

制振鋼板を用いた下路プレートガーダー鉄道橋の疲労強度

名古屋大学大学院 学生会員 奥野健太郎

正会員 山田健太郎

正会員 貝沼重信

1. まえがき 制振鋼板は図-1に示すように、2枚の鋼板で粘弾性樹脂を挟んだ構造からなり、面外曲げ振動に伴うずり変形により、振動エネルギーを熱エネルギーに変換し振動を減衰するものである。これまでに、この鋼板を用いた溶接継手およびI桁の曲げ疲労試験が行われてきた。

本研究では、(財)鉄道総合技術研究所で行われた、腹板に制振鋼板を有する下路プレートガーダー橋試験体の疲労試験を対象として、鋼鉄道橋に用いられる基本的な溶接継手のS-N線図を作成する。はり理論による公称応力の算定が不可能な部位についてはFEM解析を行うことで公称応力を用いた。また、試験結果を日本鋼構造協会(JSSC)疲労設計指針の普通鋼板の疲労設計基準と比較することで、この設計における疲労特性を検討する。

2. 疲労試験 図-2に試験体の形状と寸法を示す。制振鋼板は図-3に示すように板厚4.5mmのJIS SS400普通鋼板2枚を厚さ0.3mmの粘弾性樹脂層で接着したものである。荷重は $P=39\sim 353\text{kN}$ の範囲で、横桁2箇所へ載荷した。横桁を取り付ける補剛材の腹板への接合は、CT型鋼、山型鋼を高力ボルトにより接合するタイプ、および鋼板を直接溶接するタイプを用いて強度を比較した。

3. 試験結果 横桁が破断し、疲労試験を終了した繰り返し数490万回までにき裂が発生した箇所を図-4に示す。それぞれのき裂発生部には、き裂発見後、溶接等で補修を行いその後も載荷を続けたが、横桁斜めリブおよび横桁R部から発生したき裂は補修後も進展を続けた。

制振鋼板を使用しているA主桁面外ガセットおよびa横桁R部に発生したき裂は、ウェブの一方で発生したき裂がもう一方の鋼板に進展していないことが確認された。横桁が接合されている4種類の補剛材接合部から

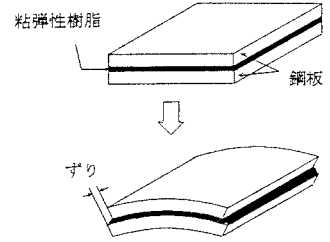
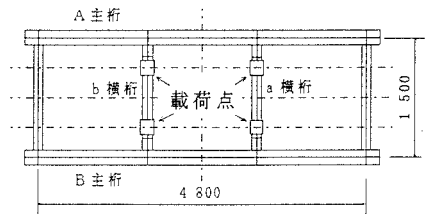
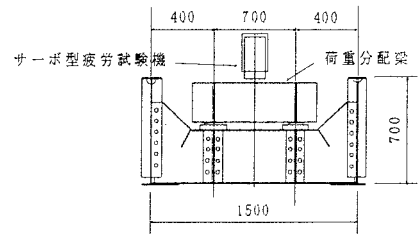


図-1 ずり変形

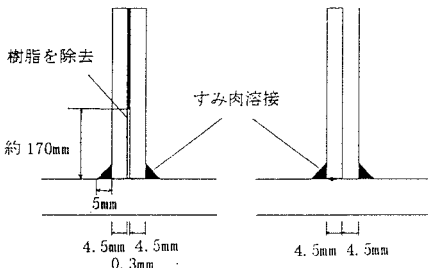


(a) 平面図



(b) 断面図

図-2 試験体の寸法



制振鋼板(A主桁) 普通鋼板2枚板(B主桁)

図-3 すみ肉溶接部

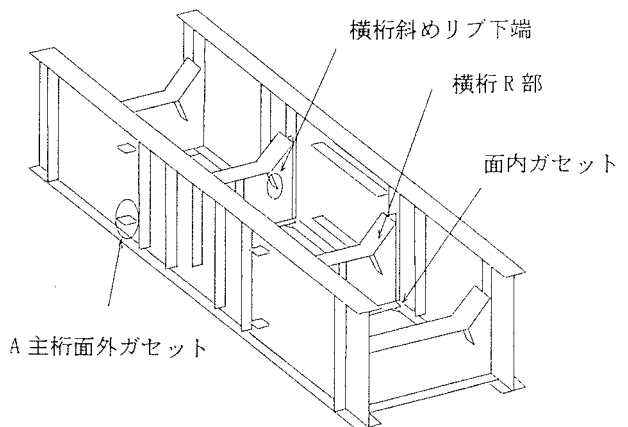


図-4 き裂発生位置

は、いずれもき裂は発見されなかった。

図-5～図-7 に A 主桁面外ガセット、横桁斜めリブ下端、および横桁 R 部ウェブ・フランジの各溶接継手の試験結果を示す。制振鋼板に関してはこれらの箇所においてのみき裂が発生した。いずれも普通鋼板に用いられる各々の継手の強度等級を上回った。しかし、き裂を溶接補修したものはその等級を下回った。

4. FEM 解析 本試験に用いた疲労試験体の横桁のき裂発生箇所付近にはひずみゲージが貼付されていなかった。また、はり理論では計算できない局部にき裂が発生した。そこで、き裂の発生、進展に大きく影響する応力集中の状態、およびき裂発生位置における主応力方向を把握するために、汎用有限要素解析プログラム MARC を用いて応力解析を行った。ここで求められた公称応力に基づき、図-6 および図-7 に示す S-N 線図の応力範囲を決定した。試験体は全て普通鋼板が使用されたと仮定し、図-8 に示すように対称性を考慮した試験桁の 1/4 モデルを、4 節点のシェル要素で作成した。横桁き裂発生箇所周辺のメッシュの大きさは 5mm 程度とした。このモデルを用いて求められた応力集中点は、疲労試験におけるき裂発生位置にほぼ一致していることが確認された。また、き裂近傍の引張主応力方向は、図-6 及び図-7 中で示した発生き裂とほぼ直角方向となった。

本試験体の横桁には、R 部にスカーラップを有する斜めリブがある。しかし、この構造は実際の橋梁にはあまり使われていない。そこで、横桁部においては、このスカーラップ付斜めリブを有する解析モデルに、斜めリブの無いモデル、およびスカーラップの無い斜めリブを有するモデルを追加し、同様に解析することで応力状態の比較を行った。その結果、スカーラップの無い斜めリブを有するモデルの R 部における引張応力の集中は 10% 程度緩和された。斜めリブの無いモデルの R 部における引張応力は、スカーラップを有するモデルと比較すると約 10% 増加した。しかし、疲労試験では、R 部に加え、リブ下端にも集中する応力によって疲労き裂が発生した。よって、斜めリブを取り付けることにより、き裂が発生する可能性がある地点が 2 箇所になる。これらより、斜めリブを取り付けない場合の方が疲労強度上では安全側であると考えられる。

5. まとめ 1) 疲労照査の対象とした制振鋼板の溶接継手の疲労強度は、普通鋼板に用いられる JSSC の疲労強度等級を満足した。2) 制振鋼板に発生したき裂の溶接補修後の疲労寿命には大きな低下が認められた。

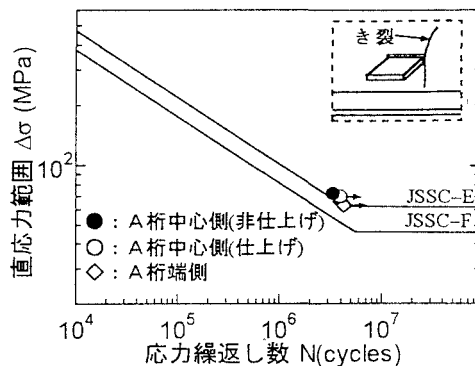


図-5 A 主桁面外ガセット溶接継手

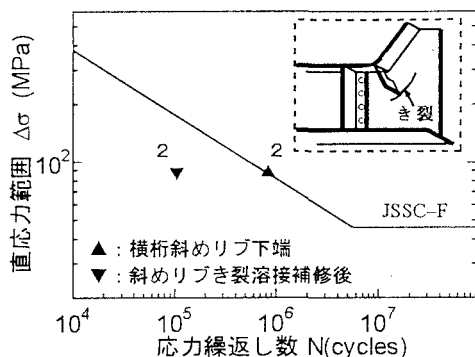


図-6 横桁斜めリブ下端溶接継手

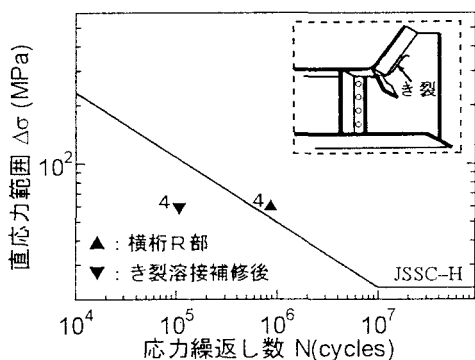


図-7 横桁 R 部ウェブ・フランジ溶接継手

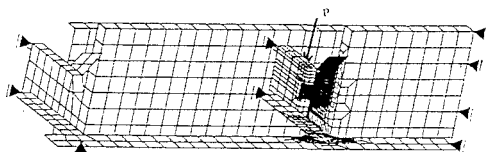


図-8 有限要素解析モデルのメッシュ図