

路盤空洞発生時における既設線土路盤省力化軌道の評価

○ [土] 熊倉 孝雄 [土] 堀 雄一郎 (JR 東日本)

The Evaluation of Strength in Low Maintenance Tracks on Soil Roadbed Caved in

○Takao Kumakura, Yuichiro Hori, (East Japan Railway Company)

It is necessary to estimate the influence of a cave-in for low maintenance tracks on soil roadbed, because the cave-in appears in bridge approaches and the boundary of structures by the load of trains and large earthquakes. So we measured stress and displacement in filling layer of TC-type low maintenance tracks on roadbed caved in. As a result of measurement and simulation, allowable strength occurred by the cave-in of 1.3m-1.5m in length.

キーワード : TC 型省力化軌道, 路盤陥没, 大規模地震

Key Words : TC-type low maintenance tracks, cave-in of roadbed, large earthquakes

1. はじめに

既設線土路盤省力化軌道では橋梁アバット付近など構造物との境界部で列車荷重や地震荷重により路盤空洞が発生する事象が確認されており¹⁾, 路盤空洞が発生した場合の土路盤省力化軌道の列車走行に対する安全性の検討が必要である。そこで, 首都圏に敷設している TC 型省力化軌道を対象として, 路盤空洞の規模に対して発生する列車走行時の応力と変位を数値シミュレーションで算出し, さらに実物大軌道による荷重載荷試験により実測することで列車走行安全性に関する評価を行った。

2. 数値シミュレーションによる解析

2.1 解析モデル

TC 型省力化軌道 (電車線区用) において, てん充層下部に空洞が発生したことを想定し, 表-1 および図-1 に示す解析モデルを構築した。空洞は 4 パターンの形状とし, それぞれ長さを 500mm から 3000mm に可変させた (図-2)。

2.2 解析条件と解析方法

解析条件を表-2 に示す。それぞれの空洞条件に対して, レール頭部に荷重を載荷した時におけるてん充層とレール

表-1 解析モデル条件

項 目	諸 元	備 考
線形	直線	
レール	60kgレール	
まくらぎ	座面式PC大版まくらぎ	幅400mm, 間隔750mm
軌道パッド	バネ定数60MN/m	
てん充層	電車線区用 (W/C=58%)	
路床	厚さ3000mm	層上にバラスト層50mm
空洞条件	全体空洞 半分空洞 中央部空洞 (空洞幅500mm) 中央部空洞 (空洞幅800mm)	長さ500mm~3000mm

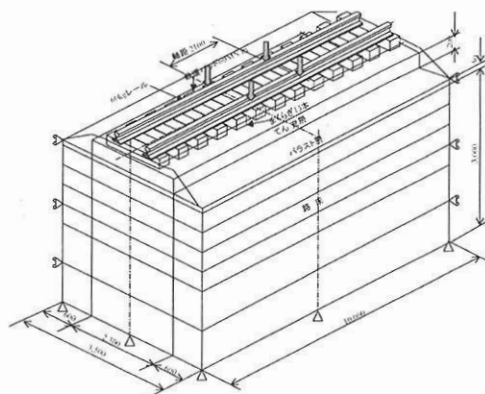


図-1 解析モデル

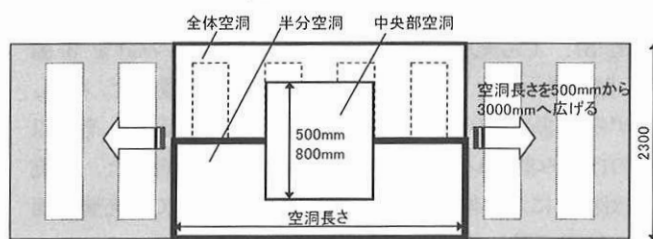


図-2 空洞パターン

表-2 解析条件

項 目	諸 元	備 考
荷重条件	①単荷重: 電車線区用で輪重104kN ②2軸荷重: 電車線区用で輪重104kN	固定軸距2100mm
レール	弾性係数: 210,000MN/m ²	
PCまくらぎ	弾性係数: 33,000MN/m ²	
てん充層	電車線区用の弾性係数: 12,000MN/m ²	
バラスト	弾性係数: 150MN/m ²	
路床	弾性係数: 50MN/m ²	

に発生する応力および変位を算出した。解析は 3 次元ソリッド要素等を用いた FEM による静的弾性解析とした。

2.3 シミュレーション結果

図-3 に単荷重を載荷した時のてん充層最大主応力を示す。全体空洞の場合、空洞長さが 1300mm 程度でてん充層の使用限界強度 1.1N/mm^2 を超過するが、空洞長さ 3000mm でも終局限界の 1.6N/mm^2 には達していない。全体空洞以外の空洞では空洞長さ 3000mm までは使用限界以下となった。

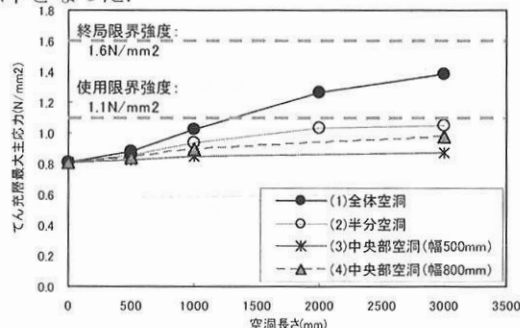


図-3 てん充層の最大主応力の解析結果

図-4 に単荷重を載荷した時のレールの上下変位を示す。空洞長さが大きい程変位量は大きくなるが、全体空洞の場合で空洞長さ 3000mm の条件でも 2.2mm 程度の変位量であった。

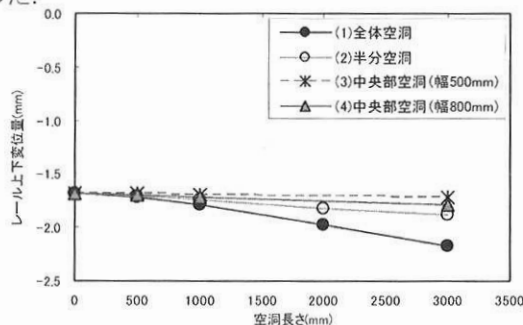


図-4 レール上下変位の解析結果

3. 空洞を模擬した実物大軌道における荷重載荷試験

3.1 試験体の概要

荷重載荷試験には 10m の TC 型省力化軌道の実物大軌道を使用し、てん充層下部には 1000mm の空洞を作製した (図-5)。てん充層の底部には、埋め込みひずみ計を 3 箇所、貼付式コンクリートひずみ計を 6 箇所設置した。なお、ひずみ計③のみレール直角方向のひずみを測定し、それ以外のひずみ計はレール長手方向のひずみを測定した。変位計は図-5 に示す位置にレール頭部に 4 箇所、てん充層上面に 3 箇所設置した。

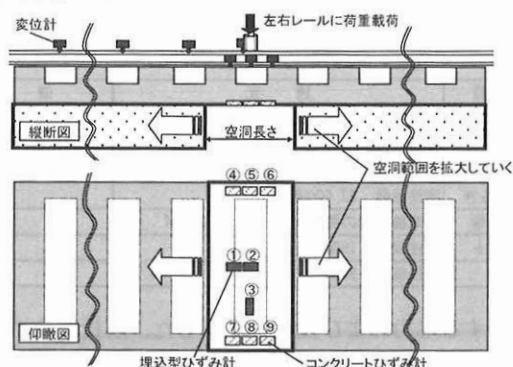


図-5 実物大軌道の試験体

3.2 試験条件と試験方法

試験条件を表-3 に示す。試験体中央部の左右レールに徐々に荷重を負荷し、てん充層に発生するひずみとレールおよびてん充層の変位を測定した。試験終了後、空洞を広げた条件で同様に荷重載荷試験を実施した。

表-3 試験条件

試験体	TC 型省力化軌道(電車線区用)
空洞長さ (mm)	1000, 1250, 1500, 2000
載荷荷重	0kN~95kN

3.3 試験結果

図-6 にてん充層下部に発生するひずみ計②の最大応力の測定結果と解析結果を示す。荷重載荷試験では空洞長さ 1500mm 程度でてん充層の使用限界強度を超過する結果となり、解析結果とほぼ同様な結果となった。

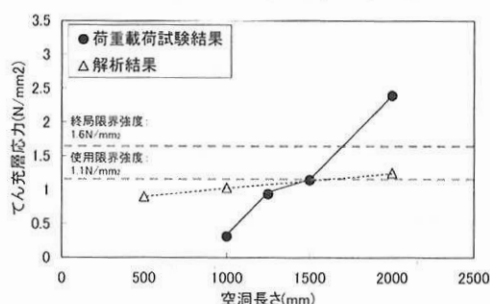


図-6 てん充層の発生応力の測定結果

図-7 にレールの上下変位の測定結果と解析結果を示す。空洞長さが 1500mm 以上でレール変位が増大した要因は、空洞長さ 2000mm での試験でてん充層が使用限界を越え、てん充層底部にクラックが発生したためと考えられる。

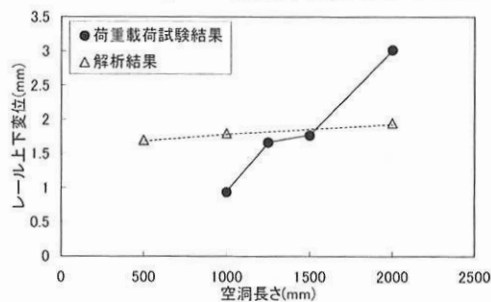


図-7 レール変位の測定結果

4. まとめ

本研究の結果、TC 型省力化軌道下に空洞が発生した場合、てん充層に発生する応力は空洞長さ 1300mm 程度まではてん充層の使用限界 (1.1N/mm^2) 以内であるが、それ以上の場合にはてん充層にクラックが発生する可能性があり、レール変位も 2mm 以上に増加する結果となった。しかし、レール変位は空洞長さが 2000mm でも 3mm 程度にとどまり、列車の走行安全性に直ちに影響を及ぼす値ではない結果となった。

参考文献

- 1) 萩尾, 熊倉, 嘉島: 東日本大震災における山手線省力化軌道の被害報告, 土木学会第 66 回年次学術講演集, I-414, pp. 827-828