

小型 FWD を用いた路盤・路床の剛性評価に関する基礎的研究

日本貨物鉄道(株)	正会員	○遠藤 康敬
北海学園大学	正会員	上浦 正樹
東京電気大学	フェロー会員	松井 邦人
東京農業大学	正会員	川名 太

1. はじめに

JR 貨物のコンテナ輸送では形状、積載重量などさまざまな種類のコンテナが使用される。コンテナ荷役ではその種類に応じたフォークリフトが使用され、そのうち最大輪荷重 400kN にもなる大型フォークリフトを用いる場合がある。このようなコンテナの荷役作業を行うコンテナ荷役ホームにアスファルト舗装が対応できるようにするために、JR 貨物では独自のアスファルト舗装設計マニュアルとして「貨物設備アスファルト舗装の手引き」(以下、「手引き」という)を 1993 年に作成し活用している。だが、近年になって「手引き」によって設計されたアスファルト舗装において 15 年~20 年を経ているものに損傷が見られるようになってきた(例 図-1)。これらの舗装に対し、経済的かつ効率的な補修を行うにあたっては、アスファルト舗装を構成する各層の損傷度合いを求める必要があるが、手法には多くの仮定が用いられており、これまではその度合いを推定する検討はされていない。そこで、その検討の基礎的段階として本研究では小型 FWD を用いて動的逆解析により既設舗装の路盤・路床の損傷の弾性係数を推定することを目的とした。



図-1 コンテナ荷役ホームの損傷例



図-2 小型 FWD による載荷

2. 方法

北海学園大学校内で粘性土(推定層厚 3m 以上, 含水比: 30%, K_{30} 値: 25 MN/m³)の地盤に長さ 2.5m, 幅 1.0 m, 深さ 45cm の穴を掘り, ここに 2 層(上層: 礫 層厚 17cm, 下層: 砂 層厚 28cm)の路盤層を作製して模擬路盤とした。小型 FWD に半径 15cm の載荷板をセットし, 外部センサーは載荷中心から 20cm, 30cm, 40cm の位置で測定した(図-2)。模擬地盤における各層の物理的性質と剛性値では, 礫層は最大粒径 40cm, 含水比 5%, K_{30} 値 150 MN/m³ であり, 砂層は含水比 14%, K_{30} 値 55 MN/m³ であった。小型 FWD による載荷試験の手順は, 次の通りである。最初に地山の剛性値を求めるため載荷試験を行い, 次に下層(砂層)を作製後, 接地圧測定試験と載荷試験を行った。さらに上層(礫層)を作製した後に接地圧測定試験と載荷試験を行った(図-3)。これらの試験結果に基づき弾性係数を推定する解析に, 使用した動的逆解析ソフトは Wave-BALM で, 得られた弾性係数から荷重変位曲線を推定するための動的順解析ソフトは Wave-PALS¹⁾である。

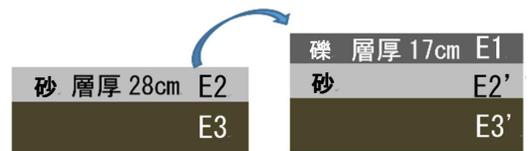


図-3 模擬路盤の製作順序

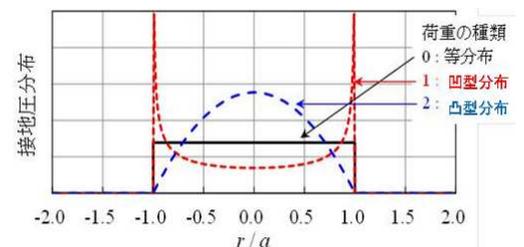


図-4 接地圧分布のパターン

キーワード 小型 FWD, 動的逆解析, 動的順解析, 接地圧, コンテナ荷役ホーム

連絡先 〒151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷 5-33-8 日本貨物鉄道株式会社 保全工事事部 TEL 03-5367-7408

なお, Wave-BALM では載荷時に載荷板に発生する接地圧分布を入力するが, これには3パターン(図-4)ある. よって Wave-BALM による動的逆解析を行う際には接地圧を求めておく必要がある.

3. 結果

(1) 接地圧試験

接地圧計は半径15cmの載荷板に地盤との接地面に埋め込まれた圧力センサーからなり, その位置は中心(0 cm)と中心から6cm, 12cm, 13.5cmである. これを砂層表面または礫層表面に置き, 載荷により発生する反力からそれぞれの位置における接地圧を求めた. 載荷中心の圧力による比を用いてこの分布を示す(砂: 図-5, 礫: 図-6). 接地圧は1/4円内で測定された結果であるが, 縦軸を境に左右対称の接地圧分布と仮定して表示している. この結果から図-4に示される接地圧分布は, 砂と礫ともパターン「2」(凸型分布)とみなすことができる.

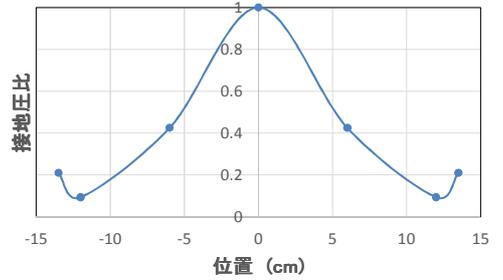


図-5 接地圧分布(砂)

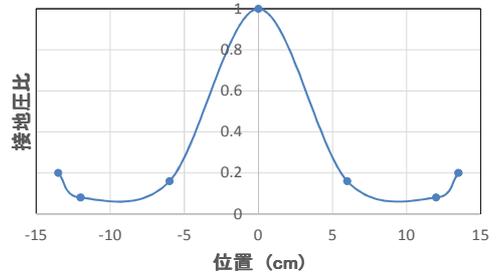


図-6 接地圧分布(礫)

表-1 初期値 (2層)

	弾性係数 (MPa)	減衰係数 (MPa・s)	ポアソン比	層厚(cm)	密度 (kg/m ³)
砂層(E2)	100	30	0.35	28	1700
地盤(E3)	80	30	0.35		1600

表-2 初期値 (3層)

	弾性係数 (MPa)	減衰係数 (MPa・s)	ポアソン比	層厚(cm)	密度 (kg/m ³)
礫層(E1)	600	30	0.35	17	2400
砂層(E2')	100	30	0.35	28	1700
地盤(E3')	80	30	0.35		1600

(2) 動的逆解析による弾性係数の推定

砂層と礫層での載荷試験より動的逆解析を行うにあたり接地圧分布の測定からパターン「2」であるが, 参考にその他の接地圧分布であるパターン「0」(等分布)とパターン「1」

(凹型分布)でも同じ動的逆解析を行った. 下層路盤(砂層)上の載荷試験結果から砂層と地盤の2層として接地圧分布をパターン「2」で初期値(表-1)による動的逆解析結果では, 推

定された弾性係数は砂層: 63 MPa, 地盤: 57 MPaであった. また, 下層路盤の上を上層路盤(礫層)を施工して得られた3層に対し, 2層の場合と同様に初期値(表-2)として動的逆解析を行った結果では, 礫層: 730 Mpa, 砂層: 89 MPa, 地盤: 54 MPaであった. これから, 共通している砂層の弾性係数は上層路盤でやや大きいものの地盤の弾性係数はほぼ同じであった. 接地圧分布パターン「0」とパターン「1」の動的逆解析結果も含め図-7, 図-8に示す. また接地圧分布パターン「2」による弾性係数から順解析を行った. こ

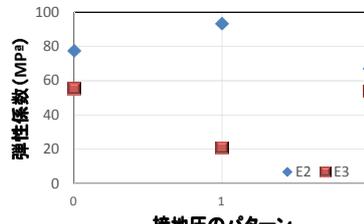


図-7 弾性係数 (2層)

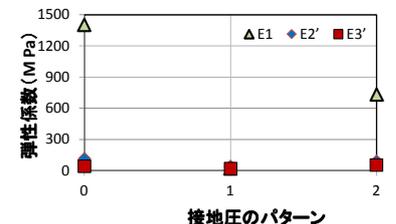


図-8 弾性係数 (3層)

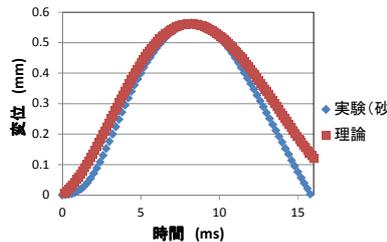


図-9 変位・時間曲線 (2層)

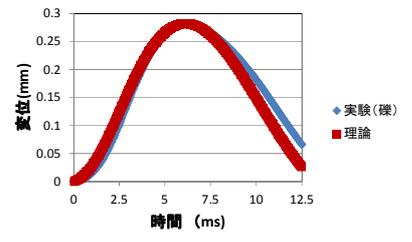


図-10 変位・時間曲線 (3層)

ここで得られた変位・時間曲線と小型 FWD 本体の実験値を比較した(図-9, 図-10)結果, 変位の開始からピークまでは実験値と理論値がほぼ一致することが確認された.

4. まとめ

路盤・路床の損傷予測に弾性係数が必要であるが, 小型 FWD を用いて接地圧測定と動的逆解析により弾性係数の推定が可能であることが確認された.

参考文献: 1) 竹原和也, 小澤良明, 松井邦人: 波動方程式の理論解に基づく空港舗装の逆解析, 土木学会舗装工学論文集, 第15巻, pp.161-168, 2010.