

I - A218

ソケット式柱梁L字接合部の耐力試験について

J R東日本 構造技術センター 正会員 工藤 伸司
 J R東日本 構造技術センター 正会員 高木 芳光
 新日本製鐵 鋼構造研究開発センター 正会員 木下 雅敬

1. はじめに

J R東日本と新日本製鐵では、鋼製ラーメン高架橋の柱・梁接合部に、柱より一回り径の大きな仕口付きソケット鋼管を用いて接合することを考案した。この構造は現場溶接を行わないで、ソケット部で施工誤差を吸収するとともに、標準化することで、施工性の向上とコストダウンが期待できる。そこで、実用化に向けて、当該接合部の破壊機構を検討するために耐力試験を行った。耐力試験は①柱接合部曲げ耐力、②柱・梁十字接合部耐力、③柱・梁L字接合部耐力の3点に着目して行い、今回は③について報告する。

2. 試験体形状および諸元

表1 試験体の諸元

試験体名	コクリット充填鋼管柱	モルタル充填角形鋼管梁	ソケット鋼管径(D)	ソケット長(L)	ソケット板厚(t)	柱アーム長(L1)	梁アーム長(L2)	曲げ/軸力比(M/N)
LA-1	φ318 ×t18	□350 ×280 ×16×16	406mm	398mm	6.0mm	1700	850	0.85m
LA-2						1344	1344	1.34m

注) 鋼管柱外側およびソケット内側にずれ止め(丸鋼φ6, ctc100)を溶接する。

表2 材料試験結果

試験体名	鋼管柱				ソケット				梁			
	直径mm	肉厚mm	降伏力 kg/mm^2	引張力 kg/cm^2	直径mm	肉厚mm	降伏力 kg/mm^2	引張力 kg/cm^2	形状mm	肉厚mm	降伏力 kg/mm^2	引張力 kg/cm^2
LA-1	318.5	18.00	29.6	249.0	406.0	6.00	33.6	614.6	□350×280	15.62	29.7	538.1
LA-2	318.5	18.00	29.6	268.4	406.0	6.00	33.6	630.0	□350×280	15.62	29.7	552.0

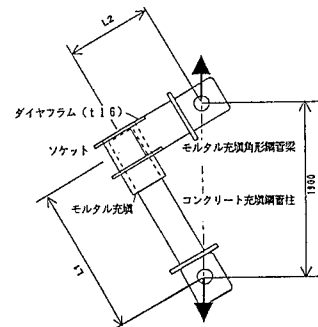


図1 試験体の形状

試験体の形状および諸元を図1、表1に示す。また、表2に材料試験結果を示す。試験体は高架橋の上部梁と柱との接合部をモデル化したL字接合試験体で、実物の約1/3の大きさとした。LA-1・LA-2試験体はともに、ソケット長を鋼管柱径の1.25倍とし、鋼管柱への引張力がL字接合部の耐力に及ぼす影響を確認するため、柱および梁アーム長のみを変化させ、曲げ/軸力比をパラメーターとした。なお、鋼管柱および角形鋼管梁の板厚はソケット鋼管の板厚の3倍程度とし、柱および梁の曲げ破壊を避けるように設計した。

3. 載荷方法

図1の矢印で示す位置で引張載荷を行った。載荷は原則として1方向の単調載荷とし、ソケット鋼管が降伏した時点で一旦除荷し、除荷勾配・残留変形を確認した後、再載荷し終局にいたらしめた。

4. 試験状況と荷重～変位関係

図2に荷重（モーメント）と変位の関係を示す。LA-1・LA-2試験体はともに、荷重の増加にしたがってソケット鋼管縁端の側面の周方向歪みが増加し、35.0tfmあたりで降伏歪みを超えた。50.0tfmを超えたあたりから荷重～変位曲線の接線勾配が緩やかになったが

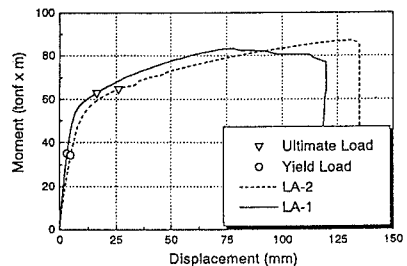


図2 荷重と変位の関係

キーワード：鋼製ラーメン、ソケット、L字接合、曲げ/軸力比、ダイヤフラム

〒151 東京都渋谷区代々木2-2-6 TEL 03-5351-4735 FAX 03-5351-4736

〒293 千葉県富津市新富20-1 TEL 0439-80-3085 FAX 0439-80-2745

荷重はその後も徐々に増加した。試験体の損傷は、LA-1・LA-2試験体ともに、ソケットの下側のダイヤフラムが大きく引き伸ばされ楕円形になっており、柱引張側とソケットの間に空隙ができ、柱引張側が徐々にソケットより抜け出した。また、その部分のコンクリートが少しずつ脱落しだす状況となった。

5. 降伏荷重と終局荷重

今回の試験では、降伏荷重は安全側の値を得るため、ソケット鋼管縁端の側面の周方向歪みゲージのどれでも一つが降伏歪みを超えた時の荷重と定義した。また、終局荷重は荷重最大点が得られているものの、変位の進行がかなり進んだ状態であるため、荷重～変位曲線の接線勾配が初期勾配の5%程度になる点の荷重と定義した。表3(1)・(2)より、LA-1・LA-2の試験体の降伏および終局耐力にはほとんど差がないことがわかる。今回の試験パラメータは曲げ軸力比であるから、L字接合部の耐力に曲げ軸力比はほとんど影響を及ぼさないと考えられる。これは、L字接合試験体の破壊形態がダイヤフラムの引張破壊であり、曲げモーメントの影響が非常に大きいため、今回の範囲程度の曲げ軸力比では、L字接合部の耐力に影響を及ぼさないものと考えられる。従って、L字接合部の設計においては、実用上は軸力の影響は考えずに、曲げモーメントに対してのみ設計してよいと考えられる。

表3 試験結果と計算結果

6. 試験結果と計算結果の比較

表3(3)は式(1)により、ソケット鋼管のダイヤフラムの引張耐力を計算して求めた¹⁾。この値は、(2)終局耐力試験値を全般的に2～3割程度下回っている。図2の荷重～変位曲線

試験体名	(1)降伏耐力試験値 My (tfm)	(2)終局耐力試験値 Mu (tfm)	(3)ダイヤフラム計算終局耐力 Md (tfm)	(2)/(3)	(4)終局耐力計算値 Mj (tfm)	(2)/(4)	終局形態
LA-1	35.0	62.9	50.5	1.24	50.8	1.24	ダイヤフラム引張破壊
LA-2	34.2	64.7	50.5	1.28	50.8	1.28	ダイヤフラム引張破壊

と照らしてみれば、荷重～変位曲線が顕著な非線形性を示し始める少し手前の状態の荷重に相当している。従って、(3)ダイヤフラム計算終局耐力は、やや安全側ではあるが、設計耐力としては適当な値であると考えられる。一方(4)は、L字接合部の終局耐力を式(2)により計算して求めた²⁾。(3)と比較してみると、計算上はLA-1・LA-2の試験体のいずれも、ほぼ同じ計算値となっている。しかしながら実験ではダイヤフラムが引張破壊しており、ソケット本体の破壊は観察されていない。これは、ソケット本体は、柱とソケットの接合における支圧力の偶力により生じるせん断力と、梁とソケットの接合として生じるせん断力の作用方向が異なるため、せん断力が互いに打ち消しあうと同時に、これらの力はほとんど全てダイヤフラムの引張力となって作用しているためと思われる。

従って、実際のL字接合部耐力は(4)終局耐力計算値よりもかなり高く、クリティカルな破壊モードはダイヤフラムの引張破壊になると考えられる。

7. まとめ

L字接合部の設計は、ソケット長を鋼管柱径の1.25倍程度以上とし、式(1)によりダイヤフラムの引張耐力を計算することで、多少安全側ではあるが評価してもよいと思われる。

【参考文献】

- 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、表43.1、日本建築学会、1989
- 鷹野、石橋、鎌田、木下：柱と杭をコンクリート充填鋼管とした接合部の実験的研究
コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.2、pp.1301-1306、1996

$$P_c = 1.77A_s \times f_s + 1.53A_s \times f_s \quad (1)$$

ここに、

P_c : ダイヤフラムの引張強度(t)

$A_s = h_s \times t_s$

$A_s = t_s \cdot \left\{ 0.63 + 0.88 \frac{B_f}{D} \right\} \sqrt{D \times t_s} + t_s \cdot t$

B_f : 梁フラング幅

D : 鋼管柱の外径(cm)

f_s : スチーリングの許容引張応力度(t/cm²)

f_s : 鋼管の許容引張応力度(t/cm²)

h_s : I-断面でのスチーリングのせい(cm)

t : 柱の管厚(cm)

t_s : スチーリングの板厚(cm)

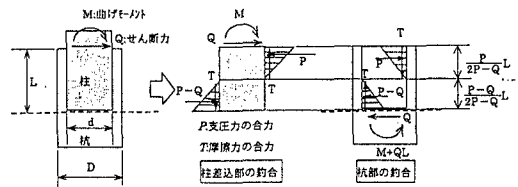
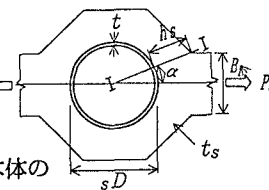


図-10 耐荷モデル

$$M = T \left(\frac{2\sqrt{2}}{\pi} \right) d = - \frac{LP^2}{3(2P-Q)} + (P-Q) \frac{L(5P-2Q)}{3(2P-Q)} \quad (2)$$

但し、 $M = Q \cdot a$ (a : せん断スパン)

このとき、摩擦力は柱の引張側及び圧縮側に各々全周の1/4に均等に作用していると仮定している。