# 鉄道鋼ラーメン高架橋における隅角部の補強について

西日本旅客鉄道(株)\* 正員 ○垣内辰雄, 名古屋市 正員 稲垣冴城, 熊本大学 正員 葛西 昭

### 1. はじめに

従来の耐震性能評価は部材セグメントごとの照査であるため、高次不静定構造物の場合、必ずしも構造物全体の 耐震性能を評価することはできない.そこで垣内ら<sup>1</sup>は、ひとつの部材セグメントが終局を迎えても、構造物全体 としては十分安全である点に着目し、シェル要素を用いた耐震照査の一手法を提案した.この手法は従来の等価 1 自由度系構造物に対する変位照査法を発展させたもので、静的・動的解析併用法のPushover解析時にシェル要素を 用いて局部座屈を考慮する点が特徴である.

この手法を用いた耐震性能評価により, P2 橋脚右側の隅角部は局部座屈が生じやすいことが分かった.この隅角部は,他のセグメントに比べて地震後の補修が困難な箇所であることから,隅角部の変形を抑えることが望ましい. そこで、本研究では P2 橋脚右側の隅角部にコンクリートを部分的に充填する方法を検討することとした.

#### 2. 設計条件と解析モデル

対象橋梁の設計条件は文献<sup>1)</sup>を参照されたい.ただし、本研究ではシェル要素を用いた地震応答解析を行うこと を目的としており、解析時間の制約等から、杭基礎部分は解析領域から除外した.

図-1 に解析モデルの全体図を示す. 隅角部の充填コンクリート部はソリッド要素でモデル化した. 鋼材の材料構成則は, Pushover解析では降伏棚を有するひずみ硬化型モデルであるマルチリニア型を, 地震応答解析ではバイリニア型移動硬化則を用いた. 充填コンクリートの材料構成則は, 圧縮側は鉄道総合技術研究所(1999)の材料構成則を使用し, 引張側については, 破壊応力のに達するまでは線形弾性とし, ひび割れ発生後の挙動は破壊エネルギ Grを導入することで定義する. この方法では, ひび割れ後の挙動は応力-変位関係によって特徴付けられ, 図・2のように表わされる. ここで, unoは強度が完全に失われるときのひび割れ変位である. 表・1 に本解析で使用するコンクリートの材料定数を示す.

#### 3. Pushover 解析結果

上記の隅角部補強モデルを用いて,陰解法による Pushover 解析を実施すると,収束が困難になり解を得ること ができない.そのため、本解析では求解法として陽解法を用いることとする.図・3 に隅角部補強モデルの水平荷重 ー水平変位関係の比較を示す.今回の補強モデルの水平荷重-水平変位関係は滑らかな曲線になっておらず、必ず しも高い解析精度を有しているとは言えない.この原因として、陽解法で計算する際の解析条件や充填コンクリー トのモデル化が挙げられる.この点については今後さらなる検討が必要ではあるが、本研究では図・3 の結果によっ て補強の効果を考察する.

表-2 に最大荷重*H*<sub>max</sub>および終局変位δ<sub>u</sub>の比較を示す.補強後は,最大荷重は 9.7%増加し,終局変位の変化率は 1.5%と小さい.これより,隅角部にコンクリートを部分充填することは,変形能を低下させることなく 10%程度の 強度上昇が期待でき,補強法として有効であると言える.

## 4. 等価1自由度系モデルによる地震応答解析

今回の等価1自由度系モデルに図・3のバイリニア近似の復元力特性を用いて、L2地震動スペクトルIIを入力し、 地震応答解析を実施した結果、隅角部補強モデルの最大応答変位 $\delta_{max}$ は247mmとなった。補強前のモデルの最大応 答変位は270mmであるため、隅角部の補強により最大応答変位が23mm(8.5%)低減したことが分かる。また、 Pushover解析から得られた補強モデルの終局変位 $\delta_u$ は752mmであり、最大応答変位は終局変位の0.33倍である。 よって、本構造は耐震安全性能を満たしていると言える。

次に、補強前および補強後の最大応答変位時における面外変形量を算出し、補強による面外変形量の変化を調べる.ここで、最大応答変位時の面外変形量とは、各モデルの最大応答変位量(補強前:δmax=270mm、補強後:δmax=247mm)を強制変位として与えるPushover解析を実施し、その際の面外変形量を算出した値である.表・3に各 セグメントの補強前後の最大面外変形量wmaxとP2橋脚右側の隅角部の面外変形状況を示す.

キーワード:鉄道鋼ラーメン高架橋,耐震性能,静的・動的解析併用法,隅角部,ソリッドモデル

<sup>\*〒532-0011</sup> 大阪市北区市芝田 2-4-24 TEL. 06-6375-2155 FAX. 06-6375-8949



衣 4 取八何里と於何灸1	表-2	最大何重と	:終局发任
---------------	-----	-------	-------

表-3 補強による面外変形量の変化(P2橋脚) 補強前

 $W_{max}$ [mm]

 $(\delta_{max}=270)$ 

31.6

42.1

34.2

34.1

補強前

 $8.58 imes 10^4$ 

740

補強後

 $W_{max}$  [mm]

 $(\delta_{max}=247)$ 

26.0

41.2

35.6

6.3

変化率

9.7%

1.5%

変化率

[%]

-17.7

-2.1

4.1

-81.5

補強後

 $9.41 \times 10^4$ 

752

最大荷重

H<sub>max</sub> [kN] 終局変位

 $\delta_u$  [mm]

名称

P2-L-Base

P2-R-Base

P2-L-Beam

P2-R-Corner

表-4 最大応答変位時の面外変形状況(倍率5倍)

補強前 (δ <sub>max</sub> =270mm)	補強後(δ <sub>max</sub> =247mm)
P2-R-Corner	P2-R-Corner
$(w_{max}=34.1 \mathrm{mm})$	$(w_{max}=6.3 \mathrm{mm})$

表-3 と表-4 よりP2 橋脚右側の隅角部については、補強後の面外変形量が大幅に低減したことが分かる. 基部の 面外変形量が低減した理由は、補強により最大応答変位 $\delta_{max}$ が低減したためと考えられる.一方、梁の面外変形量 の増加は、隅角部の変形が大幅に低減された分、梁に変形が集中したためと考えられる。しかし、梁の面外変形量 は基部に比べて小さいため、補強により梁の変形量が増加しても、構造物全体としては損傷が低減したと言える.

#### まとめ 5.

本研究は、他のセグメントに比べて地震後の補修が困難な箇所である隅角部の損傷を抑えるために、補強法とし てコンクリートの部分充填を検討した.以下に得られた成果をまとめる.

- 1) P2 橋脚右側の隅角部にコンクリートを部分充填することで、変形能を低下させることなく、強度が約 10%上昇 した.また、最大応答変位は約8.5%低減した.
- 2) 補強により隅角部の損傷が大幅に低減し、構造物全体としても損傷が低減した.

## (参考文献)

1) 垣内辰雄, 葛西 昭, 稲垣冴城, 藤原良憲, 宇佐美勉:上下部一体鋼ラーメン高架橋の耐震性能評価, 構造工学論 文集 Vol.55A, pp. 564-572, 2009.