

建設省土木研究所 正員 佐伯 彰一
 建設省 近畿地建 正員 藤原 稔
 神戸製鋼所 正員 大冢 雄右

1. 予えがき

一般に円形断面が曲げを受けた場合、線応力の管壁直角方向の成分が断面の上下各半分で中心方向に作用することによって、断面の扁平化が生じ、このため円形断面の剛性が低下して耐荷力に影響を与えることが知られている。しかし、この扁平化に関して、これまで定性的には検討されてきたが、その実験的検証や理論的研究は、極めて数少ない。

本報は、このような断面の扁平化が鋼管の力学的挙動、とくに耐荷力にどのように影響するか把握するために行われた基礎的な実験結果について報告するものである。

2. 試験体と試験方法

試験体は、 ϕ (D:外径, t:肉厚) が85, 51のもの、それぞれ1体で図-1および表-1に示す諸元をもつ。

試験体に純曲げを加えるため、図-1に示すようにスパンの中心から2Dの純曲げ長さを取り、その位置に試験体P-1, P-2についてそれぞれ、板厚32mm, 19mmの載荷用リングプレートを取り付け2基載荷レタ。

P-1の載荷は、テストベッド上に組立てられた載荷フレームに2基の200t電動式油圧ジャッキを取り付け、載荷リング上のピンを介して2基のジャッキを連動させるという方法によった。P-2の載荷は、300t万能試験機によった。P-1の載荷装置を図-2に示す。

3. 測定方法

ひずみの測定は、純曲げを受ける部分に対し、そのスパン方向と同周方向に抵抗線ひずみゲージを貼付けることによって行なった。また、たわみレスパン中央の断面の扁平度を求めるために電気抵抗式撓動変位計を用いた。なお、扁平度の測定は、スパン中央の下端面(引張側)にボルトを密着し、これを24mm中の構鋼によって作られた変位測定用リングを取り付けて行なった。

4. 実験結果と破壊性状

実験によって得られたスパン中央における荷重～変形関係を図-3(a)(b)に、荷重～扁平関係を図-4にそれぞれ示す。図-3では、縦軸に作用曲げモーメントMを降伏モーメント M_y で無次元化したものを、横軸に変位の絶対値を取っている。図-4では、縦軸に M/M_y 、横軸に水平、垂直方向の径の変形量を元の直径で無次元化したものを取る。

P-1は、スパン中央断面附近の上端面で局部的な大変形を生じて破壊し、P-2は、純曲げ区間内の断面が

表-1. 試験体の諸元

試験体	材質	外径 D (mm)	板厚 T (mm)	D/T	断面積 A (cm ²)	断面積の2次モーメント La (mm ⁴)	断面積の3次モーメント Lz (cm ³)	断面積の4次モーメント Lp (cm ⁴)	重量 W (kg)
P-1	STK41	812.8	9.5	85	239.7	1625.6	193400	4873	116.9
P-2	STK41	406.4	7.9	51	98.9	812.8	19640	966	23.2

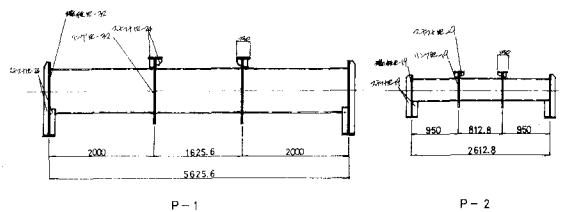


図-1. 試験体

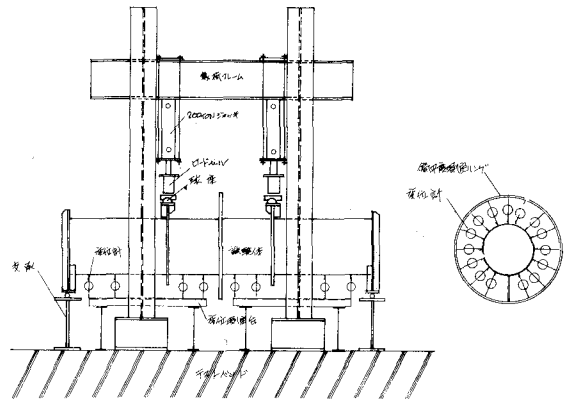


図-2. 載荷装置

ほぼ完全に塑性化しており、載荷リング近傍の曲げせん断区間で局部変形を起して破壊した。

5. 結果の考察

測定された扁平量と曲げモーメントの関係を図-4に示す。この結果、扁平量は、曲げモーメント M_y に達するまでほぼ直線的に変化し、 M_y を越えると徐々に大きくなっていくことがわかる。また、最大曲げモーメントに達した時の扁平量は、元の直径に対して、P-1で水平、垂直方向共に0.6%、P-2で0.9%になっている。この扁平量が、曲げ剛性に影響を及ぼすとするならば、当然、変形性状にもその影響が現われてくるはずである。荷重と変形性状を図-3に示す。図中の計算値は、断面の扁平化する考慮せず単純塑性理論を用いて求めたものである。

まず、P-1について計算値と実験値を比較すると弾性域では、よく一致しているが、非弾性領域に入ると両者の差があらわれてくる。図-3(a)の米印矢は、図-1の99tN、および、図-1bの矢印に相当するが、この矢印に至るまでは断面のいわゆる扁平化(Ovaling)が徐々に進行する。図-3において米印で実験値と計算値の間にわずかな差があるのは、この扁平化による剛性の低下を考慮される。しかし、この矢印を過ぎて荷重が増加すると、断面の扁平化というよりは、むしろ局部的な管壁の変形(局部座屈)が急速に進行し、これが断面の剛性低下の主因となってくる。図-3において、米印を過ぎてからの実験値と計算値の差は、この局部変形にもとづくものと考えられる。

P-2は、 P_c がP-1に比較してかなり小さいため、管壁の局部変形は、ほとんど現われず、ほぼ全断面が降伏した後、はじめて載荷リング近傍に局部変形を起して破壊している。したがって、荷重-変位の関係は、ほぼ計算通りのものである(図-3(b))。セロ、本実験で採用した程度の純曲げ長では、載荷リングによる拘束効果は若干入った程度にはおぼ思われる。また、扁平量が剛性低下に及ぼす影響も無視できるようである。なお、表-3に終局所荷力の計算値(単純塑性理論)と実験値を示す。なお、詳細は実験の内容については、講演の当日に報告する。

6. 後記

この実験は、兩院技術開発研究所委員会鋼構造部会の活動の一環として行われたもので、実施にあたっては、建設省土木研究所橋梁研習型 国広室長の指導を得、また、同研究所、井上研習員、(株)神製鋼所構造研究所 坂田主任研習員の協力を得てこれを付記する。なお、有益な助言を寄せられた、東京大学 西野副教授に深謝の意を表す。

7. 参考文献

- 1) 「鋼管構造デザインマニュアル Ⅲ 土木編」日本鋼構造協会。
- 2) 「Ovaling of Pipelines under Pure Bending」 Paper No. OTC1569. J.O. Jirsa, Fook-Hoy Lee, J.C. Wilhoit, Jr. and J.E. Merwin, Rice U.

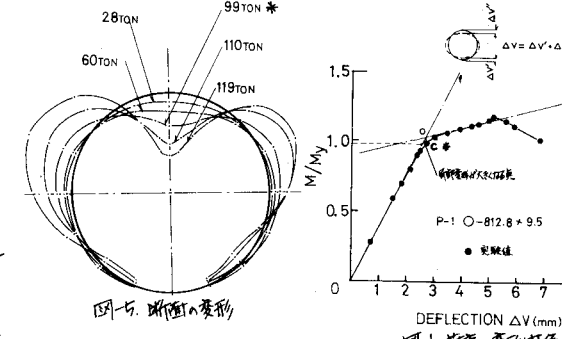
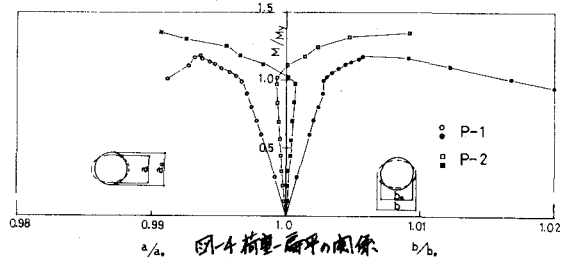
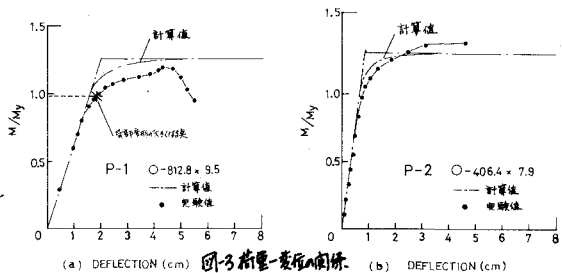


表-3 計算値と実験値の比較

試験体記号	外径 D (mm)	壁厚 T (mm)	D/T	終局所荷力 (Yiguchi) P _c (ton)	計算値 P _i (ton)	実験値 P _i (ton)	P _i /P _c	破壊性状
P-1	812.8	9.5	85	4124	126.0	119.4	0.95	終局所荷力に及ぼす局部座屈
P-2	406.4	7.9	51	3544	46.8	50.4	1.08	終局所荷力に及ぼす局部座屈