

住友金属 正会員 山川純雄

住友金属 正会員 飯田 毅

1 まえがき

中詰材を有する円筒セルの耐震性、特に、地震時、円筒セルが振動している場合の(i)中詰の安定性、(ii)中詰土圧の大きさなど、については解明されていないのが現状のようである。ここでは、中詰砂を有する円筒セルの振動台による振動実験および動的挙動の解明の基礎となる静的水平載荷試験の結果について報告する。なお、ここで扱ったセルは単体のものであり、背面からの土圧、セル相互の影響は無視している。

2 実験概要

図1に示す鋼製のセルモデル内に乾燥砂($\gamma_t=1.6\text{g/cm}^3$, $U_c=1.65$, $D_{50}=0.17\text{mm}$)をいれ、(i)静的震度法における地震荷重を想定し、セル背面の $H/2$ 点をベルトを介して、油圧ジャッキにより水平載荷、(ii)振動台に載せて強制加振した。なお、セルモデルは底板なしの円筒で下端の拘束はなく、支持地盤モデル上に置いただけのものである。支持地盤モデルとしては、モルタル地盤、モルタル地盤上に発泡スチロール($t=100\text{mm}$)を敷いた地盤を使用し、地盤の硬軟による影響も調べた。中詰砂の締固めには、突固め試験用5Kgランマーを用いて、一層厚さ10ないし15cmとし、60回/層の突固めとした。主な測定項目は、(a)セルの変位、セルと中詰砂の加速度、(b)セル内壁に働く土圧、(c)底面反力、(d)セル壁内に生じる歪、であり、各測定位置についても図1に示す。

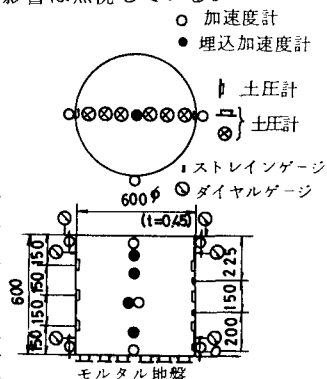


図1 円筒セルモデル

3 実験結果

(1) 静的水平載荷試験

(i) 中詰完了時の底面反力、セル内壁に働く土圧、セル壁内に生じる歪の分布を図2に示す。これより、静止水平土圧係数 K_h は底面反力も考慮すると $K_h=0.7\sim 0.75$ と求まる。現在、設計では $K_h=0.6^1$)を用いており、静止土圧のみで板厚検討する際は危険側である。セル壁内に生じる歪は下端において最大とならず、歪ゲージ貼付位置で判断する限り $1/2.5H$ 点で最大となっている。

(ii) 荷重-変位、荷重-傾斜角の関係を図3に示す。これより、硬地盤上でのセルの変形特性は荷重初期段階でセル壁の偏平化が生じ中詰砂もそれに従った変形をするが、一定荷重以上になると中詰の偏平化に対する抵抗力がセルの回転抵抗力に優り、傾斜角が増加して破壊に至る。一方、軟地盤上では荷重の初期段階より前・後壁、天端が同時に傾斜し、その変形挙動は剛体に近い。以上より、セルの変形特性は(a)硬地盤の場合、中詰砂の内部摩擦角、単位体積重量に、また、(b)軟地盤の場合、地盤そのものの鉛直支持力に支配されると考えられる。

(iii) 載荷時における底面反力、セル内壁に働く土圧、セル壁内に生じる歪を硬地盤の場合について示すと図4の

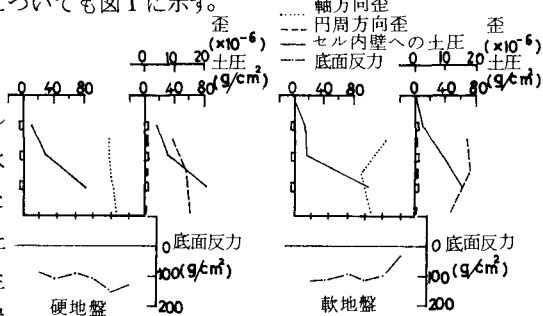


図2 底面反力、土圧、歪(中詰後)

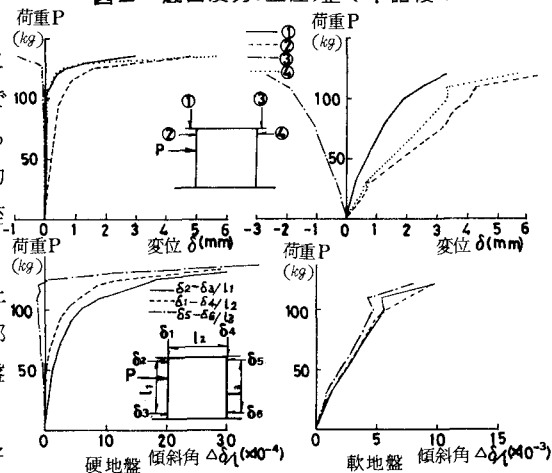


図3 荷重-変位、荷重-傾斜角

ようになる。これより、セル前面内壁側への底面反力は破壊荷重の時点
で、中詰直後の約1.5倍の値を示す。また、内壁に働く土圧はクーロンの
土圧式で求まる値と比較すると、セル後面側が受働土圧状態、前面側
が静止土圧と受働土圧の中間状態にある。セル壁内に生じる歪は前趾部
に集中している。なお、ここでの結果は軟地盤の場合についても同傾向
である。

(2) 強制加振実験

(i) 硬支持地盤上で得られるセル、中詰砂の共振曲線および共振時の振
動モードを図5に示す。これより、(a)共振点近傍でセル天端の上下動成
分が大きい。(b)振動モードがセル、中詰砂とも直線分布に近い、ことが
わかる。また、セル天端左右端で位相の逆転がみられた。以上より、中
詰砂を有するセルはロッキング振動モードが卓越すると考えられる。こ
れは紙製モデルでの実験結果と同様である。²⁾

(ii) 共振時における各部応答値を位相を考慮して示すと図6のようにな
る。これより、セル前面への底面反力は中詰直後の約1.7倍の値を示す。
文献(1)および本水平載荷試験結果を考慮すると、地震時、セル前面への
底面反力は中詰直後の2倍とすれば安全側である。

(iii) 水平土圧係数について、既往の地震時土圧算定式³⁾で求まる主動・
受働土圧係数と、ここで得られた実験結果とを入力加速度に対してプロ
ットすると図7のようになる。これより、地震時、中詰砂がセル壁内面
に作用する土圧算定にあたっては、受働土圧で検討すると安全側となる。

(iv) 中詰砂の有効質量係数 ξ は、0.56～0.63であった。

3. あとがき

(1) 静止水平土圧係数は、測定値より計算すると0.7～0.75であった。
(2) セルの変形特性は(i)硬地盤の場合、中詰砂の内部摩擦角、単位体積
重量に、また、(ii)軟地盤の場合、地盤そのものの鉛直支持力に支配され
ると考えられる。

(3) 中詰砂を有するセルは、ロッキング振動モードが卓越する。

(4) 地震時、(i)セル前面への底面反力値を中詰直後の2倍とし、(ii)中詰
砂がセル内壁に作用する土圧を既往の受働土圧式で算定すると安全側と
なる。

(5) 中詰砂の有効質量係数は0.56～0.63であった。

中詰砂を有する円筒セルなどはロッキング動が卓越することから、今
後、ロッキング動のみを生じるモデルにて、有効質量係数に関する実験
を行なう予定である。

* 有効質量係数 $\xi = \frac{J_{dy}}{J_{st}}$ 。ただし、 J_{st} 、 J_{dy} はそれぞれ静的、
動的状態において求まる回転慣性モーメントである。

参考文献

(1) 運輸省港湾技研、第三港湾局、川鉄；鋼板セル試験報告書、S.41.10

(2) 山川、飯田、粒状体を内容物とする円筒容器の振動性状(その2)、土木学会第32回年次学術講演会講
演概要集I、S52.10、(3) 岡本；耐震工学、オーム社、S46.9

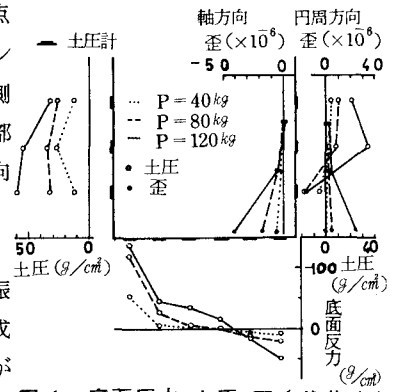


図4 底面反力、土圧、歪(載荷時)

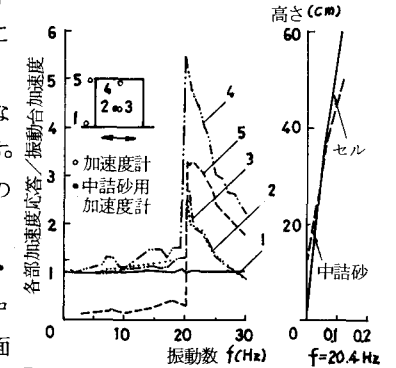


図5 共振曲線と振動モード

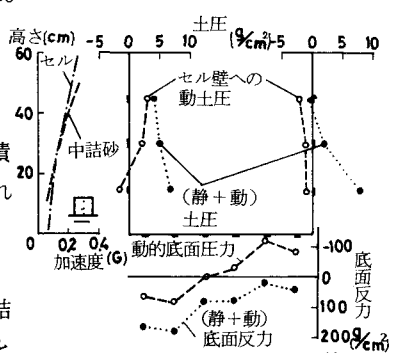


図6 共振時における各部応答値

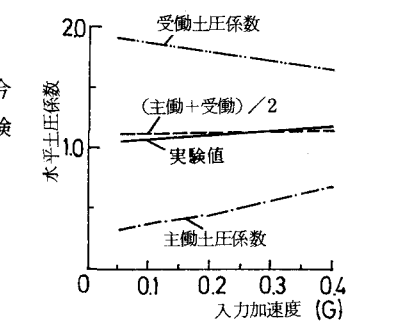


図7 入力加速度に対する水平土圧係数