

非破壊検査による軌道スラブの健全度診断 (その2)

(財)鉄道総合技術研究所 正会員 高橋貴蔵 白江雄介 関根悦夫
 (株)ジエール総研エンジニアリング 正会員 西村昭彦 星秀朋 木村礼夫

1. はじめに

軌道スラブは設計耐用年数50年で設計されており、供用されてから長いもので約40年となる。今後、供用年数の長い軌道スラブを健全に保つためには、軌道スラブの健全度を評価する必要があり、特に、ひび割れは鋼材の鉄筋腐食やコンクリートの中性化を促進させるため、精度良く診断することが大切である。従来、軌道スラブのひび割れに対する検査は目視によるものであったが、軌道スラブ底面やレール締結部周辺については目視での検査は困難である。

そこで、検査の簡便性や検査装置の携帯性などを考慮し、軌道スラブの健全度診断に対して衝撃振動試験を適用する検討を行っている。本稿では鉄筋コンクリート製の試験体に対して段階的にひび割れを発生させ、衝撃振動試験によって生じる卓越振動数の変化について検討した結果について報告する。

2. 実験概要および測定方法

本試験は、試験体にひび割れを段階的に発生させ、各段階で衝撃振動試験を行うものである。ひび割れの発生は曲げ荷重により行った。試験体の寸法形状および配筋状況を図1に示す。曲げ荷重は支点間距離を1400mmとする2等分点荷重とした。なお、試験体に使用したコンクリートは圧縮強度 30.7N/mm^2 、静弾性係数 $24.6 \times 10^3\text{N/mm}^2$ であった。

曲げ荷重では、荷重、供試体中央変位の外、供試体底面中央部の誘発目地に発生するひび割れ幅を測定した。衝撃振動試験は、除荷した状態で行うものとした。衝撃はインパルスハンマーによって与え、加速度センサーにより加速度を測定した。得られた加速度はFFT解析による周波数分析を行い、卓越振動数を算定した。長辺方向の測点と打撃位置を図2に、短辺方向を図3に示す。

3. 試験結果

曲げ荷重による荷重-変位曲線を図4に、ひび割れの発生状況を図5に示す。荷重30kNで供試体中央部に設けた誘発目地で初期ひび割れが確認され、荷重50kNで供試体中央部から約25mm離れた位置でひび割れが確認された。鉄筋の降伏は、荷重-変位関係から約67kNと想定された。衝撃振動試験の測

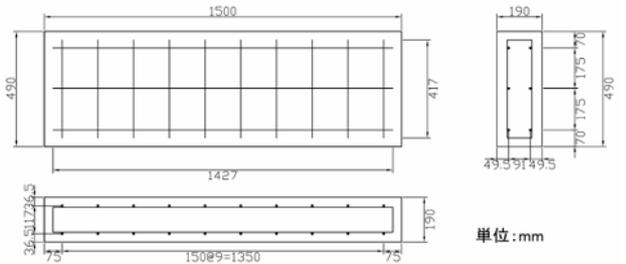


図1 試験体の寸法形状および配筋状況



図2 測点と打撃位置(長辺方向)

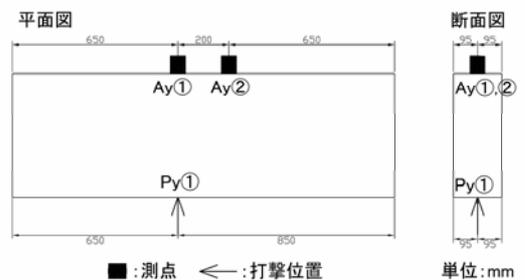


図3 測点と打撃位置(短辺方向)

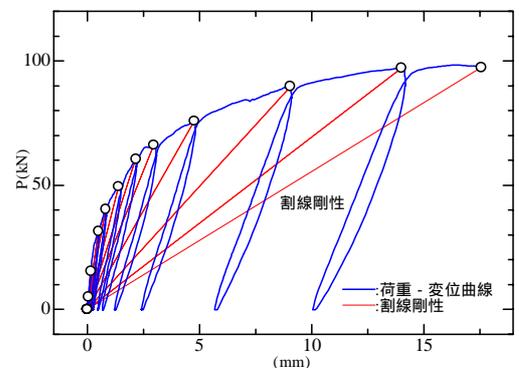


図4 荷重 - 変位曲線

キーワード 健全度診断, 卓越振動数, 軌道スラブ
 連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-501-2603

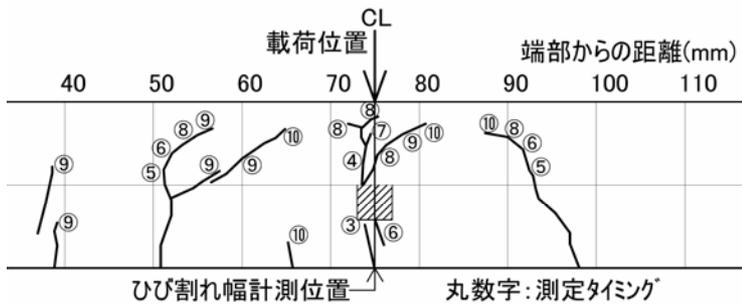


図5 クラック発生状況

定と曲げ載荷による最大荷重との関係を表1に示す。衝撃振動試験は、載荷前、ひび割れ発生前、ひび割れ発生直後、その後10kNごとに行い、鉄筋降伏後は、変位の増加量を確認しながら行った。なお、曲げ載荷前に、試験体をCAモルタル上に設置して衝撃振動試験を実施した結果、卓越周波数は2点支持した場合と同じであることが確認された。

図6に供試体中央のひび割れ幅に対する長辺および短辺方向の15kN載荷後の卓越振動数に対する各載荷後の卓越振動数の低下率を示す。短辺、長辺方向ともに、ひび割れ発生までは卓越振動数の低下率に変化は見られず、ひび割れ発生後はひび割れの進展とともに徐々に低下する傾向が見られた。卓越振動数の低下率は、短辺方向よりも長辺方向で大きく、ひび割れ幅が4mmを超えると57%程度まで低下することが確認された。なお、弾性波速度(V_p)、剛性(EI)、密度(ρ)には式(1)に示す関係があることから、試験体の15kN載荷時の割線剛性に対する各載荷時の割線剛性の低下率の平方根と卓越振動数の低下率との関係を整理した結果、図7に示すようによい相関が確認された。

$$V_p = \sqrt{EI/\rho} \quad \text{式(1)}$$

4. まとめ

曲げ載荷によって発生するひび割れの進行と卓越振動数の変化について検討を行った結果、ひび割れ発生後で卓越振動数に変化が生じ、ひび割れの進展に伴い低下することがわかった。また、その傾向はひび割れが発生している面に対して直角に測定した場合で顕著であった。また、割線剛性の低下率の平方根と卓越振動数の低下率との間に相関が見られたことから、卓越振動数の変化から軌道スラブの健全度を定量的に推定することも可能であると考えられる。なお、軌道スラブはCAモルタル上に設置されているため、発生する変状は今回の実験で行った単純梁の変状とは異なる。今後、実物軌道スラブに対して衝撃振動試験を実施し、健全度評価の適用性について検討を進める。

表1 衝撃振動試験と曲げ載荷荷重

測定タイミング	内容
	無載荷
	15kN 載荷後
	30kN 載荷後(ひび割れ発生)
	40kN 載荷後
	50kN 載荷後
	60kN 載荷後
	66.6kN 載荷後
	75.9kN 載荷後
	89.8kN 載荷後
	97.2kN 載荷後
	98.3kN 載荷後(最大荷重)

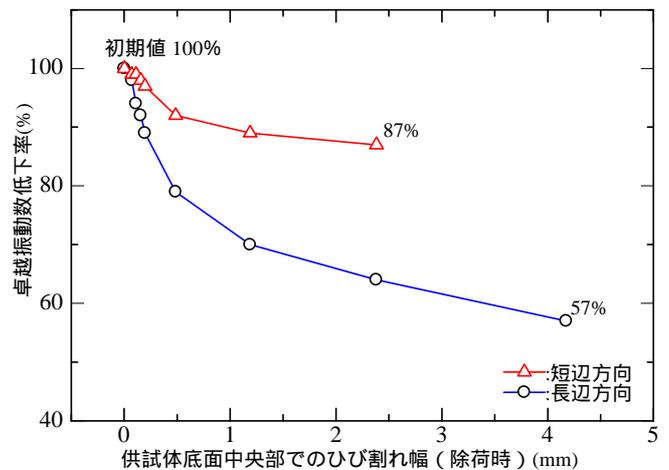


図6 卓越振動数の低下率

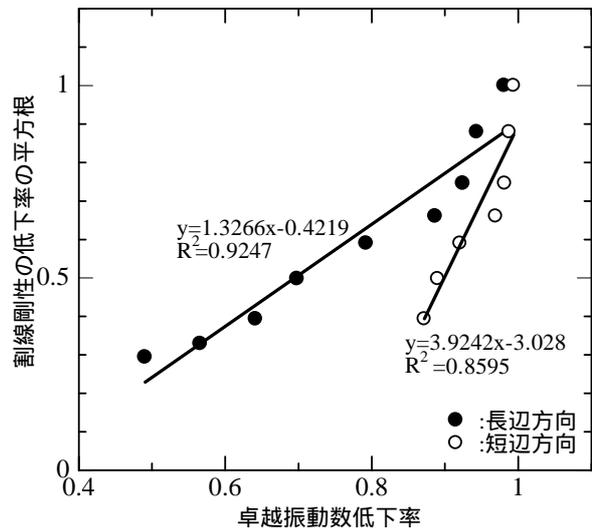


図7 割線剛性の低下率の平方根 - 卓越振動数低下率