

コンクリート-CA モルタル間の接触状態が軌道用 RC スラブの振動モードに与える影響

鉄道総合技術研究所 正会員 ○稲葉 紅子 高橋 貴蔵 瀧上 翔太 桃谷 尚嗣

1. はじめに

スラブ軌道は新幹線で用いられる主要な軌道構造の一つであり、RC 製あるいは PRC 製の軌道スラブがてん充層である CA モルタル（セメント、アスファルト乳剤、細骨材等の混合物）などにより支持される構造形式である（図 1 参照）。経年したスラブ軌道の一部では、CA モルタルが凍害などで劣化することにより、軌道スラブとてん充層の間に隙間や欠損を生じる場合がある。このような劣化が進行すると、軌道スラブにひび割れ等が生じる恐れがあるため、スラブ軌道の維持管理においては、事前にこれらの隙間や欠損を検知することが求められる。これに対し、著者らは打音試験に着目して、スラブ軌道を対象とした打音試験シミュレーションに関する検討を行ってきた。シミュレーションの精度を向上させるためには、これまで未検討であった軌道スラブとてん充層の接触状態が軌道スラブの振動モードに与える影響について検討することが重要である。そこで本研究では基礎検討として、軌道スラブを模擬した RC 梁の小型供試体を用いた打音試験および固有値解析から、コンクリート-CA モルタル間の接触状態が RC 梁の振動モードに及ぼす影響について考察した。

2. 小型供試体を用いた打音試験

2. 1. 試験方法

本検討では、RC 梁(2000mm×250mm×160mm)と CA モルタルで打設したてん充層(2000mm×250mm×50mm)からなる小型供試体を作製した。軌道スラブとてん充層間の接触状態については、小型供試体の RC 梁とてん充層が付着した条件（以降、付着あり）、RC 梁とてん充層が付着せずに接触した条件（以降、付着なし）の 2 つを模擬した。打音試験では、インパルスハンマーで RC 梁上面を 3 箇所（P1：端部、P2：P1 と P3 の中間部、P3：中心部）打撃し、ロードセルとマイクロフォンにより、荷重と音圧を計測した。なお、各測定箇所において 5 回ずつ打撃した。図 2 に小型供試体を、図 3 に打撃位置と集音位置を示す。

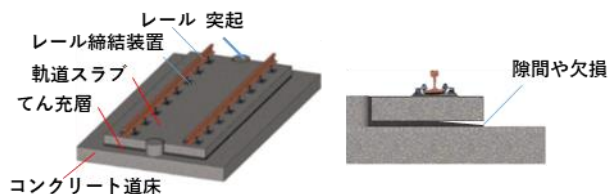


図 1 スラブ軌道（左：全景 右：軌道スラブ下面の隙間・欠損）

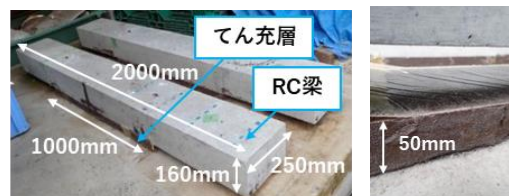


図 2 小型供試体（左：全景 右：てん充層付近拡大）

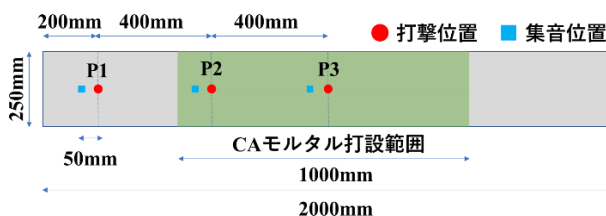


図 3 打撃位置と集音位置（RC 梁上面図）

2. 2. 試験結果

打音試験で計測した打撃音の周波数応答スペクトルを図 4 に示す。なお、いずれも打撃回数 5 回分の平均値で評価した。同図(a)より、打撃位置 P1（端部）では、付着ありの場合に 153Hz と 334Hz、付着なしの場合に 169Hz と 303Hz で打撃音が卓越した。同図(b)より、打撃位置 P2 では、付着ありの場合に 750Hz と 2019Hz、付着なしの場合に 694Hz、1538Hz および 2056Hz で打撃音が卓越した。同図(c)より、打撃位置 P3 では、付着ありの場合に 1013Hz と 2018Hz、付着なしの場合に 1069Hz と 2050Hz で打撃音が卓越した。打撃位置 P1 および P3 では、付着の有無で卓越点の帯域に顕著な違いは認められなかった。打撃位置 P2 については、付着ありの場合で 1500Hz 付近の卓越が見られなかったが、それ以外の卓越点の帯域は、付着なしの場合と概ね一致した。

3. 小型供試体の固有値解析

3. 1 固有値解析の方法

キーワード 打音試験、コンクリート、CA モルタル、スラブ軌道、固有値解析、振動モード

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （公財）鉄道総合技術研究所 軌道・路盤 TEL042-573-7276

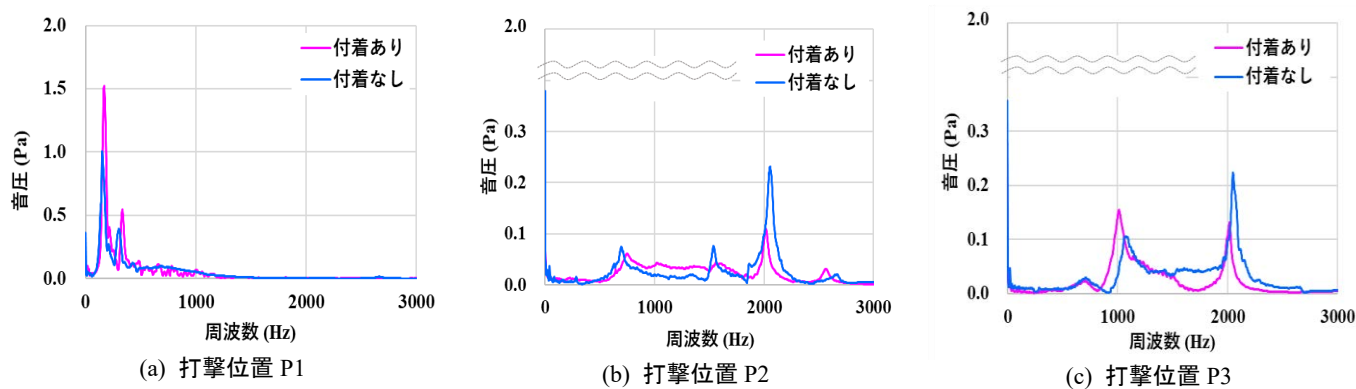


図 4 打撃音の周波数応答スペクトル

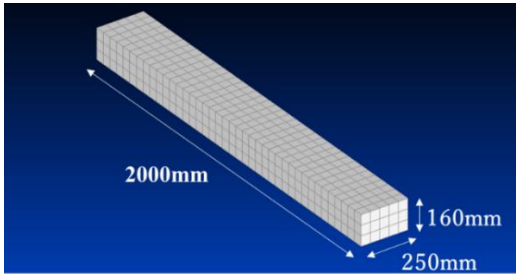


図 5 解析モデル

表 2 解析結果

固有モード／拘束条件	Case I	Case II	Case III
1 次	146	583	663
2 次	387	583	663
3 次	722	2647	2111
4 次	1129	2668	2111
5 次	1587	2727	2875
6 次	2083	—	—

単位：Hz

表 1 固有値解析の計算条件

寸法	2000mm×250mm×160mm
ヤング率	$3.1 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$
要素種別	3次元6面体ソリッド要素
節点数	984
要素数	600

表 3 打撃音の周波数応答スペクトルの卓越点の帯域

打撃位置／接触状態	付着あり	付着なし
P1（端部）	153	169
	334	303
P2（P1, P3 の中間）	750	694
	—	1538
P3（中心部）	2019	2056
	1013	1069
	2018	2050

単位：Hz

前章で計測した打撃音の振動モードについて確認することを目的として、Nx Nastran により、RC 梁の固有値解析を行った。図 5 に解析モデルを、表 1 に解析条件を示す。固有値解析では、Case I（全ての節点を拘束しない）、Case II（てん充層と接触する範囲の節点を鉛直方向のみ拘束）、Case III（てん充層と接触する範囲の節点を完全拘束）の 3 つの拘束条件に分けて計算した。

3. 2 解析結果

表 2 に各ケースの固有値解析の結果を、表 3 に打音試験で得られた打撃音の周波数応答スペクトルの卓越点の帯域を示す。同表から、打音試験で得られた卓越点の帯域は、付着の有無に関係なく、Case I の固有モードに概ね対応することが分かった。なお、打撃位置 P2 における卓越点の帯域(750Hz, 694Hz)について、Case III の 1 次・2 次の固有モードの帯域(663Hz)に近いが、Case I の 3~6 次の固有モードである 722Hz, 1129Hz, 1587Hz, 2083Hz 付近でも卓越していることから、Case I の固有モードに対応していると判断した。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- ① 打撃位置 P2 において、付着の有無で周波数応答スペクトルの卓越点の数が異なったのを除いて、接触状態に起因するような顕著な差は認められなかった。
- ② RC 梁—てん充層間の付着の有無に関係なく、RC 梁の振動モードは拘束条件なしの場合の固有モードに概ね対応した。

上記について、CA モルタルの剛性がコンクリートの剛性の 1/20 程度であること、解析上の節点共有や拘束に至るほどの接触状態ではないことが要因として挙げられる。今後は、過渡応答解析や接触解析などを用いて、これらの要因について検証するとともに、実物大のスラブ軌道の振動モードについても検討する予定である。

参考文献

1) 稲葉, 高橋, 桃谷：音響・構造連成解析による軌道スラブの打音特性に関する基礎的検討, 土木学会第 75 回年次学術講演会, 2020