

III-844

路床をジオグリッドで補強した舗装の載荷実験とFEM解析

運輸省第二港湾建設局 正会員 常陸壮介 塩見雅樹 池田直太 梅野修一
 復建調査設計株式会社 正会員 滝 昌和 福田直三

1. まえがき

舗装において路床にジオテキスタイルを敷設する場合の目的は、軟弱路床の安定処理対策、路床支持力の強化、粒状路盤の拘束・分離、転圧締固めの施工性の向上などが挙げられる。このうち路床の支持力増強機能の研究は、路体が軟弱地盤である場合や低支持力の路床材料を用いる場合などが対象となってきた。

本報告は、路床中にジオテキスタイルを層状に敷設した試験舗装を製作し、静的及び繰返し載荷試験を行うとともにFEM解析による実験値のシミュレーションを実施して支持力への補強効果を検証したものである。今回の試験舗装は、通常の設計法で得られる舗装構造に準じており、路体が軟弱であることを除けば路床、路盤、表層は良質な条件を与えた。すなわち、実際の標準舗装に近く比較的沈下量の小さい条件下において、路床の補強効果(支持力の増加や長期耐久性の向上など)を確認する目的で実験と解析を実施した。

2. 載荷実験の条件と結果

図-1に示す実物大の試験舗装を室内土槽で作製し、直径50cmの載荷板を用いて静的段階載荷試験と繰返し載荷試験を行った。実験ケースの条件を表-1に示す。各ケースで路床厚(1, 2m), 補強材の層数(1, 3, 5層)及び補強材の強度(弱い, 強い)を変化させている。試験舗装築造時に行った原位置試験で得られた物性値は表-2に示すようなものであり、実験ケースごとに品質にばらつきが見られた。補強材はジオグリッドを用いた。載荷条件は、静的載荷試験では増加荷重2tf(1.02kgf/cm²)で18tfまでの段階載荷とし、繰返し載荷試験では荷重10tf(5.1kgf/cm²)を1Hzで20000回までの連続載荷とした。また、計測項目は、地表面及び層別の沈下量、土中鉛直土圧、ジオグリッドのひずみ量などである。

図-2に静的載荷試験の荷重と地表面(載荷板直下)沈下量の関係を、図-3に繰返し載荷回数と地表面沈下量の関係を示す。ケース4は他の補強ケースと比較し特異な結果となっており試験舗装の品質に大きな相違が見込まれる。地表面沈下量は、路床厚2mのケース1(無補強)が最も小さく、路床厚1mの他の全てのケースで同程度となった。降伏荷重は、10~11tfの範囲と推定されそれ以降で非線形性が顕著となる。繰返し載荷による沈下量の累積は、2000回までの初期で急激に発生しその後の増加率が徐々に減少する傾向を示している。耐久性に関した補強効果は明確ではない。

図-4は静的載荷試験時のケース5のジオグリッドのひずみ分布である。ジオグリッドは路床厚1mを挟んで等間隔(25cm)で5層が敷設されている。ひずみ分布は各層とも載荷板直下で最大引張りひずみ量となり、中心から遠ざかるに従い減少し圧縮ひずみ量に変化している。量的には路床上下端の敷設層が大きい、荷重18tf時でも高々0.7%程度であり、微小なひずみレベルと言える。

3. FEMによる逆解析結果

静的載荷試験の逆解析には、軸対称モデルの弾塑性FEM解析を

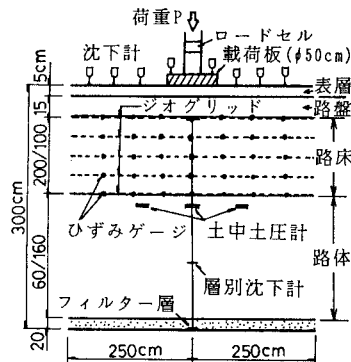


図-1 試験舗装への概要

表-2 材料の物性値

試験ケース	①	②	3	4	⑤	6
路床厚(m)	2	1	1	1	1	1
路体厚(m)	0.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
補強材層数	0	0	1	3	5	3
補強材種類*	0	0	弱い	弱い	弱い	強い

*強い補強材: 伸び剛性大, 引張り強度8tf/m
 弱い補強材: 伸び剛性小, 引張り強度1.5tf/m
 ○がFEM解析ケース

表-1 実験及び解析ケースの条件

舗装構成	材料名	原位置試験結果			FEM解析結果(逆算値)				
		乾密度 $\rho_d(t/m^3)$	現場CBR(%)	地盤反力係数 K_{50} (kgf/cm ³)	単位重量 γ (tf/m ³)	弾性係数 E (tf/m ²)	ポアソン比 ν	マザグ $\phi(^{\circ})$	粘着力 C (tf/m ²)
路体	建設残土	1.46~1.49	1.7~3.0	1.7~3.6	1.75	500	0.20	5	0.5
路床	山 砂	1.50~1.57	9.1~12.9	4.7~6.4	1.78	2500	0.30	35	0.1
路盤	粒調碎石	2.03~2.17	—	12.7~21.3	2.17	30000	0.30	40	0.1
表層	アスファルト	—	—	24.4~28.3	2.38	250000	0.35	45	1000
補強材	ジオグリッド	バネ係数: 50~90tf/m(7テ, 33)			バネ係数: 50tf/m				

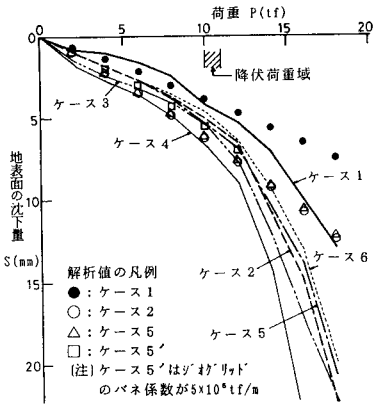


図-2 荷重と地表面沈下量の関係

適用した。構成式はDrucker-Pragerモデルを用いた。材料定数は、築造途中の平板荷重試験(直径 ϕ 30cm)と荷重実験の荷重と沈下量の関係の実測値に基づき試行錯誤計算により求めており、その結果は表-2に示した。なお、解析値間で補強効果を検討する意味から、材料定数は各ケースの平均的な値を採用した。

解析結果は図-2、4に実験値とともに示した。解析値と実験値の近似度は完全なものではない(特に、降伏荷重以後)が、地表面沈下量及びジオグリッドのひずみ分布とも実際の現象を表現し得るものである。従って、材料が均一な条件下で求めた解析値の比較により補強効果が検討できる。

図-2から路床厚1mのケース2と5の沈下量差は非常に小さく、支持力への補強効果は有意義な量とは言えない。これに対して、路床厚2mのケース1(無補強)の沈下量はこれらの約60%に低減されている。ケース5'はジオグリッドの剛性(パネ係数)を 10^4 倍した例(金網に相当)であり、この条件でも約90%の沈下量である。図-5にケース5と5'の変形図を示したが、補強材の剛性を大きくすることにより水平方向の変位拘束効果が発生している。

4. ジョグリッドによる路床の補強効果

実験及び解析結果ともにジオグリッドによる路床の補強効果が有意義な量として評価できるものではない。一般に、軟弱地盤上の道路などでは補強効果が確認されていることと対比するならば、今回のように沈下量が比較的小さな内は路盤及び表層の剛性が支配的となり、ジオグリッドの補強効果がそれほど明確にならない可能性が高いと言える。すなわち、路床補強は路体及び路床が相当に軟弱で大きな沈下が発生する場合や浸水等に伴う路床の強度低下が越える場合などの悪条件下で初めて補強効果が出現するものと推察される。

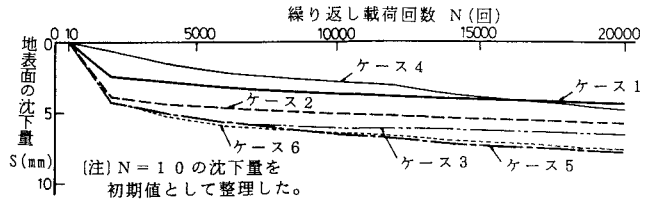


図-3 繰返し載荷回数と地表面沈下量の関係

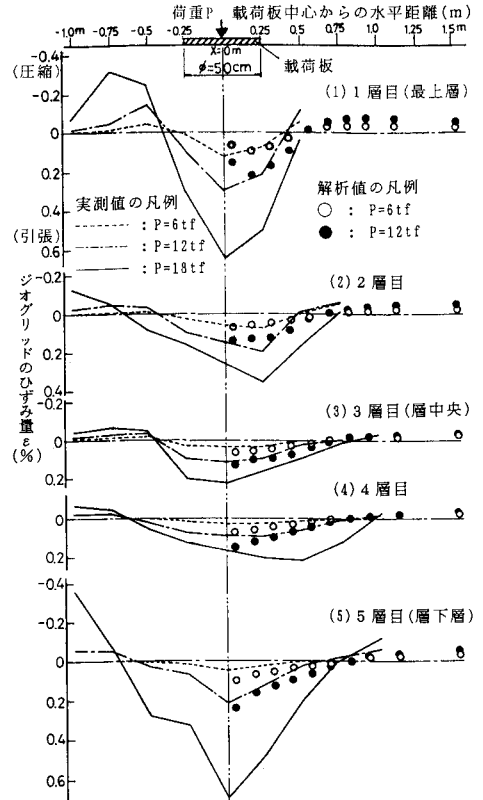


図-4 ジョグリッドのひずみ分布(ケース5)

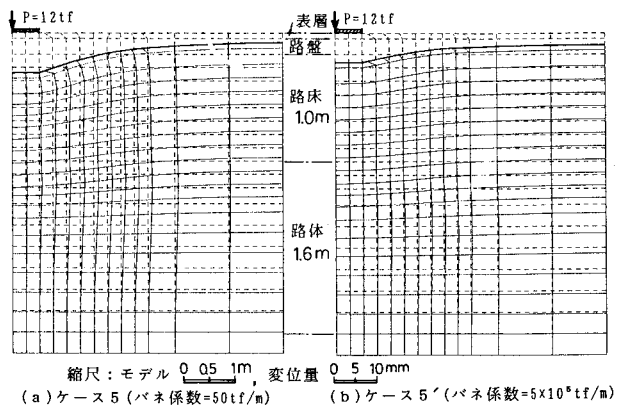


図-5 FEM解析による変形図(ケース5, 5'; $P=12tf$)