

角鋼を用いた鋼橋脚隅角部の疲労損傷事例

首都高速道路公団 正会員 ○木ノ本 剛
日本鋼管（株） 正会員 津村 直宜

首都高速道路公団 正会員 下里 哲弘
東京工業大学 フェロー 三木 千壽

1. はじめに

近年、高度経済成長期以降に急速に増加した社会資本の維持管理が重要な課題となっている。首都圏の大動脈を担う首都高速道路においては、日交通量約 115 万台、最大年間平均大型車混入率約 18%という過酷な交通荷重作用下にあり、特に建設から約 40 年を経過した鋼構造物に疲労損傷が多数発生している。現在、これらの疲労損傷に対し各種疲労基準^{1) 2)}に基づき原因の究明及び補修・補強対策を鋭意実施中である。本文では、鋼橋脚隅角部で発見された損傷のうち、角鋼(スクエアバー)を用いた隅角部における事例とその特徴について報告する。

2. 角鋼を用いた鋼橋脚

今回対象とする構造は、図-1 に示すような鋼橋脚の隅角部に一辺 80~100mm の角鋼を配置し、その四つの頂点に梁、柱フランジおよびダイヤフラムを溶接することにより直線型隅角部を構成したものである。この構造は一般の隅角部(十字溶接継手、図-2 参照)で懸念されるラメラティアに関する問題に対処するとともに、フランジの応力をウェブに伝達する際に生じるせん断遅れ、応力の攪乱の緩和を目的に採用されたと考えられる³⁾。首都高速道路においては昭和 30 年代後半から昭和 40 年代前半にかけて、約 80 基の橋脚に 400 本以上の角鋼の使用が確認されている。

角鋼の製法は一部を除いて明らかでないが、資料調査や材料分析の結果を総合すると、ほとんどは圧延鋼材（鋼板を切断したものまたは棒鋼）であり、一部に鋳鋼品が使用されたものと考えられる。強度区分はビッカース硬さ試験の結果フランジ材と同程度の材質が使用されている。

3. 板組とき裂の関係

角鋼を用いた隅角部の板組としては図-3 に示す二種類がある。タイプ 1 の板組みでは角鋼端部をウェブが覆う形式であり、全体としてはこの形式のものが圧倒的に多い。この板組に見られる典型的なき裂としては、フランジ溶接部に作用応力と直角方向に生じるき裂 A と、ウェブこば面の角溶接部に沿って作用応力と平行に生じるき裂 B が挙げられる。

一方、タイプ 2 の板組みでは角鋼端部がウェブ面に露出している形式であり、角鋼端部とウェブとの溶接線に沿って生じる

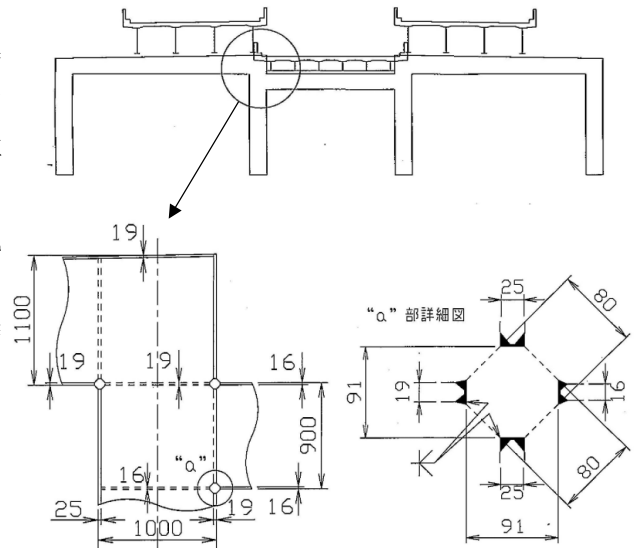
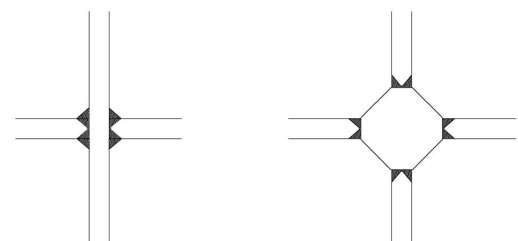
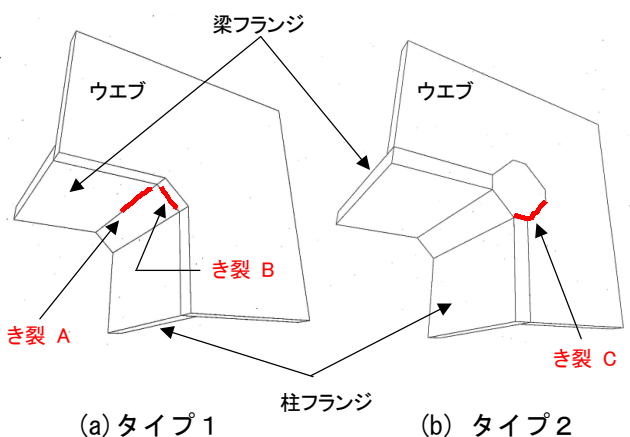


図-1 角鋼を用いた鋼橋脚の例



(a) 一般 (b) 角鋼

図-2 隅角部の溶接構造



(a) タイプ 1 (b) タイプ 2

図-3 板組と典型的なき裂の関係

キーワード 鋼橋脚隅角部, 角鋼, 疲労き裂, 応力集中, 非破壊検査

連絡先 〒104-0041 東京都中央区新富 1-1-3 首都高速道路公団東京第一保全部設計課 TEL. 03-3552-1476

き裂Cが認められている。タイプ2の板組みにおいてもき裂Aは発生し得ると思われるが、橋脚数が少ないためき裂は確認されていない。

このほか板組みとは無関係に角鋼母材表面にも磁粉探傷試験によりき裂模様が検出されたが、棒グラインダーによる研削の結果いずれも表面から数mmの深さに留まるものであった。これらの多くは、スンプ試験によるミクロ組織の観察の結果、脱炭層が確認されたことから製造時に生じた表面キズであると判断された。また一例ではあるが、鋼組織中の非金属介在物が角鋼表面で開口した欠陥も見られた。

4. 損傷事例

タイプ1 写真-1にタイプ1の板組みで見られるき裂Aの磁粉探傷結果を示す。写真右端がウェブのこば面に当り、き裂は図-3(a)の模式図と同様に梁フランジとの溶接部に生じている。超音波探傷の結果では、梁フランジ先端の広い範囲でエコーを検出しており、き裂は溶接ルート部から進展した疲労き裂の可能性が高いと判断された。

写真-2はき裂Bの磁粉探傷結果である。このき裂は、図-4(a)に示すように角鋼端部とウェブの溶接の不溶着部より生じたものと考えられる。

タイプ2 写真-3に板組タイプ2で見られたき裂Cの磁粉探傷結果を示す。き裂の位置関係は図-3(b)と同様である。写真-4はこのき裂の一端を棒グラインダーにて穿孔した結果である。き裂は角鋼表面に沿って板厚方向へ伸び、図-4(b)に示すウェブ開先奥に残るルートフェースに繋がっていた。

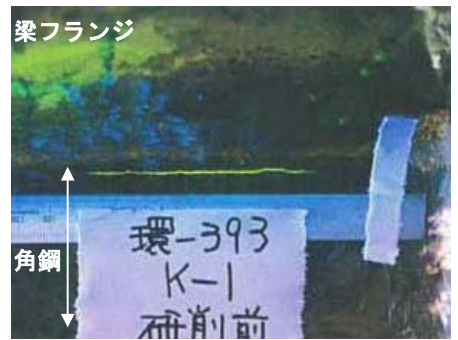


写真-1 タイプ1の事例（き裂 A）



写真-2 タイプ1の事例（き裂 B）



写真-3 F-F タイプの事例（き裂 C）

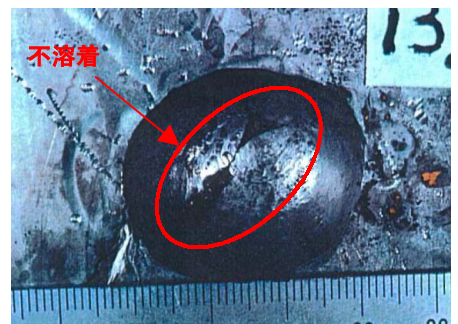


写真-4 き裂 C の穿孔結果

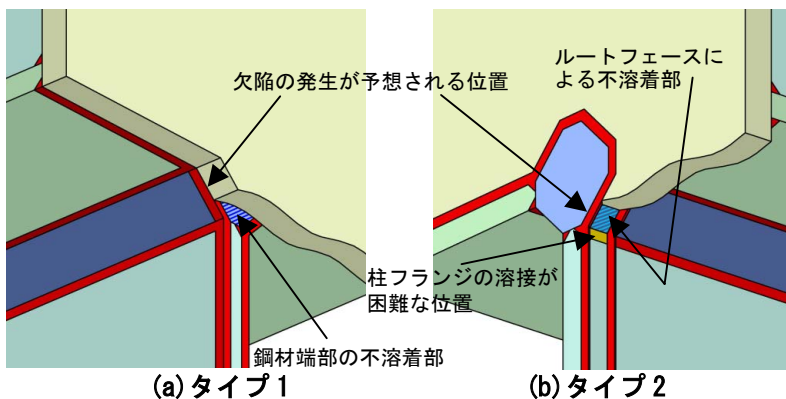


図-4 角鋼の不溶着部

6. まとめ

角鋼を用いた隅角部を有する鋼橋脚では、一般隅角部で知られている典型的な疲労き裂(A)に加えて角鋼を用いた板組みに特有のき裂(B, C)が認められた。これらき裂発生の原因としては、溶接の不溶着部とせん断遅れによる応力集中部とがほぼ一致していて、疲労上の弱点となっていることが考えられる。また、角鋼の方向によっては破壊じん性値が低いことが予想され、通常の十字溶接継手構造とは異なった注意が必要である。これらの補修、補強方法については現在検討中であり、き裂の重要性に応じ順次工事を実施していく予定であるが、今後は疲労上の弱点となる不溶着部を残すことの無いように設計・製作が行われることを切に願いたい。

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会編：鋼構造物の疲労設計指針・同解説 技報堂出版
- 2) 日本道路協会：鋼橋の疲労
- 3) 奥村敏恵ほか：薄板構造ラーメン橋脚隅角部の応力計算について、土木学会論文集、1968年5月