

構造物境界部におけるバラスト軌道の地震時道床横抵抗力に関する有限要素解析

公益財団法人鉄道総合技術研究所 正会員 ○桃谷尚嗣 伊藤孝記
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 楠田将之 山口義信

1. はじめに

地震時に構造物境界部で不同変位が発生した場合¹⁾、バラスト軌道では道床肩部の変形により道床横抵抗力が大きく低下し、軌道の座屈安定性に影響を与える可能性がある²⁾。

そこで、構造物境界部で角折れ及び目違いが生じた際のバラスト軌道の道床横抵抗力に関して、有限要素解析により推定する方法について検討したので、その結果を報告する。

2. 解析方法

構造物境界部の不同変位が道床横抵抗力に与える影響については、これまでに盛土を平面的にせん断変形させた条件について検討しており³⁾、本解析ではこれと同様の考え方で高架橋に角折れ又は目違いが生じた場合の検討を行うこととした。角折れの概念図を図1に、目違いの概念図を図2に示す。

「角折れ解析」のモデルを図3に「目違い解析」のモデルを図4に示す。バラスト層には既往の研究⁴⁾で得られている800gal加振後の道床の変形を考慮した材料特性分布を与え、非線形静的解析を行った。

角折れ解析及び目違い解析では、構造物境界部に角折れ又は目違いを生じさせる解析を行ってバラスト層に生じるせん断ひずみの分布を求め、そのせん断ひずみ量に応じて応力-ひずみ曲線の傾きを低減させたバラスト層の材料特性分布を求め、バラスト層のせん断抵抗力の低下を表現した。そのバラスト層の材料特性分布を用いてまくらぎを水平載荷する「道床横抵抗解析」を行い、角折れ・目違い後の道床横抵抗力を評価した。

バラスト下面と床版上面の節点は共有とし、角折れ解析では床版が開くように強制変位させ、目違い解析では床版が平行移動するように強制変位させた。なお、境界部を跨ぐように鋼板が設置されている状況を模擬し、境界部における幅200mmの範囲については、バラスト層と床版を不連続（二重節点とし、鉛直方向のみ拘束）とした。なお、角折れ及び目違い解析は、高架橋床版の動きに伴うバラスト層のせん断ひずみ分布を得ることが目的であることから、レール及びまくらぎはモデル化せずに解析を行った。

角折れ解析及び目違い解析により得られたバラスト層の材料特性分布を用いて、図5に示す3Hまくらぎ（新幹線用のPCまくらぎ）1本のモデルで道床横抵抗解析を行った。なお、角折れ又

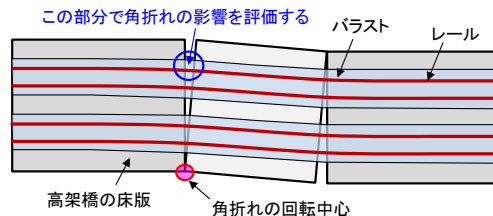


図1 角折れの概念図

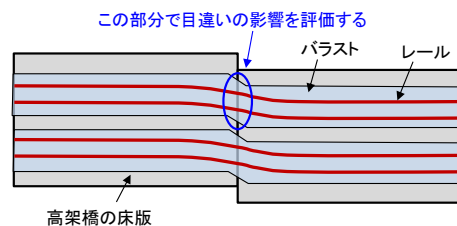


図2 目違いの概念図

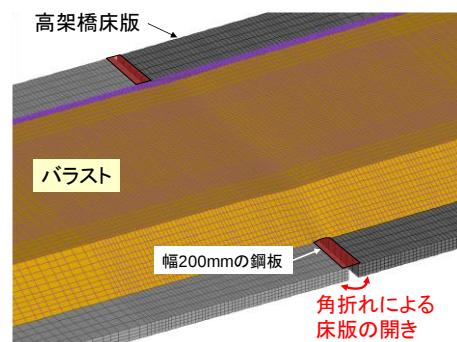


図3 角折れ解析のモデル

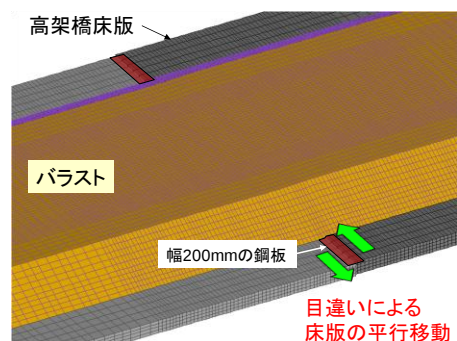


図4 目違い解析のモデル

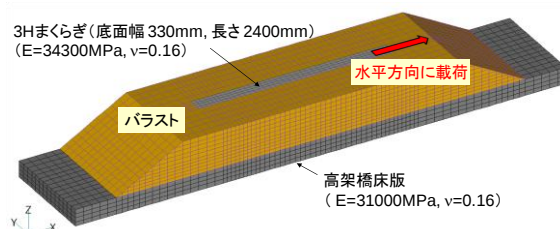


図5 道床横抵抗解析のモデル

キーワード バラスト、道床横抵抗力、有限要素解析

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 TEL 042-573-7276

は目違い後の道床横抵抗力解析に先立ち、800gal 加振前後の道床横抵抗力解析を行い、実物大試験結果⁵⁾の再現性を向上させるようにまくらぎ側面のせん断ばね係数を同定した。

3. 解析結果

はじめに、角折れ・目違い前の 800gal 加振前後について実物大試験と道床横抵抗力解析を比較した結果を図 6 に示す。この結果から、道床横抵抗力解析により、実物大試験における加振前後の結果を精度よく再現できることを確認した。

続いて、角折れ解析及び目違い解析を行った。図 6 及び図 7 に一例として折れ角 15/1000 及び目違い量 40mm におけるせん断ひずみの分布を示す。角折れの場合は、床版の開きに伴い、道床尻の端部に大きなせん断ひずみが生じることが確認された。目違いの場合は、道床の断面全体に、比較的狭い幅でせん断ひずみが分布することが確認された。

角折れ解析及び目違い解析によって得られたせん断ひずみ量に応じてバラスト層の変形係数を低下させ、道床横抵抗力解析を行った結果を図 9 及び図 10 に示す。

水平変位 2mm の道床横抵抗力（水平荷重）で評価すると、角折れ前と比較して、折れ角 15/1000 で約 70%道床横抵抗力が低減する結果となった。目違いについては、目違い前と比較して、目違い量 40mm で約 50%道床横抵抗力が低減する結果となった。

4. まとめ

角折れ及び目違い解析の精度については、今後検証していく必要がある。既往の研究²⁾における実物大試験の結果によると、角折れ 30/1000（ただし、回転中心は軌道中心）で道床横抵抗力が 30～40% 減少したと報告されている。この既往研究では角折れによる境界部の開きが道床尻部で約 60mm であったのに対し、本解析では角折れ 15/1000 の場合で道床尻部の開きが約 150mm であり、約 2 倍の開きであった。道床横抵抗力の減少量は既往研究で 30～40%，本解析では約 70%であり、道床横抵抗力の低減量が約 2 倍であったことを考慮すると、本手法により、一定の妥当性を有する結果が得られているのではないかと考えられる。

参考文献

- 1) 曾我部正道 他：既設線新幹線高架橋の地震時変位抑制工法の性能評価，鉄道総研報告，Vol.23, No.2, 2009.2
- 2) 佐藤吉彦 他：高架橋の水平目違いおよび水平角折れに対する軌道の変形特性試験，鉄道技術研究所速報，No.A-85-61, 1985.3
- 3) 藤波潔 他：地震動を受けた構造物境界部バラスト軌道の道床横抵抗力に関する FEM 解析，土木学会第 66 回年次学術講演会，2011
- 4) 藤波潔 他：地震動を受けたバラスト軌道の道床横抵抗力に関する FEM 解析，土木学会第 65 回年次学術講演会，2010
- 5) 中村貴久，関根悦夫，白江雄介：大型振動台試験によるバラスト軌道の耐震性能評価，鉄道総研報告，Vol.24, No.12, 2010.12

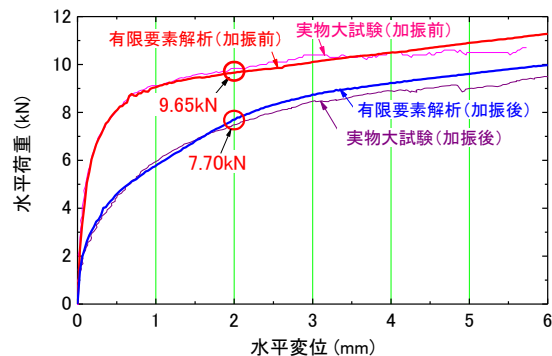


図 6 有限要素解析と実物大試験の比較

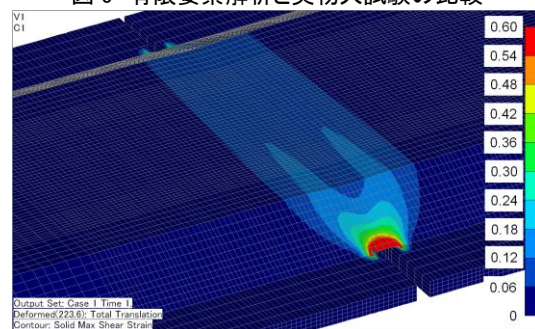


図 7 角折れ解析結果の例(折れ角 15/1000)

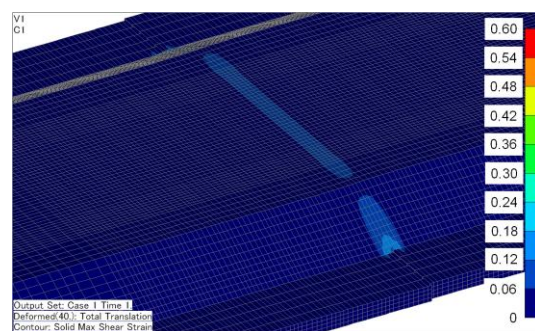


図 8 目違い解析結果の例(目違い量 40mm)

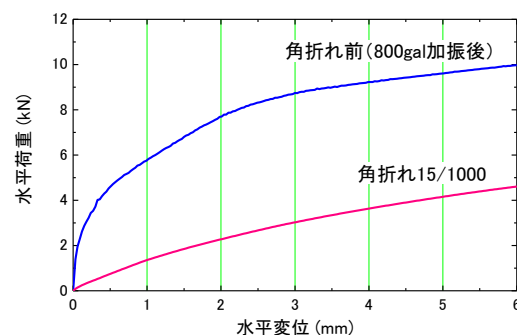


図 9 角折れ後の道床横抵抗力解析結果

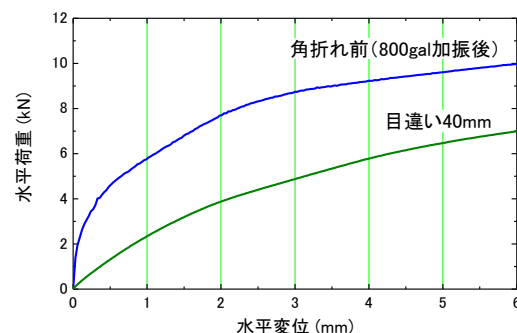


図 10 目違い後の道床横抵抗力解析結果