

設計係数 0.4 相当の内圧を受ける X80 直管の大変形曲げ特性

東京ガス（株）

福田 直樹

正会員

○谷田部 洋

1. 緒言

大規模地震時の液状化に伴う地盤沈下または側方流動などにより、地中に埋設されたガスパイプラインは大変形を生じる可能性がある[1]。こうした状況下においても十分な安全性を確保するため、ガスパイプラインは各種の耐震設計指針[2]に基づき設計されている。これらの設計指針は国内で使用実績のある API 5L X65 グレード以下の知見を反映させたものであるため、X80 を始めとする高グレード材料を国内で使用するためには、従来の知見が高グレード材料にも適用可能であることを確認する必要がある。

筆者らはこれまで、内圧として規格降伏応力の 40%の周方向応力を作用させた状態で、X80 グレード鋼管を対象としてコールドベンド[3]、高周波ベンド[4]の面内曲げ実験を実施し、変形モードおよび変形性能が X65 以下の従来グレードと同程度であることを確認してきた。パイプラインの構成部材である直管の大変形曲げ特性についてはまだ明らかにされていないため、本研究では X80 UOE 鋼管を対象として、門型の荷重治具により軸圧縮荷重を採用させた状態で曲げ変形を加える方法を用いて、直管の大変形曲げ特性を評価した。

2. 実験方法

API 5L X80 UOE 鋼管を供試管として、直管の大変形曲げ特性を評価した。表 1 に供試管の寸法および管軸方向の機械的特性を示す。また、表 2 に X80 および X65 の API 規格強度を示す。

図 1 に実験装置の概要を示す。長さ 6510mm の供試管の両端に袖管を溶接接合し、荷重用治具を取り付けた。荷重用治具の両端はピンで実験装置または油圧ジャッキに固定し、回転を許容する構造とした。油圧ジャッキ側のピンに一方方向変位を付与することにより、供試管に圧縮方向の軸力を作用させた状態で、曲げ変形を加えた。パイプライン操業時の状態を再現するため、実験中は供試管に水压を付与し、圧力を一定に保った。圧力は、ASME B31.8[5] に規定される Class location 4 におけるパイプラインの操業圧力レベルである規格降伏応力の 40%の周方向応力が作用する 10MPa とした。また、過去の研究[1]では除荷過程において漏洩が発生したことから、本研究においても曲げ角度約 25° ごとに内圧は保持したまま除荷過程を導入した。

表 1 供試管の寸法および管軸方向の機械的特性

D (mm)	t (mm)	YS (MPa)	TS (MPa)	Y/T	El. (%)
609.6	14.0	561	665	0.84	33

表 2 API 5L 規格 2000 年版（管周方向）

	YS (MPa)		TS (MPa)		Y/T
	min	max	min	max	
X80	552	690	621	827	max 0.93
X65	448	600	531	758	max 0.93

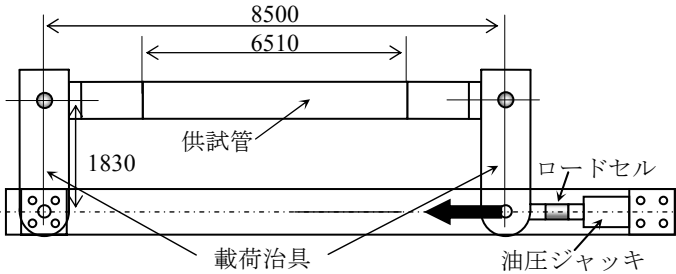


図 1 実験装置

キーワード：パイプライン、API 5L X80、直管、耐震設計、変形性能

連絡先：〒230-0045 横浜市鶴見区末広町 1-7-7 TEL：045-505-7309 FAX：045-521-1451

3. 結果および考察

図2、図3に最大モーメント時および実験終了時における供試管の変形状態を示す。図4に貫通き裂の発生位置を示す。図5に曲げ角度と曲げモーメントの関係をまとめる。曲げモーメントは最大値により正規化した。変形状態の曲げモーメントが最大となる曲げ角度を最大モーメント角度、貫通き裂を生じた曲げ角度を限界曲げ角度と定義した。最大モーメント角度 $\omega_b = 11.7^\circ$ において、供試管のほぼ中央部で供試管下側が外側に膨らむ局部座屈を生じた。最大モーメント以降は、同部分に変形が集中し、曲げ角度 30.5° で面内接触をした後に、限界曲げ角度 $\omega_{cr} = 43.6^\circ$ において座屈部に貫通き裂が発生した。これらの変形モードは、三木らの報告[6]にあるX65以下の直管の変形モードと同様であった。同報告にて提案されている評価式によると、本供試管と同形状のX65直管の限界曲げ角度は $\omega_{cr} = 35.7^\circ$ と算出されることから、本研究で用いたX80直管はX65以下のグレードと同等の変形性能を有することが確認できた。

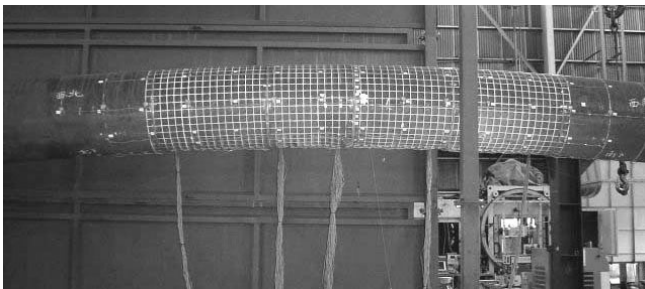


図2 変形状態(最大モーメント時, $\omega_b = 11.7^\circ$)

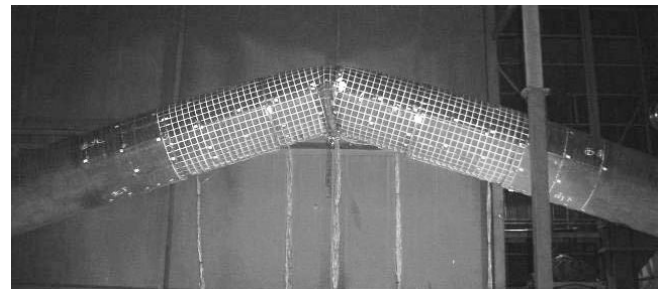


図3 変形状態(実験終了時, $\omega_b = 43.6^\circ$)

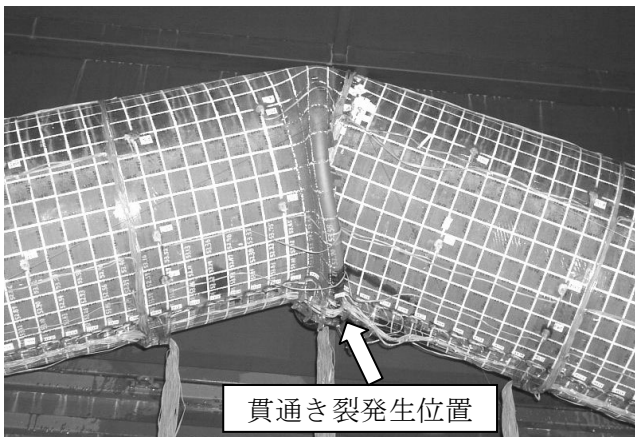


図4 変形状態拡大図(実験終了時, $\omega_b = 43.6^\circ$)

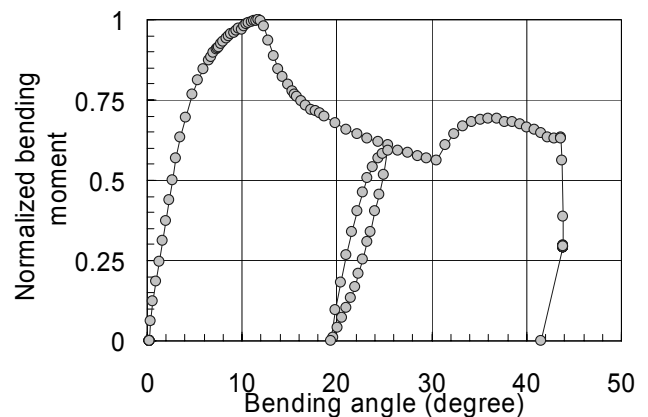


図5 曲げ角度と曲げモーメントの関係

4. 結言

X80直管の面内大変形曲げ実験を実施し高グレード鋼管の変形性能を評価した結果、本研究で用いたX80直管は従来のX65グレードと同等の変形性能を有することが確認できた。

参考文献

- 1) 三木ら, 鋼製曲管の面内曲げ変形特性, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, pp. 897-900, 2001.
- 2) 例えば, 高圧ガス導管液状化耐震設計指針, (社)日本ガス協会, 2002.
- 3) Fukuda *et al.*, Effect of Changes in Tensile properties Due to Cold Bending on Large Deformation Behavior of High-grade Cold Bend Pipe, Proc. IPC, IPC02-27129, ASME, 2002.
- 4) 谷田部ら, X80高周波ベンド管の面内曲げ変形特性, 土木学会年次学術講演会, pp.1425-1426, 2002.
- 5) ASME, "Gas Transmission and Distribution Piping System," B31.8, 2002.
- 6) 三木ら, 内圧を受けるラインパイプの変形特性, 第26回地震工学研究発表会講演論文集, pp.901-904, 2001.