省力化鋼製箱桁の疲労特性に関する一考察

東京電機大学大学院　学生会員　村井　秀仁＊
三菱重工業株式会社　正会員　山田　潤　＊＊
三菱重工業株式会社　正会員　水ノ上 俊雄＊＊
東京電機大学　正会員　井浦　雅司＊
東京電機大学大学院　学生会員　小森谷　伸也＊

1,はじめに

鋼製箱桁の製作では，パネル組立後の箱内作業が非常に困難であり，かつ労働者の作業環境が悪く，いかに箱内作業を省力化するかが大きな課題となっている．また，公共費削減が叫ばれる中，製作費の削減も視野にいれた新形式の提案が行われている．そこで本報告では，箱桁の補剛材に着目し，箱内溶接作業を最小限とする構造改善の提案を行う．本合理化形式の採用に向けては，耐荷力，疲労強度等の実験及び解析的裏付けが必要である．静的耐荷力試験では，従来形式と合理化形式の試験を行った結果，両者の間には顕著な差異は見られなかった．この，耐荷力実験については別途報告する．本報告では，補剛材形状が疲労強度に与える影響を調べるため，耐荷力実験と同様に従来形式と合理化形式の試験体を作製し疲労実験を行い，それらの結果について比較検討することを目的としている．

2,試験概要

本疲労試験では，油圧サーボ式ハイドロパルス疲労試験機を用い，その試験概要を図-1に示す．本試験は，両端下フランジ支持で試験体中央のウェブ直上に載荷した3点曲げによる荷重制御で行った．荷重振幅は，330KN(最大荷重335KN，最小荷重5KN)とし，振動数0.3Hzで繰返し載荷を行った．試験体に用いた鋼材はＳＭ400Ａである．試験体寸法及び断面を図-2に示す．従来形式の箱桁では，垂直補剛材及び横リブの端部は，箱桁母材と垂直補剛材及び横リブが接している面に関して，全て溶接による接合がなされている．本報告で提案する合理化形式は，垂直補剛材及び横リブの補剛材形状について，補剛材端部を斜めにカットすることで，溶接箇所を省略する構造である．また，母材と補剛材間を，実際の施工溶接限界である35mmとし，補剛材端部を廻し溶接している．本試験での検討対象断面における補剛材の板厚は，全て6mmとなっている．溶接方法は，完全溶け込み溶接である．合理化形式の試験体に使用する図-3に示す廻し溶接は，ＪＳＳＣ(日本鋼構造協会)による疲労強度等級の規定が明記されていない．よって，内部構造に着目したとき，従来形式に比べどの程度疲労強度に影響があるか比較・検討する．

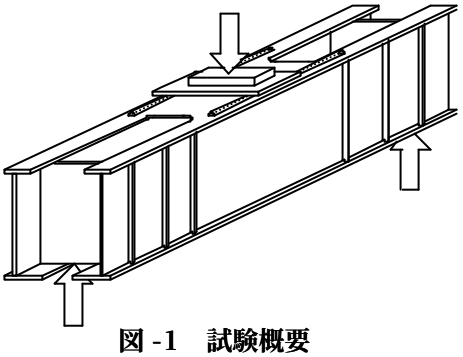

図-1　試験概要

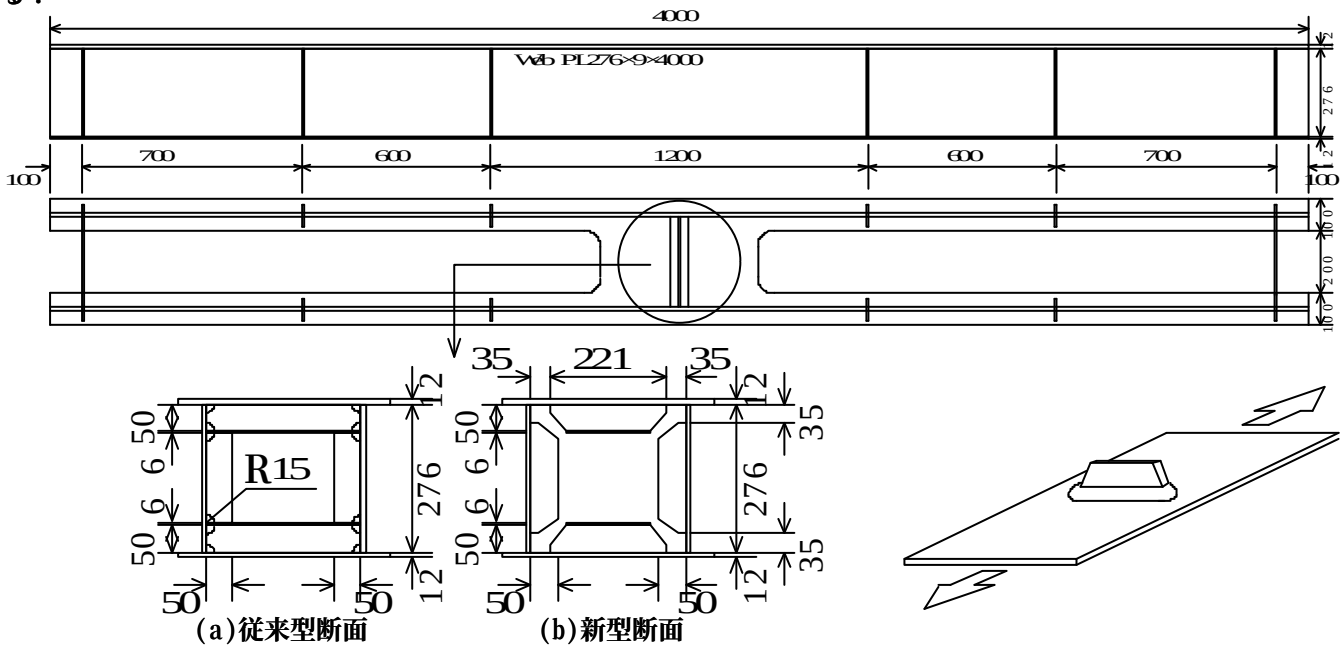

図-2　試験体寸法図及び断面図

図-3　新型形式における廻し溶接部

キーワード：鋼製箱桁，疲労亀裂，補剛材
＊〒350-0394　埼玉県比企郡鳩山町石坂　＊＊〒231-8715　横浜市中区錦町12番地

3,試験結果

3-1,従来形式の試験体での疲労亀裂

本報告で，亀裂発生箇所として推測される箇所は，横リブのスカラップ部及びウェブとガセットの廻し溶接端部である．横リブのスカラップ部に関しては，応力が集中する箇所である．また，ウェブとガセットの廻し溶接端部に関しては，ウェブに生じる応力の繰返しにより亀裂が発生する可能性がある．

試験を行った結果，従来形式の試験体での疲労亀裂発生箇所は，下フランジ側ガセット廻し溶接端部4箇所の内，3箇所で発生した．亀裂発生箇所を，図-4に示す．明確な亀裂発生は，約46万回検知された．亀裂検知には，磁粉探傷機を用いており，5万回毎に検知を行った．また本報告では，横リブのスカラップ部での疲労亀裂は発生しなかった．

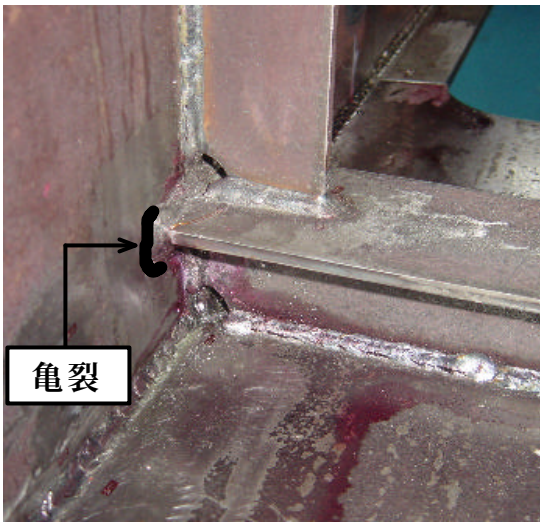

図-4　従来型試験体での亀裂発生箇所

3-2,廻し溶接止端部での応力集中

下フランジスカラップ部の試験体長手方向に5連の応力集中検知用ゲージを貼ることで，応力集中の測定を行った．スカラップの溶接止端部からの測定点距離と各点でのひずみのグラフを図-5に示す．溶接止端の応力集中は部材の板厚の0.3倍ほどの距離でほぼ消滅する[2)]．本試験では，補剛材板厚が6㎜であるため溶接止端部より1.8㎜程度で消滅すると考えられる．図-5より，従来形式の試験体ではさほど応力集中の傾向が見られなかった．亀裂が発生した箇所もウェブのガセット廻し溶接部であることから、横リブのスカラップ部に関しては，応力集中による影響が他の部分での応力に比べ，さほど影響がないといえる．合理化形式の試験体に関しては，図-5より止端部に近づくにつれ，多少応力集中の傾向が見られる．合理化の箱桁形式については，局部応力の測定を実施した後に，現在は疲労試験を実施中である．

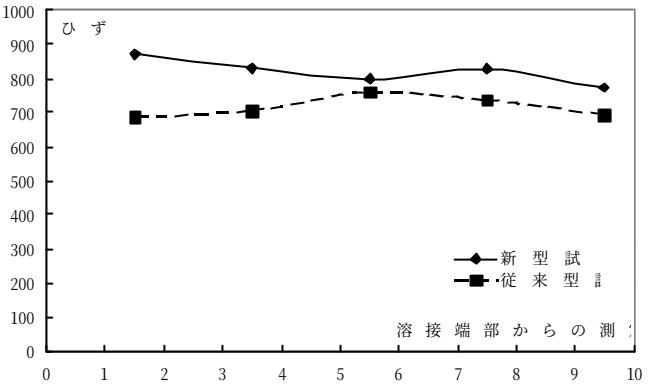

図-5　スカラップの応力集中に伴うひずみと溶接端部からの測定点距離

3-3,面外変形による疲労亀裂

本報告で提案する合理化構造は，母材と補剛材間が35㎜と広く開いているため，その間での板曲げ応力の発生に伴う疲労亀裂が心配される．本試験では，下フランジに関して，母材と補剛材間の縦方向と横方向にひずみゲージを貼り板曲げの発生について測定を行った．ゲージ貼付け位置を図-6に示す．応力集中ゲージの縦方向ひずみ及び横方向ひずみのグラフを図-7に示す．図-7より，今回の裁荷条件では縦方向のひずみに比べ横方向のひずみの値は，小さいことが分かる．したがって，横方向の板曲げが疲労亀裂に与える影響は少ないと考えられる．

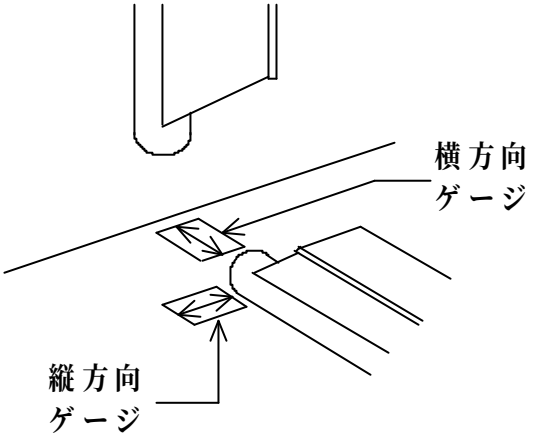

図-6　応力集中検知用ゲージ貼付け位置

4,まとめ

従来形式の箱桁に関する疲労試験では，ガセット廻し溶接部において亀裂が発生した．合理化形式については現在実験を実施中であり，その結果については発表時に報告する．今後，試験結果を基に従来型形式との比較・検討を行い，合理化形式についての提案をしたいと考えている．

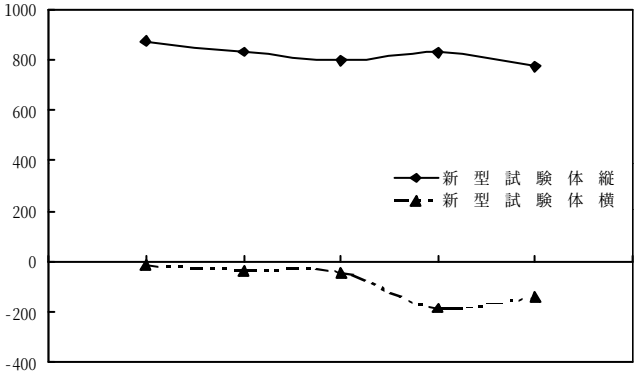

図-7　新型試験体における応力集中ゲージの縦方向ひずみ及び横方向ひずみ

参考文献

1)日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，技報堂出版，1993.4
2)大倉一郎：鋼橋の疲労，東洋書店，1994.6
3)鋼橋技術研究会:合理化･省力化研究会報告書，1997年3月