

津波外力に対するタイヤ構造体の衝撃低減効果に関する研究

九州大学 学 ○衛藤一平 九州大学大学院 正 Hazarika Hemanta 正 安福規之 正 石藏良平 非 福本康秀
長崎大学大学院 正 大嶺聖

1. はじめに

近い将来発生が予測されている東海・東南海・南海大地震,首都直下型地震に代表される,地震による複合被害を軽減することは緊急に対応すべき課題である.2011年3月11日,東北地方太平洋沖地震において,海岸防潮堤は大型の津波による堤体の破壊,洗掘などの甚大な被害にあった¹⁾.これらの現象に対し有効な防潮堤の補強技術を開発する事が本研究の目的である.一般的な盛り土式の防潮堤が破壊するまでの流れは次のように推定する.まず地震が起き津波が発生する.次に津波が防潮堤に衝突して高く跳ね上がり,防潮堤の背後法面・背後地盤に落水する.この落水の衝撃力により盛り土の表面を覆っている被覆コンクリートが破壊,破損する.その後,防潮堤を越流する射流が破壊・破損した被覆コンクリートや中詰土を流出させる.この後引き波の外力により防潮堤がせん断破壊する.本研究では,上記の津波外力に抵抗するために,防潮堤の堤内側に廃タイヤ構造体(Fig.1)を設置することを検討する.廃タイヤ構造体は衝撃力に強いという実例から²⁾,落水衝撃力,引き波衝撃力の低減効果が期待できる.本研究ではこのうち,落水衝撃力の低減効果を検証することを目的とする.

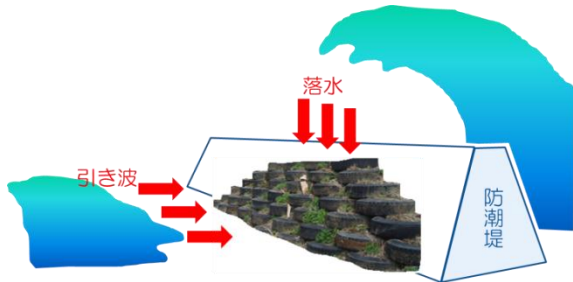


Fig.1 廃タイヤ構造体イメージ

2. 実験概要

上記に記した落水衝撃力の低減効果を検証するため,模型用タイヤ (Fig.2)に乾燥豊浦砂を中詰したもの(以下中詰タイヤ)を用いて下記の2つについて検証する.

- (1) 鉛直方向落下に対する衝撃力低減効果
- (2) 越流水の落水に対する衝撃力低減効果

衝撃力の定義式 $F=mv/\Delta t$ より,衝撃力は Δt に依存することが分かる. Δt はFが働く時間であるから,物体の変形係数と相関があるということが推定できる(例えば,変形係数が小さいほど,衝突時の変形量が大きく, Δt が大きくなる).本研究では,タイヤの中詰土の相対密度 $Dr(\%)$ の違いが変形係数の変化を表すと考えた.そこで中詰土を相対密度 Dr によっていくつかパターン分けし,

それぞれの鉛直方向の変形係数を1.静的荷重,2.動的荷重に対して求める.その後落下衝撃試験,落水衝撃試験を行い,各相対密度 Dr による静的,動的の変形係数の違いが,(1).(2)の衝撃力低減効果にどのように結びつくのかを検証する.

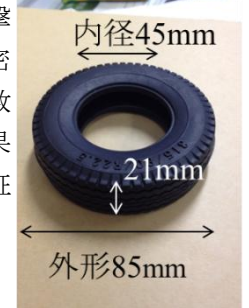


Fig.2 模型用タイヤ

3. 実験方法

3.1 静的荷重に対する変形係数

一軸圧縮試験器を用いて静的荷重に対する中詰タイヤの(変形係数)=(応力)/(ひずみ)を求める.中詰土を,中空(中詰土無), $Dr=60\%$, $Dr=70\%$ にパターン分けして行った結果をFig.3に示す.中詰土は乾燥豊浦砂とした.

3.2 動的荷重に対する変形係数

重錘の落下に対する中詰タイヤの変形係数を求める.重錘の落下の再現には FWD 試験器(Fig.4)を用いる.FWD 試験器は電磁石の電源スイッチで重錘を落下させるため,落下の再現性が高い.この機器には加速度計,荷重計が付いており,重錘を受けるばねの加速度と,荷重を測定する.加速度は二階積分で変位に直すことができる.これより応力とひずみを算出し,(変形係数)=(応力のピーク値)/(ひずみのピーク値)を求める.

3.3 落下衝撃試験

FWD 試験器と表面に圧力計を取り付けたテーブルを用いる(Fig.5).3.2と同様に重錘を落下させ,中詰タイヤを介した衝撃圧を測定する.3.1,3.2の実験結果と比較し,動的・静的変形係数が鉛直方向衝撃圧低減にどのように影響するかを検証する.

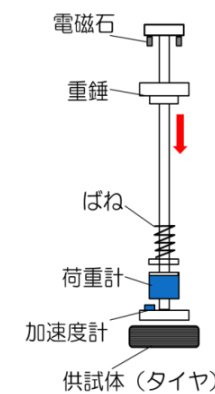


Fig.4 FWD装置

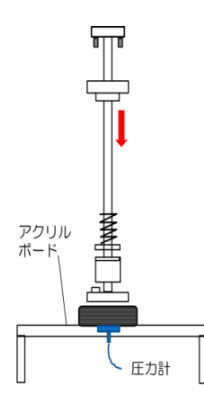


Fig.5 FWD装置と圧力計テーブル

3.4 越流水の落水衝撃試験

越流再現用の土槽,防潮堤模型,土詰タイヤ,圧力計

ーブルを用いる。土槽(縦 100mm,横 120mm,幅 30mm) (Fig.6)内で越流を再現する。具体的には,防潮堤模型の上にゲートを作り,水を溜めてゲートを開放することにより越流現象を再現する。防潮堤模型の背面に実験 3.3 で用いた圧力計テーブルを設置し,その上に土詰めタイヤを並べる。ゲートを開放して越流を起こし,タイヤを介した越流落水による衝撃圧を測定する。

3.1 と 3.2 で求めた変形係数がの違いが,越流落水による衝撃圧低減にどのような効果をもたらすかを検討する。

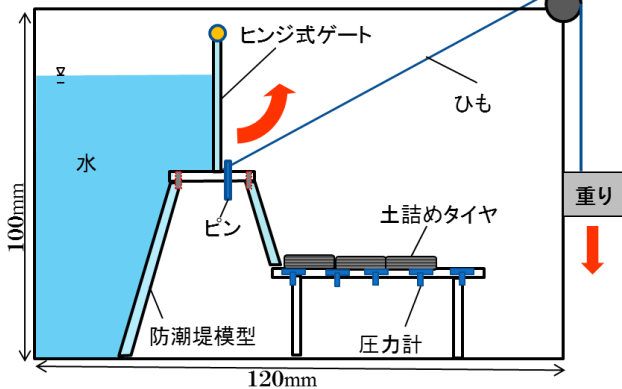


Fig.6 越流土槽

4. 結果と考察

4.1 圧縮試験

圧縮試験の結果は Fig.3 の通りである。すべて非線形の単調増加曲線を描き,ピーク値は取らなかった。また,Dr=60%,Dr=70%については傾きも単調増加をしている。これは,圧縮された中詰土がタイヤを押し広げようとし,タイヤのフープテンションにより強い拘束圧がかかることに起因していると考えられる。ここで,衝撃力の低減は中詰土が硬化する前の領域で行われると考え,ひずみが 5%から 10%までの変形係数(=応力/ひずみ)の平均値を静的変形係数 E_0 (kN/m²)と定義する(Fig.7)。

E_0 を比較した結果を Table1 に示す。これより,静的変形係数 E_0 は中空<Dr=60%<Dr=70%となることが示された。

Table1 変形係数の比較

	中空	Dr=60%	Dr=70%
E_0 (kN/m ²)	2.61	3.59	8.82

4.2 越流水の落水衝撃試験に用いる土槽制作

本実験では越流現象を再現するための土槽(Fig.)の制作から取り組んだ。その際重要となるのは越流の再現性である。毎回同じ越流を再現できるようにするために工夫をほどこした。まず,防潮堤と土槽壁面の隙間から漏水するのを防ぐため,防潮堤を土槽に一体化させた。次に,ゲートをヒンジ開閉式にした。ゲートは糸で滑車を介して重りにつながれている。ゲートは防潮堤模型の天板にピンで固定されており,ピンを外すことでゲートを開放する。これにより開放の際手動で行うのはピンを外す事

のみとなるので,越流の再現性がある程度高まると期待される。

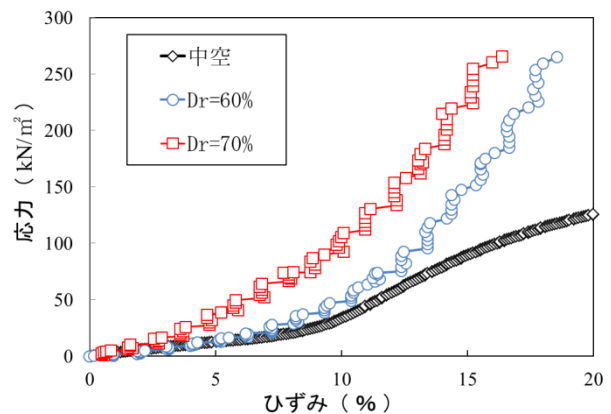


Fig.3 応力 - ひずみ関係

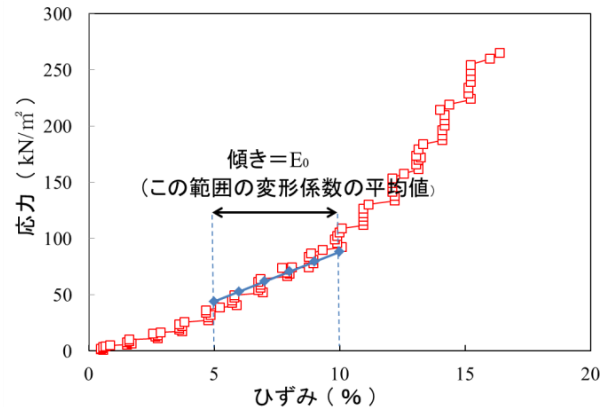


Fig.7 変形係数 E_0

5. まとめ

圧縮試験により,中詰土の相対密度 Dr が大きいほど静的変形係数 E_0 も大きくなるということが確認された。これにより,変形係数の違いを相対密度 Dr で表現できることが検証された。今後動の変形係数を求める実験を行い,静的・動の変形係数と衝撃力の低減効果との相関を検証する予定である。

越流水の落水衝撃試験については,まず越流の再現性を確認するために検定を行わなければならない。それに応じ,今後再現性を高める工夫を加えていく。

6. 謝辞

本研究は九州大学教育研究プログラム・研究拠点プロジェクト(P&P)の助成金により実施された。ここに深甚の謝意を表す。

7. 参考文献

- 1) Hazarika, H.: Historic tsunami and associated compound disaster triggered by the 2011 great east Japan earthquake - A reconnaissance report, Keynote Paper, *Geosynthetics India' 2011*, Chennai, India, pp. KN57 - KN75, 2011.
- 2) 山中 稔,原 忠,ハザリカ ヘマンタ,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.