

ハンチの諸元が L 形柱梁接合部の耐荷機構に与える影響の解析的評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○鈴木 瞭, 中田 裕喜, 渡辺 健

1. はじめに

鉄道のラーメン高架橋等の柱梁接合部は、鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）¹⁾や、配筋の手引きによって規定されている鉄筋やハンチの仕様を満足することで照査を省略している。仕様の規定は、作業の省力化が図れる一方で、鉄筋量が過剰になる場合等がある。本研究では、ハンチの形状やハンチ筋の量が柱梁接合部の耐荷機構に与える影響を評価することを目的に、非線形有限要素解析により検討した。

2. 解析モデル

図 1 に、解析モデルを示す。本研究では、一般的な鉄道ラーメン高架橋に用いられる柱梁接合部を約 1/2 に縮小した既往の実験供試体²⁾を参考にモデル化し、汎用の有限要素解析コード DIANA ver.10.5 によって三次元有限要素解析を実施した。柱、梁の断面高さは 500mm、支点および載荷点から接合部基部までの距離は 1800mm とした。隅角部に沿う軸方向鉄筋の曲げ内半径は軸方向鉄筋の直径の 3 倍とし、柱、梁、接合部内の帯鉄筋比は 0.57% とした。ハンチについて、表 1 に示すようにハンチの有無、ハンチの形状、ハンチ筋量をパラメータとした。ハンチの形状は実構造物を参考に 1:1 と 1:3 とし、ハンチ筋量は内側軸方向鉄筋と同量である 7 本のほか、5 本、3 本、0 本とした。コンクリートと鉄筋は文献 2) と同様にモデル化した。載荷方法は、負側方向（接合部が閉じる側）と正側方向（接合部が開く側）にそれぞれ一方向単調載荷とした。

3. 結果と考察

図 2 に Case1～Case6 の荷重変位曲線を、図 3～図 5 に Case1, Case2, Case5, Case6 の斜めひび割れ発生時の最大主ひずみコンター図、最大荷重時における最小主応力コンター図とコンクリートの圧縮損傷を表す平均化した正規化累加ひずみエネルギー $\overline{W}_n$ のコンター図を示す。なお、図 3～図 5 において鉄筋は、軸方向鉄筋とハンチ筋のみを描いている。荷重変位関係には、平均化した偏差ひずみ第 2 不変量 $\sqrt{J_2}=1000\mu$ によって斜めひび割れの発生を評価したタイミングをプロットしている。

負側載荷では、図 3 に矢印で示すように、曲げ内半径部から隅角部もしくはハンチ基部へと向かう斜めひび割れ①と、ハンチを有する場合には内側軸方向鉄筋の端部からハンチ基部へと向かうひび割れ②がひび割れ①に先行して発生した。ひび割れの発生荷重は、Case2～Case4 のひび割れ①、②と Case5 のひび割れ②が同等で、Case6 のひび割れ②の発生荷重は Case2～Case5 よりも大きかった。また、Case5, Case6 ではひび割れ①は最大荷重付近で発生した。耐力は、ハンチを有することで向上した。これは、内側軸方向鉄筋の端部からハンチ基部に向かって圧縮ス

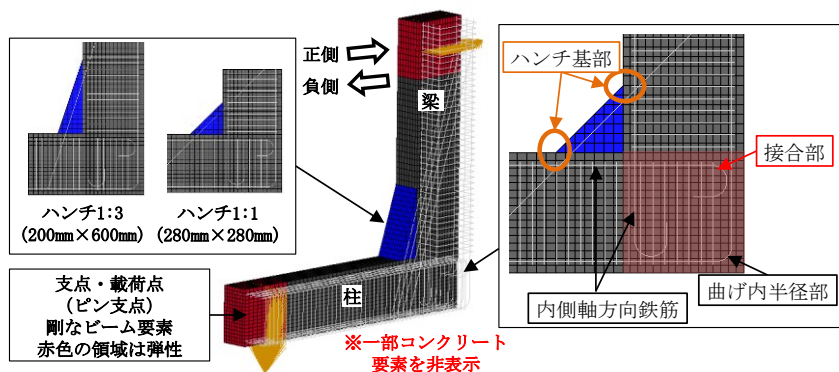


図 1 解析モデル

表1 解析ケースと解析結果

Case No.	ハンチ形状	ハンチ筋量 (本)	負側結果	正側結果
			最大荷重 (kN)	最大荷重 (kN)
1	ハンチ無し	-	283	274
2	1:3	0	508	298
3	1:3	3	493	415
4	1:3	5	492	466
5	1:3	7	551	481
6	1:1	7	522	538

キーワード 柱梁接合部, ハンチ, 有限要素解析, 損傷指標

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38

(公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 TEL042-573-7281

トラットが形成され、内側軸方向鉄筋にも引張が生じること、図4、図5より、ハンチで圧縮力を負担していることから、ハンチが梁の一部として機能しているためと考えられる。なお、Case2～Case6よりハンチの形状、ハンチ筋量はひび割れの発生や耐力、損傷箇所には大きな影響を及ぼしていない。

正側載荷では、斜めひび割れは図3に示すように、いずれのケースでも梁と柱の内側軸方向鉄筋の端部を結ぶひび割れ③が発生し、ハンチ筋を有する場合にはひび割れ③と平行なひび割れ④がハンチ筋端部に向かって発生することがわかった。斜めひび割れは④、③の順で発生し、ひび割れ発生荷重はハンチ筋量の増加に伴い大きくなった。耐力は、図2より、ハンチ筋量が増加すると大きくなるが、耐力の増加率はハンチ筋5本以上となると鈍化する傾向にあり、1:3モデルに比べて1:1モデルの耐力が大きくなった。図4(a)、(b)よりハンチ筋を有しない場合には圧縮ストラットがひび割れ③に沿って形成される一方で、図4(c)、(d)よりハンチ筋を有する場合にはひび割れ③、④を包括するように形成される。図5(c)、(d)より圧縮ストラットの端部で損傷することから、ハンチ筋の存在により圧縮ストラットの形成位置が変化し、耐荷機構が変化したものと考えられる。1:1モデルではハンチ筋の梁側と柱側の両方で引張力を効率的に負担していることから、1:3モデルに比べて耐力が大きくなったと考えられる。また、圧縮ストラットの形成状況から、ハンチ筋には梁の内側軸方向鉄筋と同様に引張が生じているため、ハンチ筋の本数が耐力に影響を及ぼすといえる。

4. まとめ

柱梁接合部は、ハンチを有することで耐力が向上した。負側載荷では、ハンチの形状やハンチ筋量が耐力に及ぼす影響は小さかった。一方で正側載荷では、ハンチ筋が梁や柱の内側軸方向鉄筋として機能し、ハンチ筋端部から圧縮ストラットが形成されることから、ハンチの形状やハンチ筋量が柱梁接合部の耐荷機構に及ぼす影響は大きいといえる。

なお、本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

参考文献

- 1) (公財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，丸善，2023
- 2) 草野浩之，中田裕喜，田所敏弥，幸良淳志：L形柱梁接合部における圧縮ストラットの形成と耐力に関する検討
- 3) 土木学会：2022年制定 コンクリート標準示方書（設計編），2023

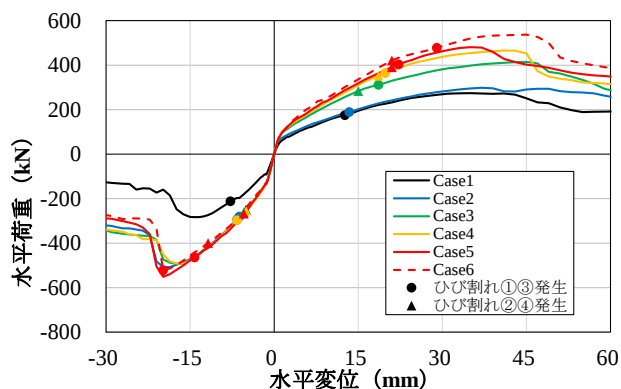


図2 荷重変位関係

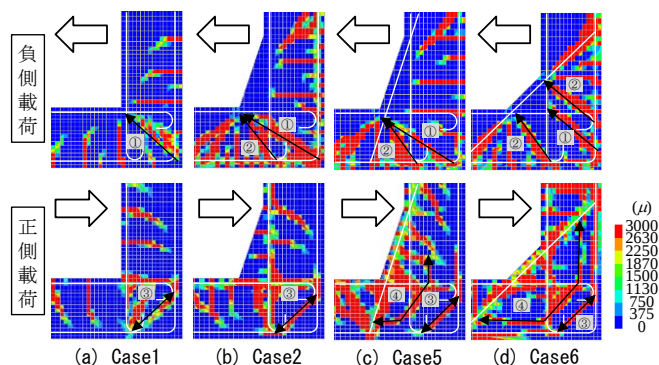


図3 最大主ひずみコンター図

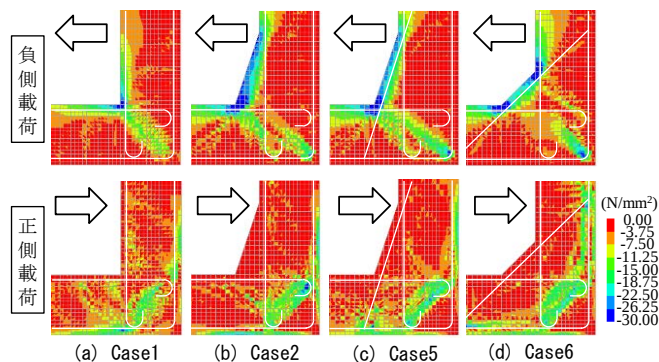


図4 最小主応力コンター図

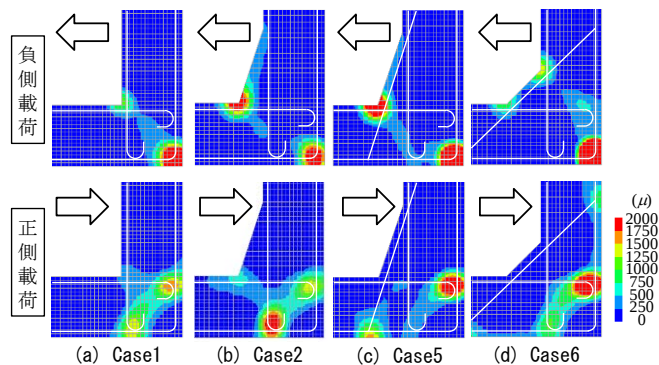


図5 $\bar{\sigma}_n$ コンター図