

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

(株)ジェイアール総研情報システム 正会員 ○藤波 潔 大野和巳
(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 関根悦夫 中村貴久

1. はじめに

土木構造物では、常時に加え耐震性を照査する設計法が採用されているが、軌道構造については、地震時を考慮した設計法は整備されていなく、地震動により道床バラストの流動化や道床横抵抗力の低下により座屈現象や著大軌道変位が発生している事例もある。このため、列車走行安全性を考慮すると、バラスト軌道についても地震動に対する性能を評価する必要がある。これまで、地震時におけるバラスト軌道の変形挙動や道床横抵抗力の検討を進めてきた^{1)~5)}。しかし、構造物境界部のバラスト軌道については、これまで十分な検討が行われていない。そこで、盛土と橋梁との構造物境界部にあるバラスト軌道を対象として、地震動を受けた場合の道床横抵抗力の推定方法について解析的検討を行ったので報告する。

2. 解析概要

地震動を受ける構造物境界部のバラスト軌道では、地震動そのものによる変位と構造物境界部の不同変位により道床バラストの剛性が低下するが、解析では、それぞれの変位によって生じるひずみは累積するものと仮定し、道床バラストの地震動による剛性低下と不同変位による剛性低下の評価を分けて行った。

解析は、①地震動による道床バラストの剛性低下の評価、②構造物境界部の不同変位による道床バラストの剛性低下の評価、③道床バラストの剛性低下による道床横抵抗力の評価であり、①は文献 4)の累積損傷度理論を用いた動的 FEM 解析結果、②は 3 次元静的 FEM 解析、③は文献 5)と同手法の 3 次元静的 FEM 解析である。

①地震動による道床バラストの剛性評価 地震動を受けた道床バラストの剛性低下の評価は、既に文献 4)、5)で行っており、本解析ではその解析結果を用いた。ここで、地震動は 800gal 正弦波加振とし、文献 4)の 800gal 加振を受けた道床バラストの変形係数低下率分布を常時の道床バラストの変形特性に反映させた文献 5)の応力ひずみ関係を地震時における道床バラストの剛性とした。

②構造物境界部の不同変位による剛性評価 本解析は、地震動により生じた構造物境界部の不同変位による道床バラストの剛性低下を評価するものである。解析モデルは、図 1 に示すように橋台区間 3m と盛土区間 10m のバラスト軌道である。ここで、路盤とバラスト軌道との境界面は連続とした。表 1 に解析で用いたパラメータを示す。

構造物境界部の不同変位は、地震動により道床バラストの剛性が低下したバラスト軌道が盛土区間の軌道長手方向距離 10m において 0.3m の相対変位となるように与え、構造物境界部の道床バラストの変形係数を逆解析した。

③道床横抵抗力の評価 本解析は、前述した②の地震動を受けた構造物境界部の不同変位に伴う道床バラストの変形特性を用いて道床横抵抗力を評価するものである。図 2 は、路盤上に道床バラストと 1 本の PC まくらぎを配置した解析モデルである。ここで、路盤と道床バラストの境界面は連続とし、

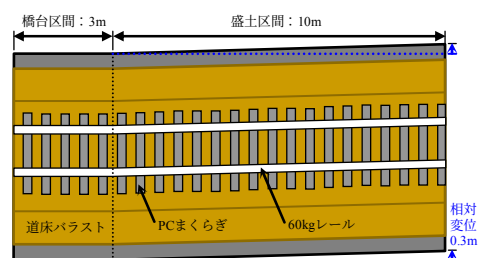


図 1 構造物境界部の変形解析モデル

表 1 解析パラメータ

部 材	変形係数 E (MPa)	ポアソン比 ν
PC まくらぎ	34,300	0.16
道床バラスト	197 (初期変形係数)	0.30
路盤 (鋼製)	210,000	0.30

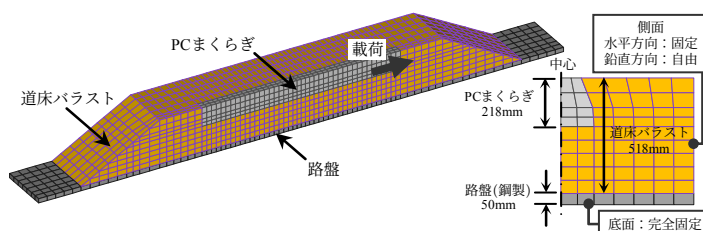


図 2 道床横抵抗力の変形解析モデル

キーワード バラスト軌道、道床横抵抗力、FEM 解析、地震動、構造物境界部

連絡先 〒186-0001 東京都国立市北 1-7-23 TEL: 042-580-6682 FAX: 042-580-6683

PC まくらぎと道床バラストの境界面にはせん断ばねを設けて摩擦力を考慮した⁵⁾。解析では、②の構造物境界部の不同変位による剛性評価結果を図2に示す解析モデルに反映し、PC まくらぎの水平移動載荷に伴う道床バラストの道床横抵抗力算定を行った。解析パラメータには表1の値を用いた。

3. 解析結果

①地震動による道床バラストの剛性評価 図3に文献5)の10ブロックに細分割された道床バラストにおける地震動による常時からの変形係数低減率分布を示す。

②構造物境界部の不同変位による剛性評価 地震動を受けた道床バラストの変形状態から、盛土区間に相対変位を与えることで、構造物境界部における道床バラストの変形係数を逆解析により求めた。この相対変位による変形係数に基づき、図3に示した地震動による道床バラストの変形係数低減率を更に低減させた。図4に相対変位による常時からの変形係数低減率分布を示す。

③道床横抵抗力の評価 地震動に伴う構造物境界部の相対変位を考慮した、PC まくらぎ水平変位 3mm に対するまくらぎ端部付近の道床バラストにおける水平方向ひずみ分布を図5に示す。なお、本解析結果の比較のため、文献5)の常時(無加振時)と800gal

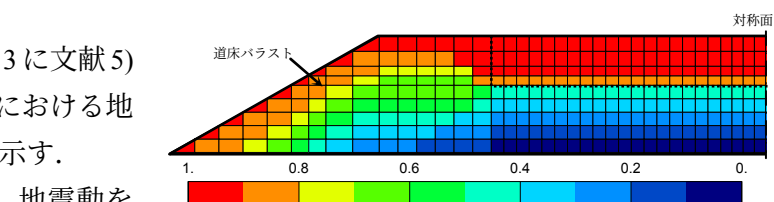


図3 地震動による常時からの変形係数低減率分布

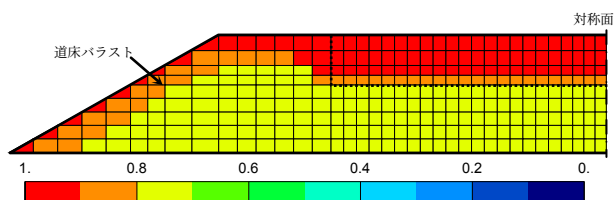


図4 相対変位による常時からの変形係数低減率分布

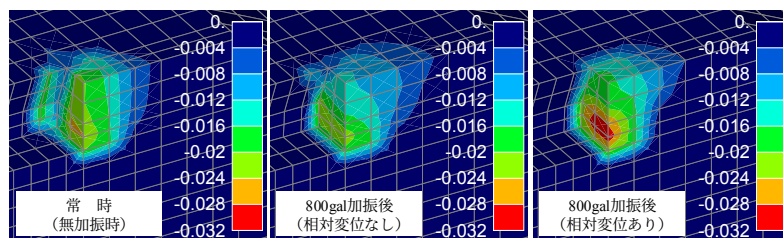


図5 まくらぎ端部付近の水平方向ひずみ分布

加振後(相対変位なし)の結果も合わせて示す。地震動と構造物境界部の相対変位を考慮することにより、常時や相対変位を考慮しない800gal加振後の時0.024程度であった最大圧縮ひずみは、0.032程度まで増加する。また、圧縮ひずみは、道床バラスト上面で広く分布し、PC まくらぎ端面下部で局所的に集中していることが分かる。これは、地震動に加えて構造物境界部の相対変位を考慮することにより、道床バラスト内部の剛性が低下し、表面近くの低い剛性に近づくことに起因していると考えられる。

次に、PC まくらぎ水平変位と道床横抵抗力の関係を図6に示す。地震動に伴う構造物境界部の相対変位を考慮することで、PC まくらぎ水平変位 3mm における道床横抵抗力は、相対変位を考慮しない800gal加振後の場合と比較して40%程度、常時よりも70%程度低下する。

4. まとめ

本研究では、地震動を受けた構造物境界部における不同変位に伴う道床横抵抗力の推定方法を検討するためFEM解析を行った。その結果、地震時の構造物境界部における不同変位を考慮することで道床バラストの剛性が低下し、PC まくらぎの水平移動載荷に伴う道床横抵抗力は、構造物境界部の不同変位を考慮しない場合と比べて4割程度、常時と比較すると7割程度も低下することが分かった。

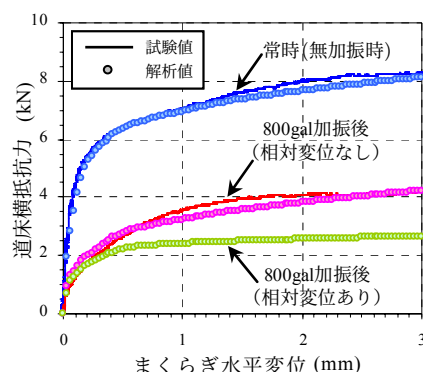


図6 水平変位-道床横抵抗力関係

【参考文献】

- 1) 中村, 関根, 白江, 田村, 飯島: 実物大バラスト軌道の大規模振動台試験 その1 バラスト軌道の変形特性, 土木学会第65回年次学術講演会, 第IV部門, 2010.9
- 2) 飯島, 田村, 関根, 中村, 白江: 実物大バラスト軌道の大規模振動台試験 その2 道床横抵抗力, 土木学会第65回年次学術講演会, 第IV部門, 2010.9
- 3) 白江, 関根, 中村: 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64回年次学術講演会, 第IV部門, 2009.9
- 4) 白江, 関根, 中村: 地震動を受けたバラスト軌道の剛性評価に関するFEM解析, 土木学会第65回年次学術講演会, 第IV部門, 2010.9
- 5) 藤波, 大野, 大木, 白江, 関根, 中村: 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, 第IV部門, 2010.9