

耐震補強鋼材の嵌合式接合部における合理化に関する解析

前橋工科大学

多賀 翔一

前橋工科大学

フェロー

岡野 素之

1. はじめに

旧指針で設計されている既存のラーメン高架橋の柱は、現行設計に比較して横補強筋が少なく耐震性能に問題があるものがある。この補強のため、鋼製パネル組立て補強工法が実施されている¹⁾。このプレス加工を用いた鋼材の嵌合式接合部は、耐震補強工法の接合部として実用化されているが、接合部の最適化には至っていない。そのため過大なボルトが配置されている可能性がある。そこで本研究では、3次元FEM解析により各部材の応力と変形を把握し、接合部の合理化案を提案する。

2. 鋼製パネル組立て補強工法

本接合方法は、プレスによって凸部を設けた補強パネル、開口部を設けた接続パネル、及び2つのパネルを固定するボルトの3つの材料を用いる(図-1)。

補強パネルに設けた凸状突起部と接続パネルに設けた開口部を重ね合わせて嵌め込み、ボルトで固定して接続する。その後、パネルと柱との隙間に無収縮モルタルを注入する。柱のせん断方向の力は、凸部と開口部の接続位置で支圧力により伝達される。

現在、凸部周囲を6本のボルトで接続パネルと補強パネルを止めているが、最適なボルト数及び配置に関しては明らかになっていない。

3. 解析の概要

(1) 解析パラメータ

基本モデルのボルト配置は接合側4本と他2本であり、これを【4-2】(図-2)と称し、【2-2】、【2-1】、【1-1】の3ケースを検討する(図-4)。

(2) 解析モデル

実物の接合部において、柱のせん断方向に引張力が作用した場合の解析を行う。本解析では実物の形状・寸法を図-2のように仮定した。

計算の効率化を図るために解析には実物形状の4分の1部分(図-2のA部分)をモデル化し、3次元で解析する。全ての部材は一辺3.2mmの六面体要素でモデル化し、ボルトは直方体で置き換えた。補強パネルと接続パネルは重なっているが、解析上は離れているモデルとしている。

(3) 使用材料

各部材の性質を表-1に示す。

鋼材の応力ひずみ関係はバイリニア型とする。

(4) 解析方法

図-3に示すように接続パネルの端部を拘束し、補強パネルの端部に分布荷重による引張力を与える。解析ソフトはF I N A L²⁾を用いて行う。

ここで、Misesの降伏条件式による相当応力が、材料の降伏応力を超えた時点で降伏が起きたものとみなした。

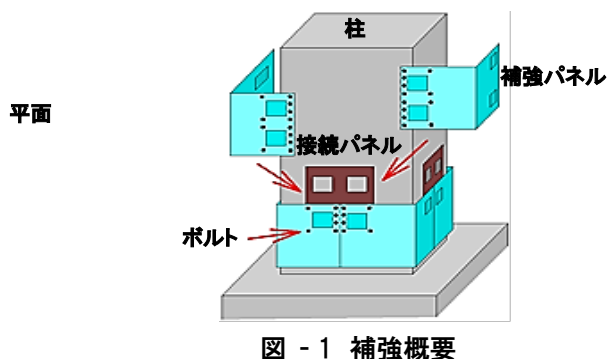


図-1 補強概要

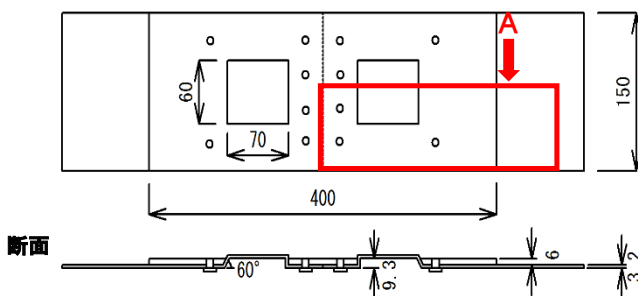


図-2 実物モデルの形状・寸法(mm)

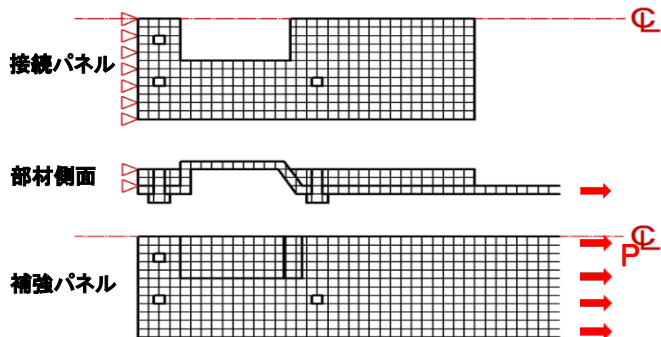


図-3 解析モデル

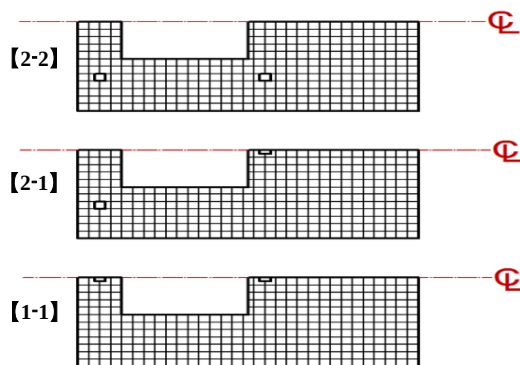


図-4 ボルト配置パターン

キーワード 耐震補強, 鉄道高架橋, FEM

連絡先 〒371-0816 前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学社会環境工学科 TEL 027-265-7387

4. 解析結果と考察

(1) 荷重変位関係

各ケースの荷重(P)と変位(δ)の関係を図-5に示す。ここでの変位は引張位置の水平変位とした。図中の記号▲は降伏点を表している。

従来モデルの【4-2】と比べ、【2-2】と【2-1】は剛性が少し低くなることがわかる。また $P=140\text{ kN}$ 付近から本数の少ない【2-1】の剛性が、本数の多い【2-2】より高くなっている。これは、【2-1】の引張側のボルトが嵌合部の中央にあり、効果的であることが、他の3ケースと比べて剛性が明らかに低いことがわかる。

(2) 変形図の比較

(1)の結果から、剛性の差が大きい【2-1】と【1-1】の変形図に着目し $P=173\text{ kN}$ で変形を比較した(図-6)。(1-1)にすべりと変形が生じていることがわかる。これは、部材拘束側(図の右側)のボルト本数が減ったことにより、引張側のボルトへの応力負担が大きくなったためと考えられる。

(3) 接続パネルの長さの検討

接続パネルの引張方向長さの最適化を検討した。モデルは上記の結果を考慮し【2-1】を採用した。検討範囲はボルトから接続パネルの端までとする。端部までの長さを半分に短縮したモデルをhalfモデルとし、そのhalfモデルからボルトまで3メッシュ間隔($3 \times 3.2\text{ mm}$)で短くした各モデルを検討した(図-7)。これらを順にY46、Y43、Y40、Y37とする。

上記各モデルの荷重と変位の関係を図-8に示す。halfモデルは【2-1】とほぼ等しい剛性となり、Y46とY43は少し剛性が低くなるが、大きな差はないことがわかる。Y37は明らかに剛性が低く、適さないものと考えられる。

(4) 変形図の比較

(3)の結果から剛性の差が大きいY43とY37の変形図を $P=173\text{ kN}$ で比較した(図-9)。接続パネルをY37まで短くすると、荷重の増加に伴う補強パネルの変形がY43より大きくなっていることがわかる。

5. まとめ

鋼材の嵌合式接合部の合理化を目的として、3次元FEM解析を実施した。本解析の範囲で以下のことがわかった。

- (1) ボルト配置は【2-1】が最も合理的である。従来の【4-2】と比べてボルトを半数としても、剛性・強度ともに確保できる。
- (2) 接続パネルの引張方向のボルト位置からの長さは50%としても剛性・強度ともに確保できる。

参考文献

- 1) 長縄, 岡野, 小松, 相京: 鋼製パネル組立てによるRC柱の耐震補強に関する研究, 構造工学論文集, Vol.52A, pp521~528, 2006.3.
- 2) FINAL.HP: (<http://www.engineering-eye.com/>)

表 - 1 使用材料の性質

使用部材	材質	降伏点 N/mm ²	ヤング係数 $\times 10^4\text{ N/mm}^2$
補強パネル(t3.2)	NSDH400	350	2.00
接続パネル(t6.0)	SS490	350	2.00
ボルト(M8)	JISB1180	1180	2.00

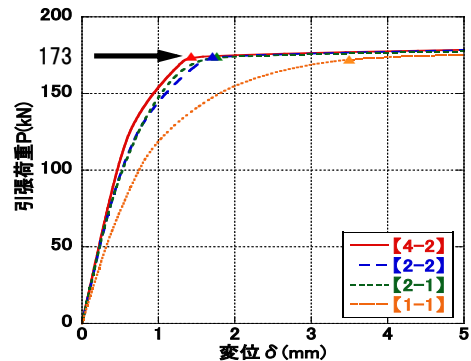


図 - 5 配置パターンによる比較

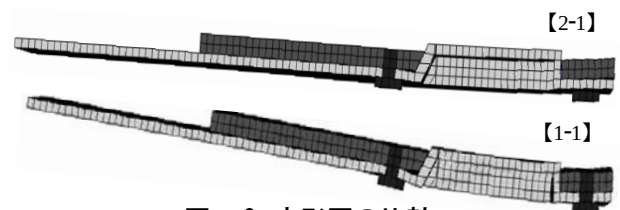


図 - 6 変形図の比較

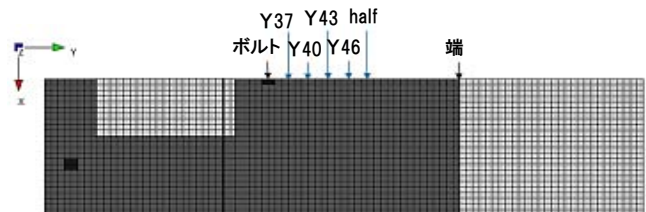


図 - 7 接続パネルの長さの検討

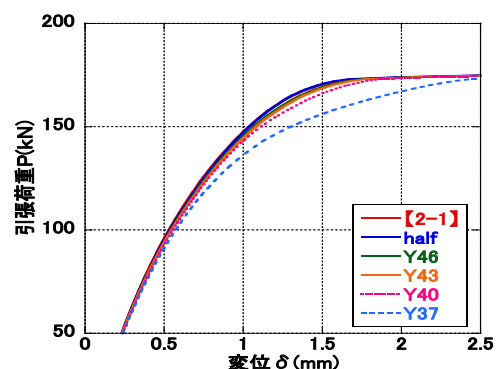


図 - 8 接続パネルの長さによる比較

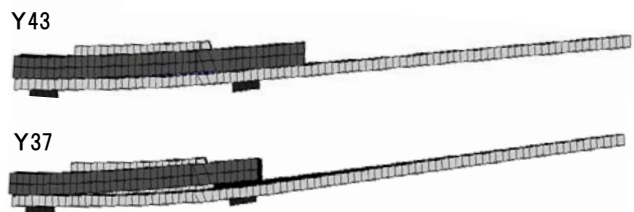


図 - 9 変形図の比較