Loading test by heavy truck for Pavement Having the Reinforced Subbase
With Geotextiles On Soft Ground

Kenichi Shimotsubo (P.W.R.I., Ministry of Construction)

Shōzō Naemura (P.W.R.I., Ministry of Construction)

ABSTRACT

Geotextiles have been rarely used for paved roads on soft ground in Japan. Because there are a few reports which confirmed the effect of placement of geotextile within base layer.

A test road having the reinforced subbase with geotextile was constructed for repetitive loading by heavy truck on soft ground. The test road was constructed 64m(8m×8 section) in length, 5m in width. This report describes the estimation of durability of pavement structure at each repetitive number of loading by measuring a rut depth and dynamic elastic deformation at the surface of the pavement.

概 要

日本では、軟弱地盤上にジオテキスタイルで補強した道路を構築することはあまりない。これは、ジオテキスタイルの舗装中への敷設による補強効果が明確にされていないことによる。

ここでは、軟弱地盤上において舗装をジオテキスタイルで補強した、長さ64m(8m×8区間)、幅5mの試験道路を築造し、試験道路に対してトラック走行による載荷試験を実施し、トラック走行によるわだち掘れ量や弾性たわみ量などを調べて、各試験舗装区間の構造評価を行った。

軟弱地盤上のジオテキスタイル補強道路におけるトラック走行実験

建設省土木研究所 ○下坪 賢一

〃 苗村 正三

1. まえがき

諸外国では、ジオテキスタイルを舗装中に敷設する工法が多く行われている。その中には、軟弱路床と舗装の間に敷設して路床と路盤の混合の防止を期待する分離材として用いるものや、舗装中に敷設して舗装材料とジオテキスタイルの一体化による版効果を期待する補強材として用いる場合がある。日本では、軟弱路床上の舗装におけるジオテキスタイルの適用は、敷設効果に関する報告が少ないことから一般道路での採用事例は少ない。

そこで、ジオテキスタイルの敷設による舗装の補強効果を調べるために、CBRが2%程度の人工の軟弱地盤上に、幅5m、長さ64m、曲率半径24.5mのトラック走行用の試験舗装区間を築造した。本文では、各試験区間のトラック走行回数毎に、舗装表面のわだち掘れ量の変化やFWD測定器を用いた舗装表面の弾性たわみ量の変化について調査した結果を述べる。

2. 実験概要

2. 1 試験舗装の概要

試験舗装の下の軟弱路床は、平均の自然含水比 $w_n=130\%$ の関東ロームをバックホウで締固め、人工的に造成したものである。軟弱路床の出来上りは表-1に示すようにコーン指数 q_c が約 $5(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、設計CBRは2%程度である。軟弱路床の上には遮断層（最大粒径2mm、均等係数 $U_c=3.36$ の粗砂）、下層路盤（切込み碎石、C-40）、上層路盤（粒度調整碎石、M-30）、表層（13mm密粒度アスファルト混合物）を配置した。図-1に試験舗装区間の平面図、図-2に縦断面図、表-2に各構成層の厚さ、表-3には各層の使用材料及び材料の締固めに用いた施工機械を示す。

ジオテキスタイルは、8試験区間（Sec.①～⑧）の中で6試験区間（Sec.①②③⑤⑦⑧）で敷設している。使用したのはジオグリッドと不織布の2種類で、それぞれの材料の諸元を表-4に示す。ジオグリッドは試験区間Sec.①②③⑦⑧に、不織布は試験区間Sec.⑤に敷設している。

8試験区間の中で、Sec.④は現行のアスファルト舗装要綱のCBR-

図-1 試験舗装平面図

T_A法に基づく設計法において、路床の設計CBRが2%、5年後の設計交通量がL交通である場合に決定される舗装断面例であり、これを基準断面とした。Sec.⑥は基準断面の上層路盤厚を10cm減じたものである。Sec.⑤は不織布を遮断層上面に敷設したもので、舗装構成厚は室内での繰返し載荷試験

図-2 試験舗装縦断面図

結果から、下層路盤上面の累積沈下量がSec.④と同じとなるように決定した断面である。Sec.②③⑦⑧の舗装構成は、多層弾性解析プログラム (BISAR) からSec.④と等価 (舗装表面の弾性たわみ量が同じ) となるように決定されたものであり、Sec.①はSec.⑦の下層路盤厚を9cm減じたものである。

なお、各層の締固め終了後には平板載荷試験を実施しており、試験結果を表-5に示す。

表-1 軟弱路床のq_c値及び換算CBR値

試験区間 Sec.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
q _c (kgf/cm ²)	4.8	4.8	5.2	5.0	5.3	4.8	4.7	5.9
CBR換算 (%)	1.3	1.3	1.5	1.4	1.5	1.3	1.3	1.7

表-2 各構成層の厚さ (単位: cm)

Sec.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
表層	5	5	5	5	5	5	5	5
上層路盤	15	15	16	20	15	10	15	15
下層路盤	10	14	15	20	20	20	19	14
遮断層	30	30	30	30	30	30	30	30
路床	130	126	124	115	120	125	121	126
ジオテキスタイルの敷設位置	上層路盤中央	遮断層上面	下層路盤上面	—	遮断層上面	—	上層路盤中央	下層路盤中央
ジオテキスタイルの種類	ジオグリット	ジオグリット	ジオグリット	—	不織布	—	ジオグリット	ジオグリット

表-3 各層の使用材料及び施工機械

	使用材料	施工機械
表層	13mm密粒度アスコン	振動ローラ、タイヤローラ
上層路盤	粒度調整砕石(M-30)	マカダム、タイヤローラ
下層路盤	クラッシャーラン(C-40)	振動ローラ
遮断層	粗砂 U _c =3.36	振動ローラ
路床	関東ローム W _n =130%	バックホウ

表-4 補強材の諸元

不織布	原料	ポリエステル
	繊維	長繊維
ジオグリット	引張強さ	縦 80kg/5cm 横 80kg/5cm
	原料	ポリプロピレン
ジオグリット	引張強さ	縦 1.5tf/m 横 2.8tf/m

表-5 平板載荷試験結果 $K_{30}(\text{kgf/cm}^3)$

Sec.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
表層上面	17.9	20.5	20.3	24.0	21.9	18.9	23.7	23.8
上層路盤上面	16.9	15.8	13.6	19.7	13.8	15.8	18.3	16.3
下層路盤上面	3.9	5.1	2.8	6.3	7.6	7.4	5.6	6.1

2.2 施工状況

CBRが2%の地盤では、遮断層より上の層において、締固め機械の選定が難しく、重量の大きな機械では沈み込みがあり、また、軽いものでは十分な締固め効果が得られない危険性がある。本実験では、重量の軽い締固め機械を用いて、締固め回数を規定回数より多くすることとした。また、本試験舗装は曲率を有しており、1試験区間の縦断距離は8mと短いことから、締固めは試験舗装の横断方向から行った。このような状況から、本試験舗装の各層における平板載荷試験結果（表-5参照）及び表層上面でのFWD測定器による弾性たわみ量（図-5参照）は、支持力の小さい舗装であることを示している。

2.3 ジオテキスタイルの敷設、接合方法

本試験舗装は曲線部に位置しているために、ジオテキスタイルの敷設は内側の重ね代が大きくなるようにして、ジオテキスタイルの接合をジオグリッドはロープ縫合、不織布は釘止めとした。また、ジオテキスタイルと敷設面の間はできるだけ隙間を作らないように張り、ジオテキスタイルの端末は道路幅員から両側に約1m余して、土を盛って押さえた。

2.4 路面性状の測定

走行試験には、図-3に示すようにデュアル・タンデム型のダンプトラックを用い、全体で荷重は26tfである。路面性状の計測は表-6に示す走行回数で行い、計測項目は路面のわだち掘れ深さ、ひびわれ率、たわみ量測定の3項目である。わだち掘れ深さは横断プロファイルメータを用い、試験区間の中央位置での横断形状を測定している。また、弾性たわみ量は土木研究所が所有するFWD（Falling Weight Deflectometer）を搭載した測定車を用い、試験区間の中央位置で測定した。なお、今回の載荷重を5tf輪荷重に換算すると、30000回の走行回数は約64000輪の走行輪数に相当する。

図-3 載荷トラック

3. 実験結果と考察

本実験の試験舗装区間は曲線部に位置し、トラックのタイヤの走行（載荷）位置は前後輪で異なるものであり、一般的な試験方法とは異なるが、直線部の試験方法を用いて舗装の構造評価を行った。

3.1 わだち掘れ測定結果

各試験区間の走行回数とわだち掘れ深さとの関係を図-3に示す。なお、トラック走行は30000回ま

表－6 計測項目と走行回数

計測項目	走行回数 (回)							
	0	500	1000	2000	4000	8000	15000	22000
わだち掘れ	○	○	○	○	○	○	○	○
弾性たわみ	○	○	○	○	○	○	○	○
ひび割れ率	○	○	○	○	○	○	○	○

で行っているが、全試験区間において22000回で走行に支障をきたすようなわだち掘れが見られたため修繕を行っていることから、ここでは15000回までの比較とした。ここで、本試験における15000回の走行回数は、5tf輪荷重に換算した場合には約30000輪の走行輪数に相当する。

図より、8試験区間全てにおいて走行回数500回ですでに6～14mmのわだち掘れが発生し

図－4 走行回数とわだち掘れ深さとの関係

ており、走行回数1000回まではわだち掘れの急激な増加が見られ、それから15000回までは漸増の傾向がある。試験区間別で見ると、Sec.⑥が8000回で約60mmのわだち掘れがあり、最も大きい。この測定後には修繕を行った。その他の試験区間は8000回で30～40mmのわだち掘れがあり、ほとんど差は無い。ただし、Sec.②は8000～15000回で約40mmのわだち掘れが発生しており、他の試験区間とは異なる状況を示している。また、15000回で基準断面のSec.④が最もわだち掘れが少なく、現行のアスファルト舗装要綱に準じた断面は良好な結果を示している。多層弾性解析では、Sec.②③④⑦⑧の5試験区間は等価なものとして計算されたが、走行回数8000回まではそれらの5試験区間は絶対値は異なるものの、同様の変形の推移が見られる。これは、軟弱地盤上の舗装においても多層弾性解析のある程度の有用性を示していると考えられる。

なお、わだち掘れが表層の流動、あるいは路盤の沈下起因したものかどうかを調べるために、今後、舗装の掘削によって舗装各層の変形状況とわだち掘れとの関係を明らかにする予定である。

3. 2 ひびわれ率測定結果

各試験区間において、目視によるひびわれは確認されなかった。よって、本測定においては全試験区間のひびわれ率を0%とした。

3. 3 たわみ量測定結果

各試験区間において、FWD測定車を用いて重錘落下時の舗装表面の弾性たわみ量を測定した。図－5に測定結果を示す。これより、全試験区間において次のことが言える。走行回数 0回から500回に弾性

たわみ量が急激に増え

ている。走行回数500回から2000回では弾性たわみ量が減少しており、トラック荷重による舗装の締固めが行われたのではないかと推察される。さらに、全試験区間において、走行回数2000回から22000回までは弾性たわみ量は徐々に増えており、走行回数22000回の弾性たわ

図-5 走行回数と弾性たわみ量の関係

み量は走行回数 0回の1.1～1.4倍の値を示している。これらの傾向はわだち掘れの増加する傾向に類似しており、路盤あるいは路床の支持力の低下が、表層表面のわだち掘れや弾性たわみ量の増加として表れたと思われる。なお、試験舗装の掘削結果との照合は今後行う予定である。また、現在、多層弾性解析プログラム及びFWD測定器による弾性たわみ量を用いて、各試験区間の断面各層の弾性係数を推定しているところである。

3. 4 ジオテキスタイルの敷設効果

走行回数15,000回のわだち掘れ量と走行回数22000回の弾性たわみ量から、現行のアスファルト舗装要綱に基づくSec.④が最も耐久性が高く、Sec.④よりも上層路盤厚を10cm減じたSec.⑥が最も耐久性が低い。なお、Sec.①およびSec.⑦はSec.④とほぼ同等の耐久性を有していると言える。他の試験区間Sec.③⑤⑧はSec.②を除いてほぼ同じ耐久性を有しており、Sec.⑥よりも耐久性が高い。このことから、ジオテキスタイルの敷設はSec.⑥の舗装断面において上層路盤厚を0～10cm増加させることに相当していると考えることができる。また、試験区間Sec.①は、Sec.⑦より下層路盤厚が9cm少ないが、わだち掘れ深さ及び弾性たわみ量はSec.⑦より良好な結果を示しており、Sec.⑦よりもSec.①の方がトラック走行による舗装の締固めが大きかったと思われる。

ジオテキスタイルの敷設位置を見ると、試験区間Sec.①⑦（両者とも上層路盤中央にジオテキスタイルを敷設）、試験区間Sec.⑧③（下層路盤上面に敷設）の順で、わだち掘れ量や弾性たわみ量が小さいことから、本試験舗装ではジオテキスタイルの敷設位置は上部ほど補強効果が大きいと考えられる。これは、表-5からわかるように、舗装下部ほど支持力が小さいために、ジオテキスタイルを舗装下部に敷設しても十分な拘束力が発揮されないためと考えられる。

ジオテキスタイルの種類による敷設効果に関しては、Sec.⑤の不織布（期待するのは分離効果）の方がSec.②のジオグリッド（期待するのは拘束効果）よりも良好な耐久性を有しているように見られるが、これは敷設位置が遮断層上面だったためにジオグリッドに拘束力がそれほど作用しなかったた

めだと考えられる。これより、期待する敷設効果によって敷設する材料と敷設位置を決定することが重要であると思われる。

以上より、路床の設計CBRが2%程度で、締固めが十分にできないことにより支持力をそれほど期待できない場合には、ジオテキスタイルの敷設効果は明確には発揮されないと思われる。

4. あとがき

本文では、軟弱地盤上において、ジオテキスタイルを用いた試験舗装の築造方法を述べ、また、それに対して実際にダンプトラックの繰り返し走行による載荷試験を行って、各試験区間の路面性状の時系列的な変化について述べた。本実験より、軟弱路床上に強固な舗装路盤を設けるという施工は難しく、適切な施工機械の選定や締固め方法の検討が必要であることがわかった。ジオテキスタイルを敷設した試験区間のうち、ジオテキスタイルを上層路盤中に敷設した試験区間は、現行のアスファルト舗装要綱に基づく断面とほぼ同等の耐久性を有していた。また、その他のジオテキスタイル敷設区間は現行のアスファルト舗装要綱に基づく断面に比べて耐久性の面で若干劣っていることがわかった。

今後は、本試験舗装の掘削を行い、舗装内部の変形状況とわだち掘れ量及び弾性たわみ量との関係について調査する予定である。

なお、本実験では多くの方々のご協力をいただきました。末筆ながら、感謝の意を表します。

<参考文献>

- 1)建設省土木研究所、鉄建建設㈱；ジオテキスタイルによる軟弱地盤の表層補強に関する共同研究報告書、土木研究所共同研究報告書第15号、昭和63年9月
- 2)（社）日本道路協会；舗装試験法便覧、平成元年11月
- 3)（社）日本道路協会；アスファルト舗装要綱、昭和63年