

III-258

EPS材による道路盛土の載荷実験と応力・変形解析

大洋技術開発（株）
九州産業大学工学部
復建調査設計（株）

正員 浜田 英治
正員 山内 豊聡
正員 滝 昌和

1. はじめに

超軽量盛土材料として発泡スチロール（EPS）を使用する工法がわが国でも実用化され始めており、筆者らも盛土材料としてのEPSの力学的特性を明かにするために、種々の要素試験や模型載荷実験を行ってきた。本研究は、既に報告している模型道路地盤上の繰返し載荷実験⁽¹⁾の延長として行った、載荷重強度をさらに高めた場合（6.0 kgf/cm²）の実験結果とFEMによる模型地盤の応力・変形解析の結果について考察したものである。

2. 模型地盤上の繰返し載荷実験

2.1 実験方法

図-1に実験装置と模型地盤の断面を示している。模型地盤は底面2 m四方の鋼製土槽内に作製し、地盤構成はポリマーモルタル（レジンモルタル）層とEPS層の2層より成る。ポリマーモルタル層は載荷重を分散させてEPS層に伝える簡易鋪装としての目的で打設しているが、ポリマーモルタルを用いた理由は、それ自体の圧縮変形が無視できるほど十分剛性が高く、曲げ強度も大きく、繰返し荷重に対する疲労の影響も少ないと思われるためである（テストピースの圧縮試験から $q_u=777.33$ kgf/cm², $E=190,000$ kgf/cm², $\nu=0.25$, $\gamma=2.14$ gf/cm³）。EPS層は製造密度20 kg/m³の型内発泡法のブロックを用い（正立方供試体の一軸圧縮試験から、 $\rho=0.019$ g/cm³で $q_u=1.0$ kgf/cm², $E=56.5$ kgf/cm², $\nu=0.13$ ）⁽²⁾、型枠表皮を取って寸法を40×90×180 cmにし、千鳥状2段に積んだ。なお壁面との隙間も板状のEPSで埋めている。繰返し載荷は油圧シリンダーによって行い、載荷板は直径20 cm、厚さ5 cmの鋼製で、底面を硬質J_Mによってたわみ性としている。表面変位と内部変位及び内部応力は図-1に示す地点でそれぞれ、変位計と薄型圧力計によって測定した。載荷重強度は $p_o=6.0$ kgf/cm²で、図-2中に示す様な台形荷重によって繰返し回数 $N=100,000$ 回まで連続載荷した。

2.2 実験結果

図-2は繰返し載荷回数 N とEPS層表面（載荷中心軸からの水平距離 $r=15$ cm、ポリマーモルタル層直下 $z=4$ cm）の鉛直変位量 w_z の関係である。この図からわかる様にEPS表面は、ほぼ一定の弾性変位を維持しながら $N=10,000$ 回以降若干の累積傾向を示している。この弾性変位量はEPS層厚の約0.3%だが、EPS層表面の応力の実測値（図-5に示す） $\sigma_z=0.24$ kgf/cm²で0.17Hzによる繰返し載荷条件は、実際の路盤直下に比べてやや過酷な条件と思われる。図-3には模型地盤表面の鉛直変位量 w_o を示している。ポリマーモルタル層の圧縮変形が

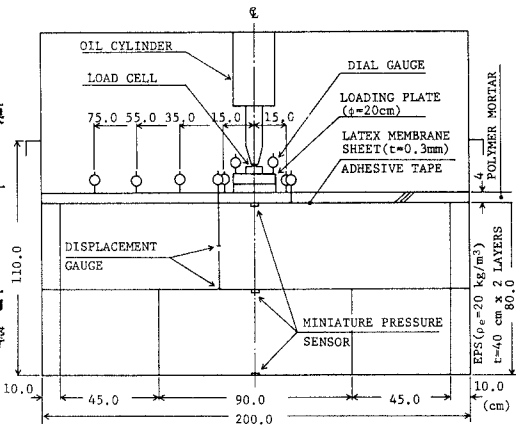


図-1 実験装置と模型道路地盤の断面図

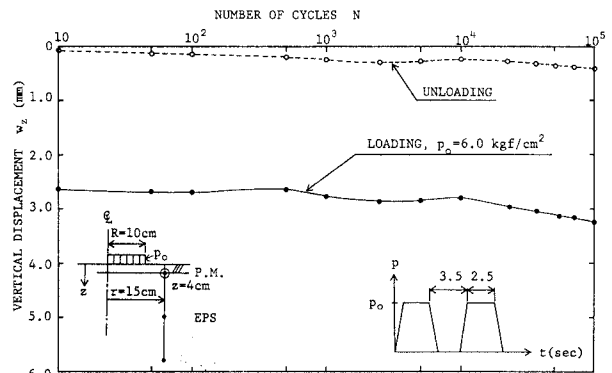


図-2 繰返し載荷回数とEPS層表面の鉛直変位量

無視できるので $r=15$ cmの w_0 は図-2の w_z にほぼ等しい。図-4はEPS層の深さと内部鉛直変位 w_z の関係で、この図から、分散された応力下ではEPS層表面において w_z の若干の累積が認められるが、内部では w_z はほとんど累積していないといえる（EPS層表面の累積変位の絶対量は 0.6 mmと微小である）。図-5は载荷中心軸上の鉛直応力 σ_z の分布を示している。 $N=1$ 回目の σ_z の実測値は $z=4, 44, 84$ cmの地点でそれぞれ $\sigma_z=0.22, 0.18, 0.01$ kgf/cm²となり、EPS層内部での応力の分散効果も良いようである。

3. 応力と変形解析

FEMによる応力・変形解析を行って実験結果との比較を試みた。解析は軸対称の静的载荷条件とし、弾完全塑性モデルとvon Misesの降伏規準を適用したが⁽³⁾、結果的には弾性解析と等価になっている。解析地盤の物性値は2・1に記した値を用いているが、弾性係数 E については、模型地盤の変位量に主眼を置いて逆算して $E_1=100,000$ kgf/cm²（第1層）、 $E_2=30$ kgf/cm²（第2層）とした（ E_1/E_2 は不変）。またEPS層は連続体と仮定している。解析結果は表面変位を図-3、内部変位を図-4、内部応力を図-5中にそれぞれ示しているが、内部応力についてはNacimentの方法による多層弾性体の近似計算結果も併せて示している。逆解析した E_1, E_2 を用いていることもあるが、図-3の表面変位については、解析値と実験値は非常によく一致している。図-4の内部変位も、解析値が若干低めの値を与えているものの両者は概ね一致している。図-5の内部応力については、FEM解は実験値にEPS層の表面においてよく一致し、深部においても傾向的に近似しているようである。近似計算結果はFEM解に比較して、EPS層表面において解析精度が低いようである。

4. まとめ

EPS模型道路地盤上の繰返し载荷実験と応力・変形解析結果から以下のことがわかった。（1）今回、载荷重強度を 6.0 kgf/cm²としEPS層表面の鉛直応力をEPSの降伏応力の20%程度まで高めたが、EPS層表面の鉛直ひずみの累積量は 0.1% 程度であった。（2）模型実験の解析結果から、FEMはEPS層地盤の応力・変形解析に十分有効な手法であることがわかった。（参考文献）（1）浜田・山内：盛土材料としての発泡スチロールの繰返し载荷実験，第23回土質工学研究発表会，宮崎，1988.6（予定），（2）浜田・山内：盛土材料としての発泡スチロールの変形特性とひずみ分布，昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演集，佐賀，1988.3，（3）Hamada, E., Yamanouchi, T.: "Mechanical properties of expanded polystyrene as a lightweight fill material", Proc. 19th Southeast Asian Geotechnical Conference, pp. 9-35-9-48, Bangkok, Dec. 1987

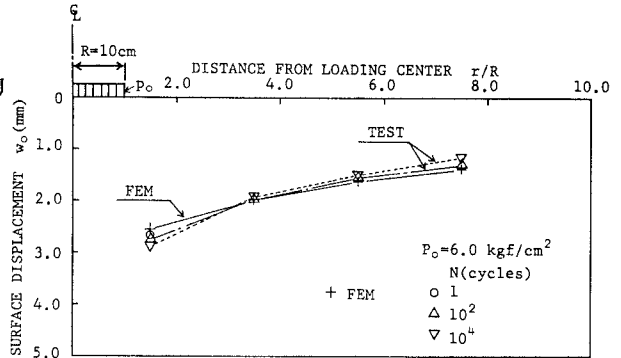


図-3 模型地盤表面の鉛直変位量

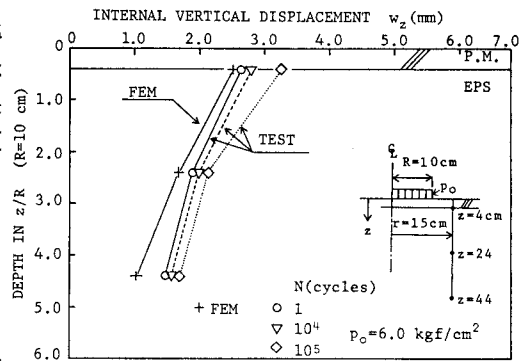


図-4 EPS層の深さと内部鉛直変位量

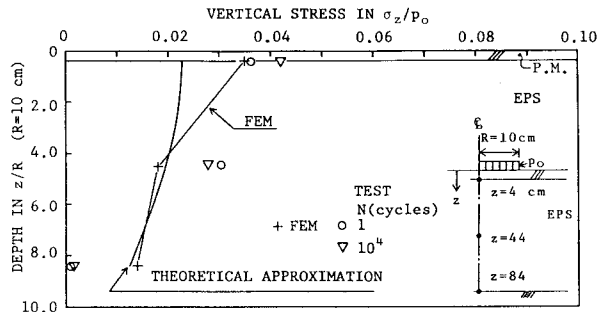


図-5 载荷中心軸上の鉛直応力