

ハンチ付き鋼製ラーメン隅角部の変形挙動に関する解析的研究

九州工業大学 学生会員○藤原 康典 九州工業大学 正会員 山口 栄輝
九州工業大学 正会員 久保 喜延 沖縄開発庁 正会員 仰木 芽久美

1. はじめに

都市高架道路においては、薄肉箱形断面部材で構成された鋼製ラーメン橋脚が数多く建設されている。その安全性確保には、せん断遅れによる応力の集中が生じる梁と柱の接合部（隅角部）の設計が重要となる。本研究では、隅角部の応力集中を緩和するために用いられるハンチに着目し、池田らにより行われた載荷実験を参考にしてハンチの大きさ、またハンチ部フランジ、ハンチの有無をパラメータとし、ABAQUS による複合非線形有限要素解析を行い、ハンチの効果について検討する。

2. 解析方法

池田らの載荷実験で用いられた G-1 供試体を解析対象とし、その概略を図-1 に示す。載荷点側の部材を梁、反対側の部材を柱とし、板厚が大きくなった領域（図-1 の斜線部）を隅角部と定義する。梁・柱部材はいずれも箱形断面であり、同じ断面寸法、長さとなっている。断面諸元は表-1 にまとめている。G-1 は、隅角部内側フランジ全域にハンチが取り付けられており、曲線型ウェブプレートにフランジを設けた構造形式となっている。ハンチ及びダイアフラムの板厚はそれぞれ 12mm, 7mm で、隅角部の板厚は平均応力をもとに設計された 16mm である。また使用鋼材は全部材 SM490 である。

この G-1 を基本モデルとし、G-1 のハンチを 1/2 に縮小したモデルを G-1/2, 1/4 に縮小したモデルを G-1/4, ハンチを取り外したモデルを G-0 とする。また G-1, G-1/2, G-1/4 のハンチ部フランジを取り外し、ウェブプレートのみを隅角部内側フランジ端部に設けたハンチ構造のモデルも設定する。このモデルについては、名前の末尾に -0 を付加して区別する。

載荷方法は図-1 に示すように、両端をヒンジ固定（一端は水平方向可動）し、梁部材端部を変位制御により載荷する。フランジ隅角部近傍の軸ひずみの平均値が降伏ひずみに達した時点を降伏点とし、その時の変位 δ_y を用いて、 $\delta_y \rightarrow 2\delta_y \rightarrow 3\delta_y \rightarrow \dots$ と次第に振幅を大きくしながら、各振幅で 1 サイクルずつ圧縮側から繰り返し載荷する。なお G-1 の δ_y は 11mm であり、他の解析でもこの δ_y の値を用いる。有限要素解析においては対称性を考慮し、供試体の 1/2 のみを解析対象とする。図-2 に G-1 の解析で用いる要素分割を示す。使用した要素数はシェル要素 3630 個、梁要素 2 個である。また構成則として三曲面モデル²⁾を採用している。

3. 解析結果と考察

全ての解析において、局部座屈は最大耐力点付近で生じ始め、その初期段階においては梁・柱部材の両方で面外変形が認められたが、変形が進むに連れて、どちらか一方の局部座屈が進展し片側に変形が集中した。これは実験結果と一致している。G-1 の変形性状を

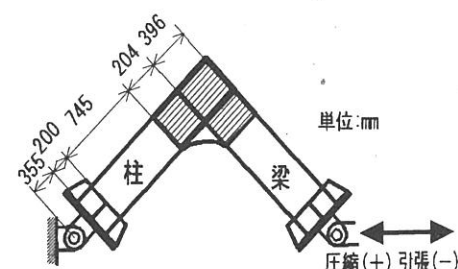


図-1 G-1供試体概略図

表-1 G-1供試体の断面諸元

モデル	梁・柱部材		隅角部板厚
	フランジ	ウェブ	
G-1	410×12mm	380×12mm	16mm

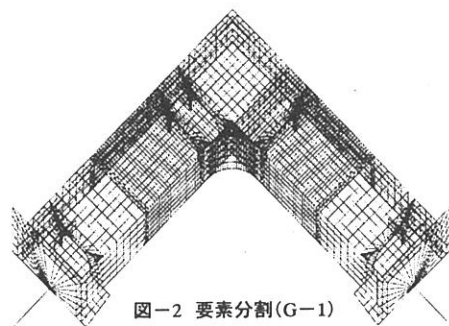


図-2 要素分割(G-1)

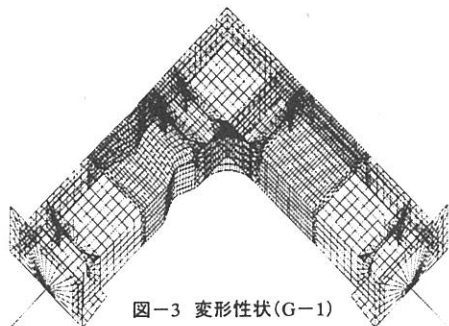


図-3 変形性状(G-1)

図-3に示す。

解析結果として、載荷点における水平荷重—水平変位関係を図-4に示す。図-4からは、ハンチの縮小、またハンチ部フランジ、ハンチの取り外しにより、G-1/4-0を除く全てのモデルで最大耐力は若干低下するものの、最大耐力点の変位は増加する傾向にあることが分かる。G-1/4においては、ハンチ部フランジの取り外しにより最大耐力点の変位は増加していないが、最大耐力点直後の勾配が緩やかになっている。またハンチを取り外したG-0が、最も変形能に優れていることが分かる。これらはハンチの縮小、またハンチ部フランジ、ハンチの取り外しにより、ハンチの影響が小さくなるに伴い、局部座屈発生前に板厚の大きな隅角部での塑性変形が生じやすくなったためであると考えられる。

図-5~7には大きなひずみの発生が予想される梁・柱接合部とハンチ付け根部（両方とも着目点は、内側フランジとウェブの結合部）における水平荷重と軸方向直ひずみ（梁と柱で大きい方）関係を示す。なお、図-6はハンチの影響を見やすいように、図-5からG-0の解析値を除いた図である。図-5よりG-0に比べ、他のモデルで生じている直ひずみは小さく、梁・柱接合部の直ひずみの緩和にハンチが非常に有効であることが分かる。また図-6からは、梁・柱接合部における直ひずみは、ハンチの縮小、ハンチ部フランジの取り外しにより大きくなることが分かる。この結果より、G-1のようなハンチ構造が、梁・柱接合部における直ひずみの緩和に最も有効であるといえる。図-7からは、ハンチの縮小により、ハンチ付け根部の直ひずみが大きくなる傾向にあることが分かる。またハンチ部フランジを取り外したことにより、G-1では直ひずみが大きくなるが、G-1/2、G-1/4では直ひずみが小さくなっている。これは付け根部ではなく、ウェブプレートに直ひずみが集中したためであると考えられる。

4. まとめ

- ・ハンチの縮小、またハンチ部フランジ、ハンチの取り外しにより、ハンチの影響が小さくなるに伴い、最大耐力は若干低下するものの、変形能は向上する。また、梁・柱接合部における直ひずみは大きくなる。
- ・ハンチを取り外したモデルの梁・柱接合部で生じる直ひずみに比べれば、他のモデルで生じている直ひずみは小さく、ハンチが梁・柱接合部の直ひずみの緩和に非常に有効である。
- ・ウェブプレートのみではなく、ウェブプレートにフランジを設けたハンチ構造が、梁・柱接合部における直ひずみの緩和に有効である。

<参考文献>

- 1) 池田他：鋼製ラーメン隅角部の交番載荷実験，鉄道総研報告，第13巻，第4号，1999年
- 2) 後藤他：繰返し荷重下の鋼製橋脚の有限要素法による解析と材料構成則，土木学会論文集，No.591/I-43，pp.189-206，1998年

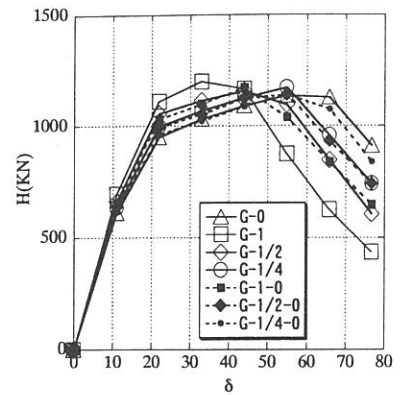


図-4 水平荷重—水平変位関係

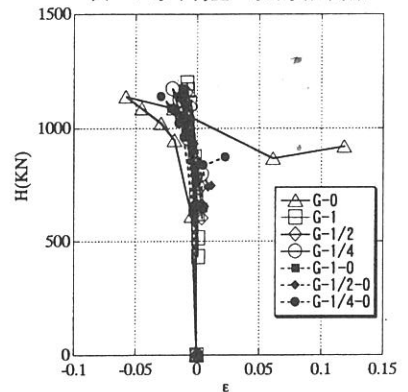


図-5 水平荷重—直ひずみ関係(梁・柱接合部)

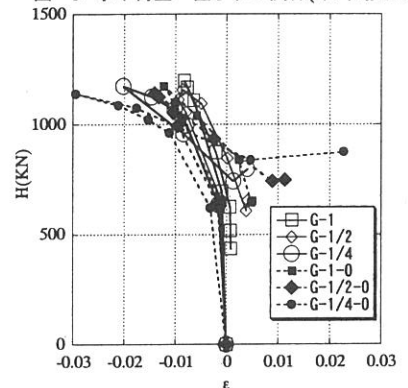


図-6 水平荷重—直ひずみ関係(梁・柱接合部)

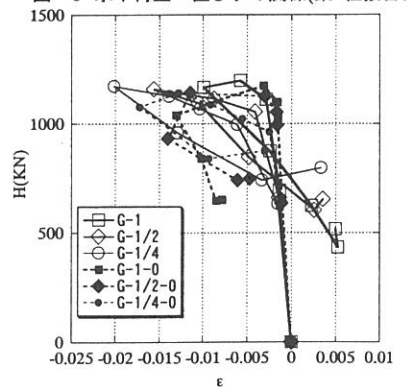


図-7 水平荷重—直ひずみ関係(ハンチ付け根部)