

繰返し一面せん断試験による模型タイヤを用いた構造体の挙動の検討

九州大学大学院 学 ○鈴木 衛

九州大学大学院 正 ハザリカ・ヘマンタ 正 安福規之 正 石藏良平

高知大学 正 原 忠 正 栗林健太郎 ニュージェック 正 竹澤請一郎

防災科学技術研究所 正 大角恒雄 技研製作所 正 古市秀雄 エイト日本技術開発 正 黒田修一

1. はじめに

2011年に起きた東北地方太平洋沖地震ではその強い揺れや津波により、多くの海岸保全施設や盛土構造物に甚大な被害が生じた¹⁾。一方、岩手県大船渡市越喜来地区の廃タイヤで被覆された盛土構造物（図1）は、津波の押し波による被害や、7回にも及び引き波による法尻地盤の洗掘による破壊が一切見られなかった。これを受け、このタイヤ擁壁の健全性を定量的に評価するため、表面波探査や簡易貫入試験といった現地調査が過去複数回にわたって行われており、室内実験も実施されている²⁾。

定量的評価の一環として地震時のすべり抵抗の算定が挙げられる。この構造では盛土が地震時にすべり破壊を起こす時、法面補強部のタイヤ擁壁のせん断によって抵抗する。せん断抵抗は擁壁のタイヤ同士間のせん断と、擁壁最下部と法尻地盤間のせん断が想定され、両者とも一面せん断状態であると考えられる。しかし、中詰を有するようなタイヤのせん断特性を求めた事例はない。本研究では、これまでに模型タイヤを用いた定圧一面せん断試験を行い、タイヤと地盤の複合体のせん断特性を検討してきた。

本文では地震時を想定した繰返し一面せん断試験を行い、強度発現および損失エネルギーについて検討した結果を記す。

2. 繰返し定圧一面せん断試験

2.1 試験概要

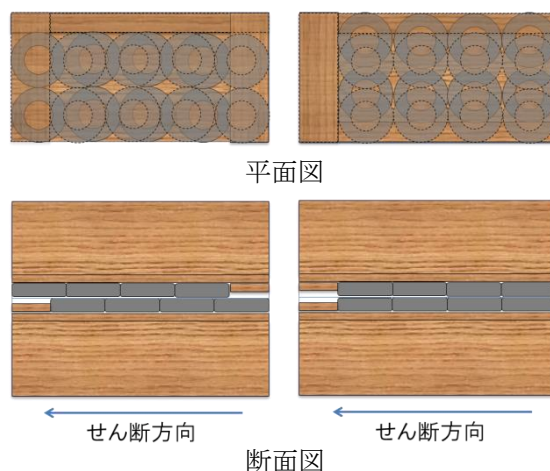
試験に用いた一面せん断試験機の上下せん断箱の寸法はそれぞれ $W200 \times L400 \times D150$ (mm)であり、従来の一面せん断試験機より大きい構造体の作成が可能であるため、現地で見られたような多くの模型タイヤを並べて試験することが可能である³⁾。実際の構造物はタイヤの中空に中詰土を有するが、本試験は大まかな傾向を把握することを目的とし、簡易的に中空状態のままの模型タイヤを用いた構造体でせん断を行った。拘束圧は中空タイヤが潰れない程度の 10 kPa の定圧で統一した。今回は残留強度を求める試験ではないため応力制御とし、制御するせん断応力は既往の研究³⁾から見込める 10 kPa (応力比 $\tau/\sigma = 1.00$) および 7.5 kPa (応力比 $\tau/\sigma = 0.75$) とした。また、タイヤ同士の接する程度による違いを検討するために、図2に示すような配置 a および配置 b で各応力比のもと実験を行った。各配置とも上せん断箱を破線かつ半透明で表している。繰返し荷重の周期は長周期振動波を想定した 0.01 Hz とし、 $\sin$ 波で制御した。繰返し回数は挙動が安定する 20 回とした。

2.2 実験結果

図3に各ケースの水平変位-せん断応力関係を示す。4 ケースとも水平変位 0 mm に対称になるような一般的な土の繰返し一面せん断試験の結果に見られるような強度発現は見られない。これはタイヤがせん断箱一面に敷き詰められていない本試験の特徴による傾向であると考えられる。配置 a については変位の変化に伴い応力が滑らかに変



図1 岩手県越喜来のタイヤ擁壁(被災後)



(a) 配置 a

(b) 配置 b

図2 せん断箱内の構造体の配置

化し、制御するせん断応力に達しているが、配置 b については制御するせん断応力付近で急激に変化している。これは配置によるタイヤ同士の接面積の変化量によると考えられる。タイヤ同士は接面積によってせん断強度発現が左右されるという既往の研究結果³⁾がこの傾向からも推察できる。素材的に摩擦力の大きいタイヤ同士が十分に接すればその分せん断強度は発揮され、小さければ十分に発揮されない。すなわち、配置 a ではタイヤの接面積の変化量は全体的に滑らかで、配置 b では水平変位 12~13 mm にかけての接面積の変化量が大きいということが推察される。しかし、タイヤ表面の文字などの突起物によってもせん断力に不規則な変化が生じると考えられるため、構造体に工夫を施す必要がある。

図4に繰返し回数による正規化損失エネルギーの推移を示す。損失エネルギーは図3の履歴曲線の面積を算出し、それを各拘束圧で除す。さらに水平変位をタイヤ高さ 21 mm で除したせん断ひずみで整理することで無次元化を行った。繰返し回数 1 回目は強度発現に必要な接面積に至るまでの過程であると仮定することで除外し、繰返し回数 2 回目から 20 回目までを対象に算出した。4 ケースのうち 3 ケースで吸収エネルギーが終始均一な値を示した。これは図3の繰返し回数に依らずループの形があまり変形しないことから明らかである。すなわち今回の試験では上下せん断箱にタイヤを設置しており、タイヤ自体が砂のような乱れる試料ではないため、ループの形が変形しなかったのではないかと推察される。応力比およびタイヤの配置の違いに依ってもあまり差はなく 0.3 以上を保ち、一般的な土に比べると損失エネルギーが大きいことが分かった。

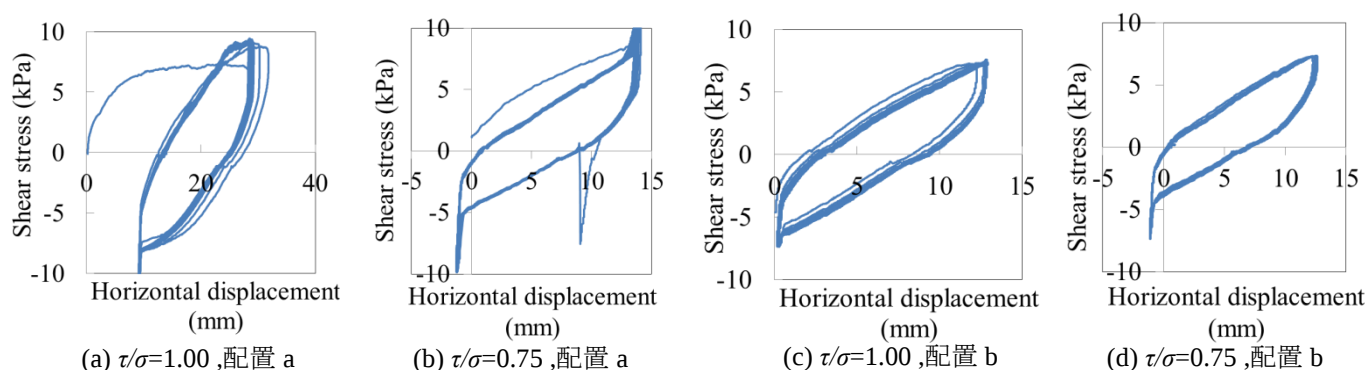


図3 水平変位-せん断応力関係

3. まとめ

模型タイヤ構造体同士の繰返し一面せん断試験を行った。タイヤは土とは異なり乱れない試料であるため、履歴曲線の形は推移しなかった。そのため正規化損失エネルギーも繰返し回数に依って推移せずしなかった。各試験条件で正規化損失エネルギーは 0.3 を超え、一般的な土よりも大きな値を示した。

今回は簡易的に中空のタイヤを用いたが、現場のタイヤ被覆擁壁を想定して、中詰土を充填したタイヤでの繰返し一面せん断試験を実施する予定である。中詰土を充填することでフープテンション効果により大きな拘束圧の条件でも試験を行うことが可能である。また、下せん断箱に土を充填し、タイヤと土の繰返し一面せん断試験も実施する。

参考文献

- (1)山中稔・原 忠・Hazarika Hemanta・大角恒雄・古市秀雄・上野舞子・山崎友治・岡田博之：東北地方太平洋沖地震における津波越流に対する土構造物の安定性，日本地震工学会論文集の特集号「2011 年東日本大震災（その 2）」，pp.89-101, 2012. (2)平湯希望・Hazarika Hemanta・Kiran Hari Pradhan・安福規之・石蔵良平：廃タイヤを用いた津波外力による棒要諦被害低減に関する基礎的研究，土木学会西部支部研究発表会，pp.357-358, 2014. (3)鈴木衛・ハザリカ・ヘマンタ・原 忠・黒田修一・栗林健太郎・古市秀雄・大角恒雄：津波外力に耐えたタイヤ被覆盛土の強度特性の検討，第 11 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp.243-246, 2015

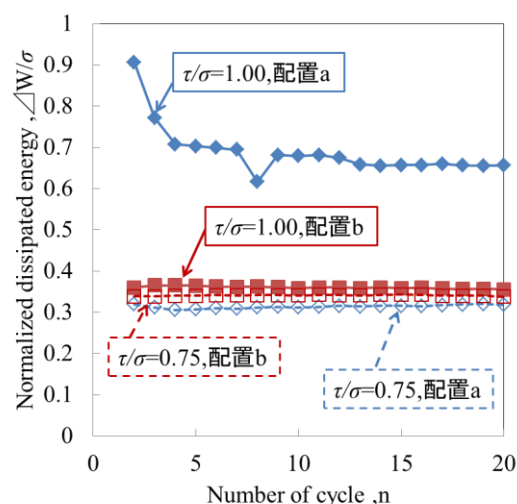


図4 正規化損失エネルギーの推移