

1. はじめに

石綿セメント管は、上下水道、用水路などとして広く用いられており、口径50cmから1mを越えるものまで種々使われている。これらは通常、地中に埋設されているため、周囲から絶えず変動土圧を受けているが、特に地震時には地盤からの強制変位を受け、被害も少なくない。水道管の場合には内圧が作用するため、その挙動は複雑であり異常な水圧の発生による被害も考えられる。昨年5月の伊豆半島沖地震における水道管の被害では水圧が原因と考えられる事例がいくつか見られた。また石綿セメント管は常時においても水撃などによる破壊事故も少なくない。本実験は動的な内圧を受ける石綿セメント管の強度と破壊状況を調べるために行なったものである。

2. 実験装置

供試管に動的な水圧を加えるために図1のようなピストンシリンダ方式により振動台の変位を水圧に変換できるようにした。管の一端を固定側に、他端を振動台上のピストン部に支持し、通しボルトにより管とピストンの軸方向移動を拘束した。これに圧力ゲージ及び初圧を与えるための予動ポンプ用配管をとりつけた。シリンダの加圧面積は台の最大変位で100t以上の圧力を発生するように定めた。これにより振動台の性能の範囲で動的な水圧を加えることができるが、振動台変位と水圧の関係は近似的に次式で与えられる。Pを水圧、uを振動台変位として、

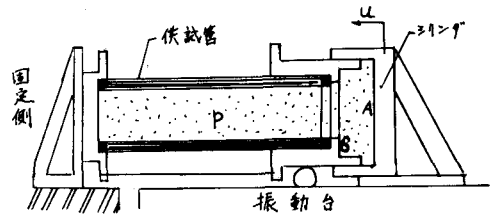


図1. 試験装置

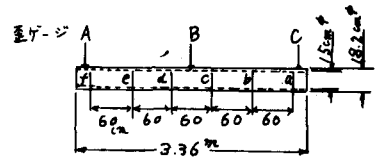


図2. 供試管形状

$$p = \frac{A\beta/\nabla}{1+S^2\beta/kV} u, \quad \frac{1}{\beta} = \frac{1}{K} + \frac{D}{Et}$$

但し、K:水の体積弾性率、E:管材のヤング率(0.26×10⁶)、t:管厚、D:内径、V:内容積(81.2) A:加圧面積(616cm²)、S:ピストン部右側受圧面積(439cm²)、k:管支持部のパッキン等による剛性。

管には周応力のみ作用することが望ましいが本装置では受圧面積Sによる軸力が管に作用する。

3. 実験の方法

供試管は水道用石綿セメント管1種

(保証水圧35t)を図2の寸法に切ったもの7本を使用した。管には、ABC3点に2軸歪ゲージを貼付し周歪及び軸歪を測定した。又、No.1~3の管ではa~eの6箇所に導電アルミ箔をまきつけ亀裂発生時の差を検知す

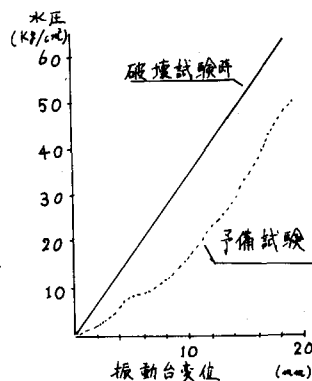


図3. 振動台変位と水圧

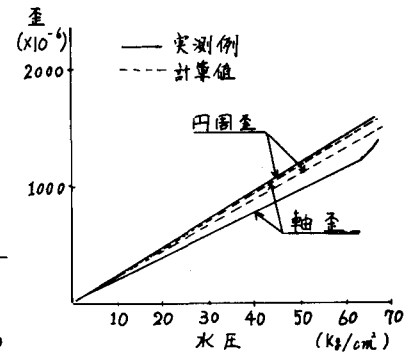


図4. 水圧と管の歪

ることを試みた。実験は予備的な加圧試験を行なった後、手動ポンプにより5kgの圧力にセットし破壊実験用入力を加えた。入力No.1~3では水圧上昇速度一定で破壊に至らしめ、No.4~7では正弦波1波からなるパルス状波形としピーク圧力を徐々に上げて破壊に至らしめた。

4. 実験結果と考察

実験結果を図3~7及び表に示す。振動計変位と水圧の関係は予備加圧の後ではほぼ前式を満足する直線になる。管の歪は周歪、軸歪とも破壊まで直線的であり、ほぼ弾性挙動のまま破壊に達している。図4の計算値は管に作用する軸力と内圧による平面応力状態を仮定した場合の歪である。軸歪の差がやや大きいのは軸力が一様ではなく曲げ応力が発生しているためと思われる。破壊実験の結果から薄肉円筒式による内圧強度を算定すると309~347kg/cm²により設計用の225kg/cm²に比べかなり高い。

静的な加圧試験では破壊発生時の水圧を測定しているが本実験の場合は加圧速度が大きいため初期亀裂の発生以後も水圧が上昇したものであろう

鋼板入りの管は内圧強度については他と大差ないが図5のNo.6のように鋼板より内面がまず破断し、わずかに除荷されるが続いて外面での破壊を生じている。加圧速度の大きいNo.7ではこの点はみられない。歪波外には破壊後の周方向振動が認められ、No.3の管では約22%の自由振動を生じているが、加圧速度の大きいNo.5の場合は図5のように非弾性的挙動がみられる。破壊時の外面亀裂の増大検出は簡単な測定法であったが図6のように定性的には確認できた。また水圧の降下は外面亀裂が全長に走った後に生じることが認められ、破壊はまず、ほぼ一定応力のもとで脆性亀裂が走り、次いで亀裂部から塑性変形による開口が行われ水圧が除荷されている。図6から大略、亀裂速度≈1680m/sで音速の約48%であるが、これは脆性破壊の理論より得る値と傾向としては一致している。

破壊の性状をパターン的に示すと図7のようであった。図5. 破壊試験の水圧と歪 図6. 外面亀裂の走時

No.1に比べ4,5は開口が大きい。No.2では㊸と㊹の合成したタイプで亀裂は非連続である。鋼板入りの6と7は㊸のような深い亀裂を生じたが局部的である。内面はいずれも㊸のようなジグザグ亀裂を生じた。なお㊸はテストポンプによる静的な破壊の場合で、弱い亀裂で水圧が除荷された。

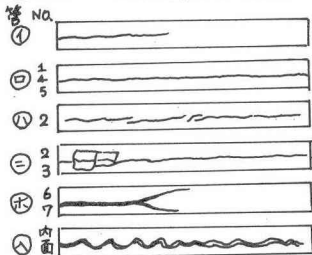


図7. 破壊の形状

表. 破壊試験の結果

試料 No	破壊時の 水圧 (kg/cm ²)	周歪 軸歪		加圧の 方法	備考
		B点	B点		
1	71	1604	1439	定速度 4kg/cm ² /SEC	石綿セメント管
2	74	1717	1533	6kg/cm ² /SEC	"
3	68	1530	1366	10kg/cm ² /SEC	"
4	68	1470	1203	正弦波状 0.5Hz	"
5	67	1510	1439	2Hz	"
6	66	600 (1300)	1100	0.5Hz	鋼板入り石綿 セメント管
7	73	900	1071	2Hz	"

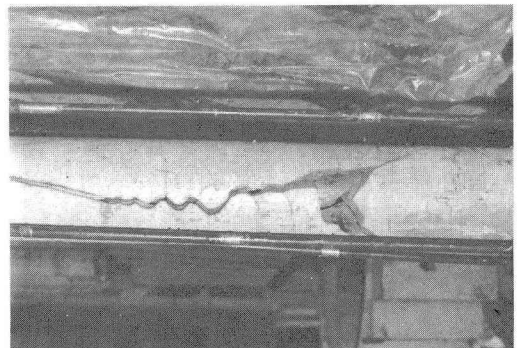
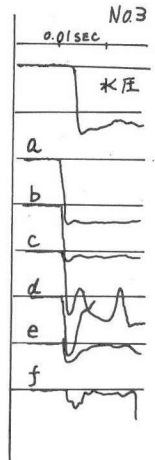
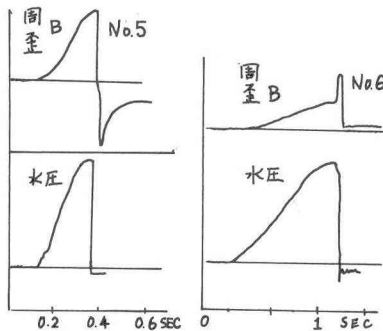


写真. 供試管No.6の破壊状況