

水平ハンチ付はりとはり鋼管柱接合部の有効ハンチ長さ

Effective Horizontal Haunch Length of Beam-to-Box Column Connections

田 中 直 樹
澤 本 佳 和
三 井 宜 之¹⁾

I. はじめに

兵庫県南部地震の鉄骨被害を鑑み、著者らははり端部に水平ハンチを付けることを提案した。既に実験により、柱はり溶接部の応力を低減することで、脆性的な破壊を防止し変形能力を確保するためには、ハンチ長さは、はりせいとの比 ($\lambda d = \ell_h / H$, ℓ_h : ハンチ長さ) で、 $\lambda d \geq 40\%$ 程度が必要ながことが分かった。但し、実験では、はりせい H とはりスパンの $1/2$ 長さ ℓ の比が、 $\ell / H = 3.6$ と小さな試験体を用いたため、スパンが長くなった場合、上記条件の適応性を検討しておく必要がある。従って、本研究では、主にはりスパン長さを変化させた試験体6体を用いた角形鋼管柱とはり接合部の実験を行い、スパン長を考慮したハンチ設計法を提案する。

II. 実験概要

試験体は、Fig. 1 に示すはりとはりハンチの長さを変化させた縮尺模型の6体である。はりの長さは、2m (中スパン) と3m (長スパン)、ハ

ンチ長さ比は、 $\lambda d = 40\%$, 60% , 90% とした。これらに、ハンチ無し (S8B0) とはりせいのみを大きくした (S16B40LH) 試験体を加えた。ハンチ付き試験体は全てハンチ開始点が局部座屈耐力に達した時、ハンチ端部では弾性を保つ設計とした。

試験体の柱とはりフランジの溶接は、炭酸ガス半自動溶接法 (溶接棒 YM26, 径1.2mm) で行った。また、柱とはりウェブは高力ボルト接合した。試験体の材質は、全てSS400である。試験体素材の機械的性質を Table 1 に示す。なお加力は、はりの全塑性モーメント時のたわみ角 θ_p を基準とし、はり先端部を油圧ジャッキで押し引きすることで行った。

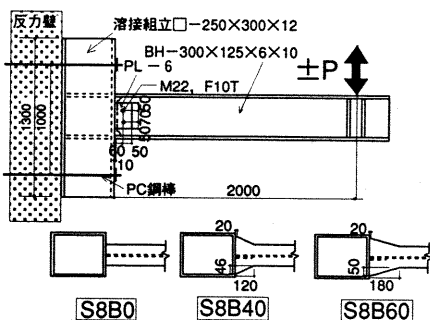
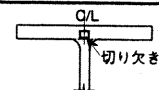
III. 実験結果

各試験体ともまずはりフランジが降伏し、その後、ハンチ無しの試験体は、すぐに引張側のスカラップの底に亀裂が発生する。この亀裂ははり変形の増加に伴い進展し、最終的にはりフランジを貫通する。一方、ハンチ付きの試験体は、はりの圧縮側フランジ及びウェブの局部座屈が支配的となり、最終的にこれが最大耐力を決定する。

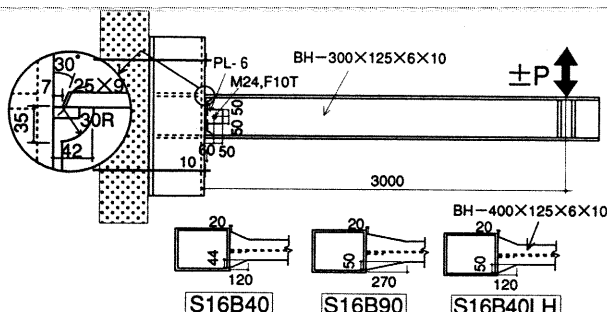
Table 1 Mechanical Properties of Steel

種類	板厚 t (mm)	降伏点 (N/mm^2)	引張強さ (N/mm^2)	降伏比 $Y.R.$ (%)	破断伸び (%)
はりフランジ ($t=10$)	9.94	290	438	66	29
はりウェブ、ガセットPL ($t=6$)	5.70	340	448	76	29
柱フランジ、ダイヤフラム ($t=12$)	11.87	308	449	69	28

(注記) 値は各試験片3体の平均値。
右図のはりフランジ中央部から切り出した
JIS Z 2202-4号試験片3片のシャルピー衝
撃値の平均は、63Joule (0℃) であった。



中スパン試験体 ($\ell/H=6.7$)



長スパン試験体 ($\ell/H=10.0$)

Fig. 1 Specimens

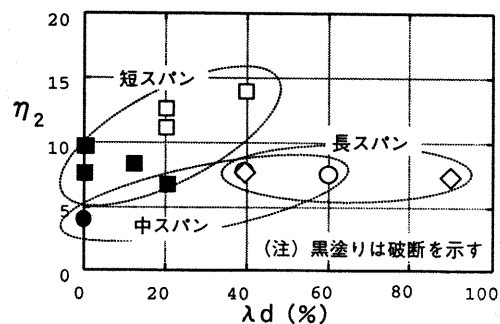


Fig. 2 Plastic Deformability (η_2) and Haunch Length Ratio (λd) Relationships

本報は、鋼構造論文集, Vol. 6, No.23, pp.27~39, 1999年9月掲載論文の要約である。

1) 熊本大学教授

キーワード: 柱はり接合部, 塑性変形能力, 鉄骨はり, 水平ハンチ, 角形鋼管柱

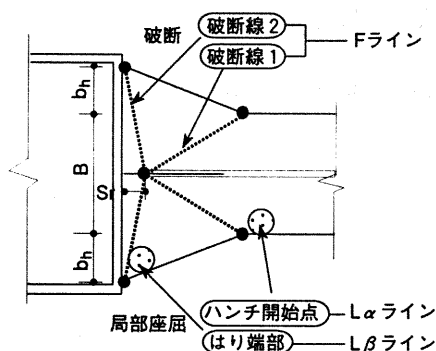


Fig. 3 Rupture Lines and Local Buckling Points

各試験体の累積塑性変形倍率 η_2 (バウシंगाー部分の変形を無視) と λ_d の関係を、前回の実験結果と共に Fig. 2 に示す。図より、はりスパン長さが短い場合は η_2 は λ_d の増加に対応するが、中、長スパンでは η_2 はあまり増加しない。これは、過大なハッチ長さは不要であり、最適なハッチ長さが存在することを意味する。

IV. 有効ハッチ長さ

前章を踏まえ、有効ハッチ長さの計算法を示す。

これは、Fig. 3 に示すように、試験体の最大耐力をはりフランジの破断と局部座屈の2つに決め、これらの大小関係により最大耐力の決定の要因を判定する方法である。ここで、破断は2つの破断線から得られる耐力線 (Fライン) の小さい方から決定されるが、ハッチ長さが短い場合はスカラップとハッチ開始点を結ぶ破断線1に、またハッチ長さが長くなると、スカラップとハッチ端部を結ぶ破断線2から決まる。また、局部座屈にもハッチ開始点近傍で決まる耐力線 (L_α ライン) とはり端部で決まる耐力線 (L_β ライン) の2つがある。

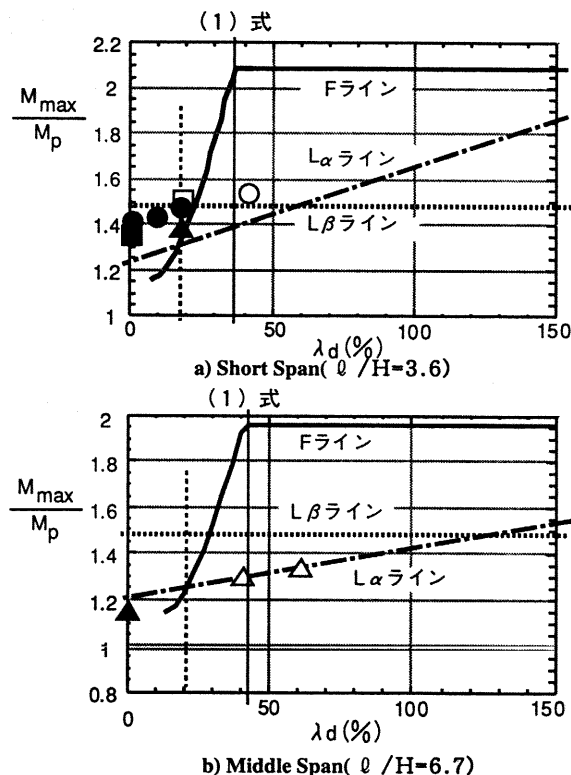
計算された最大耐力 (はり端部での曲げモーメント M_{max} に変換しはり端部の全塑性モーメント M_p で無次元化、なおウェブは無視) と λ_d の関係を実験結果と共に Fig. 4 に示す。図中の記号の内、黒塗りの試験体は破断で最大耐力が決まったもの、白抜きの試験体は局部座屈で決まったものを表わす。

短スパンの試験体の場合 (Fig. 4 (a)), Fラインと L_α ラインの交点を境に破壊形式が破断と局部座屈に分離されるが、実験値もそれによく対応している。F及び L_α ラインが実験値よりも小さいのは、破断はウェブの耐力を無視していること、局部座屈は部材の幅厚比が小さい場合、用いた耐力評価式が若干小さめの値を与えることに起因している。次に、中スパンの試験体の場合 (Fig. 4 (b)), 試験体数は少ないが、破断と局部座屈の交点を境に破断型と局部座屈型に明確に区分されていることが分かる。

これらの結果を踏まえ、最適なハッチ長さ λ_d として、はり端部が破断しないことと、 L_α ラインの過小評価の傾向や破壊そのもののバラツキ、また経済性を考慮すると、Fラインでの破断線1、2の耐力が等しくなる (1) 式を推奨する。なお、標準的な柱はり接合部であれば、(1) から計算される値は、はりせいの30～50%に相当する。

$$\lambda_d = \frac{S_r + \sqrt{S_r^2 + b_h(B + b_h)}}{H} \quad \dots (1)$$

ここで、 b_h : ハッチ端部拡幅部の1/2長さ

Fig. 4 Ultimate Strength (M) and Haunch Length Ratio (λ_d) Relationship (Decision to Optimum Haunch Length)

S_r : スカラップ長さ

V. 結論

水平ハッチのついたはりの弾塑性性状を明らかにし、更にその合理的な設計法を確立することを目的に、文献1に引き続き試験体6体の加力実験を実施した。実験により、以下のことが明らかとなった。

- 1) 文献1及び簡単な解析的検討を基に、はり端部で破断しないよう設計したハッチ付き試験体は全て、最大耐力がはりフランジの局部座屈で決まりハッチ無しの試験体に比べ変形能力が大幅に向上した。
- 2) 中、長スパンの試験体では、ハッチ長さの増加は必ずしも変形能力の向上にはつながらず、幾分低下する傾向も示した。すなわち、ハッチは破断を防ぐ分の長さだけ必要で、過大なハッチは不要である。
- 3) ハッチ部に破断線を仮定して求めた破断耐力ライン (Fライン) とはり部材の幅厚比から決まる局部座屈耐力ライン (L_α ライン、 L_β ライン) により、最適なハッチ長さ算定式を提案し、実験結果と良く合うことを示した。なお、本研究で対象とした標準的な柱はり接合部を対象とすると、最適なハッチ長さは、はりせいの30～50%程度となる。

参考文献

- 1) 田中直樹, 澤本佳和, 佐伯俊夫, 深田良雄: 水平ハッチ付はり角形鋼管柱接合部の弾塑性挙動, 鋼構造論文集, JSSC, 第5巻, 第20号, (1998.12), pp.101～111.