

## II-146

## 管水路の静的破壊と準静的解析

東北学院大学工学部 正会員 河野 幸夫  
 学生員 佐藤 清彦

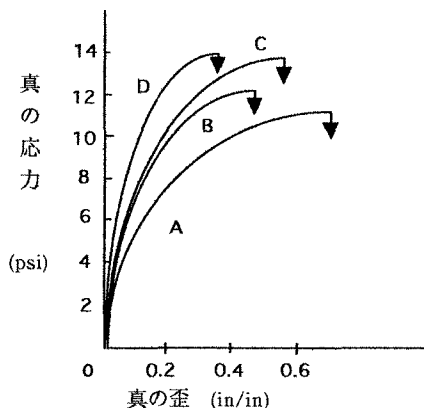
## 1. 研究の目的と概要

本研究は、水圧負荷による管破壊の応力解析である。これまでの研究では水圧の載荷時間を無限とした静的解析を水撃圧解析としてきたが、実際には載荷時間により静的と動的範囲に分けられ、動的解析では、慣性項と管の試験速度依存特性の二つを考慮しなくてはならない。本研究では材料の試験速度依存特性のみを考慮し、その範囲を準静的と名付け、解析している。解析方法として、管路軸直角方向の断面を対象とした平面ひずみ状態について、有限要素法による応力解析を行った。目的は、準静的範囲での管の引張強度、破壊水圧を求め、実験値との比較により準静的の時間範囲を求めることである。

## 2. 解析に使用した材料条件

|         |                                             |
|---------|---------------------------------------------|
| 肉厚      | 1.0mm                                       |
| 内径      | 50.0 mm                                     |
| 弾性係数    | $E = 3.1 \cdot 10^4$ (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| ポアソン比   | $\nu = 0.37$                                |
| せん断弾性係数 | $G = 1.17 \cdot 10^3$ (N/mm <sup>2</sup> )  |
| 引張強度    | 420 (kgf/cm <sup>2</sup> )                  |

## 3. 管の試験速度依存特性について



図一 1 ポリメタクリル酸メチルの応力ひずみ挙動に及ぼす試験速度の影響

Knowles, J. K., Dietz, A. G. H., Trans. Am. Soc. Mech. Eng., 77, 177 (1955)  
 より抜粋

左下図 横軸 真のひずみ (in/in)  
 縦軸 真の応力 (psi)

クロスヘッド速度

A 0.02 (ipm) B 0.08 (ipm)  
 C 0.32 (ipm) D 1.28 (ipm)

上のグラフのAを静的とみなし、B, C, Dを動的とすると応力はAよりBが4%、C, D 20%増しとなっている。つまり破壊応力が動的の速度で20%上昇し、飽和することは管の引張強度が20%上昇したと考えられる。よって今回の準静的解析では、静的解析の塩化ビニール管の引張強度を20%上昇させて解析し結果を出した。

## 4. 解析結果

|       |   |                             |
|-------|---|-----------------------------|
| 静的解析  | A | 15.0 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
| 準静的解析 | B | 15.7 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|       | C | 18.3 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|       | D | 18.3 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |

管の引張強度は動的範囲において約20%上昇し、飽和することがわかった。

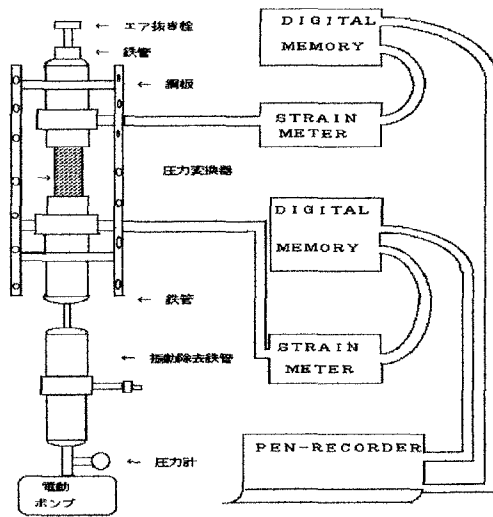
破壊水圧は、準静的解析において引張強度の上昇とはほぼ同じ23%の上昇となった。

解析状況より、荷重が破壊から0.4~0.5 Kgf/cm<sup>2</sup> 上昇して管全体より破壊していることを考慮すると10%未満の誤差であり、本来の破壊状況は等方性を示すと思われる。

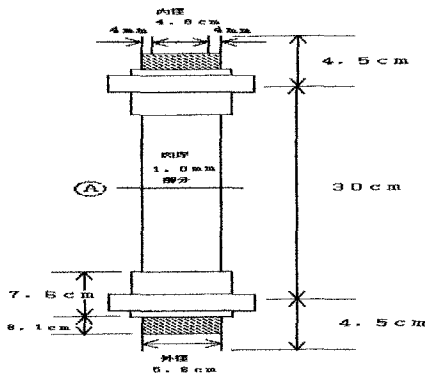
## 5. 実験装置

内径56ミリ、肉厚1.0ミリの塩化ビニール管を使用し、両端にネジ山の付いたソケット部分をヘルメシールにて取り付けられている。(図一2の斜線部分)

供試体の上下に圧力変換器と動歪計が接続されている。動歪計からDIGITAL-MEMORYのINPUTへ接続するとDIGITAL-MEMORYに発生した圧力の波形を記憶することができる。DIGITAL-MEMORYのOUTPUTからPEN-RECORDERへ接続をすることにより、記憶させた波形をPEN-RECORDERに書かせることができる。このとき記憶される波形はボルテージで示されるものである。



図－2 実験装置

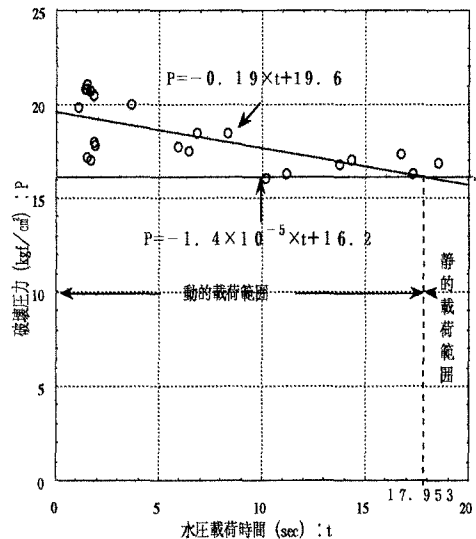


図－3 供試体

## 6. 実験方法

供試体の両端に破壊圧力変換器が取り付けられ、載荷された水圧は波形記憶装置にて記憶される。供試体は、偏心、引っ張りなどの作用力が働かないように銅板にて固定し、純粋に水圧のみによって破壊させる。載荷開始から破壊までの時間は、1～9分間位を均等に行い、電動ポンプにてゆっくりと載荷を行う。水圧は供試体の両端に設置された2個の圧力変換器によりピックアップされ動歪計にて増幅され、波形記憶装置にて記憶される。その後ペンレコーダーにて波形を描き出し、圧力データとする。破壊状況、ブルドン管式圧力計に示される破壊圧力、偏心荷重の有無、及び漏水等をチェックし、特に偏心の荷重または漏水がある場合は実験値としては採用しなかった。

水圧載荷時間に対する破壊圧力



図－4 実験結果図

## 7. 結論

準動的載荷範囲、静的載荷範囲を考えると、次のようになると思われる。それぞれの範囲以内にある値で最小二乗法をとり、近似直線を求めた。それぞれの範囲の近似直線は、以下の式－1から式－2に示すようになった。

$$\text{動的載荷範囲 } P = -0.19 \times t + 19.6 \quad \dots 1 \quad (0 \leq t \leq 17.95)$$

$$\text{静的載荷範囲 } P = -1.4 \times 10^{-5} \times t + 16.2 \quad \dots 2 \quad (17.95 \leq t \leq 526.63)$$

P：破壊圧力 (kgf/cm²)

t：水圧載荷時間 (sec)

静的載荷範囲が526.63 (sec) までになっているのは、実験値の中で、水圧載荷時間の最大が526.63 (sec) であるという理由からで、式－2はその範囲以内では有効である。以上で、準動的載荷範囲、静的載荷範囲を求めることができた。

実験値と理論値の比較により18秒以上では、静的範囲となった。準静的の時間範囲は0～18秒の間であり、この範囲は管の試験速度依存特性が有効となる範囲である。

## 8. 参考文献

- A. M. Britto, M. J. Gumm : 有限要素法による境界状態土質力学, ELLIS HORWOOD LIMITED 1987年
- 阿部 泰夫：土質工学、彰国社 1979年