

角柱橋脚隅角部の板組みと固有内在きず(2)

－疲労損傷分析－

首都高速道路技術センター 正会員 ○山田 敦 首都高速道路公団 正会員 下里哲弘
 首都高速道路技術センター 正会員 小西拓洋 東京工業大学 フェロー 三木千壽

1. はじめに

首都高速道路では鋼製橋脚 2011 基の隅角部に対して磁粉探傷による臨時点検調査を実施した結果、566 基にき裂状の損傷が発見された。そのうち表面に比較的大きなき裂（表面き裂長さ 30mm を目安）を有する 253 基の損傷隅角部について詳細点検を実施した結果、鋼製橋脚隅角部には様々な構造形式、板組み、溶接ディテールを採用しており、損傷も多様なパターンがあることがわかった¹⁾。

損傷隅角部の補修補強は、損傷原因の究明と、き裂除去、再発の防止を原則とした体系的な補修補強計画が必要である。そこで、損傷データベースを作成して調査点検結果を整理した。今回、角柱橋脚を対象として、損傷データベースに基づいた隅角部における疲労強度の検討結果について報告する。

2. 損傷率に関する調査分析結果

(1) 大型車交通量と損傷率に関する関係

図 1 に路線別の累積大型車交通量(S40～H10) と損傷率の関係を示す。損傷率とは各路線の隅角調査箇所総数に対する損傷箇所の割合である。一般に交通量が増大するにつれ損傷率は上がると考えられ、都心環状線（汐留・神田橋）、羽田線、渋谷線、池袋線などでその傾向が当てはまる。その一方、上野線、目黒線、新宿線（平河・初台）などは、累積大型車交通量が少ない割に損傷率が高い結果となっている。

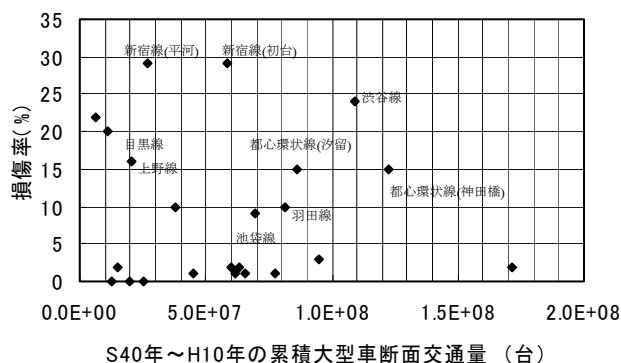


図1 累積大型車交通量と損傷率の関係

(2) 板組みパターン構成の特徴

板組みの違いによって隅角部 FLG 端部の溶接線交差部に生じる不溶着部の位置や形状が異なり、この不溶着部の存在が隅角部の疲労損傷の大きな原因である事が実験で確認されている²⁾。図 2 に板組み別の損傷率を示す。ここで、角柱の板組みについて柱梁の順でコバ面露出部材を英字 2 文字で表す。また、隅角部にスクエアバーを採用してあるものは SQB タイプとして分類する。WW タイプに対して FLG のコバ面が WEB 側に露出するタイプ(WF, FF)の損傷率が高い。

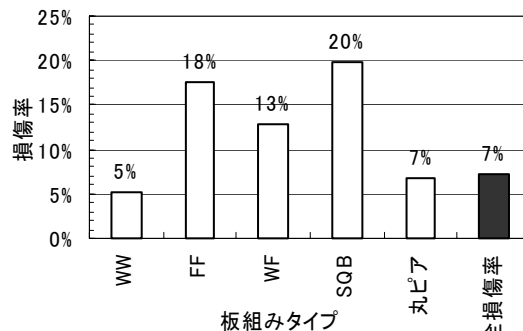


図2 板組み別損傷率

図 3 に路線別（都心環状線、上野線、目黒線、渋谷線、全路線合計）の板組みパターン構成を示す。全路線合計では WW タイプが多く採用されているが、図中に示す供用年度が比較的古い路線では WW タイプ以外の板組みがかなり採用されている。特に上野線と目黒線は WW タイプの採用割合が低い。図 1～図 3 より板組みが損傷率に影響を及ぼすと考えられ、WF・FF タイプは WW タイプよりも疲労強度が低いといえる。

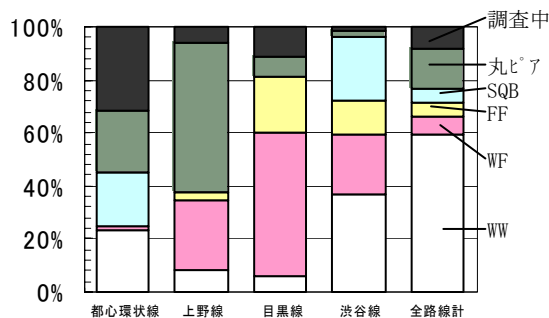


図3 路線別板組み構成

キーワード；鋼製橋脚，隅角部，疲労き裂，データベース

連絡先；（財）首都高速道路技術センター（東京都港区虎ノ門 3-10-11 虎ノ門 PF ビル TEL 03-3578-5757 FAX 03-3578-5735）

(3) 路線別にみた溶接状態と最大応力範囲の特徴

図4に都心環状線、渋谷線、目黒線、上野線における角柱損傷箇所の溶込みと最大応力範囲の関係を示す。溶込みはFLG十字継手の板厚に対して溶接金属が板厚内に溶けている割合であり超音波探傷結果による。最大応力範囲は頻度測定によって得られた結果(レインフロー法による)で計測位置は柱梁交差部から50mmはなれた位置である。超音波探傷精度について留意する必要があるが、渋谷線は都心環状線よりも溶込みが少なく最大応力範囲は高い傾向が見られる。また上野線と目黒線は都心環状線よりも最大応力範囲は低い傾向である。

3. 損傷事例による隅角部の疲労強度に関する検討

疲労強度の評価にあたっては応力範囲 $\Delta\sigma$ と繰返し回数 N について定量的基準が求められる。隅角部の疲労強度評価について実橋の損傷発生時点までの $\Delta\sigma$ と N の関係を示す事が望ましいが、き裂発生までの繰返し回数、応力歴を正確に把握する事は困難である。そこで、き裂長さに着目して疲労強度を推定できないか試みた。

調査結果よりき裂はFLG端部を含むものが大半で、き裂位置は①FLG側(十字継手溶接線方向)、②角溶接線方向、③WEB側に分類できる。図5に板組み別のき裂位置の割合について示す。FLG側とそれ以外(角溶接側・WEB側)で分け、両方向に出ているものを”混在”とした。WWタイプではFLG側のみに生じている割合が半数以上であるのに対し、WF・FFタイプは”混在”を含めWEB側に生じている割合が非常に高い。

き裂長さには応力範囲と溶接状態が密接に関わっていると考えられ、今回、き裂長さに関連付けるパラメータとして両者を同時に考慮するため応力拡大係数 $\Delta K = F\sigma\sqrt{\pi a}$ を用いることにする。都心環状線と渋谷線の ΔK とき裂長さの関係を図6-1～6-2に示す。ここで、き裂が複数ある箇所のき裂長さは合計長としている。き裂方向が”混在”しているものは、き裂写真・スケッチにより主なき裂位置を判断してFLG側かそれ以外のいずれかに振り分けた。 ΔK 算出の際の a の値はFLG十字継手の不溶着高さ、 σ は断面方向についてWEB内側から50mm離れた位置における頻度計測による最大応力範囲である。 ΔK の小さな都心環状線はき裂長さ a と ΔK で相関は見られないが、 ΔK が大きい渋谷線はき裂方向FLG側では ΔK とき裂長さに相関が見られ、図中に最小二乗法による直線近似を示す。一方、角溶接やWEB側のき裂については ΔK とき裂長さに相関が見られず、WF・FFタイプでは ΔK とき裂長さの関係の推定は困難である。

4. まとめ

角柱橋脚隅角部の損傷調査結果について分析した結果、板組みによって疲労損傷の生じやすさが異なりWWタイプと比較してWFタイプ、FFタイプは疲労強度が低い傾向がある。表面き裂長さから隅角部の疲労強度の定量化の検討を行い、 ΔK とFLG側にあるき裂長さに正の相関があることがわかった。

参考文献

- 1) 三木ほか：鋼製橋脚隅角部の板組構成と疲労損傷モード，土木学会論文集(投稿中)
- 2) 三木ほか：鋼製箱形断面ラーメン橋脚隅角部の疲労特性，土木学会論文集 No. 710/ I -60, 2002. 7

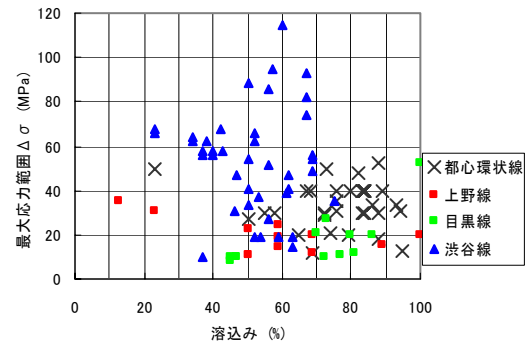


図4 路線別の溶込み-応力の関係

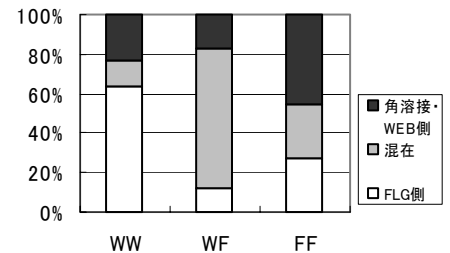


図5 板組み別き裂方向の割合

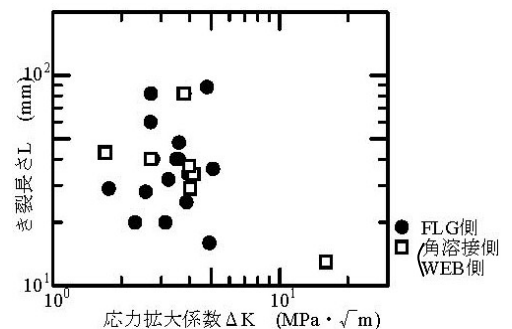


図6-1 ΔK とき裂長さの関係(都心環状線)

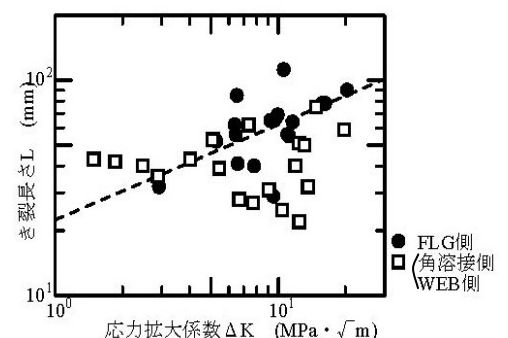


図6-2 ΔK とき裂長さの関係(渋谷線)