

円柱鋼製ラーメン橋脚隅角部の疲労損傷対策の事例

（株）横河ブリッジ 正会員 黒河 武晴*1 首都高速道路公団 正会員 白井 恒夫*2
 （株）横河ブリッジ 正会員 山本 哲*1 首都高速道路技術センター 正会員 一宮 充

1. はじめに

首都高速5号線東池袋付近で1968年に建設され、約35年供用した鋼製ラーメン橋脚隅角部に疲労亀裂が発見された。補強には、横梁-円柱間に作用する断面力の一部をバイパスさせる補強部材を設置し、新たな力の伝達経路を設けることにより、隅角部の発生応力を低減させる事ができた。

本文は、その補強部材の設計方法とその効果に関する報告である。

2. 疲労亀裂と補強構造の概要

鋼製ラーメン橋脚の正面図と隅角部の構造を、図-1に示す。対象の隅角部は、円柱に梁ウェブを割り込ませたウェブ貫通構造である。亀裂は主に隅角の端部に発生しており、原因は円柱と横梁ウェブ上下縁の交差部にある菱形の不完全溶け込み部が起点であると考えられる。図-2にウェブ上端に発生した亀裂の一例を示す。

補強構造は図-3に示すように、環補剛材と当て板から構成されている。横梁のフランジ力をベースプレートから環補剛材へ、横梁のせん断力は当て板からリブへ伝達させる構造とした。既設部材と補強部材の接合には支圧接合用高力ボルト(M22, B10T)を使用した。

本橋の鋼材は板厚方向引張試験の結果、絞り値が10%を下回る低い結果があり、柳沼ら¹⁾の報告により亀裂の処置に溶接補修が困難であると判断し、ストップホールによる亀裂進展防止対策を施した。

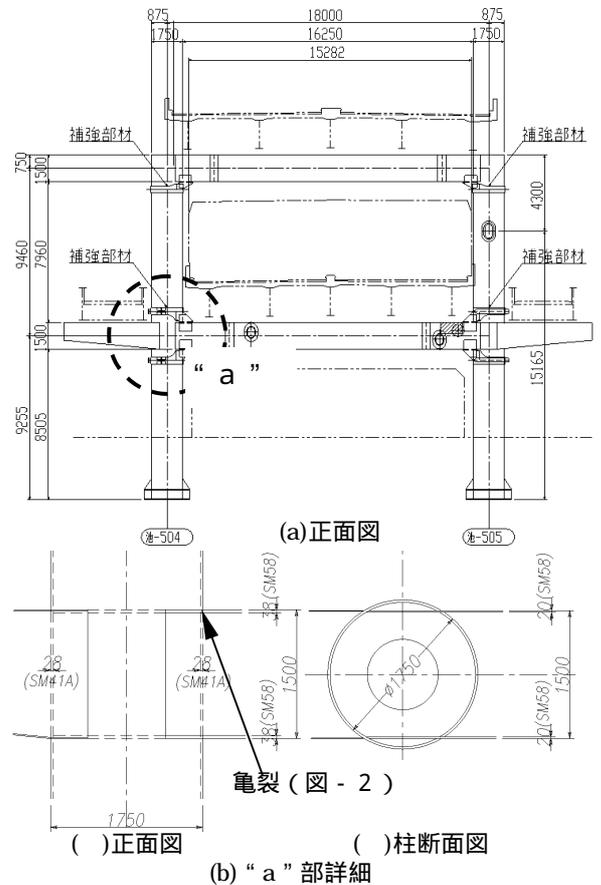


図-1 対象橋脚の概要

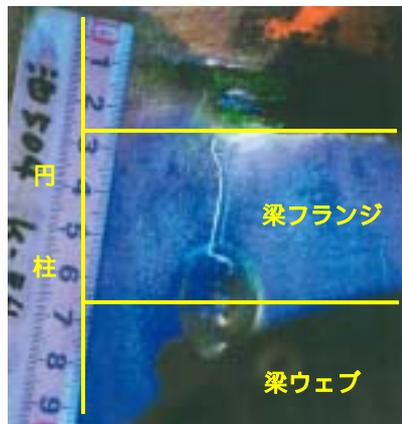


図-2 亀裂発生状況

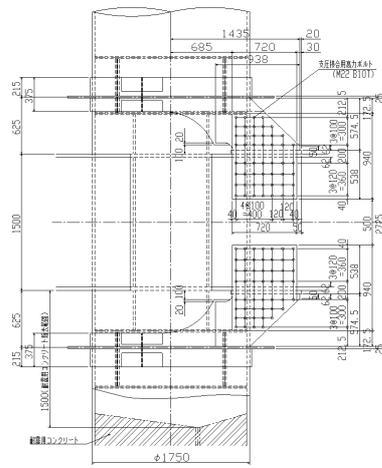


図-3 補強図

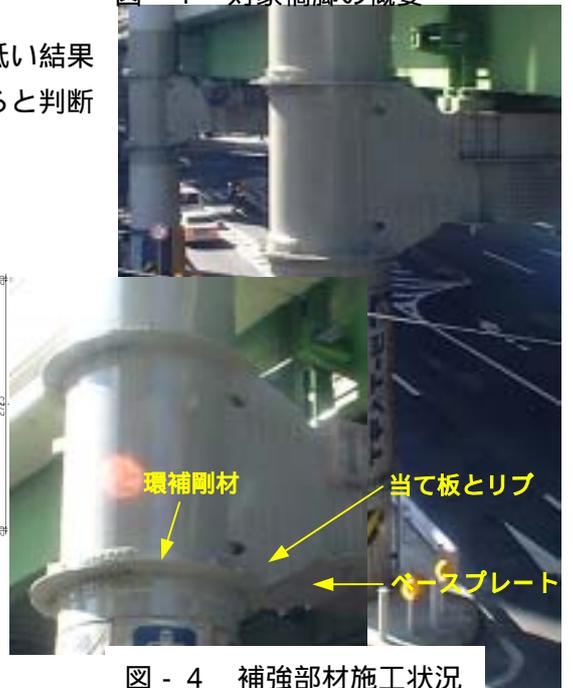


図-4 補強部材施工状況

キーワード 円柱橋脚 隅角部 疲労亀裂 FEM 環補剛材 ストップホール

連絡先 *1 〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27 番地

TEL 047-435-6277 FAX 047-435-6251

*2 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1 日土地ビル

TEL 03-3539-9385 FAX 03-3503-1807

3. FEM 解析による補強部材の設計

(1) FEM 解析による応力照査方針

補強による隅角部の応力低減効果を，以下の方針により FEM 解析にて確認した。

母材の応力低減率は，横梁付け根のウェブ上下縁の位置において，梁方向直応力で 50%程度を目標とする。

環補剛材の寸法，ボルト本数などは，道示 に示される鋼管の格点構造や支圧接合用高力ボルトに関する規定を満足し，FEM 解析を用いて照査して構造を決定する。

円柱と梁の溶接部を全断面有効としたケースで許容応力度以下，円柱と梁の溶接部を全断面無効（溶接部が破断）と考えた最も厳しいケースでは耐力以下とする。

地震時に隅角部が弱点とならないことを，プッシュオーバー解析により確認する。

(2) 解析条件

解析は汎用有限要素法構造解析プログラム COSMOS/M を用い，弾性解析を行った。モデルを図 - 5 に示す。着目隅角部はシェル要素で立体的にモデル化し，それ以外の部分は梁要素とした。載荷荷重は，立体骨組解析により死荷重，B 活荷重反力を求め，これを橋脚の各支承位置に入力した。なお，着目部最小メッシュ寸法は 20 mm とした。

(3) 解析結果

表 - 1 に，FEM 解析による応力低減率を示す。応力低減率は 58.7%，60.1% となった。図 - 6 に梁ウェブと補強部材リブ部分の直応力分布を示す。補強後の分布は，横梁のフランジ面で不連続となる重ね梁に近い性状を示した。

4. 応力頻度計測による応力低減効果の確認

FEM 解析から得られた応力低減率を検証するため，補強部材の施工前後に応力頻度計測を実施した。ひずみゲージの設置位置を図 - 7 に示す。

補強前後における応力頻度計測結果の最大応力範囲の変化を応力低減率として評価し，表 - 2 に示す。ウェブの上下縁近傍の， の位置においては，いずれも応力低減率が 53.3% と FEM 解析結果に近い応力低減率を得ることができ，解析の妥当性を確認することができた。

なお，応力頻度計測による最大応力範囲は FEM 解析による応力の約 30% であった。

5. おわりに

環補強構造により，隅角部母材の活荷重応力を約 50% 低減させることができた。既存の隅角部部の亀裂の除去をするとともに，亀裂先端にはストップホールを設けて対策を実施した。

参考文献

- 1) 柳沼安俊，平林泰明，澁谷敦，三木千壽：既設建造物の鋼材の年代的な特徴とその溶接性について，第 57 回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-291，pp.581-582，2002.9.
- 2) 首都高速道路公団 鋼製橋脚隅角部の補修・補強の工事進捗状況について 鋼製橋脚補修検討委員会中間報告，2002.10.

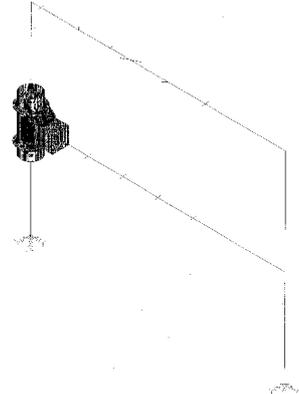


図 - 5 FEM モデル図

表 - 1 FEM 解析における応力低減率

	補強前 (MPa)	補強後 (MPa)	応力低減率 (%)
	69.8	28.9	58.7
	-66.2	-26.4	60.1

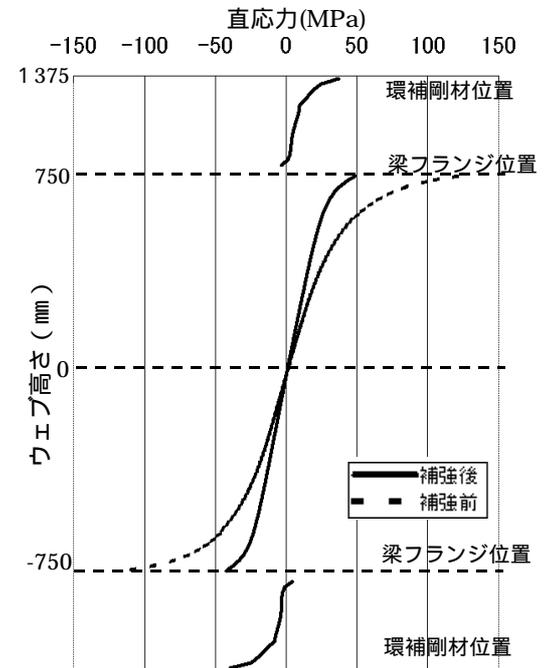


図 - 6 応力分布図

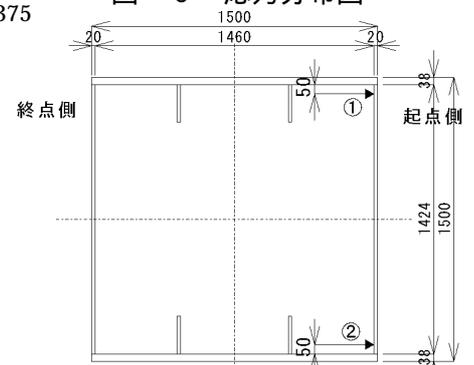


図 - 7 ひずみゲージ設置位置

表 - 2 最大応力範囲_{max}の変化

	補強前 (MPa)	補強後 (MPa)	応力低減率 (%)
	16.5	7.7	53.3
	20.6	9.6	53.3