

## 外水圧作用時における更生管の安全評価について The Safety of FRPM Pipe affected by External Hydraulic Pressure

○ 藤本 光伸\* 間宮 聡\* 裕 昌也\* 小山 智芳\*\* 毛利 栄征\*\*\*

Mitsunobu Fujimoto, Satoshi Mamiya, Masaya Hazama,

Tomoyoshi koyama, hiyuki Mohri,

### 1. はじめに

既設水路内に内挿管として用いる更生管は、既設管外部からの地下水の浸入により更生管外部に外水圧が作用し、座屈破壊を起こす恐れがある。そこで、強化プラスチック複合管(FRPM 管)を用いた更生工法を主眼として、土槽試験装置を用いた埋設条件下における座屈評価は実施済みであるが、新たに試験装置を製作し、外水圧作用時における更生管の安全性について検討を行ったのでここに報告する。

### 2. 試験

#### 2.1. 埋設条件下における馬蹄形管の座屈評価

座屈評価は模型土槽試験機を用いて 1/10 倍の大きさによる縮小モデルにて実施した。使用した模型馬蹄形管の材質は素材の弾性係数を考慮し、塩ビ管(管厚 1.5mm および 2.0mm)を選定し、埋設条件下における座屈評価を行った。

ただし、試験は水圧ではなく真空ポンプを使用し、模型管に作用する上載荷重がそれぞれ 0kPa、200kPa、400kPa に達した後、管内面に負圧を与え、座屈挙動の確認を行った。

試験では FRP 管は座屈しなかったが、弾性係数の小さい塩ビ管においてインバート部のみが急激に管内面側に膨らむ現象が確認でき、厚みが 1.5mm のものはインバート中央部が割裂的に破壊する現象を確認した。図 2 に塩ビ管(t2.0mm)における載荷重 0kPa 時の負圧値とたわみ量の関係を示すが、負圧値の上昇と共にたわみ量はそれぞれ増加し、特に鉛直方向のたわみ量が急激に増加していることが確認できる。図 3 に同試験において測定した負圧値と管内面のひずみ分布を示す。この図からひずみは管の下半分に集中していると共に、インバート部中央が引張力、その両端の馬蹄コーナー部において圧縮力を受けていることが確認できる。以上から、馬蹄形の場合は負圧载荷を受けると、インバート中央部という決まった位置で座屈していることが確認できる。(Horseshoe-Shaped vinyl chloride Pipe)

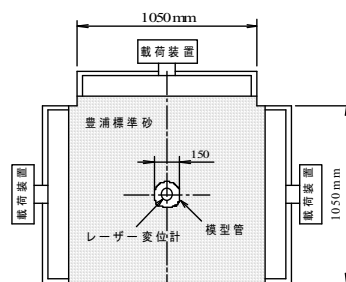


図 1 土槽試験装置

#### Soil equipment of model

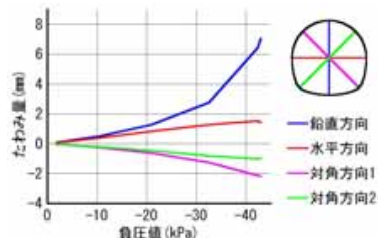


図 2 馬蹄形塩ビ管 負圧値—たわみ量線図  
reductional pressure—displacement diagram  
(Horseshoe-Shaped vinyl chloride Pipe)

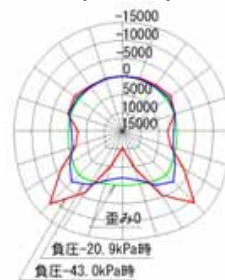


図 3 馬蹄形塩ビ管 管内ひずみ分布  
inner strain distribution  
(Horseshoe-Shaped vinyl chloride Pipe)

\* ㈱栗本鐵工所

Kurimoto, LTD

更生工法、管路、中込材

\*\* 住友大阪セメント㈱

Sumitomo Osaka Cement, LTD

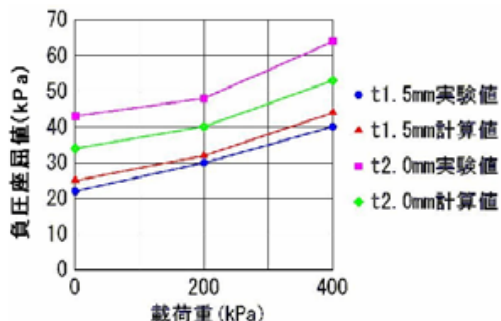
\*\*\* 農村工学研究所

National Institute for Rural Engineering

これは馬蹄形の形状が断面の上半分が円形であるのに対し、インパート部はその2~4倍の半径を有しているため、半径が大きい箇所ほど座屈しやすい事象が生じると考えられる。

ここで、**図4**に藤田式<sup>※1</sup>と馬蹄形管による実験値の対比を示す。実験結果は、上載荷重を与えない場合が最も座屈しやすく、上載荷重が上昇するとともに座屈し難くなる傾向を確認した。

これは、上載荷重が大きくなると地盤拘束力が増加し、管の座屈に影響を与えると提案した藤田式を裏付けする結果と言える。計算値ならびに実験値の差異は円形と馬蹄形という形状の違いや、 $\beta$ 値の誤差によるものと考えられるが、埋設条件下においては円形および馬蹄形とも類似傾向であることを証明することができた。



**図4 載荷重－負圧座屈値の関係**  
Relation of load-reductional pressure

$$q_{cr} = \frac{E}{12(1-\nu^2)} \left( \frac{t}{r} \right)^3 (n^2 - 1) + \frac{\beta \cdot r}{2(n^2 - 1)}$$

$q_{cr}$  : 座屈荷重

$n$  : 座屈波形の数

$\beta$  : 弾性拘束係数

$E$  : 円周方向弾性係数

## 2.2 外水圧による座屈検討

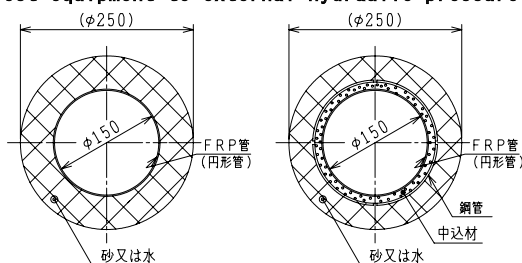
本試験で使用する外水圧試験装置の外観を**図5**に示す。試験の種類については、更生管の周囲に中込材等による拘束がない場合(自由座屈)と拘束がある場合(拘束座屈)について行うものとし、中込材の充填性が更生管の座屈現象に及ぼす影響について検証する。

一般的に更生管について外水圧に対する座屈圧力を算定する場合、Amstutz式を用いた計算によって安全性を確認するが、実施予定である外水圧(座屈)試験および計算によるそれぞれの結果を比較することで、精度の高い手法を提案していきたいと考える。



**図5 外水圧試験装置**

Test equipment to external hydraulic pressure



**図6 試験ケース(代表例)**

Test case to external hydraulic pressure

## 3. おわりに

馬蹄形管についてはインパート部における座屈挙動を確認することができた。また、埋設条件下において、上載荷重が小さいほど座屈に至る負圧値が小さいことを確認した。今後、外水圧による拘束座屈を中心とした試験を行い、その試験結果と計算結果との比較検証を実施していく所存である。

【参考文献】井上 毛利 田中 宮崎 吉原(2004)：平成16年度農業土木学会講演会講演要旨集

藤田博愛(1961)：日本水道協会雑誌 第318号

※1：水門鉄管技術基準 FRP(M)水圧管 編 79頁