

道路の耐久性向上に資する路床土の設計パラメータに関する研究

著者	若月 洋朗
学位名	博士（工学）
学位の種類	課程博士
報告番号	甲第468号
研究科・専攻	工学専攻
学位授与年月日	2021-03-23
URL	http://doi.org/10.15118/00010393

氏 名 若月 洋朗

学位論文題目 道路の耐久性向上に資する路床土の設計パラメータに関する研究

論文審査委員 主査 教授 木幡 行宏
教授 川村 志麻
准教授 菅田 紀之

論文内容の要旨

本研究は、道路の耐久性の向上に資するために、土質条件や気象条件、荷重条件を評価可能な路床土の設計パラメータを得る方法の提案を目指したものである。設計パラメータの検討対象は、「応力依存性」、「排水条件の影響」を考慮した変形係数であり、その評価および提案を行うために、複数の異なる地盤材料を用いた室内土質試験を実施した。

「舗装設計に地盤工学の研究成果を十分に反映させ、舗装下の有効応力状態の理解を深めるための更なる研究が、将来の舗装工学を改善させるための基礎となる可能性がある」との指摘 (Brown, S. F., 1996) を踏まえ、道路の耐久性向上を目指すためには、設計パラメータ取得の手段に精度の高い室内土質試験の適用が必要不可欠であると考えられる。そこで、本研究では、地盤工学会基準に定められている「繰返し三軸試験 (JGS0542-2009)」(以下 CTX 試験) および「ベンダーエレメント試験 (JGS0544-2011)」(以下 BE 試験) から得られるデータを用いるものとした。さらに、両試験の実施によって、変形係数 E の「応力依存性」と「排水条件の影響」を評価できることから、「ベンダーエレメント併用繰返し三軸試験 (以下 CTX-BE 試験と称す)」を新たに開発した。この試験により、ベンダーエレメントを取り付けた供試体で、排水条件を変えた CTX 試験の繰返し载荷中に、BE 試験を数回実施することによりせん断剛性率 G と平均有効主応力 σ_m' の関係を評価することができる。

試験に用いた地盤材料として、物理指標の異なる 8 種の試料を用いて CTX-BE 試験を行い、各試料の試験結果と既往の研究結果との比較により試験方法の妥当性を検証した。その後、得られたデータに基づいて、舗装設計に用いるための設計パラメータとなる非排水条件下の変形係数 E_u とポアソン比 ν_u および、排水条件下の変形係数 E_d とポアソン比 ν_d を求めた。さらに、 E_u および E_d について、平均有効主応力 σ_m' と間隙比関数 $f(e)$ をパラメータとした推定式を導いた。以上より、路床土の排水条件を考慮した舗装構造設計に必要な変形係数とポアソン比を設定するための新しい手法を提案した。

本研究は、近年の環境問題や様々な社会的要請を踏まえ、舗装構造設計における環境問題解決型研究と理論的舗装設計を連携させた取組みに位置づけられる。また、応力依存性と排水条件を考慮した路床土の設計パラメータとしての変形係数の設

定方法を提案した研究成果は、その連携に大いに寄与するものであると考えられる。

ABSTRACT

The purpose of this study is to propose a method for obtaining design parameters of subgrade soil that can evaluate soil conditions, meteorological conditions, and loading conditions in order to contribute to the durability of roads. The design parameters were examined for deformation modulus that considered "stress dependency" and "effects of drainage conditions", and soil testing were conducted using multiple different soil materials in order to evaluate and propose them.

"Further research to fully reflect the research results of soil engineering in pavement design and deepen the understanding of the effective stress state under pavement may be the basis for improving pavement engineering in the future." Based on the indication of (Brown, SF, 1996), it is indispensable to apply a highly accurate soil testing as a means of acquiring design parameters in order to improve the durability of the road. Therefore, the data of "Cyclic triaxial test (JGS0542-2009)" (hereinafter CTX test) and "Bender element test (JGS0544-2011)" (hereinafter BE test) specified in the Japanese Geotechnical Society standards are used in this study. Furthermore, since the "stress dependency" and "effect of drainage conditions" of the deformation modulus E can be evaluated by conducting both tests, the "Cyclic triaxial test combined with Bender element (hereinafter referred to as CTX-BE test)" is newly introduced. In this test, the BE test was performed several times during the CTX test in which the drainage conditions of the specimen with the bender element were changed, and the relationship between the shear modulus G and the mean effective stress σ_m' was evaluated.

The CTX-BE test was conducted using eight types of geomaterials with different physical indicators, and the validity of the test method was verified by comparing the trends of the data obtained from the test results of each sample with the results of previous studies. After that, based on the obtained data, the deformation modulus E_u and Poisson's ratio ν_u under undrained condition and the deformation modulus E_d and Poisson's ratio ν_d under drained condition, which are design parameters for use in pavement design, were discussed. Furthermore, for each of E_u and E_d , an estimation formula was derived with the mean effective stress σ_m' and the void ratio function $f(e)$ as parameters. Based on the above results, a new method for setting the deformation modulus and Poisson's ratio required for pavement structure design considering the drainage conditions of the subgrade soil was proposed.

Based on recent environmental problems and various social demands, this research is positioned as an initiative that links environmental problem-solving

research in pavement structure design with theoretical pavement design. The research results that proposed a method for setting the deformation modulus as a design parameter for subgrade soil in consideration of stress dependency and drainage conditions are considered to greatly contribute to the cooperation.

論文審査結果の要旨

本研究は、道路の耐久性の向上に資するために、土質条件や気象条件、荷重載荷条件を評価可能な路床土の設計パラメータを得る方法の提案を目指したものである。設計パラメータの検討対象は、「応力依存性」、「排水条件の影響」を考慮した変形係数であり、その評価および提案を行うために、複数の異なる地盤材料を用いた室内土質試験を実施した。

従来の研究では、「舗装設計に地盤工学の研究成果を十分に反映させ、舗装下の有効応力状態の理解を深めるための更なる研究が、将来の舗装工学を改善させるための基礎となる可能性がある」との報告があることから、道路の耐久性向上を目指すためには、設計パラメータ取得の手段に精度の高い室内土質試験の適用が必要不可欠であると考えられる。したがって、地盤工学会基準に定められている「繰返し三軸試験 (JGS0542-2009)」（以下、CTX試験）および「ベンダーエレメント試験 (JGS0544-2011)」（以下、BE試験）から得られるデータを用いて、両試験の実施により、変形係数 E の「応力依存性」と「排水条件の影響」を評価できると考えた。しかし、両試験を別々に異なる供試体で実施すると、データのばらつきの要因になる。そこで、本研究では、1つの供試体で両試験を実施することが可能な「ベンダーエレメント併用繰返し三軸試験 (以下、CTX-BE試験と称す)」を新たに開発した。この試験により、排水条件を変えたCTX試験の繰返し载荷中に、BE試験を数回実施することにより、せん断剛性率 G と平均有効主応力 σ'_m の関係の評価することが可能となる。本研究では、8種類の試料に対して一連のCTX-BE試験を行い、各試料の試験結果と既往の研究結果との比較により試験方法の妥当性を検証した。その後、得られたデータに基づいて、舗装設計に用いるための設計パラメータとなる非排水条件下での変形係数 E_u とポアソン比 ν_u および、排水条件下の変形係数 E_d とポアソン比 ν_d を求めた。さらに、 E_u および E_d について、 σ'_m と間隙比関数 $f(e)$ をパラメータとした推定式を導いた。その結果、せん断剛性率 G は σ'_m に強く依存し、地盤材料ごとに一義的な関係にあること、本研究の提案手法によれば、路床土に対応する低拘束圧域を含む幅広い応力域をカバーできること、飽和条件・圧密条件・排水条件を自由に設定することが可能であることから、路床・路盤の水浸時の変形挙動予測や排水条件下の変形係数の評価に対応した設計パラメータを把握することが可能であることが示された。なお、論文題目に関する修正意見が出され、「道路の耐久性向上に資する路床土の設計パラメータに関する研究」に修正することとした。

これらの成果から、本論文は道路の耐久性向上に資する路床土の設計パラメータに関する研究に大いに貢献するものである。よって、博士(工学)の学位を授与される資格

あるものと認める.