400mmの範囲となっている. 健全壁では 1000mm間隔,損傷壁では200mm間隔を基本として測定 を行ったが、空隙近くではより詳細に測定点を設けた.

# 2.2 強制加振試験結果

健全壁,損傷壁の頂部加振による共振周波数の分布 を図-3 に示す. 健全壁では共振周波数が概ね 1600Hz 前後で推移しているのに対し,損傷壁では空隙 S 付近 で1200Hz 前後,空隙 L 付近で1000Hz 前後となり,空 隙の影響で共振周波数が低下していることがわかる. また,損傷壁では空隙端部から150~250mm 程度離れ

キーワード:コンクリート開水路,非破壊検査,強制加振試験,共振周波数,健全性評価 連絡先:〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL: 022-795-7449



模擬 (b) ひび割れ模擬 写真-1 損傷模擬の様子

表-1	浮き	・ひび割れ	ι模擬状態	の共振周波数

損傷状態	共振周波数(Hz)
空隙S(発泡スチロールあり)	1226
空洞(発泡スチロールなし)	1215
 浮き模擬	1246
ひび割れ模擬	1269

た位置で共振周波数が低下し始めた.この結果から, 提案手法は加振点を中心に,直径 400mm の範囲に含ま れる損傷が検知可能であると推察される.本供試体は 側壁高さ 790mm であり,提案手法は側壁高さの 1/2 程 度が検査範囲であることが示された.

# 3. 損傷状態と共振周波数の関係の整理

# 3.1 浮き・ひび割れ模擬概要

空隙S中の発泡スチロールを取り除き,高さ200mm, 幅400mm,深さ105mmの空洞を設けた.この空洞に厚 さ1mm程度のスチレンシートを両面テープで貼付し, モルタルを打設した.これを浮きの模擬とした.次に, ひび割れ模擬として,浮き模擬で用いたモルタルを取 り除き,再度損傷壁に空洞を設けた.空洞の天井に油 を塗布したアルミ板を貼り付け,その中にモルタルを 打設し,モルタルがある程度固まった際にアルミ板を 引き抜いて,ひび割れの模擬とした.作製した模擬損 傷の様子を**写真-1**に示す.それぞれの損傷状態におい て損傷中央位置で頂部加振を行った,本検討で行った 頂部加振は,2.1で述べた加振条件と同様の条件である.

#### 3.2 浮き・ひび割れ模擬結果

それぞれの共振周波数を表-1に整理した.いずれの 状態でも共振周波数は1250Hz付近となった. 側壁を俯 瞰した時の損傷面積(深さ105mm×幅400mm)が変化し ていないためであると推察される.

### 3.3 はつり試験概要

損傷の深さを変え、側壁を俯瞰した際の損傷面積を 変えた時の共振周波数の値を検討するためにはつり試 験を行った.健全壁をはつり、損傷壁の空隙S,空隙L と同様に、*x*=1600~2000mm、3600~4400mmの範囲に損 傷を与えた.損傷深さをパラメータとし、35mm、70mm



と段階的に深くはつった.各段階が終わるごとに各損 傷の中央位置(x=1800mm,4000mm)で頂部加振を行った. 水路では水面位置で損傷が生じやすいため,側壁高さ の半分である高さ395mmの位置を水面と仮定し,その 高さではつり試験を行った.本検討で行った頂部加振 は,2.1で述べた加振条件と同様の条件である.

### 3.4 はつり試験結果

各損傷深さでの頂部加振の結果を図-4に示す.損傷 深さ105mm時の共振周波数は,損傷壁における空洞の 測定値としている.また,健全時の共振周波数の平均 値1650Hzで除すことで共振周波数比を算出している. 図-4より,損傷幅400mm,800mmともに損傷深さが大 きくなるにつれ共振周波数が低下したことがわかる. この結果から,断面を俯瞰した時の損傷面積が大きく なり共振周波数が低下したと推察され,縦波の伝播を 阻害する面積に依存することが示された.

### 4. 結論

本研究では小型加振器を用いて, コンクリート開水 路の健全性を評価する手法を提案した.供試体実験に より,空隙の影響が端部から150~250mm離れた位置で 見られたため,側壁高さの1/2程度が検査範囲であるこ とが推察された.また,頂部加振による水路側壁の共 振周波数の低下は縦波の伝播を阻害する面積,すなわ ち水路側壁を俯瞰した時の損傷面積に依存することが 示された.

### 参考文献:

- 杉山涼亮,内藤英樹,山口恭平,早坂洋平,鈴木基行: ランダム加振による RC 床版の非破壊検査法,コンク リート構造物の補修,補強,アップグレード論文報告 集, Vol.15, pp.471-476, 2015.10
- 五十嵐亜季,内藤英樹,土田恭平,鈴木基行:強制加振 試験によるコンクリート開水路の損傷評価,コンクリー ト工学年次論文集, Vol.37, No.2, pp.793-798, 2015.