

I-B 422

ベンド管の低サイクル疲労強度
に及ぼす内圧の影響

N K K 正会員 鈴木 信久
N K K 正会員 那須 卓
N K K 小野 芳美

1. 緒 言

道路下に埋設される高圧パイプラインの耐震設計において、鋼材が有する塑性領域の延性強度を積極的に評価することにより、最大級の地震入力を想定した変位制御型の負荷に対する管体の限界ひずみを用いた合理的な設計法の構築が可能となる⁽¹⁾⁽²⁾。一方、地震時の原子力配管などについて、繰返し負荷に対する進行性変形や低サイクル疲労との相互作用などが検討されているが、それらは比較的小径・小曲率半径のステンレスベンド管を対象にしたもので内圧を積極的な評価パラメータとして扱っていない⁽³⁾⁻⁽⁶⁾。ここでは、高圧ガス導管用の鋼製ベンド管を対象にして実験を行い、低サイクル領域における繰返し塑性曲げ強度に及ぼす内圧の影響を検討した。

2. 実験方法⁽⁷⁾

(1) 供試体

供試体は、配管用炭素鋼鋼管(JIS G 3452:SGP)を原管として高周波誘導加熱加工した3DR(曲げ半径:955.5 mm)の90°ベンド管を用いた。この供試鋼管の機械的性質を表1に示す。ただし、管径は実際に導管として使用されているもののうち、300A(外径:318.5 mm、管厚:6.9 mm)を対象とした。この供試体の寸法・形状を図1に示す。

表 1 供試鋼管の機械的性質

Material	Y.S. (MPa)	T.S. (MPa)	Elongation (%)
SGP	396	500	33.7

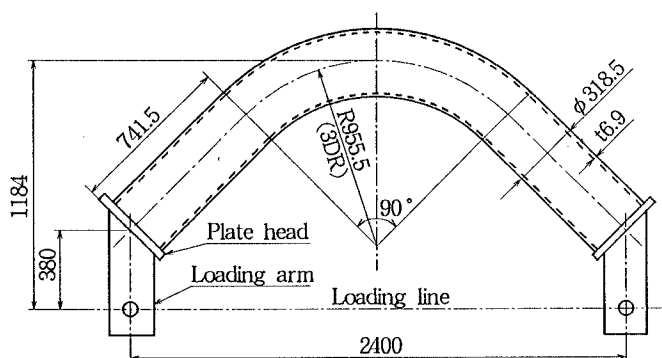


図 1 供試体の寸法・形状

(2) 実験条件

負荷方式は、ベンド管の内圧下における塑性域での繰返し変位を与えるために、最大級の地震入力を模擬した一定振幅の強制変位を連続的に載荷する方法とした。管内は圧力変動を最小限にするために、部分気体加圧とした。内圧の水準を、300Aに対するJIS規格の管径Dと管厚tを参照し、内圧pによるベンド管中立線部の周方向応力 $\sigma_n (=pD/2t)$ の降伏点 σ_y に対する比(正規化内圧: $P_n = \sigma_n / \sigma_y$)が、0、0.2および0.4の3条件に設定した。一方、繰返し曲げは内曲げから開始し、曲げ角度の振幅が2.8°と4.1°となる2水準の両振り変位制御の負荷方式で、き裂貫通点まで連続載荷した。

3. 実験結果

(1) 繰返し負荷曲線

曲げモーメント M と曲げ角度 ω の関係を図2に示す。最大曲げモーメントは内圧によって増大し、 P_n が0.4の値は P_n が0の場合の約1.5倍となっている。

(2) き裂貫通個所とひずみ分布の関係⁽⁷⁾

試験体に生じたリーク部： θ_f 、ネッキング部： θ_n およびその周方向位置： ϕ と、内曲げ1/4サイクルにおける曲管外面の周方向ひずみ分布(FEM)を図3に示す。実験結果では ϕ が3~5°、 $\theta_f < \theta_n$ であり、FEM解のひずみ集中の分布傾向と一致している。

(3) ひずみ振幅に及ぼす内圧の影響

ホットスポット部のひずみ振幅に及ぼす内圧の影響を図4に示す。内圧が大きくなるに従ひひずみ振幅が小さくなっている。これは内圧によって管断面の偏平化が抑制され、板曲げひずみが減少することによるものである。ただし、内曲げから開始した塑性域での両振変位負荷に対しては、内圧の有無に拘らず常に引張ひずみが卓越する傾向を示し、ひずみ振幅と平均ひずみはともに増大する⁽⁷⁾。

(4) 疲労強度

$P_n=0$ で繰返し曲げ角度が最大荷重点変位よりも大きい場合(4.1°)と小さい場合(2.8°)について、き裂貫通寿命に及ぼす内圧の影響を図5に示す。前者では内圧が大きくなるに従ひ寿命が増大するのに対し、後者は短縮する傾向を示している。バンド管の低サイクル疲労強度には、内圧によるひずみ振幅や平均ひずみおよび破壊断面積などの影響が複合的に関係する。

4. 結 言

バンド管の耐震性を評価するために繰返し塑性曲げ強度について検討し、内圧によってき裂貫通寿命が増大する負荷領域が存在することを示した。

参 考 文 献

- (1) 日本ガス協会：ガス導管耐震設計指針，1982
- (2) 鈴木：東北大学学位論文，1995
- (3) L. K. Severud, et al: ASME PVP Vol. 127, pp67-72, 1987
- (4) T. J. Azzam, et al: ASME PVP Vol. 220, pp107-116, 1991
- (5) R. J. Scavuzzoli: Trans. of ASME JPV, Vol. 114, 1992
- (6) C. Guionnet: Trans. of ASME JEMT Vol. 114, 1992
- (7) 小野：JSME材力講演論文集 [No. 95-2] Vol. B, 1995

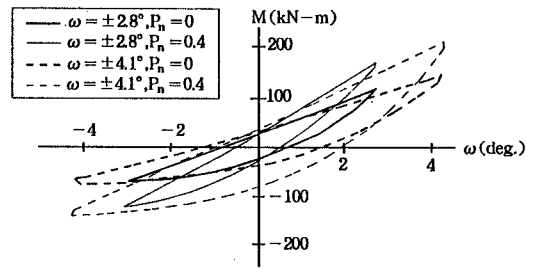


図2 繰返し負荷曲線

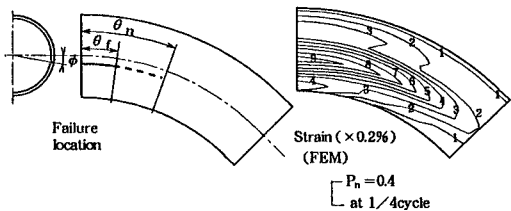


図3 き裂貫通個所とひずみ分布

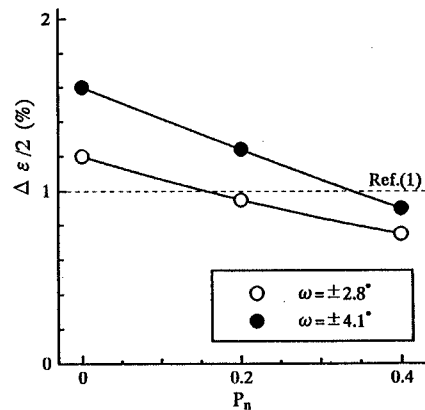


図4 ひずみ振幅と内圧の関係

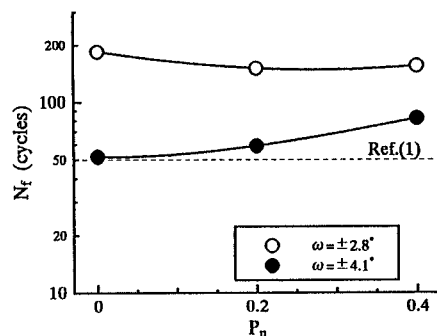


図5 き裂貫通寿命と内圧の関係