

異種構造物境界上路盤の列車走行による動的変形解析

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 中村貴久 桃谷尚嗣 関根悦夫

1. はじめに

ボックスカルバートや橋台等の剛性の高いコンクリート構造物と盛土等の土構造物との境界では、剛性の急激な変化によって列車走行に伴う路盤の変形が急激に変化し、軌道変位も生じやすい。そのため、コンクリート構造物の背面に比較的剛性の高いアプローチブロックを設置することを基本としている¹⁾。なお、その勾配は1：1.5とされているが、路盤の変形や軌道の変位を考慮した勾配として十分な検討が行われているわけではない。一方、橋台裏盛土部に高剛性の踏掛版を設置することにより、盛土の沈下が抑制されるとの報告がある²⁾。そこで異種構造物境界において、列車走行に伴う路盤変形の急激な変化を抑制するものとして、踏掛版およびアプローチブロックの効果を列車走行による路盤の変形挙動により評価するため、動的なFEM解析を行ったので報告する。

2. 解析の概要

本解析に用いた FEM 解析モデルを図 1 に示す。動的解析には NASTRAN を用いた。解析モデルは 2 次元平面ひずみモデルであり、奥行きは基本的に列車荷重を支持する幅とし、路盤圧力の作用する幅を考慮して 2.5m とした。なお、レールははり要素、軌道パッドはばね要素とした。境界条件はモデル底面が固定、モデル側面が鉛直方向自由、水平方向固定とした。要素物性値を表 1 に示す。荷重は列車の走行を考慮してレール上の各節点に対して連続的に移動させ、軸重で 160kN、車両 10 両分、合計 40 軸の荷重を与えるものとした。荷重波形を図 1 に示す。速度は 160km/h とし、走行方向は「ボックスカルバート→盛土」とした。

解析ケースを表 2 に示す。CASE1 はアプローチブロックが垂直の条件、CASE2 は CASE1 の路盤部に踏掛版（列車の 2 台車を支持する長さとした）を設置した条件、CASE3、CASE4 は CASE1、CASE2 に対して盛土剛性が小さい条件、CASE5、CASE6 はそれぞれアプローチブロックの勾配を 1：1.5、1：3.0 にした条件である。

3. 解析結果および考察

路盤表面の鉛直変位の時刻歴応答波形の例（位置：11m）

キーワード 構造物境界、盛土、踏掛版、アプローチブロック

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 （財）鉄道総合技術研究所 TEL：042-573-7276 FAX：042-573-7413

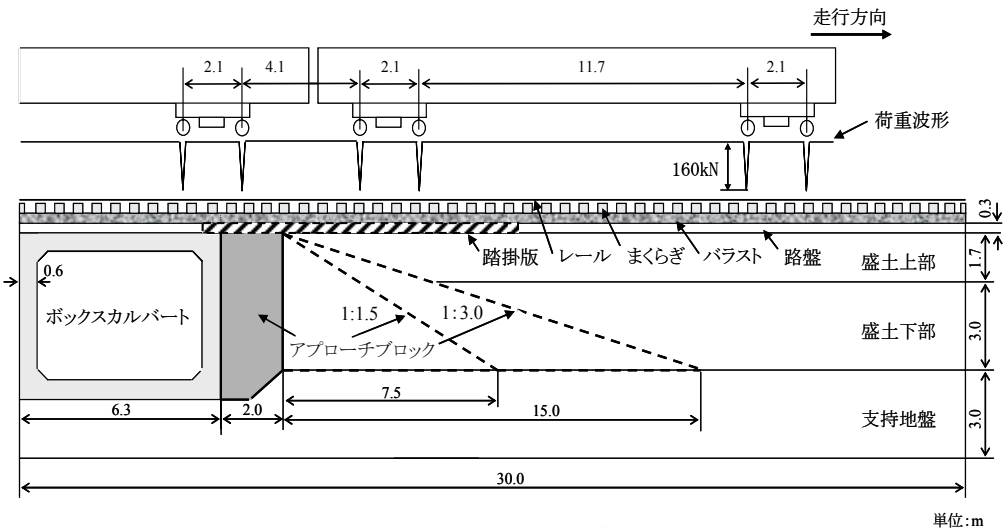


図 1 FEM 解析モデル

表 1 要素物性値

要素		E(MN/m ²)	ν	密度(t/m ³)	備考
レール		210,000	0.3	7.9	鉄
まくらぎ		35,000	0.2	2.3	PCまくらぎ
軌道パッド(ばね)		110MN/m (一締結あたり)			
バラスト		100	0.4	1.6	
路盤		180	0.4	2.0	
盛土	上部	43	0.4	1.7	盛土剛性大
		15	0.4	1.2	盛土剛性小
	下部	85	0.4	1.7	盛土剛性大
		30	0.4	1.2	盛土剛性小
支持地盤		50	0.4	1.3	
アプローチブロック		180	0.4	2.0	
ボックスカルバート		30,000	0.2	2.3	コンクリート
踏掛板		30,000	0.2	2.3	コンクリート

表 2 解析ケース

ケース名	条件	盛土剛性
CASE1	アプローチブロック(垂直)	大
CASE2	アプローチブロック(垂直)+踏掛版	大
CASE3	アプローチブロック(垂直)	小
CASE4	アプローチブロック(垂直)+踏掛版	小
CASE5	アプローチブロック(1：1.5)	大
CASE6	アプローチブロック(1：3.0)	大

を CASE1, 2, 5 について図 2 に示す。同図より、路盤の変形は車両長に起因するものが主体であり、次いで台車に起因するものとなることがわかる。この変位波形の最大値の分布を示したのが図 3 である。同図は、CASE1 に比べ CASE2, 5 は滑らかな変位の変化であるとともに、位置 11m では変位が 20%程度減少し、CASE2 と CASE5 は同じような変形状況であることを示しており、踏掛版はアプローチブロック 1:1.5 と同様な効果があることがわかる。

次に、位置 11m での盛土上部上面、盛土下部上面、支持地盤面の鉛直応力を整理した（図 4）。図 4 から、踏掛版の効果により CASE2 の盛土上部上面、盛土下部上面の値が CASE1 に比べて小さくなっていることがわかる。また、同図は、CASE1 と CASE5 の盛土上部上面の鉛直応力は同程度であり、盛土下部上面の値が CASE5 のほうが大きいことを示しているが、図 3 に示したように路盤表面の鉛直変位は CASE5 のほうが小さい。これは、アプローチブロックの剛性が盛土に比べてかなり大きく、盛土高におけるアプローチブロックの占める割合が大きいことに起因していると考えられる。

盛土剛性が小さい場合の踏掛版の有無について路盤の変形状況を把握するために、CASE3, 4 について、路盤表面の鉛直変位波形の最大値の分布を整理した（図 5）。図 5 は、踏掛版有り、無しとも盛土剛性が大きい場合に比べ鉛直変位は大きい、踏掛版有りは無しに比べ変位が 35%程度減少していることを示しており、踏掛版の効果は盛土の剛性が小さい場合に顕著に発揮されることがわかる。

アプローチブロックの勾配と路盤の変形状況を把握するため、図 6 に CASE1, 5, 6 の路盤表面の鉛直変位波形の最大値の分布を整理した結果を示す。同図より、アプローチブロックの勾配を緩やかにするほど、アプローチブロック区間の変位は小さくなり、変位の変化も小さくなることわかる。

4. おわりに

今回の解析により、異種構造物境界に踏掛版、アプローチブロックを設けた場合の列車走行による路盤の変形挙動が把握できた。今後、模型試験レベルでの検討を進める予定である。

〈参考文献〉

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説土構造物，丸善，1992.10
- 2) 桃谷尚嗣，渡辺忠明，安藤勝敏，丸山暉彦：橋台とアスファルト路盤の接続部における直結系軌道用踏掛版の構造，土木学会第 54 回年次学術講演会，IV-423, pp.844-845, 1999.9

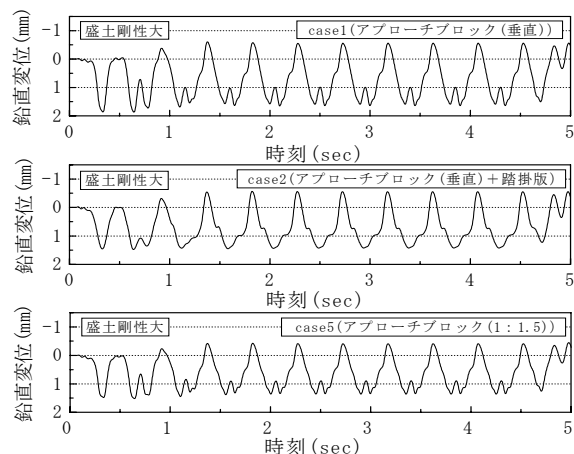


図 2 路盤表面鉛直変位の時刻歴応答波形

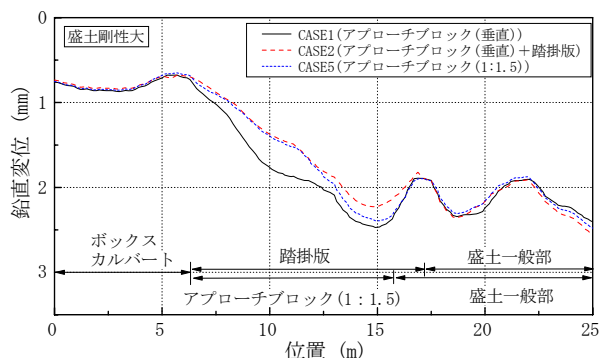


図 3 路盤表面鉛直変位の最大値(CASE1,2,5)

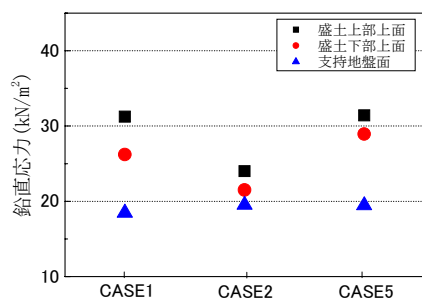


図 4 鉛直応力についての関係

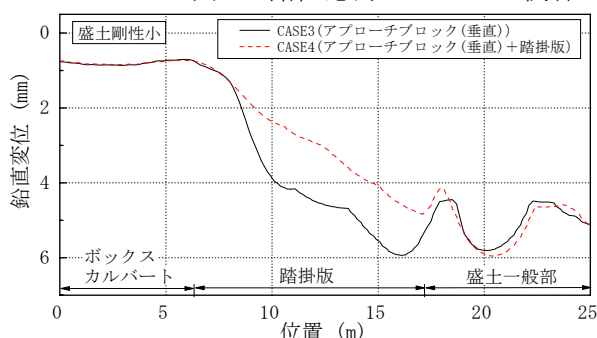


図 5 路盤表面鉛直変位の最大値(CASE3,4)

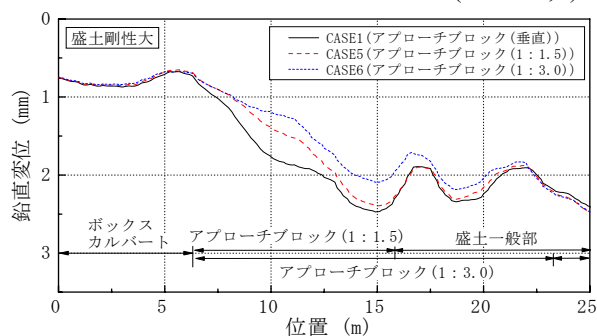


図 6 路盤表面鉛直変位の最大値(CASE1,5,6)