

Ⅱ-34 管の水撃破壊解析

東北学院大学 学正員 ○ 安倍 徹

学正員 太田 一道

正員 河野 幸夫

1. 序論

本研究は、管の水撃破壊解析を有限要素法による弾性解析及び弾塑性解析を用いて、管の水撃破壊解析を行なった。最初に鉄管の盛土のないモデルでプログラムの妥当性を確認して、それをもとに鉛管の盛土のあるモデルの解析を行なった。

2. 水撃理論

管内の水撃圧の理論解析は、オイラーの運動方程式（1）式と連続方程式（2）式とのリニアコンビネーションをとり、 C^+ 式及び C^- 式は、（3）式と（4）式となり、特性曲線法にて数値解析を行なう。

$$(\partial v / \partial z) v + (\partial v / \partial t) + g (\partial H / \partial z) + (f / 2D) v^2 = 0 \quad (1)$$

$$(a^2 / g) (\partial v / \partial z) + (\partial H / \partial z) v + (\partial H / \partial t) - (\partial z' / \partial z) v = 0 \quad (2)$$

$$(\partial s / \partial t) = v \pm a \quad (3)$$

$$\pm (g / a) (dH / dt) + (dv / dt) + (t / 2D) v |v| \mp (g / a) v \sin \alpha = 0 \quad (4)$$

V : 流速 m/s , H : 圧力水頭 m , f : 摩擦係数, α : 圧力トンネルの傾斜角

D : 管の内径 m , g : 重力の加速度 $9.81 m/s^2$, z : z 軸, t : 時間軸, z' : 位置水頭

図-1は、 $X-t$ 平面における C^+ , C^- 式の特性曲線を表したもので ds , dH , dt 及び dv を差分化すると C^+ 式は $ds = s_p - s_L$, $dt = \Delta t$, $dv = v_p - v_L$, $dH = H_p - H_L$, C^- 式では、 $ds = s_p - s_R$, $dt = \Delta t$, $dV = V_p - V_R$, $dH = H_p - H_R$ 及び比例関係 $\Delta Z / \Delta S = (V_L - V_c) / (V_{Lc} - V_c) = (H_L - H_c) / (H_{Lc} - H_c)$ を（3）（4）式に代入することにより、 V_L , V_R , H_L , H_R , 及び V_p , H_p , をえることができる。

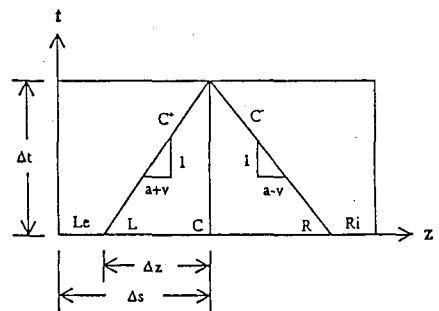


Fig. 1. Characteristic curves

3. 解析モデル

管の材料特性値

鉄管

弾性係数 $E = 2.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

ポアソン比 0.3

破壊強度 2500 kgf/cm^2

鉛管

弾性係数 $E = 1.7 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

ポアソン比 0.33

破壊強度 200 kgf/cm^2

鉄管のサイズ

内径 3.600 m

肉厚 0.080 m

メッシュ切り内容

節点数 38個

要素数 36個

鉛管のサイズ

内径 6.0 cm

肉厚 1.0 cm

メッシュ切り内容

節点数 95個

要素数 150個

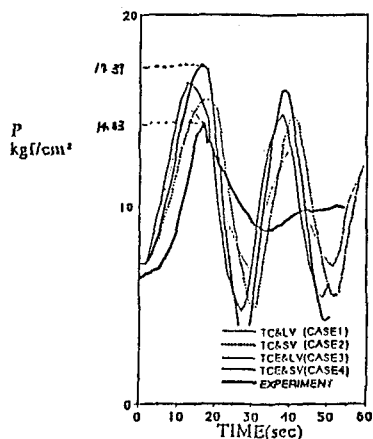
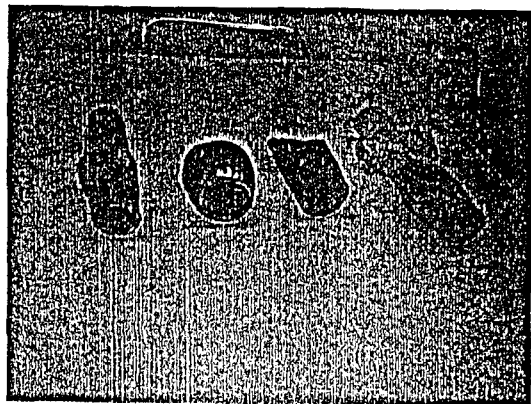


Fig. 2 The Result of Analysis and Experiment (needle=20)

4. 解析結果

鉄管の盛土のないモデルの解析を行なった結果、水撃圧 34.8 kgf/cm^2 のときに各要素に引張応力として 2500 kgf/cm^2 が、ほぼ一様にかかっている。この結果からプログラムの妥当性が評価でき、次に盛土のある鉛管の解析を行なった。最初に破壊するために必要な水圧を調べた結果、 24.6 kgf/cm^2 になり、管の最下部で最大引張応力 201.44 kgf/cm^2 (鉛の引張強度 200 kgf/cm^2) で破壊が始まった。また弾塑性解析の結果、塑性化の進行状態は、最初に管の横方向の土から塑性化が進み、次に管の下部分が塑性化した。



破壊した鉛管

5. 結論

弾塑性解析によって推定された鉛管の破壊圧力 24.6 kgf/cm^2 は、水撃実験より求めた 14.83 kgf/cm^2 及び、水撃の理論解析によって得られた圧力急閉塞の場合は、 23.4 kgf/cm^2 緩閉塞の場合 17.39 kgf/cm^2 よりも大きくなった。また、管の変形、応力分布の面から考えると、管の最下部が最も破壊しやすいということがわかった。

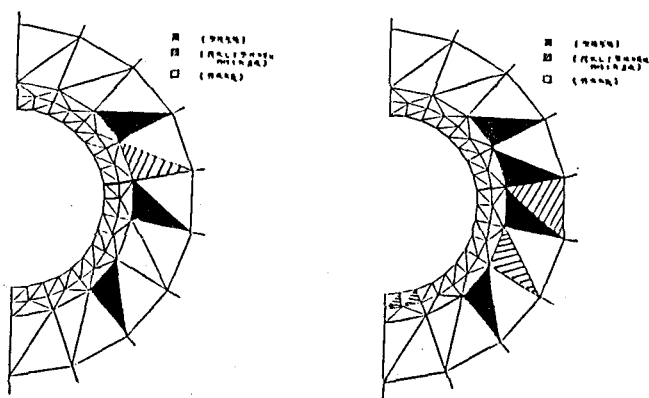


図 - 3 塑性化の移行