

少数主桁橋のノンスカラップ全断面現場溶接部の疲労強度特性に関する実験研究

日本道路公団 正会員 水口和之, 忽那幸浩, 芦塚憲一郎
川崎重工業 正会員 大垣賀津雄, 仁瓶寛太

1. まえがき

近年、PC床版を用いた鋼少数主桁構造が、製作、施工の合理化という観点で有力な橋梁形式の一つとして注目され、第二東名神を中心として数多く設計、施工されている。本構造形式では、上下フランジの板厚が大きくなることやプレキャストPC床版の施工性等の理由から、鋼主桁の接合に現場溶接継手構造を採用している。今後、性能照査型設計や疲労設計の導入に伴い、長期耐久性という観点から疲労特性に優れた溶接継手が要求された場合、応力集中を極力無くして疲労強度向上が期待できるスカラップを有しない溶接継手構造（以下、ノンスカラップ構造と呼ぶ）を採用することが有効であると考えられる^{1),2)}。しかしながら、ノンスカラップ構造は一般的に溶接量が多くなり高度な品質管理が要求されることから、本構造を一般化するためには、継手構造を合理化して施工の省力化を図ると同時に、確実に施工できる構造の検討が重要となる。また疲労設計の観点からは、それぞれの溶接継手構造の疲労強度整理を行い、疲労強度等級を適切に定める必要がある。このような観点から、従来採用してきたノンスカラップ構造やZ型継手構造（フランジと腹板の溶接線をシフトする継手）を用いた実寸大模型を製作し、現場溶接部の疲労強度を定量的に把握するため、疲労試験を行うこととした。

2. ノンスカラップ構造事例

下フランジに着目した溶接継手構造種別を表1に示す。また、ノンスカラップ構造の実施工事例を図1に示す。ここに示す溶接継手構造は実施工の事例である。下フランジの溶接方法は溶接線を連続させる上向き溶接と、腹板を挟んでアークリレーを行う下向き溶接が考えられる。またフランジと腹板の溶接線をずらす構造を採用することにより、鋼桁全体の脆性破壊に対して配慮した構造も採用されている。フランジと腹板のT継手については、腹板の首溶接を完全溶込みとする場合と隅肉溶接を行う場合がある。それぞれ、溶接機材、溶接材料、溶接条件等を十分検討し、溶接施工試験にて問題のないことを確認してから実施適用を図る必要がある。

3. 試験方法

疲労試験供試体は図2に示すとおり、ノンスカラップ構造TYPE-A～Cに加え、廻し溶接部非仕上げのスカラップ構造(TYPE-D)を含めた計4種類に対して、2箇所ずつ配置したプレートガ

表1 下フランジに着目した溶接継手構造種別

下フランジ溶接姿勢	スカラップ構造	フランジ-腹板継手配置	首溶接、仕上げ
上向き	ノンスカラップ構造	Z型配置	すみ肉溶接
		同一線上配置	完全溶込み溶接
		同一線上配置	すみ肉溶接
下向き	ノンスカラップ構造	Z型配置	完全溶込み溶接
		同一線上配置	パッチ埋め戻し
		同一線上配置	完全溶込み溶接
上向き	スカラップあり	同一線上配置	———
		同一線上配置	———
		同一線上配置	———

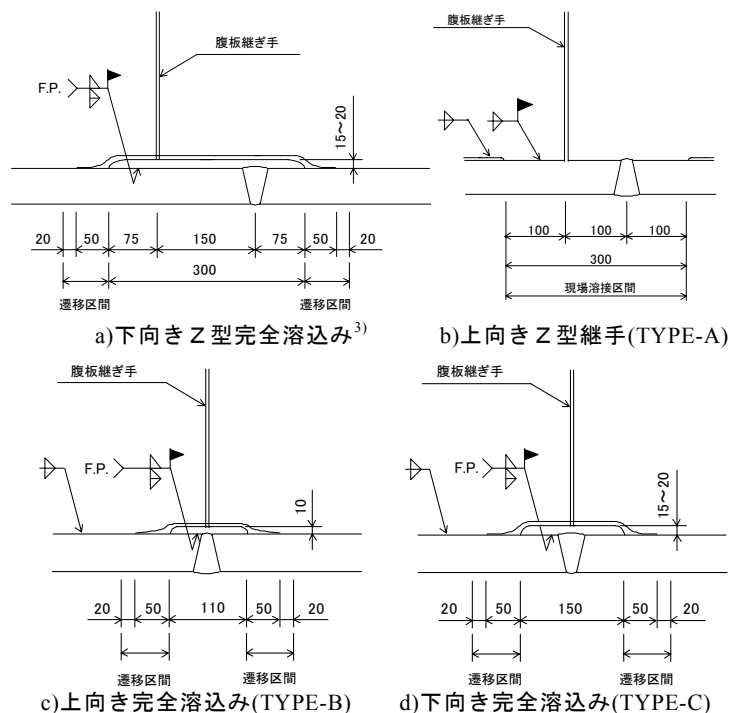


図1 ノンスカラップ構造事例

キーワード：少数主桁、疲労、現場溶接継手、Z継手、ノンスカラップ、

連絡先：〒274-8585 千葉県野田市ニッ塚118番地 川崎重工業(株)技術総括部 TEL：04-7124-5482 FAX：04-7124-5762



図2 鋼桁現場溶接模型疲労試験体

一ダー模型である．試験は動的載荷能力 $\pm 1,500\text{kN}$ の電気油圧サーボ型試験機を用いて，定点固定の3点曲げにて実施した．下フランジ上面での応力振幅は，TYPE-A1,B1が 100MPa ，TYPE-A2,B2,C1が 80MPa ，TYPE-C2,D1が 50MPa ，TYPE-D2は 35MPa とした．TYPE-C1で上下フランジの板厚を 50mm から 32mm に変化させている．試験中，溶接継手部に亀裂が生じた場合は，添接板等により部分補修を行って試験を継続した．

なお，各供試体の溶接継手部は，極力欠陥を介在させるように製作した．その結果，一部を除いて2類(JISZ3104)以上の合格欠陥が生じるという結果であった．TYPE-B1の下フランジ板継ぎ溶接については，4類(JISZ3104)の不合格欠陥（集中ブロー）が生じたため，溶接部を部分削除のうえ補修溶接を実施している．また実橋で行っている板継ぎ溶接余盛止端部のグラインダ仕上げは，本試験体では実施していない．

4. 試験結果

疲労試験は約500万回まで実施した．本試験結果による疲労特性として，S-N線図を図3に示す．同図には，図1a)のノンスカラップ構造を含んだ疲労試験による結果³⁾を合せて示している．上述のとおり欠陥があり補修溶接を行ったTYPE-B1については，下フランジ下面の補修溶接止端部より亀裂が生じ，100万回（E等級ライン）にて破壊に至っている．

また，Z型継手の隅肉溶接構造であるTYPE-A1については，図1b)に示す腹板溶接継手線の下フランジとの交差部において下フランジ母材を一部溶かし込むが，その近傍は腹板と下フランジは隅肉溶接のみの接合構造となっている．この部分から亀裂が生じ，332万回で破壊に至っている．本疲労破壊面は図4に示すとおり，腹板と下フランジの未溶着部上近傍の金属組織が変化している部分から亀裂が生じていることがわかった．

その他，TYPE-A2, B2, C1は，500万回載荷完了後も特に異常が見られず，D等級に近い結果となった．以上のことから，溶接施工後の検査結果が合格であり，不用意な補修溶接をしないならば，ノンスカラップ構造はいずれもD等級相当の疲労強度が得られることがわかった．反面，補修溶接の不具合が疲労強度に及ぼす影響が大きいことから，安定した品質の得られる合理的な構造を選択し，確実な検査により品質を確認することの重要性を再認識することができた．

【謝辞】本研究の遂行にあたり，東京工業大学 三木千壽教授にはご指導を頂き，ここに深く感謝致します．

【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) 南，三木，館石：スカラップを有する厚板I型断面桁現場溶接継手部の疲労強度，土木学会論文集No. 577/I-41, 1997.10，3) 加藤，砂金，藤田，藤田，町田，吉家：鋼I桁橋のスカラップ全断面現場溶接の疲労特性，土木学会第56回年次学術講演会，I-B154, 2001.10

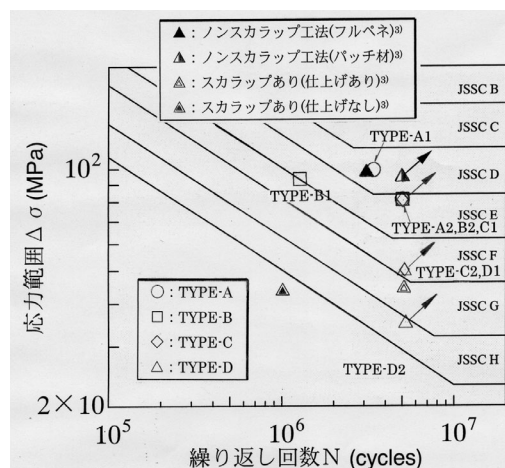


図3 試験結果および疲労設計曲線

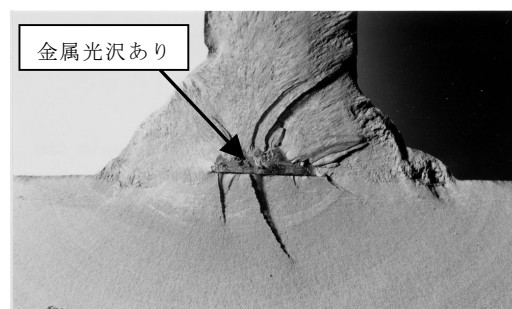


図4 疲労破面(TYPE-A1)