

三井建設	正員	阿部	和毅
埼玉大学	正員	秋山	成興
埼玉大学	正員	山口	宏樹
三建設		高柳	幸一

1. はじめに

近年、エネルギー問題に関連して多くの貯液タンクが建設されている。我が国におけるタンクの地震被害は数多く報告され、その原因の1つにタンク底板が地震時に浮き上がることが挙げられている。本研究は弾性基礎上タンクについて振動台加振実験により浮き上がり挙動の解明を試みたものである。

2. 実験模型及び実験方法

実験模型は実タンクとの相似性をできるだけ考え、フレキシブルタンク及び弾性基礎を用いた。タンク模型はフィルム等に使われるマイラーシート（ヤング率=5Gpa、ポアソン比=0.3）で作成し、弾性基礎は天然ゴム（硬度45°）を使用した。弾性基礎模型は10×10×20mmのゴムブロックを約2000個並べ、Fig.1 に示した英字・数字の部分のゴムブロックにひずみゲージを貼付して、基礎自体を測定センサーとして扱い、振動時の接触圧を測定した。

実験装置の概要はFig.2 に示すように、振動台上に基礎模型をボルトで固定し、その上にタンクを固定することなしに設置する。タンク側壁下部には浮き上がりを判定するためにひずみゲージを貼付し、また振動時の接触圧の他にビデオカメラにより波高も測定した。パラメーターとしては、タンク底板厚（0.1mm，0.18mm）とアスペクト比（水深Hとタンク直径D=250mm との比H/D）を用いた。

3. 実験結果及び考察

Fig.3 は底板厚0.1mm のタンクのアスペクト比0.7 における周波数応答を示したものであり、横軸は加振振動数、縦軸はセンサーA（Fig.1）の接触圧応答値を静止時接触圧で無次元化したものを示す。16Hz付近でロッキングとみられる共振現象が測定されているが、スロッシング1次付近（1.8Hz）で浮き上がりが顕著に見られたことから、以後の実験はスロッシング1次共振点付近で行った。

(1) 浮き上がり発生条件

(a) 浮き上がり判定：浮き上がり実験を行うにあたり、浮き上がり発生の判定が必要である。本実験ではタンク側壁下部に貼付したひずみゲージの応答が急変するところを浮き上がり発生と判定した。

(b) 浮き上がり波高：タンク浮き上がり時の波高は底板厚によらず振動数に無関係で、各アスペクト比に対し、一定値をとることが分かったため、浮き上がり発生条件を波高で整理したものがFig.4 である。横軸にアスペクト比、縦軸にタンク直径Dで無次元化した浮き上がり波高をとっている。正の波高は静止時から

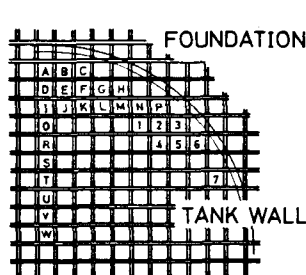


Fig.1 弾性基礎センサー

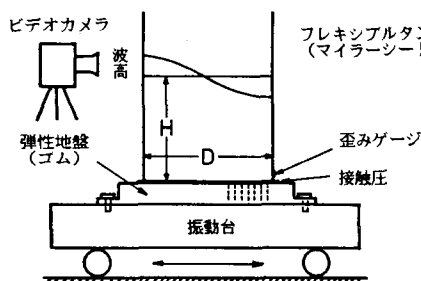


Fig.2 実験装置

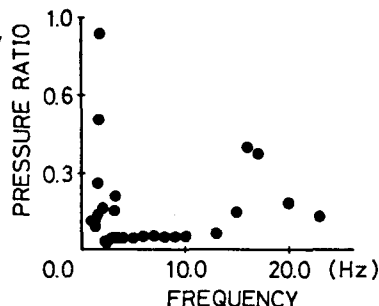


Fig.3 接触圧の周波数応答

の上昇分、負は下降分を意味する。底板が厚い程またはアスペクト比が小さい程、波高が大きくなりないと浮き上がらない、つまり浮き上がりにくいと言える。底板厚による影響を詳しくみると、アスペクト比が大きくなる程両底板の差は小さくなり、アスペクト比 1.0 では同じ波高で浮き上がっている。

(2) 浮き上がり領域

Fig.5 に入力加速度が50,60,70gal に対する浮き上がり領域を示す。円形内上部の黒い部分が浮き上がり領域である。底板厚が 0.1mm の場合浮き上がりは周方向に進行する傾向にあるが、0.18mm の場合ではあまり周方向に進行せず底板内部へ入り込んでいるのが分かる。そこで、周方向の浮き上がり進み具合を角度でまとめたのが、Fig.6 である。横軸は入力加速度、縦軸は浮き上がり範囲の振動軸からの角度 θ を示し、(a),(b) は各々0.1mm, 0.18mm底板に相当する。(a) の0.1mm 底板では、アスペクト比が大きいと周方向へ急激に進行するが、アスペクト比が小さいとそれ程速く進行しない。また両底板を比較すると、アスペクト比が小さい程底板厚の差の影響が顕著にみられる。ここでも底板とアスペクト比の関係つまり、水深が大きいと底板の剛性は浮き上がりに対する剛性に支配的でなくなるという関係がみられ、傾向は前述の波高と同じである。

(3) 接触圧分布

Fig.7 は入力加速度70gal に対する浮き上がり後の接触圧分布を示したものであり、Fig.1 の各々のセンサー位置での接触圧応答値を静止的接触圧で無次元化し、ブロック高さでそれを示したものである。また図中の曲線はタンク側壁直下である。0.1mm, 0.18mmの底板別にアスペクト比0.5, 0.9 の場合の分布図を各々載せてある。底板圧に無関係に、アスペクト比が大きい程、側壁近傍の狭い部分で接触圧は大きな値を示し、内部ではかなり小さくなっているのが分かる。また同じ底板でアスペクト比を比較すると、アスペクト比が小さい程側壁近傍と内部での接触圧に差がなく、アスペクト比により接触圧分布が異なることが分かる。さらにアスペクト比が大きい程周方向接触圧分布の底板圧の差はあまりみられないが、アスペクト比が小さい程底板厚の差は顕著であり、0.1mm 底板では側壁に近いセンサーCだけが大きい、0.18mm底板ではセンサーB、Cが大きくなり内側に浮き上がりの影響が及んでいるのが分かる。

4. まとめ

地震時のタンク浮き上がり挙動を把握するためにフレキシブルタンク模型振動実験を行い、底板厚とアスペクト比により動的浮き上がり挙動のメカニズムが異なること等が明らかになった。

Fig.4 浮き上がり波高

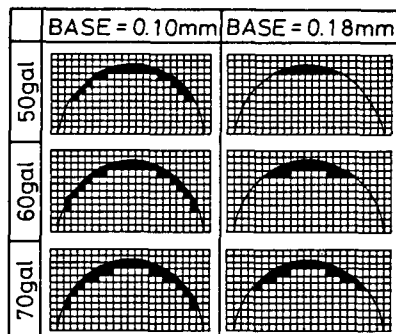


Fig.5 浮き上がり領域

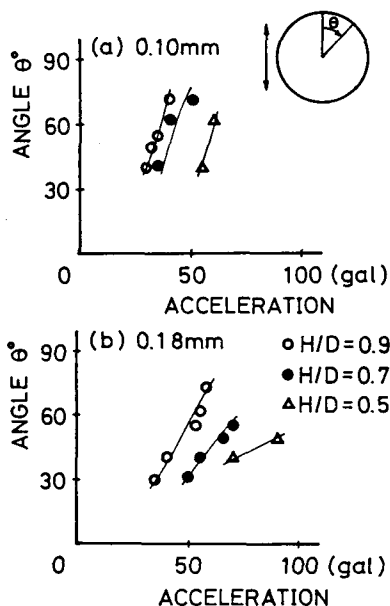


Fig.6 浮き上がり範囲 (中心角)

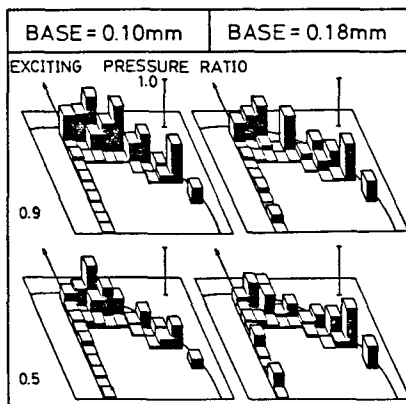


Fig.7 接触圧分布