

北海道大学工学部
北海道大学工学部

正員 佐々木 康彦
正員 茅村 イン

1. まえがき

近年、コンクリート・パネル（スティブ）を積上げ外壁を鉄筋（ロッド）で締付けた組積式の大型円筒構造物加、穀物・飼料貯蔵用サイロとして供用されてきている。このスティブ・サイロは、他種のサイロに比べ経済的であり、アメリカ・カナダ等で50年来の使用実績をもつ。しかし、その地震時挙動については殆んど不明であると言ってよい。地震多発地帯である我国にこの種のサイロを建設する場合、その動的挙動の解明・耐震安全性の検討が必要であると思われる。

本研究は、スティブ・サイロ模型振動実験により、その基本振動特性に対する内容物の影響の検討および構造の特殊性に起因する動的挙動の把握を目的とする。

2. 模型実験概要

2.1 コンクリートスティブ・サイロ模型 実際には使用されているスティブ・サイロの大きさは種々あるが、ここでは壁体部分の寸法が直径5m高さ10mほどのものを想定し、縮尺約1/5の模型とした。水平振動台上に、円周方向40個・高さ方向8段のスティブを積上げ、外壁をロッドで締め、模型の下端をモルタルで固定した（写真参照）。模型用スティブは、この種の構造の振動機構にスティブ間の摩擦が重要であると思われるため、実物と同じコンクリート製である。サイロ模型と模型用スティブの寸法を図1に示す。内容物はオガクズを用いた。なお、サイロ模型の内部が空およびオガクズを充填した状態をそれぞれ Empty、Full と略称する。

2.2 振動実験方法 本実験では、構造および加振条件上、変形量の大きい壁厚方向（半径方向）の振動特性に着目し、その方向の応答加速度を測定した。加速度計の主な設置位置を図1に示す。地震波応答実験については、入力地震波として十勝沖・エルセントロを用い、相似則に従い時間軸を1/4に圧縮して入力した。ここで使用した振動試験装置の性能諸元を表1に示す。

3. 実験結果および考察

図2は、加振振幅 20 gal の場合の測定点 Top ($\theta=0^\circ$)、Top ($\theta=90^\circ$) における加速度応答曲線を、2つの模型状態 Empty / Full 間で比較したものである。Empty の状態では加振方向のみならず、加振直角方向でもかなりの応答が生じている。これに対して内容物の充填により、固有振動数の低下、応答倍率の減少、加振直角方向の応答がほとんど生じて

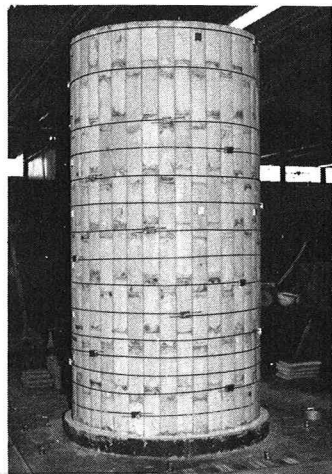


写真1 スティブ・サイロ模型

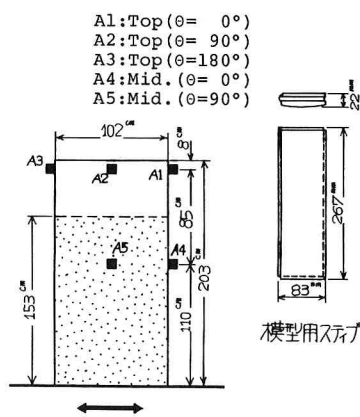


図1 サイロ模型の寸法・計測位置

表1 振動試験装置性能諸元
(動電形 水平方向加振)

励振力	: 正弦波 2,500 kg・G
使用振動数	: 0.1 ~ 100 Hz
最大振幅	: 100 mm (p-p)
最大加速度	: 無負荷時 2.8 G
許容搭載重量	: 10 ton
水平振動台寸法・重量	: 2.5 × 2.5 m 760 kg

いないことがわかる。

次にEmptyの場合、加振振幅の増加に伴い固有振動数の低下・応答倍率の減少という結果が得られた。図3に加振振幅 20 gal と 50 gal の場合の応答倍率を示す。また、共振点に近づくと低い応答正弦波形の乱れが生じた。これらの結果は、壁体構造の非線形性起因し、スティフ間の摩擦がより大きく減衰効果として働くため、およびスティフ側面の凹凸の影響が強く現われるためと推測される。

図4に、共振時円周方向振動モードのEmpty/Full 状態層ごとの比較を示す。測定点間の位相差を考慮した加振方向ピーク時のモードである。振動モードについては、内容物の影響による顕著な相違は見られない。また、壁体上部と中央部で同様なモードで動くことがわかる。

図5は、十勝沖・エルセントロ地震波を入力した場合の、壁体上部での円周方向最大応答加速度分布である。入力地震波の最大加速度は 100 gal であり、図中の数値はこれに対する応答倍率を表わす。この地震波応答については、正弦波応答の場合ほど、内容物の有無による相違は見られない。また、最大の応答倍率が 3.2 倍程度であり、正弦波に比べてその応答が小さい。これらの点、入力地震波の卓越周期と模型の固有周期の関係等によると思われるが、地震波応答実験結果については、今後詳細な検討を行いたい。

4. あとがき

ひとつの模型振動実験結果ではあるが、スティフ・サイロの振動特性に対する内容物の影響、壁体構造の振動特性における加振振幅依存性などが明らかになったと考える。

現在、この種のサイロの振動現象を表わし得る力学モデルも検討中である。

参考文献

ACI Standard Recommended Practice for the Construction of Concrete Farm Silos (ACI 714-46), Journal of the ACI, Vol. 18, No. 2, Oct. 1946

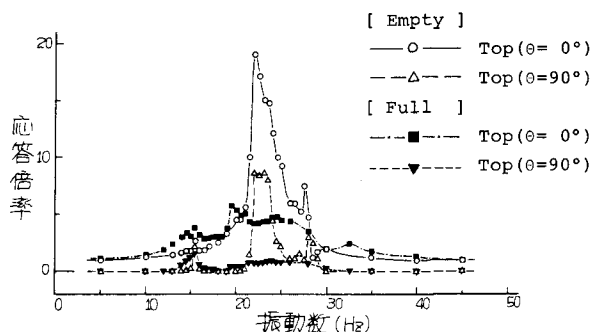


図2 加速度応答曲線 [Empty/Full, 20gal]

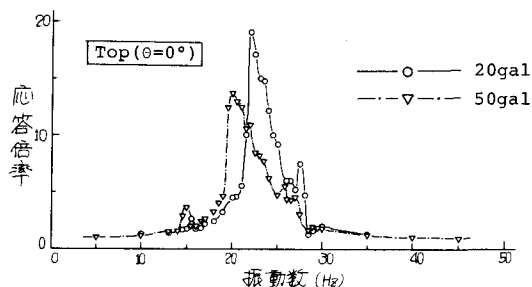


図3 加振振幅と加速度応答曲線 [Empty]

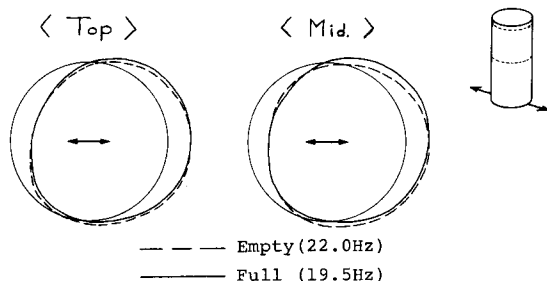


図4 円周方向振動モード [20gal]

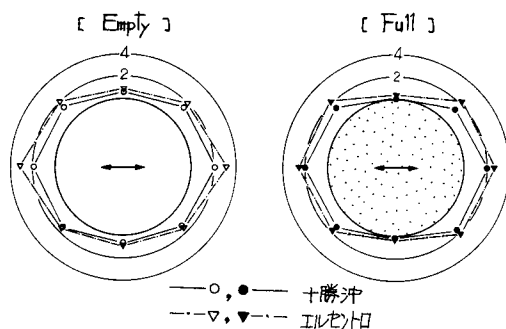


図5 地震波最大応答加速度の円周方向(Top)分布