

II - 79

塩化ビニール管、鉛管の水撃破壊解析

東北学院大学 学生員○佐々木 洋

東北学院大学 正 員 河野 幸夫

1. はじめに

本研究は、塩化ビニール管、鉛管の破壊解析を有限要素法による弾性及び弾塑性解析を用いて、各管の内部に作用する水撃圧を各ノードに作用する集中荷重とし、2次元の応力及び変位の解析を含め、管のみの場合及び盛り土のある場合について計算を行った。

2. 弾塑性問題の剛性方程式

今、物体に外力が作用し、物体が塑性状態になったとして、その時の弾塑性解を求めることを考える。

$$\{dF\}_m = [K]_m \{d\delta\}_m + \{dF\delta\epsilon\}_m + \{dF\delta\epsilon\}_m$$

ひずみ増分理論により、荷重を増分的に作用させて、各増分段階（STAGE）で得られた解をそれまでの解に加えて所定の外荷重に対する解を求めることになる。

すなわち、

$$\{F\}_i = \{F\}_{i-1} + \{dF\}_i$$

$$\{\delta\}_i = \{\delta\}_{i-1} + \{d\delta\}_i$$

$$\{\sigma\}_i = \{\sigma\}_{i-1} + \{d\sigma\}_i$$

$$\{\epsilon\}_i = \{\epsilon\}_{i-1} + \{d\epsilon\}_i$$

ここで、未知の弾塑性境界に関連して、 $\{dF\}_i$ のとりかたは、弾塑性境界つまり、塑性域形状の広がりをも増分段階で要素1個に限定して、その増分段階で新たに塑性域となる要素と、その時の荷重増分を決める方法で、この方法に基づいたプログラムが、ここで使用されている。

3. カムクレイ

限界状態土質力学（CRITICAL STATE SOIL MECHANICS）と名付けられた土の挙動を記述する理論は、塑性理論の土質力学への適用として発展したものである。

その理論の中に現れるカムクレイは、土要素挙動に対する弾塑性モデルに名付けられたものであり、現実に地中のどこかで見い出されるような本物の土ではないが、適切な材料定数を選べば、カムクレイの式によって、多くの本物の土要素の挙動を表現することが出来る。

4. 解析モデル

管の材料特性値

(塩化ビニール管)

弾性係数 $E=3.10 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$ ポアソン比 $\nu=0.37$ 破壊強度 350 kgf/cm^2

(鉛管)

弾性係数 $E=1.6 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ ポアソン比 $\nu=0.44$ 破壊強度 200 kgf/cm^2

管のサイズ

(塩化ビニール管)

内径 $D=500 \text{ cm}$ 肉厚 $e=20 \text{ cm}$

(鉛管)

内径 $D=600 \text{ cm}$ 肉厚 $e=95 \text{ cm}$

メッシュ切り内容 (塩化ビニール管、鉛管ともに同じ)

(管のみ)

節点数 93 個

要素数 126 個

(盛り土あり) 塩化ビニール管、鉛管は、地中50cmにあるものとして、解析をした。

節点数 187 個

要素数 305 個

5. 解析方法

管は、材料として前述のものを使用し、完全弾性体とし、土は材料としてカムクレイを使用し、完全弾塑性体として解析をした。

6. 解析結果

管を破壊するために必要な水圧

(管のみ)

塩化ビニール管 $P = 27.50 \text{ kgf/cm}^2$

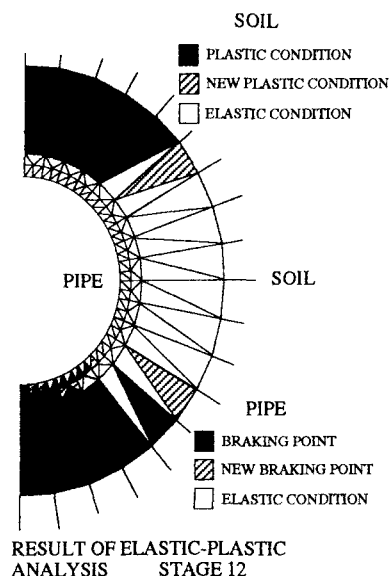
鉛管 $P = 57.50 \text{ kgf/cm}^2$

(盛り土あり)

塩化ビニール管 $P = 64.40 \text{ kgf/cm}^2$

鉛管 $P = 87.30 \text{ kgf/cm}^2$

管のみの場合は、破壊は等方性が見られたが、盛り土がある場合は、管に破壊が生じる前に、上下の土が塑性化し、その後に管の下部から破壊の傾向が見られた。



7. 結論

(1) 塩化ビニール管は、管のみの場合、

$P = 27.50 \text{ kgf/cm}^2$ で破壊し、

盛り土ありの場合は、破壊強度を

70%とした場合、 $P = 64.40$

kgf/cm^2 で管が破壊した。

図一 1 盛り土ありの場合の塩化ビニール管の弾塑性解析

(2) 鉛管は、管のみの場合、 $P = 57.50 \text{ kgf/cm}^2$ で破壊し、盛り土ありの場合は、破壊強度を70%とした場合、 $P = 87.30 \text{ kgf/cm}^2$ で管が破壊した。

(3) 管のみの場合、両管とも破壊は等方性を示したのに対し、盛り土ありの場合は、土は、管の上下から塑性化する傾向を示し、管は、下部から破壊する傾向を示した。

(4) 以上の結果より、緩閉塞において水撃圧は、緩やかに載荷されることにより、静的応力解析で十分に対応可能であることは、前に発表した通りであるが、急閉塞においてもある材質においては、2から3割の強度の上昇しか見られない場合、静的応力解析で、水撃破壊解析に対しても十分対応できることを示した。

(参考文献)

有限要素法による限界状態土質力学パッケージ CRISP Ver.1.0 A.M.Britto M.J.Gunn

土木材料力学 岡田 清 明石 外世樹 神山 一 児玉 三

有限要素法 (構造要素の変形、破壊挙動の解析)

三好 俊朗 白鳥 正樹 座古 勝 坂田 信二