

防衛大学校 土木工学教室 正会員 ○佐藤紘志
同 上 大内 元
同 上 正会員 森 雅美

1. まえがき 埋設管の耐震設計は、近年、管体の塑性ひずみを許す設計体系になってきたが、地震対策上重要な曲管部の取扱いに関してはいまだ不明確な点を残している。著者らは、これまで埋設管路の曲管部について、(1) 静的および繰返し載荷試験を行い、その大変形挙動を調べるとともに、(2) (曲管部に関しては) 許容ひずみよりはむしろ許容変形量を基準にすべきとの立場から曲管部の許容変形量の評価法などについて検討を行ってきた。

本報告は、これまでにを行った実験のデータを再整理して、エネルギー論的立場から曲管部の許容変形量の評価を試みたものである。

2. 曲管部の許容変形量の評価 現在、埋設管路の耐震性評価は、与えられた条件のもとで計算された配管系各部のひずみと、疲労曲線から地震時の等価繰返し回数などを考慮して求められた許容ひずみとを比較することにより行われている。しかし、地震時に任意の地盤変位を受ける埋設管路の曲管部での応力状態を、塑性域まで解析的に評価することは困難である。したがって、曲管部などに関しては、その部分を独立した配管要素と考え、適当な方法で定められた許容変形量で評価する方が合理的であると思われる。

配管要素の許容変形量を定めるためには、導管が破損に至るときの配管系各部分の変形を知る必要がある。一般に、導管の破損とは、導管の機能が損なわれる態であり、種々の定義がなされているが¹⁾、ここでは、導管中にある1箇所でもクラック(あるいは破断)が生じた時点をもって配管系の破損と定義する。

以下に、実験結果の一部とそれに基づいた許容変形量の一評価法について述べる。

3. 破損に至るまでの履歴吸収エネルギーを考慮した90°

ロングエルボの許容変形量

実験は、インストロン万能試験機1127型を使用し、SGP100 A90°ロングエルボ(外径114.3mm, 肉厚4.5mm, 曲率半径152.4mm)の両端に同種の管を溶接した供試体(図-1)を用いて行った(写真-1)²⁾。繰返し載荷試験は、同一寸法の供試体を用

意し、変位振幅と載荷形式を変えて5通り行った。すなわち、(1)実験-4は、50mmの一定変位振幅で亀裂が生じるまで繰返したものであり、以下、(2)実験-5は、10mmからの各変位振幅を10回ずつの繰返し、(3)実験-6は、20mmで50回繰返した後、50mmの一定変位振幅で繰返し、(4)実験-7は、30mmで50回繰返した後、50mmの一定変位振幅で繰返し、(5)実験-8は、実験-4の2倍の100mmでの繰返しを、それぞれ亀裂が発生するまで行った。なお、各実験とも、載荷速度は全て50mm/min.とした。また、本実験においては、亀裂は、各回とも図-2に示した位置に発生した。

実験結果の1例として、図-3に実験-4、8で得られた荷重-変位の履歴曲線を示した。図-4は、例えば、図-3のような履歴曲線を積分して得られる破損に至るまでの累積吸収

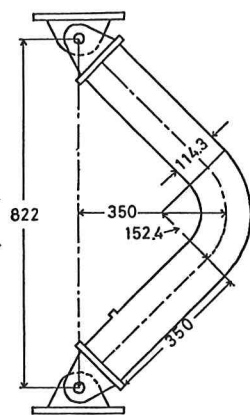


図-1 供試体の寸法



写真-1 実験状態

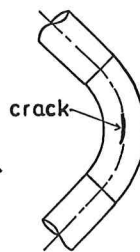


図-2 亀裂の発生位置

エネルギーを示したもので、図中の数字は各変位振幅での繰返し回数を表している。この図から、静的耐力を遙かに超えた変位振幅50mm, 100mmに対して行った実験（4、8）の結果では、破壊に至るまでの繰返し回数は、それぞれ33回、8回と異なっているが、累積履歴吸収エネルギーはほぼ等しくなっていること、実験

一5、6、7は、降伏耐力、あるいはそれ以下の変位振幅での繰返しを含んでいるので、結果的には累積履歴吸収エネルギーが大きくなっていること、などがわかる。図一5は、1サイクルに対する平均的な吸収エネルギー（ $\bar{W}$ ）と変位振幅（ Δ ）との関係を示したものである。図中の曲線は次式で与えられる回帰曲線である。

$$\bar{W} = 0.0072 \times \Delta^2 + 0.0177 \times \Delta + 0.0121 \quad (1)$$

このエルボの破損に至るまでの累積履歴吸収エネルギーは、図一4から $7 \sim 8 t \cdot m$ と推定される。また、埋設管の耐震設計においては、変位の等価繰返し回数は40~50程度とされているので、これらを考慮すると、このエルボが破損に至るに必要な1変位サイクル当りの吸収エネルギーは $0.15 \sim 0.20 t \cdot m$ である。したがって、曲管部の破損を考慮した許容変形量は、図一5からこの場合の載荷点変位で35~40mmとなる。この変位量は、

図一1に示した供試体の幾何学的関係から $4.8 \sim 5.4^\circ$ の曲げ角度に相当する。この時、曲管部に発生する最大ひずみは、図一6から $3.0 \sim 3.2\%$ と予想され、この値は、ガス導管に対する現行の設計基準³⁾と比較して妥当な値である。

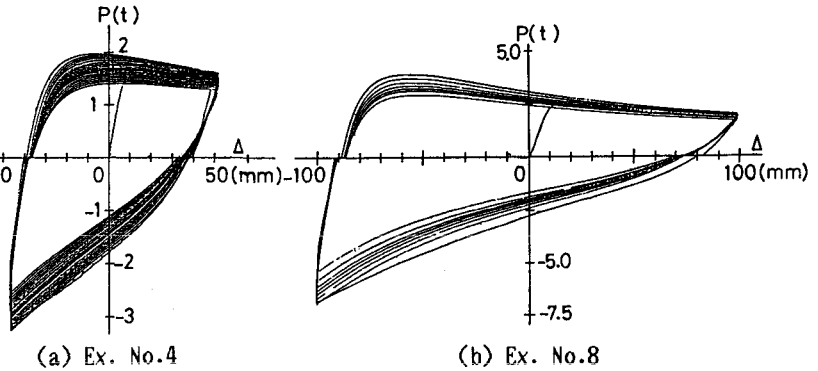
4. あとがき

以上の結果は、限定された条件

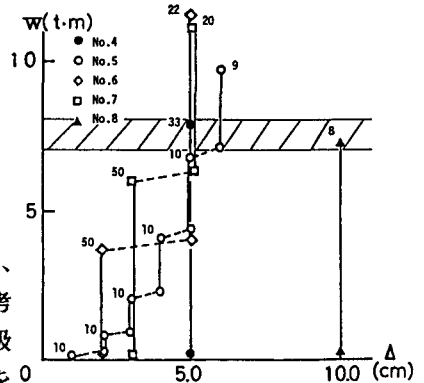
のもとでの実験結果によるものであるが、曲管部の許容変形量について1つの定量的な解釈をすることができた。今後は、他の径への適用も含めて、さらに検討を進めていく予定である。

参考文献

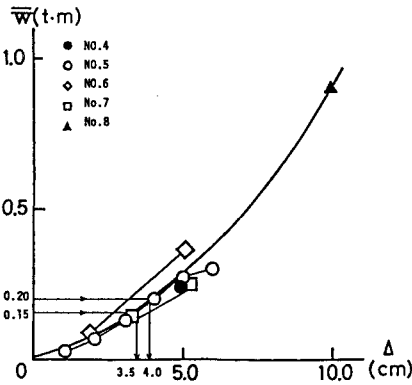
- 1) 原他：鋼管の塑性変形能を利用した導管設計、日本鋼管技報、No.86, 1980.
- 2) 大内・佐藤：埋設管路曲管部の大変形挙動に関する実験的研究、構造工学論文集 Vol.32A, 1986.3.
- 3) 日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針、1982.



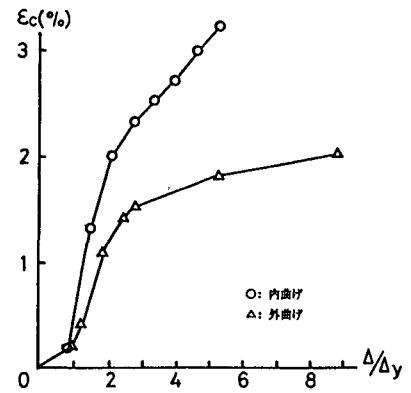
図一3 荷重—変位履歴曲線



図一4 累積履歴吸収エネルギー



図一5 1サイクルの平均履歴吸収エネルギー



図一6 最大ひずみ—変位量関係