

疲労耐久性に配慮した鋼床版桁垂直補剛材の構造ディテール

首都高速道路 正会員 ○津野 和宏
 日本工営 正会員 友田 富雄
 法政大学 正会員 森 猛

1. はじめに

首都高速道路では、鋼床版桁垂直補剛材上端のデッキプレート溶接接合部において多くの疲労損傷が見られることから、垂直補剛材に着目した静的・繰返し載荷試験及び三次元 FEM 解析を行い、形状の変更等構造ディテールの見直しを行った(図-1)。本稿では、新形状の垂直補剛材の疲労寿命を大きく左右する、垂直補剛材上端部と主桁腹板との廻し溶接による接合部のグラインダー仕上げ方法の提案について報告する。

2. 溶接仕上げ半径のパラメータ解析

溶接止端形状を再現した FEM 解析から疲労強度を算出する方法として、IIW¹⁾が推奨している Effective Notch Stress 法(以下、ENS 法)を採用した。垂直補剛材上端に着目したソリッド要素による解析モデルを図-2 に、ENS 法に準じた溶接止端形状を図-3 に示す。溶接止端部仕上げ半径(ρ : 以下、仕上げ半径)は、ENS 法規定の 1mm からグラインダー仕上げ $\rho=3\text{mm}$, 5mm , 12mm までの解析を実施した。4 ケースの ENS 法で算出した応力分布(図-4) から、仕上げ半径が大きくなると溶接止端部の応力集中が緩和されることが分かる。しかし、仕上げ半径が大きくなるに従って応力集中を緩和する効果が小さくなっており、溶接止端部のグラインダー仕上げ $\rho=5\text{mm}$ と載荷試験を再現した止端形状 $\rho=12\text{mm}$ では、発生応力に顕著な差がないことが確認できる。

3. 疲労寿命年数の算出

首都高速道路で 1 レーン当たりの交通量が最も多い路線のひとつとして中央環状線が挙げられ、H18 年度におけるその交通量は、10t 軸重換算軸数で年間 1,301,000 台であった²⁾。本検討では、ダブルタイヤを模擬した 10t 輪荷重(軸重 20t)で載荷試験及び FEM 解析を実施したことから、20t 軸重換算軸数での交通量(T)は年間 162,625 台となる。このデータを基に、垂直補剛材上端に着目した鋼床版の疲労寿命年数を算出した。

溶接部の疲労寿命年数は、IIW の FAT225 疲労曲線¹⁾を用いて評価することとし、これより算出した 10t 輪荷重による疲労寿命回数と疲労寿命年数を表-1 に示す。ここで、輪荷重走行位置の橋軸直角方向の分散および疲労限界については、実走行位置やタイヤ数と発生応力の関係が明確

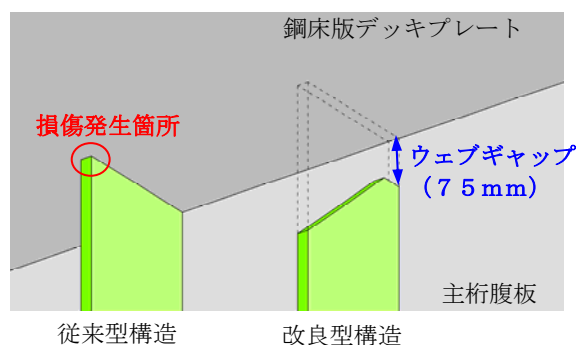


図-1 新旧垂直補剛材構造

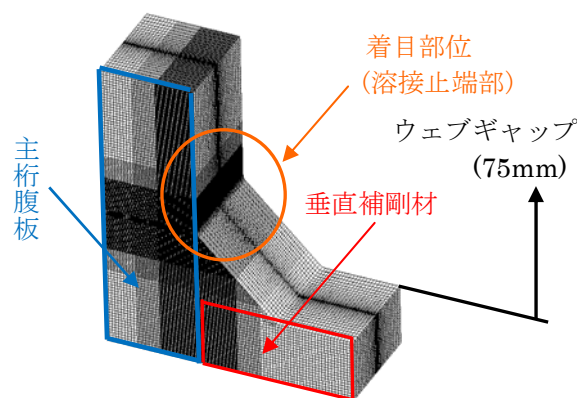
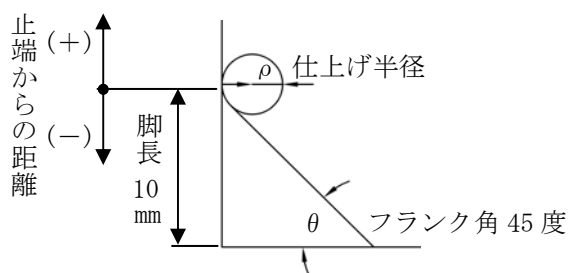


図-2 ソリッド要素による解析モデル

図-3 ENS 法の溶接止端形状($\rho=1, 3, 5, 12\text{mm}$)

キーワード 鋼床版, 疲労耐久性, Effective Notch Stress 法, 垂直補剛材, グラインダー仕上げ

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関 1-4-1(日土地ビル) 首都高速道路(株) 技術管理室 TEL03-3539-9457

ではないため、安全側の評価として考慮しなかった。

溶接止端部のグラインダー仕上げを行わないモデルの $\rho=1\text{mm}$ では、僅か 7.8 年で疲労寿命となるが、垂直補剛材上端の隅肉溶接部における、バーグラインダーによる仕上げ方法として現実的と思われる、仕上げ半径 $\rho=5\text{mm}$ では、首都高上最大級の交通量全てが主桁ウェブ直上を通過し、更に疲労限界は考慮しないという安全側の仮定においても、30 年程度の疲労寿命を確保できる結果となった。

4. グラインダー仕上げ範囲

FEM 解析結果において最も応力が集中する箇所であった、垂直補剛材上端の廻し溶接部（図-5）を、ロータリーバーグラインダーによって仕上げ³⁾を行う範囲の検討を行った。

IIW¹⁾では、溶接仕上げの急変箇所は疲労耐久性の弱点となることから、板厚の 12 倍または 50mm を仕上げ範囲として推奨している。このことから、廻し溶接端部から 20mm 範囲を仕上げ半径 $\rho=5\text{mm}$ でグラインダー仕上げを行い、その下側の 30mm 範囲を仕上げ半径 $\rho=3\text{mm}$ 程度ですり付けることとした。図-5 に、提案する構造ディテールを示す。

FEM 解析結果から、上記仕上げ範囲における発生応力状況を確認すると（表-2）、上端から 8mm 下がった位置においては発生応力が 4 分の 1 以下となっており、20mm の仕上げ範囲が十分であることが確認できる。

5. まとめ

載荷試験及び FEM 解析検討の結果、主桁腹板の垂直補剛材に 75mm のウェブギャップを設け、更に垂直補剛材上端の廻し溶接部を仕上げ半径 $\rho=5\text{mm}$ でグラインダー仕上げすることにより、首都高速道路の実交通を考慮した疲労寿命が、30 年以上になることが分かった。これらの効果については、今後実橋における計測によって確認する予定である。

参考文献

- 1) A. Hobbacger (chairman of IIW Joint Working Group X III-X V), Recommendations for fatigue design of welded joints and components, 2008.6
- 2) 財団法人 首都高速道路技術センター, 首都高速道路の鋼橋の点検・補修・補強に関する調査研究, 2006.
- 3) 森猛, 鋼橋の疲労耐久性向上のための（グラインダー仕上げ）, トピー鉄構技報, No. 23, pp3-6, 2007.

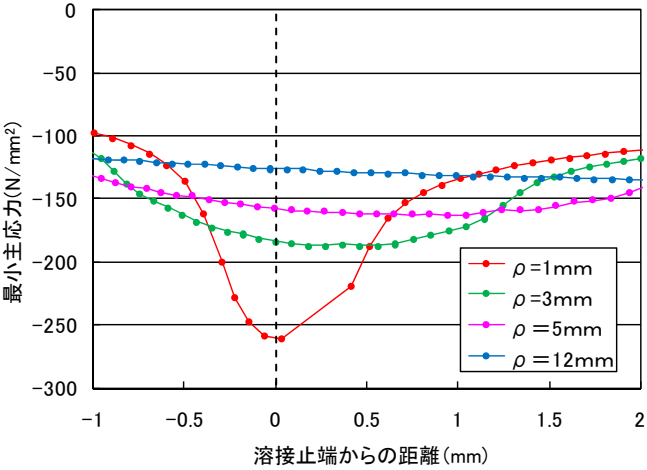


図-4 溶接止端部の応力分布

表-1 仕上げ半径と疲労寿命

溶接部止端半径	止端部応力 (荷重 100kN)	疲労寿命 N (FAT225)	疲労寿命年数 N/T
$\rho=1\text{mm}$	262 MPa	127万回	7.8年
$\rho=3\text{mm}$	187 MPa	348万回	21.4年
$\rho=5\text{mm}$	163 MPa	526万回	32.3年
$\rho=12\text{mm}$	136 MPa	906万回	55.7年

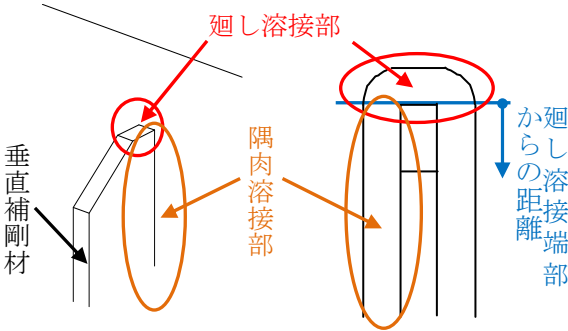


図-5 垂直補剛材の溶接部位

表-2 溶接部の発生応力 (荷重 100kN)

溶接部位	廻し溶接からの距離	発生応力 (N/mm²)	比率
廻し溶接	0mm	-159.6	1.00
垂直補剛材側面隅肉溶接	2mm	-56.4	0.35
	4mm	-49.2	0.31
	6mm	-42.4	0.27
	8mm	-36.9	0.23

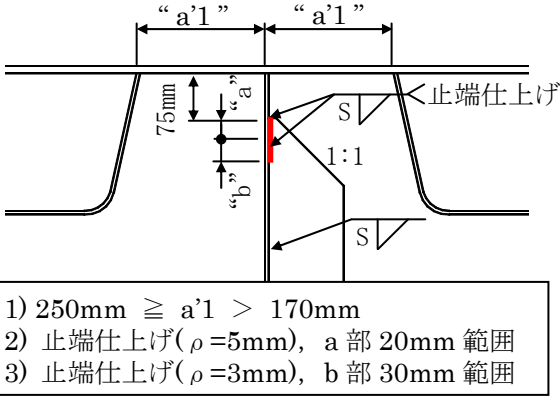


図-6 垂直補剛材取付け部の構造ディテール(案)