

エアバッグによる衝撃揚圧力の低減効果に関する水理実験

大成建設株式会社 技術センター

正会員 ○小俣 哲平

フェロー会員 伊藤 一教

1. 目的

栈橋の床板など、天井構造を有する構造物では、津波や波浪に伴う水位上昇によって衝撃的な揚圧力が働き、これにより損傷する場合がある。その対策として、図1のような底面に穴を空けた簡易なエアバック装置を考案し、水理模型実験および数値解析により、その効果を検討した。すでに小型模型実験¹⁾を実施済みであり、ここでは実物大模型による結果を示す。

2. 数値実験

実験に先立ち、基布の違いや形状変形による衝撃力低減効果への影響を確認するため、数値実験を行った。数値解析には日本 ESI (株) が保有する衝突解析ソフト Virtual Performance Solution 内のエアバックモデルを用いた。図1に数値解析におけるモデル図を示す。装置上部の重りは重さ 700kg とし、エアバックは 1×1×1m の立方体とした。基布の物性は、既往の小型模型実験結果を再現できるように基布自体からの空気透過量やヤング率を調整した質量密度 1.38g/cm³、ヤング率 0.32GPa の実験基布ケースと、一般的な製品エアバックの物性である、質量密度 0.75g/cm³、ヤング率 0.715GPa としたケースの2種類を設定した。基布の厚さは 0.125mm とし、製品エアバックは 0.3mm についても検討した。ポアソン比はともに 0.3 とした。基布自体からの空気透過量は、圧力下の単位面積、単位時間当たりの流出量をそれぞれ図2のように設定した。ここでは、固定床への衝突を対象とし、1m/s の初期速度をエアバックと重りに設定することで落下を再現した。さらに、実機設置の際は、基布のくせや依れ等による形状変形が想定されるため、エアバックに初期応力をかけ、図1に示すような1辺が 0.9m のくびれを設けたケースもそれぞれの基布において解析した。

図3に数値解析による圧力の解析結果を示す。同図より、製品エアバックの方が発生した圧力のピーク値が高くなっており、基布変更による剛性の増加および、基布からの空気透過量の減少によって圧力ピーク値が上昇することが確認できた。さらに、製品エアバックについては、基布が厚く剛性を高くすると、圧力のピーク値が高くなることを確認できた。また、形状変形があるケースでは圧力のピーク値が若干上昇している。これは、形状変形により、衝撃作用時にエアバック内に存在する空気量が減少し、衝撃力低減効果が減少したためと考えられる。

3. 実物大模型実験

実験条件は、数値実験での基布の違いによる衝撃力低減傾向を考慮し設定した。エアバックには、調達容易性の点から図4に示した、一般的な円筒型土のう袋を加工したエアバック（以下通常型と称する）と、基布の剛性が高い耐候性大型土のう袋を加工したエアバック（以下耐候型と称する）の2種類を使用した。いずれも

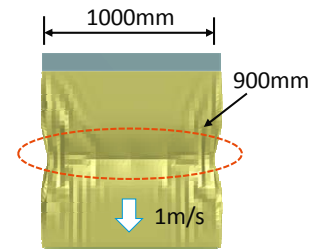


図1 数値実験モデル

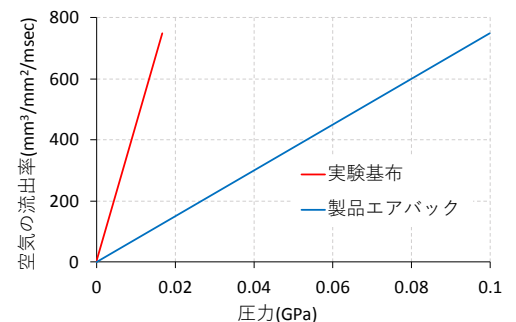


図2 基布からの空気透過量の設定

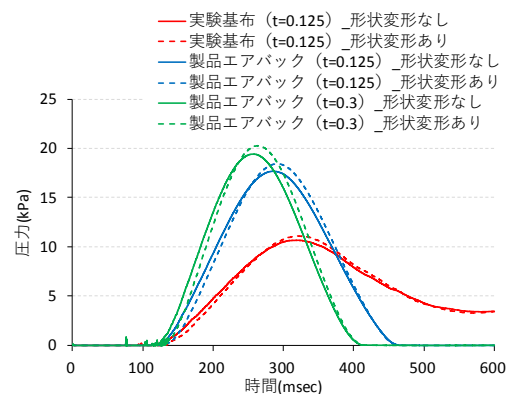


図3 数値実験結果

キーワード 揚圧力, エアバック, 模型実験, 数値解析

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 TEL045-814-7234

直径は 1100mm であり、高さは通常型の 1000mm に対し、耐候型は 1100mm と 100mm 高いが、ぶら下げた際は基布の剛性の影響から通常型と同程度の長さであった。底面には中心に直径 200mm の穴を空けたビニール製シートを張った。実験模型の概要を図 5 に示す。実験は水位上昇による構造物底面への揚圧力の発生を、約 100kg の鉄板による重り付き模型を水面へ落下させることで模擬し、落下時に生じる作用力および加速度を計測した。落下は鉄板上部に取り付けた電磁石を切り離すことにより行い、落下高さ h を 50mm から 275mm の間で変化させた。実験は 2 種類の基布を使ったケースの他、鉄板のみの落下ケースも実施した。鉄板のみのケースではアルミ板と水面との距離を落下高さ h とした。なお、実験は同条件で複数回繰り返した。図 6 に、作用力の実験結果の例(落下高さ $h=275\text{mm}$)を示す。同図に示した値は、実験で得られたデータに約 100Hz の移動平均処理を施したものである。同図より、鉄板のみのケースに生じる衝撃力のピーク値が、耐候型、通常型エアバックではそれぞれ、25%および 15%程度まで低減しており、エアバックによる低減効果が確認できる。耐候型、通常型のケースでは、力の作用時間が鉄板のみのケースよりも長くなり、衝撃力のピーク値が減少したと考えられる。図 7 は、それぞれのケースにおける衝撃力の最大値を落下高さ毎にプロットしたものである。容積が大きく空気量が多いと考えられる耐候性エアバックよりも、通常型エアバックの方が衝撃力の低減効果大きい。これは、通常型エアバックの方が基布が柔らかく、圧縮時に基布自体から漏れる空気の透過量が多いことが要因と予想されるが、特定にはさらに検討が必要である。

次に、衝撃時の排気も衝撃力低減には有効であると考え、通常型エアバック側面に 100mm の十字の切り込みを入れる付加加工(図 4 左図参照)を 2 箇所施し、排気量を多くしたケースの実験を行った。結果を図 8 に示す。加工を施すことで衝撃力が平均 10%程度減少している。切り込み穴により、衝撃力作用時のエアバック内空気の排気が良くなり、衝撃力低減効果が大きくなったと考えられる。衝撃力低減のための最適な切り込みの数や大きさ等についてはさらに検討が必要である。

4. まとめ

土のう袋を加工した実物大模型実験により、装置の衝撃力低減効果を確認し、付加加工でその効果を促進できる可能性を示した。また、数値実験より、衝撃力低減には基布の剛性と基布自体からの空気透過量が重要であることを確認した。

参考文献

- 1) 伊藤 一教, 高島 知行, 小俣 哲平: 取放水路に作用する津波衝撃揚圧力低減方法, 平成 28 年度土木学会全国大会 第 71 回年次学術講演会, II-168, 2016.



図 4 使用したエアバック

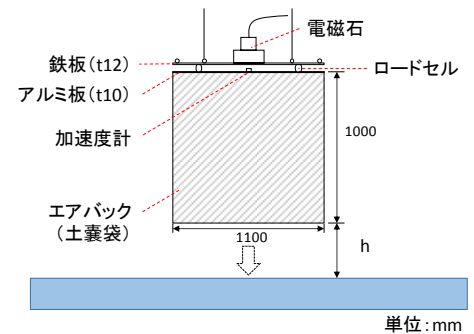


図 5 実機サイズ模型装置

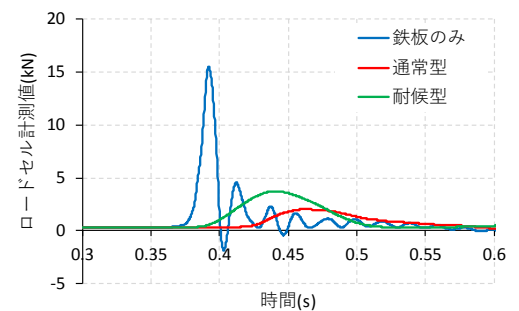


図 6 時系列比較結果 ($h=275\text{mm}$)

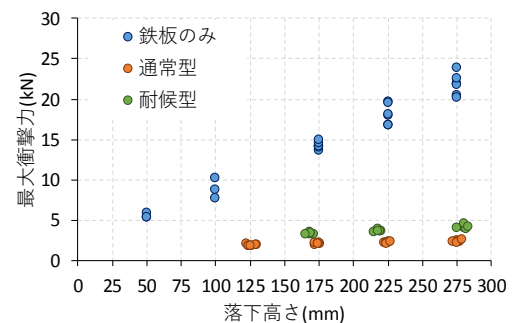


図 7 衝撃力最大値の比較

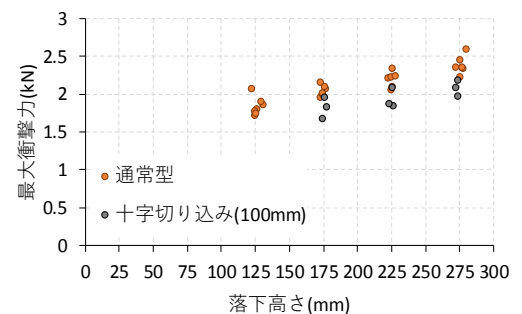


図 8 切り込み加工の効果