

一次元応力下における硬質発泡ウレタンの繰返し変形特性

宮崎大学	学生会員	○青木優作
宮崎大学	正会員	神山 惇
宮崎大学	正会員	末次大輔
宮崎大学	正会員	福林良典
鹿児島大学	正会員	審良善和

1. はじめに

近年、技術者不足や高額な維持管理費用のために、橋梁の維持管理の脆弱化が全国的な課題となっている。そのため、橋梁の老朽化対策および維持管理の効率化が望まれている。

本研究では、その解決策の一つとして軽量盛土材である発泡ウレタン（以降、ウレタン）を橋梁の桁下空間に充填し、老朽化橋梁を軽量盛土¹⁾として更新する工法の確立を目指す（図-1）²⁾。この場合、軽量のウレタン（ 36kg/m^3 ）で上部構造を支えるため、盛土はトップヘビー状態となり、地震時安定性の低下が懸念される。しかしながら、盛土の地震時安定性を評価するのに必要なウレタンの繰返し変形特性は明らかにされていない。そこで本研究では、繰返し一軸圧縮試験を行い一次元応力下におけるウレタンの繰返し変形特性を明らかにした。上載荷重、載荷周波数、供試体の形状が繰返し変形特性に及ぼす影響を検討した。

2. 繰返し一軸圧縮試験

(1) 供試体作製方法

本研究で用いたウレタンは、実際の軽量盛土工法で使用されている 2 液混合タイプの硬質ウレタンフォームである¹⁾。吹付け直後から発泡完了まで約 1 分程度である。約 10cm ごとに発泡させるため、盛土の内部にはウレタンの層が生じる。層の境界には、「スキン」と呼ばれる硬質な面が存在する。（写真-1）。本研究では 2 種類の供試体を作製した。1 つはウレタンを高さ 100mm まで連続して発砲させた供試体である。もう 1 つは、50mm まで発泡させたウレタンの上にさらに吹付け・発泡させたスキンを有する 2 層状の供試体である。写真-1 に示すようにスキンありの供試体には、その継ぎ目にウレタンの密度が低い部分が生じる。このスキンの有無がウレタンの繰返し変形特性に及ぼす影響を検討した。

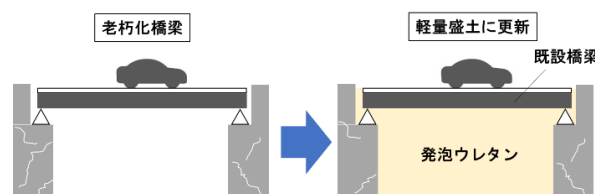


図-1 ウレタン充填による土工化の模式図

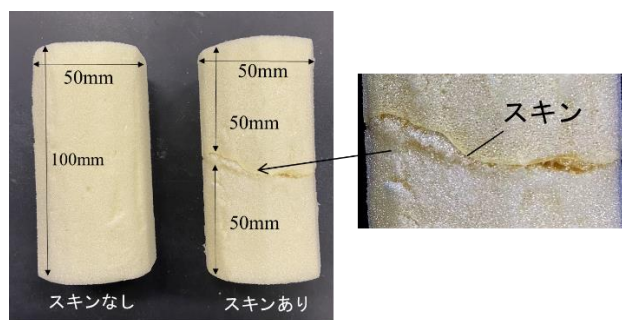


写真-1 ウレタン供試体

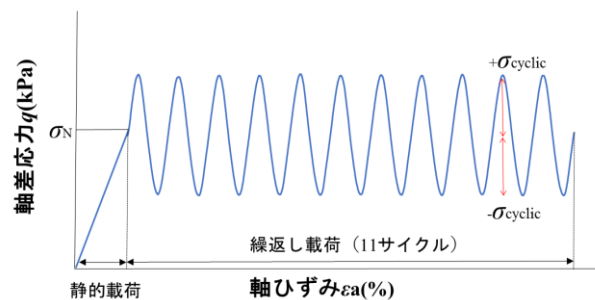


図-2 載荷過程における応力-ひずみ関係の模式図

(2) 試験方法

ウレタンを試験機に設置し、所定の上載荷重 σ_N を一時間載荷した。その後 σ_N 一定の下、所定の軸差応力 q の下で、正弦波形の繰返し荷重を 11 サイクル与えた（図-2）。 $\sigma_N=20, 30, 40, 50\text{kPa}$ であり、載荷周波数 $f=0.05\text{or}0.1\text{Hz}$ とした。軸方向変位はウレタンに貼り付けたヒンジと LDT により測定した。ウレタンは土質材料よりも軽量なので、側圧はゼロとした。

3. 試験結果と考察

図-3 に、初期等価ヤング率 E_0 と σ_N の関係を示す。図中には、スキンの有無および f の異なるデータを示している。スキンなしの場合は、 σ_N が増加しても E_0 はほぼ一定だが、スキンありの場合は、 σ_N の増加に伴い E_0 も増加している。この原因として、 σ_N が増加すると、スキンの隙間が埋まったためだと考える。また、スキンの有無によらず、いずれの σ_N の下においても f の違いが E_0 に与える影響は小さい。図-4(a), (b) に、等価せん断剛性率 G_{eq} を初期せん断剛性率 G_0 で正規化した G_{eq}/G_0 と片振幅せん断ひずみ γ_{SA} との関係を示す。その際、ウレタンのポアソン比は 0.05 とした。図-4(a) のスキンなしの場合は、 σ_N および f の違いに関係なく、 γ_{SA} が増加しても G_{eq}/G_0 に大きな変化はみられない。一方、図-4(b) スキンありの場合は、 $\gamma_{SA}=0.02$ 以降、 G_{eq}/G_0 は減少する。図-5 に、 $\sigma_N=30\text{kPa}$ の下における履歴減衰率 h と γ_{SA} の関係を示す。 γ_{SA} が増加すると h は減少する。また、スキンなしよりスキンありの方が、 h は小さくなる。これは、スキンがあるとその部分だけでエネルギーが減衰するためと考えられる。さらに、 f が大きくなると h も大きくなる。

4. まとめ

本研究から得られた知見を以下に示す。

- (1) σ_N が増加すると、スキンなしの E_0 は変化しないが、スキンありの E_0 は増加する。
- (2) スキンなしの場合は、 γ_{SA} が増加しても G_{eq}/G_0 にほとんど変化はない。スキンありの場合は、 $\gamma_{SA}=0.02$ 以降、 G_{eq}/G_0 は減少する。
- (3) γ_{SA} が増加すると h は減少する。スキンなしよりスキンありの方が、 h は小さくなる。 f が大きくなると h も大きくなる。

謝辞 本研究は、宮崎大学横田漢名誉教授、鹿児島大学北村良介名誉教授をはじめとするRBH技術研究会に多大なご協力を戴いた。関係者各位に感謝を表します。

参考文献

- 1) 土木技術センター：現場発泡ウレタン超軽量盛土設計・施工マニュアル，2008。
- 2) 村上遼，神山惇，福林良典，審良善和，吉田茂雄：老朽化橋梁から軽量盛土への更新技術の確立に向けた取り組み，第54回地盤工学研究発表会，pp.1519-1520，2019。

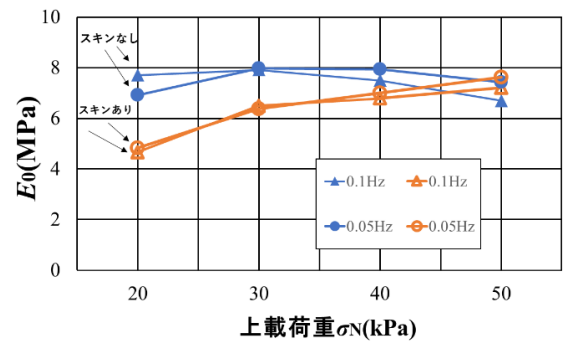
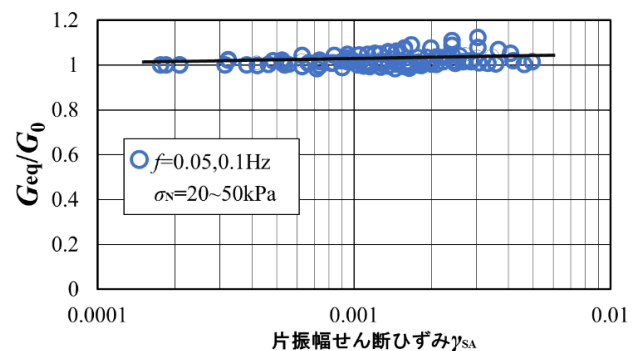
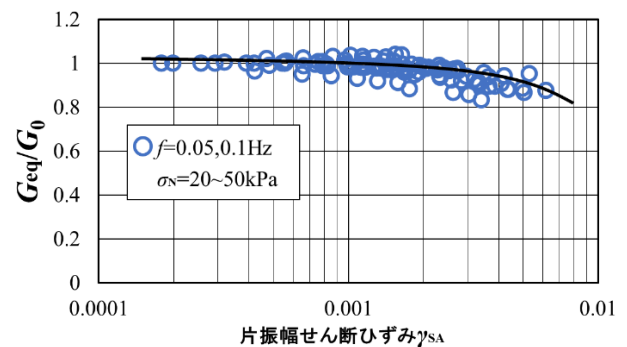


図-3 E_0 と σ_N の関係



(a) スキンなし



(b) スキンあり

図-4 G_{eq}/G_0 と γ_{SA} の関係

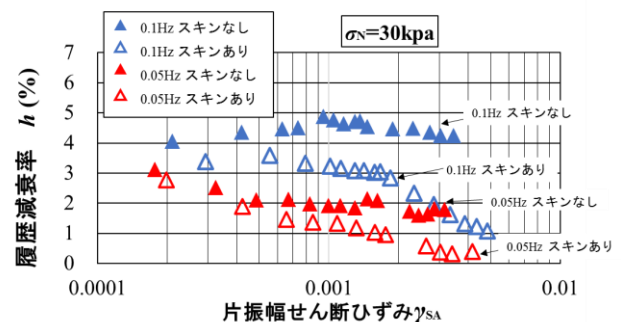


図-5 h と γ_{SA} の関係