

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月9日現在

機関番号：14501
 研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2010～2012
 課題番号：22560495
 研究課題名（和文）ポーラス積層地盤の塑性変形特性および透水機能低下の究明と解析モデルの提案
 研究課題名（英文）Permanent deformation characteristics and deterioration of permeability function of porous multi-layered ground
 研究代表者
 吉田 信之（YOSHIDA NOBUYUKI）
 神戸大学・自然科学系先端融合研究環 都市安全研究センター・准教授
 研究者番号：20166961

研究成果の概要（和文）：交通荷重によるポーラス積層地盤のわだち掘れ（塑性変形の累積）と透水機能の低下に焦点を絞り，要素レベルおよび多層構造体レベルのわだち掘れの進行と透水機能の低下のメカニズムの究明を試みた．要素試験では路床土および路盤材の累積塑性軸ひずみ-透水係数-載荷回数-の関係性を明らかにし，予測式を提案した．また，ポーラス積層地盤模型を用いた移動輪載荷試験では走行回数の増加に伴うわだち掘れの進行，荷重分散力の低下，透水機能の低下のメカニズムを把握することができた．

研究成果の概要（英文）：With the focus on the accumulative plastic deformation (rut) and permeability of porous multi-layered ground, an attempt was made to grasp the rut progress and deterioration of permeability function due to traffic loads from the levels of an element and a multi-layered structure. As the main findings, the relationships of the number of load applications with accumulative plastic deformation and permeability were obtained for a crusher-run and sandy subgrade soil from the repeated triaxial compression tests accompanied by falling-head permeability test. The equations of predicting the accumulative plastic deformation and permeability deterioration were also proposed. From the moving wheel load tests on porous multi-layered model ground, were elucidated the mechanisms of the progress of rut, the deterioration of load transfer capability and the deterioration of permeability function with the increase of the number of wheel loads.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：積層地盤，アスファルト舗装，ポーラス，塑性変形，透水係数，排水性，三軸試験，模型実験

1. 研究開始当初の背景

| (1) 近年，都市域における洪水対策やヒート

アイランド現象軽減のための一手段として、透水性舗装のようなポーラス積層地盤の適用が注目を浴びている。これは、従来の水を全く下層へ通さない舗装や基層面で側方排水させる排水性舗装とは違い、雨水や表面水が原地盤まで浸透していくことを許す舗装である。舗装にとっては厳しい環境条件が付加されることになり、これまで以上の損傷が車両交通の繰返し荷重によって引き起こされる可能性がある。

(2) ポーラス積層地盤（透水性舗装）の構造設計は経験的な方法で行われており、舗装・地盤材料や構成層の力学的特性を活かして合理的に設計されていないのが実情である。また、近年、半理論な構造設計法が奨励されつつあるが、ポーラス積層地盤の損傷メカニズムを十分に検討することなく従来の不透水な舗装の設計法を適用したものと言える。ポーラス積層地盤の構造を合理的に設計していくためには、各損傷モードの発生・進展過程を力学的に究明しそれらを記述する解析モデルの構築が急務である。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、損傷形態として累積塑性変形と透水性の低下に絞り、またポーラス積層地盤としてアスファルト固結層、未固結粒状層からなる三層系ポーラス構造を研究対象として、次項を明らかにすることが目的である。

(2) 要素力学試験からアスファルト固結層、未固結粒状層の要素レベルでの塑性変形挙動と透水特性を究明し、計器埋設した三層系ポーラス地盤模型を用いた載荷透水試験から層状構造体（システム）としての塑性変形挙動と透水性の低下メカニズムを究明する。得られた試験結果から、解析モデルを試案する。

3. 研究の方法

(1) ポーラス積層地盤模型を構成する材料を対象に要素力学試験を実施することによって、要素レベルでの塑性変形挙動および透水機能を把握する。具体的には、a 要素力学試験のための供試体条件および試験条件の設定、b アスファルト固化体および未固結粒状供試体の作製、c 要素力学試験装置の改良、d 予備試験の実施、e 本試験の実施、f 結果の整理と分析である。

(2) 多層システムとしての塑性変形挙動および透水機能の低下を把握するために、計器埋設した実際のポーラス積層地盤を模擬した地盤模型を用いて繰返し載荷透水試験を実施する。具体的には、a ポーラス積層地盤

模型の治具および作製手順の改良、b 載荷装置の改良、c 地盤模型の作製、d 予備試験の実施、e 本試験の実施、f 結果の整理と分析である。

(3) 上記(1)(2)の成果を取りまとめる。

4. 研究成果

(1) 現実的なポーラス積層地盤模型（ポーラスアスファルト混合物層、透水性瀝青安定処理混合物層、切込碎石層、豊浦標準砂層）を作製して移動輪載荷試験を実施した結果、走行回数の増加に伴いアスファルト混合物層の荷重分散力が低下し下層に作用する鉛直応力が増加することが分かった。この現象は路面温度の影響を強く受け路面温度が高いほど著しかった。また、わだち掘れの進行も同様であった。いずれの現象も散水の影響は非常に小さかった。さらに、透水機能の低下は移動輪走行位置のわだち部で著しいことを明らかにした。

(2) 道路用碎石および砂質路床土で実施し

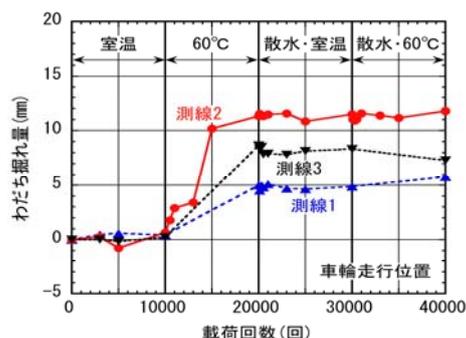


図1 わだち掘れと走行回数との関係

た繰返し三軸圧縮透水試験の結果から、累積塑性軸ひずみと載荷回数の関係および透水係数と載荷回数の関係がある程度把握できた。これに基づき、累積塑性ひずみを載荷応力と載荷回数で予測する式および透水係数

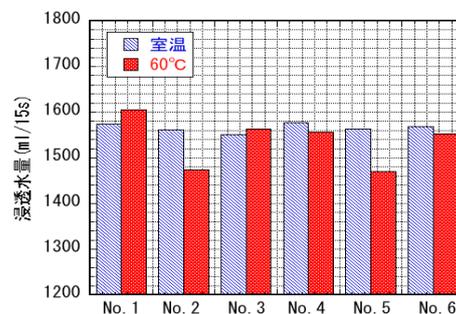


図2 車輪走行の有無による浸透水量の違い (Nos. 2&5 は車輪走行位置)

の低下を載荷回数で予測する式を提案した。

また、アスファルト固化体の力学・耐久特性を評価するために新たな試験方法を提案した。

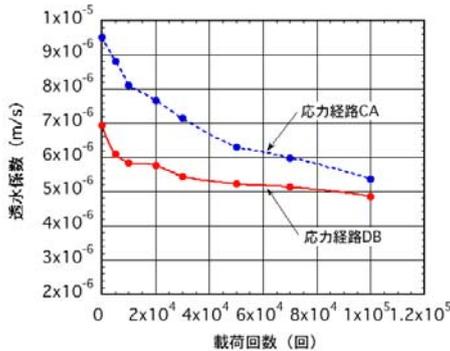


図3 透水係数と载荷回数との関係
(道路用碎石)

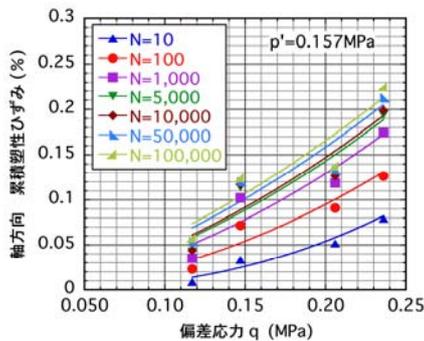


図4 累積塑性ひずみと偏差応力の関係
(未固結 HMS 路盤材)

(3) (1)で走行回数の増加に伴い累積塑性ひずみ(わだち掘れ)が増加することにより透水機能が低下することが明らかになり、(2)で提案した式によりわだち掘れ(累積塑性ひずみ)および透水係数の低下の予測解析が可能になると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計6件)

1. 吉田信之・上原孝義・飛ヶ谷明人・久利良夫・鎌田 修: 9種類のアスファルト混合物の耐流動性および剥離抵抗性などの比較評価, 神戸大学都市安全研究センター研究報告, 第17号, pp.10-17, 2013. 査読無.
2. Nobuyuki Yoshida・Atsushi Fuke・Ken Adachi: Interpretation and application of repeated torsional shear test on asphalt mixtures, Proceedings, 2nd

International Conference on Transportation Geotechnics, Vol.1, pp. 414-419, 2012. 査読有.

3. N. Yoshida: Resilient Poisson's ratio of hydraulic, graded iron and steel slag base-course material for pavement response analysis, Journal of the Japan Society of Civil Engineers, Ser.E1, Vol.67, pp.38-46, 2011. 査読有.
4. N. Yoshida and Y. Sugisako: Behavior of Model Asphalt Pavement Containing a Hydraulic, Graded Iron and Steel Slag Base-course under Repeated Plate-Loading, Journal of the Japan Society of Civil Engineers, Ser.E1, Vol.67, pp.47-52, 2011. 査読有.

[学会発表] (計20件)

1. 中村 渡・佐藤卓也・吉田信之: 繰返し三軸圧縮透水試験に基づく路盤材の累積塑性変形および透水係数の変化に関する一考察, 土木学会平成24年度関西支部年次学術講演会, 神戸高等専門学校, 2012.6.9.
2. 泓 敦大・上原孝義・吉田信之・飛ヶ谷明人・久利良夫・佐藤雄輔: 繰返しねじりせん断試験に基づく様々なアスファルト混合物の耐久性に関わる諸特性の評価の試み, 土木学会平成24年度関西支部年次学術講演会, 神戸高等専門学校, 2012.6.9.
3. 古谷 卓也・田中大樹・吉田信之: 水硬性粒度調整鉄鋼スラグ路盤層の疲労破壊を考慮したアスファルト舗装の構造設計法について, 土木学会第66回年次学術講演会, 愛媛大学 城北キャンパス, 2011.9.8.
4. 宮根正充・中村 渡・吉田信之: 繰返し三軸圧縮試験に基づく未固結粒状路盤材の塑性変形予測モデルについて, 土木学会第66回年次学術講演会, 愛媛大学 城北キャンパス, 2011.9.8.
5. 泓 敦大・小野さゆり・足立 健・吉田信之: 繰返しねじりせん断に伴う累積変形に基づくアスファルト混合物の耐久性評価の試み, 土木学会第65回年次学術講演会, 2010.9.2, 北海道大学 札幌キャンパス.

[産業財産権]

○取得状況 (計1件)

名称: アスファルト混合物の評価方法及び評価装置

発明者: 吉田信之

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特許第5051847号

取得年月日: 2012年8月3日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www2.kobe-u.ac.jp/~nyoshida/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 信之 (YOSHIDA NOBUYUKI)

神戸大学・自然科学系先端融合研究環都市
安全研究センター・准教授

研究者番号：20166961

(2) 研究分担者

無し

研究者番号：

(3) 連携研究者

無し

研究者番号：

(4) 研究協力者

足立 健 (神戸大学大学院工学研究科修士
課程学生：H22)

古谷 卓也 (神戸大学大学院工学研究科修
士課程学生：H22)

宮根 正充 (神戸大学大学院工学研究科修
士課程学生：H22)

田中 大樹 (神戸大学大学院工学研究科修
士課程学生：H23)

泓 敦大 (神戸大学大学院工学研究科修士
課程学生：H23)

中村 渡 (神戸大学大学院工学研究科修士
課程学生：H24)