

道路路盤への短繊維混合補強土技術の適用性の検討

防衛大学校 学生会員 ○横田佳祐

正会員 平川大貴 宮田喜壽

1. はじめに

我が国は近年の約 50 年において積極的に道路網を整備し、高速道路を含む道路総延長は現在では 120 万 km 越に至っている。現在主流であるアスファルト舗装は施工性や乗り心地に利がある反面、耐久性が低く、短期間での修繕が必要である。道路網の整備の進展は維持修繕費の増加に直結するため、舗装構造物の長寿命化への検討は喫緊の課題である。本研究では舗装構造物の維持修繕費の抑制に向けて、路盤への短繊維混合補強土工法の適用性について実験的に検討した。

2. 概要

舗装構造物の地表面に交通载荷が作用すると路盤内には直応力 σ_v とせん断応力 τ_{vh} の 2 応力が生じつつ、主応力方向が連続的に回転する。この様な作用条件下では未固結の路盤や路床は土骨格が絶えず変化して、表層にわだちやクラックが生じる有意な沈下が発生する^{1), 2)}。交通载荷による路盤や路床の残留変形抑制の試みは、北米を中心にグリッド状の高分子補強材(ジオグリッド)を路盤内に敷設する事例³⁾がある。筆者らも路盤のジオグリッド補強の効果を検討し²⁾、交通载荷が生じても路盤の土骨格が変化しないようにせん断補強することが合理的であるとの知見を得ている。しかしながら、我が国では道路構造物下にはライフライン網が構築される事が多く、その敷設や維持に伴う路盤の掘削・埋め戻しが行われる。したがって、ジオグリッド補強土工法の適用は道路下にライフラインが埋設されていない高速道路や空港舗装等に限定され、我が国の道路事情に合致する路盤補強方法が求められる。本研究では、セメント添加を行わない短繊維混合補強土の道路路盤への適用性を検討した。

移動载荷試験の概要を図-1 に示す。長さ 1,200×幅 300×高さ 250 mm の土槽の中に、粒度調整砂岩碎石 ($D_{max}=19.0$ mm, $D_{50}=2.2$ mm, $F_c=3.5\%$)を用いて初期層厚約 200 mm の模型路盤を構築した。模型路盤の初期状態は、 $\rho_d=1.76$ g/cm³($1E_c$ を基準とした締固め度で D_c =約 85%), w =約 6.5%と設定した。路盤上には、空港土木工事共通仕様書に準じて作成されたアスファルト層(以下, As 層: 厚さ 30 mm, 最大粒径 13 mm, アスファルト量 5.4%)を設置した。As 層表面に半径 200 mm の鉄製ローラーによる輪荷重を作用させ、土槽底板に埋め込まれた 2 方向ロードセルで路盤内の応力値 (σ_v , τ_{vh}) の計測と、画像解析により路盤粒子の変位を算出した。ローラーの鉛直荷重 29.4 kN/m(一定: 線荷重換算)とし、土槽中心部約 700 mm の範囲を水平移動速度 2.6 mm/sec で往復させた。本研究では礫材のみの無補強路盤と、長さ 40 mm の直線状の PVA 繊維を路盤の乾燥質量に対して 0.5%配合させた短繊維補強路盤の 2 ケースを実施した。本研究での短繊維補強路盤では、前述の様にセメントを添加していないため、路盤の掘削を行ってもそのまま埋め戻す事が可能である。模型実験を行うにあたって、PVA 繊維の攪拌が容易であること、締固め特性が大幅に変化しないことを予め確認した。図-2 に PVA 繊維を攪拌後の路盤材の状況を示す。図-2

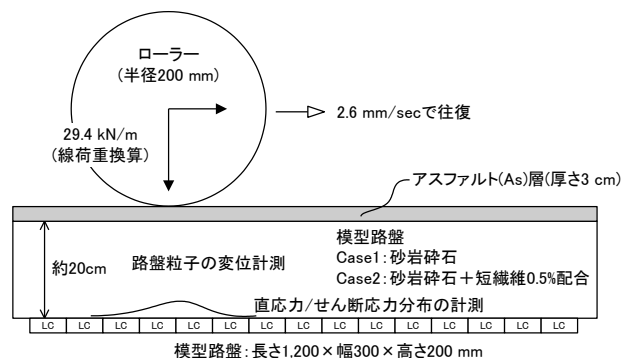


図-1 移動载荷試験の概要



図-2 PVA 繊維の攪拌状況

キーワード 路盤, 残留変位, 短繊維補強, 地盤内応力

連絡先 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科 Tel : 046-841-3810

より均質に攪拌されている様子が見てとれる。

3. 実験結果および考察

模型路盤に線荷重 29.4 kN/m の移動載荷を与えたところ、無補強路盤では 1 回目の載荷から大きく変形し、6 回載荷 (3 往復) で As 層には計 7 カ所の貫通クラックが生じた²⁾。このクラックは As 層下部から発生して上部に進行していることから、路盤の有意な変形がクラックの主要因であると考えられる。一方、短繊維補強路盤では As 層の変形は見られるものの、14 回載荷 (7 往復) してもクラックは生じなかった。

図-3 に土槽底板で計測した σ_v および τ_{vh} 分布を、図-4 に路盤粒子の変位挙動を示す。路盤粒子の変位 (図-4) は、As 層下面から 20 mm の位置にある路盤粒子の鉛直および水平方向変位であり、無補強路盤の載荷回数にあわせて 6 回載荷 (3 往復) までの粒子変位を示した。路盤内応力分布 (図-3) は、ローラーの接近間距離に対して σ_v および τ_{vh} をそれぞれローラー鉛直荷重 (29.4 kN/m) で正規化した値を示している。直応力 σ_v は輪荷重が近づいてくると増加し、直上を過ぎて遠ざかると減少する。一方、せん断応力 τ_{vh} は輪荷重の位置に応じてその値も増加減少しつつ、作用方向も逆転する。すなわち、車両の通過によって路盤内には直応力とせん断応力の 2 応力の繰返し載荷が生じつつ、主応力方向が連続的に回転する作用条件となる。このような作用力の条件は補強/無補強で区別がない。また、図-4 より、無補強路盤での路盤粒子の変位挙動を見ると、上述の作用力条件を反映して水平方向に粒子が変位しつつ、鉛直方向に残留変形が累積していく過程が確認できる。その一方、短繊維を路盤内に混合してせん断補強を行った補強路盤では、路盤粒子の変位は大幅に抑制されていることが分かる。

図-5 に、画像解析により得られた路盤の鉛直方向ひずみ～載荷回数を示す。図-3～5 より $\sigma_v \cdot \tau_{vh}$ 2 応力の繰返し載荷および主応力の連続的回転が生じて、地盤改良技術を積極的に適用して土骨格の変化を抑制すれば路盤の変位に起因する As 層のわだち等の変状の発生をおさえる事ができると考えられる。

4. まとめ

路盤の変形に起因するアスファルト舗装の変状の抑制に対して、短繊維混合補強土技術の有効性を室内移動載荷試験により検討した。この結果、短繊維混合補強土工法は有効な方法であることを確認した。

参考文献 : 1) S.F.Brown, Soil mechanics in pavement engineering, 36th Raikine Lettuce, *Geotechnique*, **46**, 3, pp.383-426, 1996.

pdf,2007. 2) 平川大貴ら, 路盤の残留変形抑制に対するジオグリッド補強の効果, 第 46 回地盤工学研究発表会講演概要集, pp.945-946, 2011, 3) S.W.Perkins et al., Geosynthetics in pavement reinforcement applications, *Proc. of 9th International Conference on Geosynthetics*, pp.165-192, 2010.

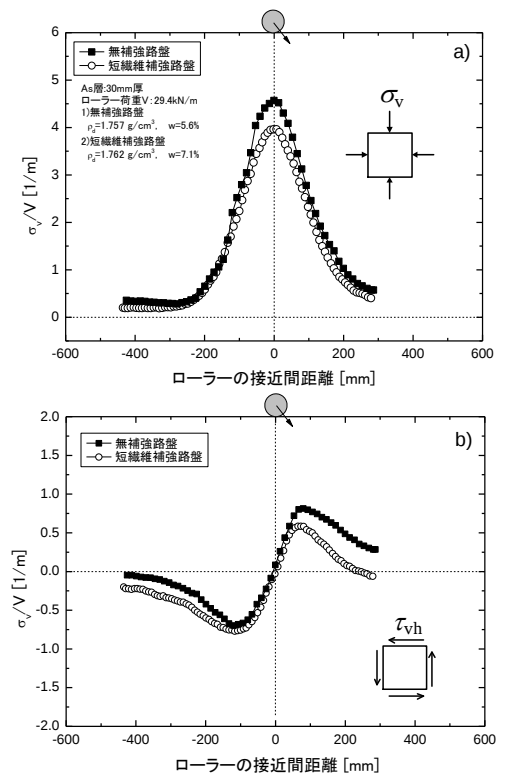


図-3 路盤内の応力分布; a) σ_v , b) τ_{vh}

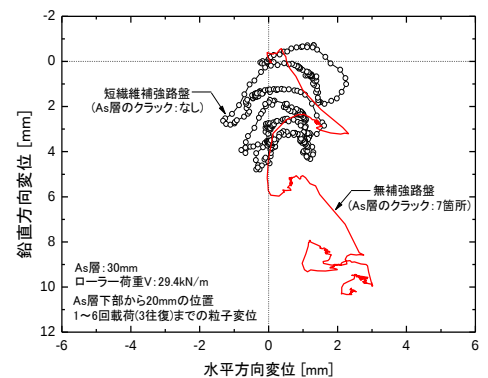


図-4 As 層直下の路盤粒子の変位

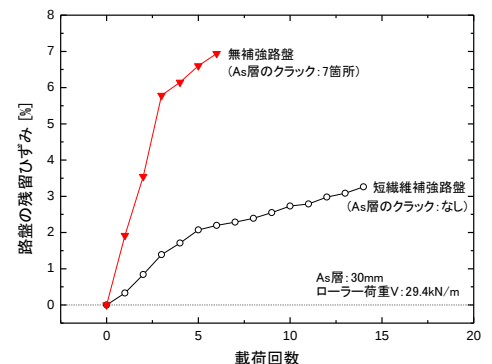


図-5 路盤の鉛直方向残留ひずみ～載荷回数の関係