

防潮堤越流外力に対するホールタイヤを用いた土構造物の有効性の検討

九州大学 学 ○Kiran Hari Pradhan 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. 目的

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最終目標である．本研究では，津波外力に抵抗するために，防潮堤の堤内側に柔軟性を持つ廃タイヤ構造体(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．本研究ではこの内，廃タイヤ構造体を用いた落水衝撃力の低減効果を検証することを目的とする．

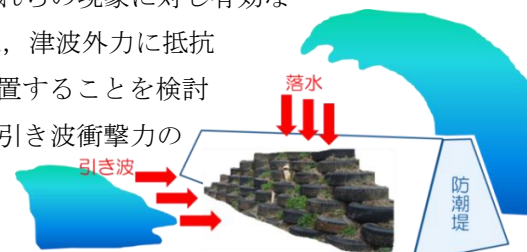


Fig.1 廃タイヤ構造体イメージ

2. 内容

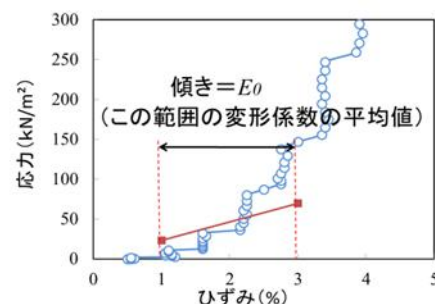
上述した落水衝撃力の低減効果を検証するため，模型用タイヤ (Fig.2)に乾燥豊浦砂を中詰したもの(以下中詰タイヤ)を用いて (1) 鉛直方向落下に対する衝撃力低減効果，(2) 越流水の落水に対する衝撃力低減効果について検証する．衝撃力の定義式 $F=mv/\Delta t$ より，衝撃力は Δt に依存すると考えられる． Δt は F が働く時間であるから，物体の変形係数と相関があると考えられる．本実験では，変形係数の違う供試体を考えるため中詰無(中空)，中詰タイヤ(相対密度 $Dr=60\%$ ， $Dr=70\%$)，アクリル供試体(厚さ 20mm)に対して実験を行った．アクリル供試体は，変形係数の大きな物体の代表として用いた．各供試体の鉛直方向の静的および動的荷重に対する変形係数を定義し，実験により求めた．その後，落下衝撃試験，落水衝撃試験を行い，静的及び動的荷重に対する変形係数の違いと，(1)及び(2)の衝撃力低減効果の関連性について検討した．



Fig.2 模型用タイヤ

2-1 静的荷重に対する変形係数

静的荷重に対する供試体の変形係数を一軸圧縮試験により求めた．中詰土は乾燥豊浦砂とした．後述の動的荷重による変形係数を求める試験の結果では，衝撃荷重が働いた時のひずみは最大でも 3%未満だった．そこでここでは，ひずみが 1%から 3%の変形係数の平均値を静的変形係数

Fig.3 静的変形係数 E_0 の求め方

$E_0(\text{kN/m}^2)$ と定義する(Fig.3)．各供試体の結果を Table1 に示す．静的変形係数 E_0 は中詰無，中詰タイヤ($Dr=60\%$)，中詰タイヤ($Dr=70\%$)，アクリルの順に大きくなった．

Table1 静的変形係数 E_0 の比較

静的変形係数 E_0 (kN/m ²)	中空	Dr=60%	Dr=70%	アクリル
	134	471	827	2322

2-2 動的荷重に対する変形係数

重錘の鉛直落下衝撃力に対する中詰タイヤの変形係数を求めた．重錘の落下の再現には FWD 試験装置(Fig.4)を用いた．FWD 試験装置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，荷重計が設置されており，ばねを介して供試体に作用する加速度と荷重を測定できる．加速度は二階積分で変位に直すことができる．これより供試体に作用する応力のピーク値とその時のひずみ(変位/供試体高さ)を算出する．試験は各供試体に対して 10 回行う．10 回の平均で求めた平均的な応力のピークをひずみで除した値を変形係数 K' と定義する．各供試体に対する変形係数 K' の値を Table2 に示す． K' 値の大きさは中詰無，中詰タイヤ($Dr=60\%$)，中詰タイヤ($Dr=70\%$)，アクリルの順に大きくなり，動的荷重に対する変形係数も静的荷重に対するもの

キーワード：タイヤ 防潮堤 津波 洗掘

連絡先：福岡県福岡市元岡 744 九州大学伊都キャンパスウエスト 2 号館 1108 - 2 TEL：092-802-7805

と同様の傾向を示した。ただし、中詰土の変形係数は他と比べて明らかに小さな値となった。

2-3 落下衝撃試験

FWD 試験装置と荷重計を取り付けたテーブルを用いる(Fig.5)。2-2 と同様に重錘を落下させ、供試体を介した衝撃力を測定した。2-2、2-3 の変形係数と比較し、静的及び動の変形係数が鉛直方向衝撃力低減に与える影響を検証した。衝撃力の経時変化は Fig.6 に示す。中詰タイヤ(Dr=60%)、中詰タイヤ(Dr=70%)、アクリルは、緩衝材を介さない供試体無と比較して小さな値を示し、衝撃力低減効果が示された。

しかしながら、供試体の変形係数の違いと衝撃力低減効果との相関を見ることはできなかった。

2-4 越流落水衝撃試験

越流試験用の土槽(縦 1000mm, 横 1200mm, 幅 300mm)(Fig.7)内で防潮堤越流を再現し、供試体を介した越流水による衝撃力を測定する。土槽内には防潮堤模型があり、土槽と一体化している。この防潮堤模型の上にはヒンジ式ゲートがあり、防潮堤前面(Fig.7 の左側)に水を溜め、ゲートを開放することにより越流現象を再現する。2-1、2-2 で求めた変形係数の違いが、越流落水による衝撃圧低減に与える効果を検証した。Fig.8 及び Table3 に試験結果を示す。堤内に作用する衝撃力は中詰タイヤ(Dr=70%)及び中空、中詰タイヤ(Dr=60%)、アクリル、供試体無の順に大きくなった。緩衝材を介さない供試体無の場合が突出して大きな値となり、各供試体に衝撃力低減効果が確認された。また、アクリルに比べて中詰タイヤの方が衝撃力低減効果を示した。

3. 結論

圧縮試験と FWD 試験により、静的及び動的荷重に対する変形係数の異なる供試体を選定していることが示された。落下衝撃試験では中詰タイヤの衝撃力低減効果は見られたものの、変形係数との相関性を見出すことはできなかった。越流落水試験では、中詰タイヤは衝撃力低減効果を示し、さらにアクリル供試体よりも衝撃力を低減した。しかし、中詰タイヤと中空タイヤとの間に大きな差がなかったことから、越流衝撃力についても変形係数に依存するとは言いきれない結果となった。今回の実験では、中詰タイヤの衝撃力低減効果を示すことができた。しかし、中詰タイヤのどのような性質が衝撃力低減に結びつくのかを明らかにするには至らなかった。その原因の一つとして、供試体の厚さが薄かったことが考えられる。変形係数の影響を明らかにするために、今後供試体を厚くする等し、変形係数を反映しやすくする工夫が必要であると考えられる。

4. 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 ヘマント, 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.

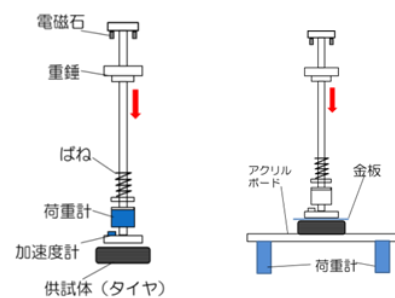


Fig.4 動的変形係数を求める FWD 試験 Fig.5 落下衝撃試験の概要

Table2 動の変形係数 K' の比較

動の変形係数 K' (kN/m ²)	中空	Dr=60%	Dr=70%	アクリル
	926	3419	3777	4026

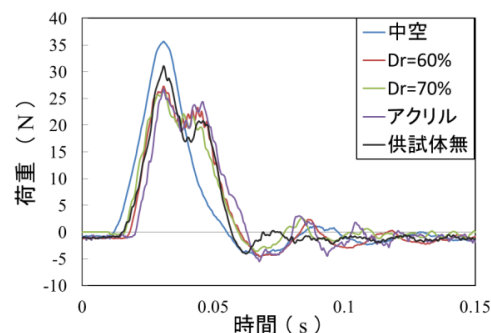


Fig.6 落下衝撃力の経時変化

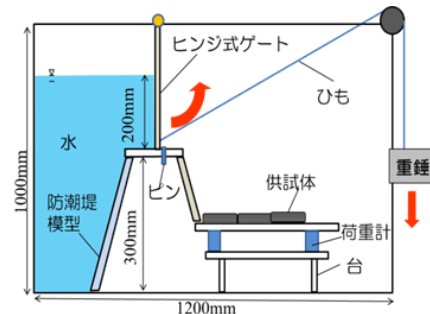


Fig.7 越流土槽

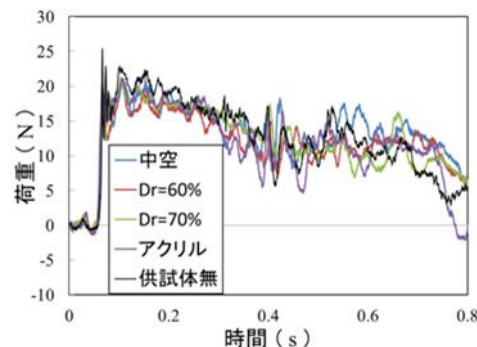


Fig.8 越流落水衝撃力の経時変化

Table3 越流落水衝撃力のピーク値

	中空	Dr=60%	Dr=70%	アクリル	供試体無
越流衝撃力ピーク値(N)	21.00	21.13	21.00	21.88	25.38