

九州共立大学 工学部 正員 小 坪 清 真
 九州工業大学 工学部 正員 ○高 西 照 彦
 九州工業大学 工学部 正員 多 田 浩

1. まえがき 著者等は前論^{(1),(2)}において、振動台上に設置した卵形消化槽模型に調和振動を加えた場合について、内容液の液面変位及び壁面動水圧を測定し、その非線形応答特性を明らかにした。本論では、入力が地震波の場合について上記と同様な計測を行って、内容液の液面変位及び壁面動水圧の非定常応答特性を明らかにし、さらに、これを定常入力の場合の応答特性と比較することによって、円筒及び球形タンクについて曾我部等が提案したこと（注）が卵形消化槽に対しても成り立つかどうかについて検討を加えた。

2. 振動実験 実験に用いた卵形消化槽模型を図-1に示す。模型は厚さ15mmの透明なアクリル樹脂製である。図に示すように、模型の中心軸から1.5m離れたところに、その光軸の方向を加振方向に、高さを静止水面位置に固定してビデオカメラ（ソニー製ロータリーシャッターカメラRSC-1150、1/60秒/コマ）を設置した。また模型には、水圧型p1～4（共和電業製圧力変換器PG-200GD、容量0.2kgf/cm²）と加速度計a1（共和電業製AS-2C、容量2G）が取り付けられている。模型は振動台上にしっかりと固定した。実験を行った振動数と加速度の範囲内では模型の弾性変形は無視できるほど小さい。内容液としては水を用いた。液面変位を明瞭にビデオ装置に記録するために、内容液に二酸化チタンの粉末を重量比で約1/10000加えた。分散剤としてメタリン酸ナトリウムを用いた。さらに表面張力を小さくして、液面変位の読み取り誤差をできるだけ小さくするために界面活性剤としてドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウム（ハード型）を用いた。常温における内容液の比重及び粘度は、水のそれらと測定誤差の範囲で一致していた。なお、照明装置としてはリフラクタランプを用いた。実験は水深が83cm（図-1の水圧計p1より1cm上）の場合について行った。

2. 1 調和波入力 水面が静止状態にあるとき、内容液のスロッシングの基本振動数（2.74Hz）に等しい振動数を有する加速度一定の調和波入力を、模型に急に加えつけたときの液面変位と壁面動水圧を、それぞれビデオ装置と電磁オッシログラフに記録した。実験は入力加速度を20～50Galの間でいろいろ変えた場合について行った。ビデオ装置に記録された液面変位は、ビデオモーションアナライザー（ソニー製SVM-1110）を用いて1/30秒/コマの間隔でディスプレイ上に出力して、そのときの液面変位を読み取った。横軸に時間を取り、いま読み取った値を縦軸にプロットして液面変位の時刻歴応答図を得た。この図より1周期毎の液面変位の極大値を求めた。壁面動水圧についても電磁オッシログラフ上の記録から、各測点における壁面動水圧の1周期毎の極大値を求めた。以上のことから、卵形消化槽模型が、突然始まる調和波入力を受けたとき、波数をパラメータとして、入力加速度と液面変位及び壁面動水圧の極大値との関係が得られる。

2. 2 地震波入力 実験に用いた入力地震波は表-1に示した5種類である。実験は、これらの入力地震波の形はそのままにして、その最大加速度のみをいろいろ変えた場合について、調和波入力の場合と同様にして液面変位及び各測点における壁面動水圧の時刻歴応答を記録した。液面変位については、1/30秒/コマの間隔でディスプレイ上に出力されたそれを読み取り、液面変位の時刻歴応答波形を描いた後、同図より液面変位の絶対値の最大値を求めた。壁面動水圧については、電磁オッシログラフ上の記録から、各測点における壁面動水圧の絶対値の最大値を読み取った。以上のことから、卵形

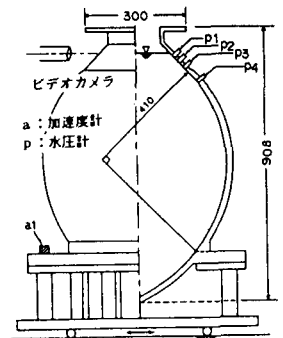


図-1 卵形消化槽模型
(単位mm)

表-1 入力地震波名

入力地震波名	地震名および発震年、規模	
EL CENTRO NS	Imperial Valley 地震 (1940) NS成分	M=7.1
TAFT	Kern County 地震 (1952)	M=7.7
SANFERNAND	Sanfermand 地震 (1971)	M=6.4
AKITA EW ⁽⁴⁾	日本海中部地震 (1983) EW成分	M=7.7
AKITA NS ⁽⁴⁾	日本海中部地震 (1983) NS成分	M=7.7

実験に用いた入力地震波は表-1に示した5種類である。実験は、これらの入力地震波の形はそのままにして、その最大加速度のみをいろいろ変えた場合について、調和波入力の場合と同様にして液面変位及び各測点における壁面動水圧の時刻歴応答を記録した。液面変位については、1/30秒/コマの間隔でディスプレイ上に出力されたそれを読み取り、液面変位の時刻歴応答波形を描いた後、同図より液面変位の絶対値の最大値を求めた。壁面動水圧については、電磁オッシログラフ上の記録から、各測点における壁面動水圧の絶対値の最大値を読み取った。以上のことから、卵形

消化槽模型が地震波入力を受けたときの入力地震加速度の最大値と液面変位及び壁面動水圧の最大値との関係が得られる。**2.3 実験結果及び考察** 調和波入力に対する実験結果は、波数をパラメーターとして、横軸に入力加速度をとり、それぞれ液面変位については図-4に、壁面動水圧については図-5、6に●-●、■-■等によって示した。同図から液面変位と壁面動水圧は波数が多いほど、また入力加速度が大きいほどその値が大きくなっていることがわかる。液面変位については入力加速度が大きくなると、同じ加速度に対して1波目と2波目及び2波目と3波目の差に比べて3波目と4波目の差の方が小さくなっている。これは、入力加速度が大きくなると、液面上昇に伴って模型頭部の円筒部の下端で液面が壁面から剝離を生じ、そのため液面変位の増加が妨げられることによるものである。壁面動水圧については、図-5は主としてスロッシング圧を、図-6は主として衝撃圧を表している。後者につ

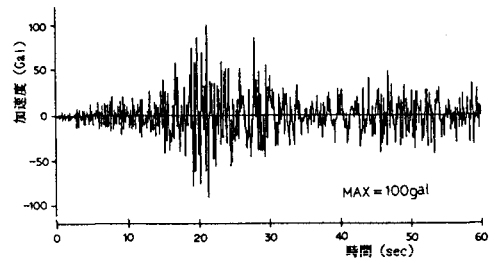


図-2 入力地震波 (AKITA EW)

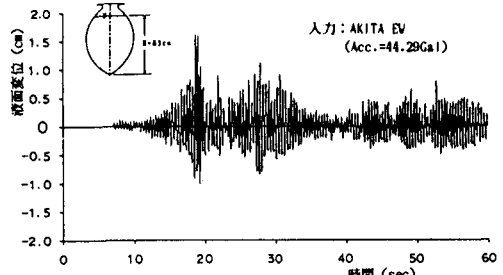


図-3 液面変位の時刻歴応答

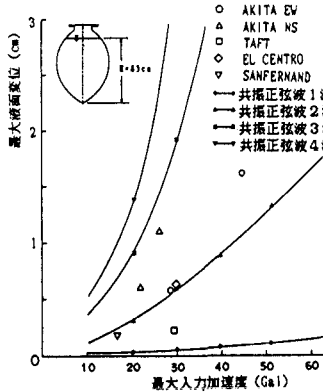


図-4 最大入力加速度と最大液面変位

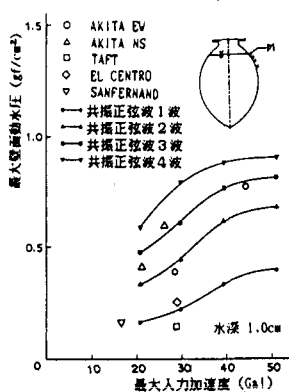


図-5 最大入力加速度と最大壁面動水圧

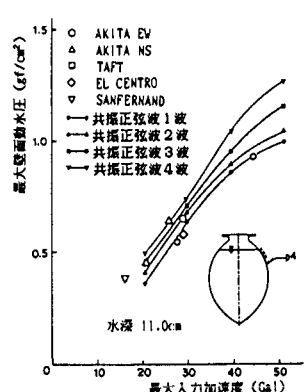


図-6 最大入力加速度と最大壁面動水圧

ては、それは入力加速度にほぼ比例しているが、前者については入力加速度に比例しているとはいえない。地震波入力に対する実験結果については、まず、入力地震波と液面変位の時刻歴応答の一例を図-2、3に示した。図-3から液面変位は、ほぼスロッシングの第一次の共振振動数に等しい振動数で動揺振動をしていることがわかる。つぎに、入力地震波の加速度の最大値に対する液面変位応答及び壁面動水圧応答の最大値を、それぞれ図-4及び図-5、6に○、□等によって示した。地震波入力の場合でも、入力地震波の加速度の最大値が大きくなれば、液面変位及び壁面動水圧の最大値はいずれも大きくなっていくが、その最大値の大きさは、入力加速度の最大値が等しい場合でも地震波によって著しく異なっていることがわかる。しかしこれを調和波入力の場合と比較すると、地震波入力に対する液面変位と壁面動水圧の最大値はいずれも調和波入力の第4波目のそれより小さいといえる。

(注)：曾我部等は円筒及び球形タンクについて、それらが地震波入力を受けた場合のスロッシングに対する応答値は、同じタンクが振幅が地震動変位の最大振幅に等しく、周期がスロッシングの基本周期に等しい調和波入力を3～4波受けた場合のスロッシングの最大応答値に相当することを示した⁽³⁾。

- (1)小坪他：調和波加振をうける卵型消化槽内の表面波高応答、土木学会西部支部講演概要集、1985.2。
- (2)小坪他：卵型消化槽内壁に対するスロッシング圧の共振曲線、土木学会西部支部講演概要集、1986.2。
- (3)曾我部他：液体貯槽の耐震設計に関する基礎的研究、東京大学生産技術研究所報告、vol.26, No.7, 1977。
- (4)倉田他：昭和58年日本海中部地震の港湾地域における強震観測、港湾技研資料、No.458, 1983.9。