

アンカーボルトでの弾性波入力／出力による鋼板接着補強 RC 床版における水平ひび割れ評価

大阪大学大学院工学研究科 学生会員 ○葉 栗
大阪大学大学院工学研究科 正会員 寺澤 広基

西日本高速道路エンジニアリング関西(株) 鈴木 真
大阪大学大学院工学研究科 正会員 鎌田 敏郎

1. はじめに

既設 RC 床版の補強工法の一つに鋼板接着工法がある。この工法は、RC 床版の下面にアンカーボルトを用いて鋼板を仮留めし、床版と鋼板との間にエポキシ樹脂を注入することで RC 床版と鋼板とを一体化させ断面剛性の向上を図るものである。しかし、鋼板接着工法を施した RC 床版は外観目視により底面のひび割れを確認できないという問題点がある。これに対し、既往の研究¹⁾では鋼板接着した RC 床版内部のひび割れを検出する非破壊評価方法として、衝撃弾性波法が提案されているが、エポキシ樹脂が適切に充填されておらず鋼板が剥離している箇所では、水平ひび割れの検出が困難である。

本研究では、鋼板接着工法を施した RC 床版において、鋼板接着の有無によらず内部の水平ひび割れを検出する方法として、衝撃により入力した弾性波を複数の点で受信し評価する手法について解析により検討した。

2. 水平ひび割れ深さが各評価指標に及ぼす影響

2.1 解析概要

解析モデルの概要を図-1 に示す。コンクリート部の寸法は長さ 2600mm×幅 1000mm×厚さ 200mm であり、その上部に厚さ 4mm のエポキシ樹脂層および厚さ 4.5mm の鋼板部を設け、コンクリートの端部から 300mm の所に打ち込み深さ 70mm のアンカーボルト部を設定している。アンカーボルト部は 500mm 間隔で合計 5 個設定した。水平ひび割れを模擬した空隙部の位置はコンクリート上縁から、80mm, 120mm, 160mm の計 3 ケースとした。また、各解析モデルはいずれも 8 節点 6 面体ソリッドで構成されており、要素の最大寸法は 10mm とした。

波形の入力および出力位置は、図-1 に示す通りである。弾性波を左端のボルトに入力し、ボルト V1,V2,V3,V4 から出力する。「ボルト入力/ボルト出力」

の 4 種類で検討を行った。入力波形は $\phi 19\text{mm}$ 鋼球による打撃を想定し、図-2 に示すパルス波形とした。図中の T_c は接触時間であり、 $81.7\mu\text{s}$ ($\phi 19\text{mm}$ の鋼球に相当) とした。出力波形は加速度とし、出力間隔 $1\mu\text{s}$ 、出力点数 10,000 点とした。物性値は表-1 に示す通りである。

2.2 解析結果および考察

2.2.1 複数点出力の有効性の検討

出力波形における FFT から得られた周波数スペクトルの一例（出力点：V1）を図-3 に示す。本解析条件の範囲では、空隙位置に相当する縦波共振周波数でピークを確認できた。また、出力点 V2,V3,V4 で得られた結果を表-2 に示す。図-3 により鋼板が接着している場合において、ピーク周波数という評価指標を用いることで、水平ひび割れが検出できる可能性が示唆された。一方、鋼板が剥離している場合では、鋼板自身の振動の影響により、80mm,160mm の水平ひび割れを検出することは困難であった。表-3 により、出力点のボルトが入力点のボルトから離れるほど水平ひび割れの検出が困難となることが分かった。

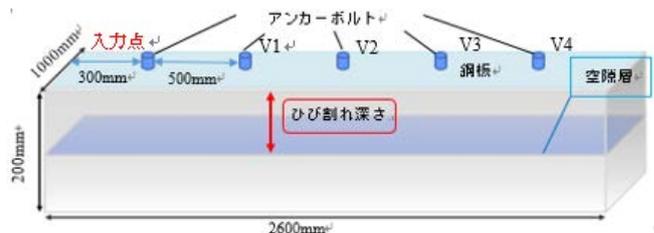


図-1 解析モデル概要

表-1 解析モデルの物性値

	密度 (g/cm^3)	弾性係数 (GPa)	ポアソン比
コンクリート	2.3	30	0.2
鋼	7.85	200	0.3
エポキシ樹脂	1.2	1.5	0.34

2.2.2 波形エネルギーの適用

図-4 により、鋼板なしの場合において、水平ひび割れ深さが深くなると、波形エネルギーが小さくなる傾

キーワード RC 床版, 非破壊評価, 衝撃弾性波法, 三次元衝撃応答解析

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL/FAX 06-6879-7618

向があった。これを踏まえ、鋼板剥離の状況における波形エネルギー δ の適用性を検討した。具体的には、多点出力で得られた加速度波形エネルギーを求めた。なお、式 (1) に示すように、それぞれ、波形エネルギーを求め、ひび割れ深さごとに波形エネルギーを比較することで検討を行った。ここで、 a_k は加速度、 k は時間である。

$$\delta = \sum_{k=1}^n a_k^2 \quad (1)$$

各水平ひび割れ深さにおける波形エネルギーを図-5 に示す。V1 において水平ひび割れが深くなると、波形エネルギーが小さくなる傾向があり、水平ひび割れ深さが 200mm の場合、加速度波形が最も小さいことが分かった。一方、V2,V3,V4 では V1 で見られた傾向が確認できない。これは鋼板自身の振動の影響を受けたためと考えられる。

3. まとめ

- 1) 鋼板の接着状況に関わらず、弾性波をボルトから入力し、隣のボルトで振動応答を出力することで、ピーク周波数を用いて鋼板補強 RC 床版内の水平ひび割れを検出できる可能性が示唆された。また、出力点のボルトが入力点のボルトから離れるほど水平ひび割れの検出が困難となる。
- 2) 波形エネルギーを用いることで、水平ひび割れ深さの評価の可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 藤原理絵, 鈴木真, 寺澤広基, 鎌田敏郎: 衝撃弾性波法を用いた鋼板接着補強 RC 床版における水平ひび割れ評価に関する研究, 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.18, pp.237-242, 2018.10

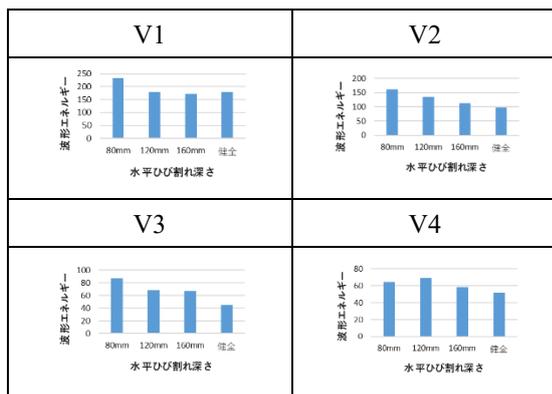


図-4 波形エネルギー(鋼板なし)

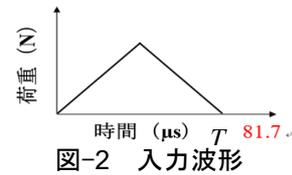


図-2 入力波形

図-3 周波数スペクトル (V1)

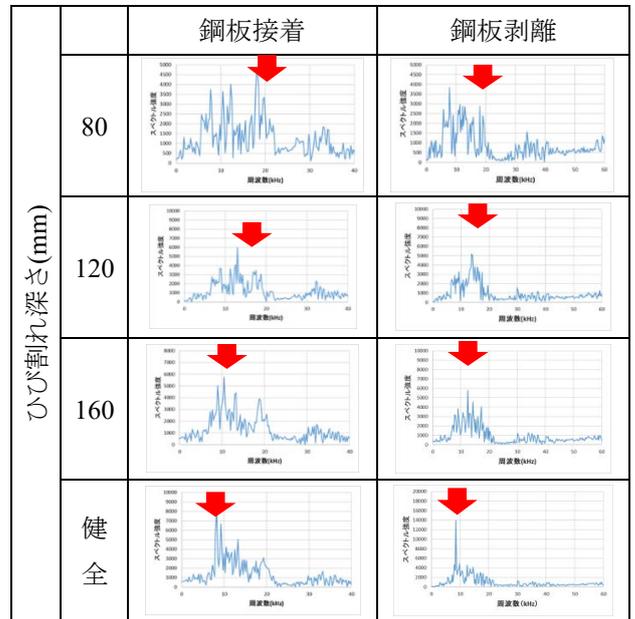


表-2 水平ひび割れ評価 (ピーク周波数)

ひび割れ深さ	80mm	120mm	160mm	健全
V2	○	○	○	×
V3	×	○	○	○
V4	×	×	×	○

○ : ひび割れ検出可能, × : ひび割れ検出不可能

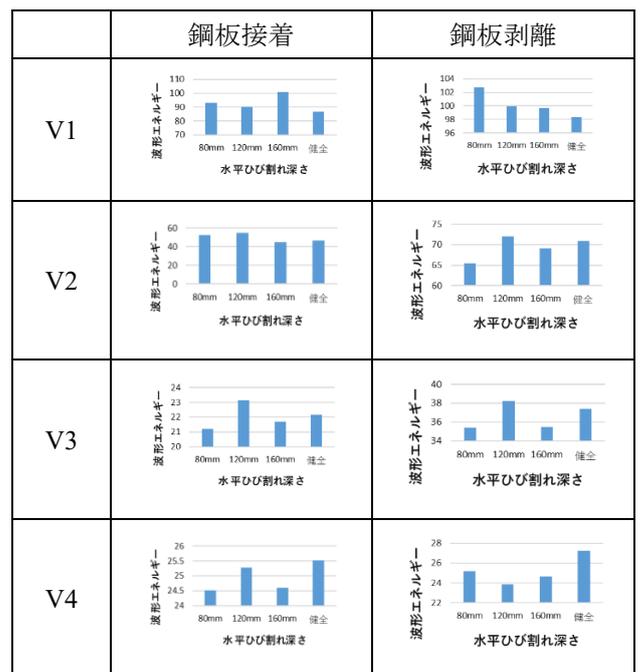


図-5 波形エネルギー