

ウェブギャップ板の取替補修構造の疲労耐久性等の検証

首都高速道路株式会社 正会員 ○鈴木 寛久, 正会員 飛田 遼
一般財団法人首都高速道路技術センター 正会員 平山 繁幸

1. はじめに

現在、首都高速では、ウェブギャップ板（以下、WG板）に発生する疲労き裂に対し、既設WG板を撤去し、溶接によって増厚したWG板に取り替える補修を実施している。しかし、溶接の入熱によって主桁フランジが変形し、床版ハンチ部コンクリートが剥落する事象が発生（写真-1）する場合があるため、フランジの変形を抑制する構造を検討した。検討した補修構造が、従来の補修構造と同等の疲労耐久性を有することを確認するとともに、その適用範囲について解析的に検証した。

2. 取替WG板の構造の検討

従来の補修構造を図-1に示す。疲労耐久性を向上させるため、板厚19mmのWG板を部分溶込溶接及びすみ肉溶接で取り付けしている。FEMにより、WG板厚が発生応力に与える影響等を確認するとともに、実物大試験体を用いた溶接施工試験を行い、溶接の入熱による床版への影響を確認し、①未溶着部からのき裂発生を予防、②床版への熱影響を最小限に留めるように配慮、③施工性および疲労耐久性の向上に配慮した補修構造を検討した。溶接施工試験の試験体を写真-2に示す。

検討した補修構造を図-2に示す。①～③に対し、従来の補修構造と比べ、①WG板厚を19mmから12mmへ変更し、主桁上フランジとの溶接を完全溶込溶接へ変更、②WG板幅を85mmとし、フランジ端部からWG板まで控え長さを大きくすることで床版から溶接線までの離隔を確保、③WG板と横桁との連結を溶接からL形鋼による高力ボルト継手へ変更した。

3. 疲労耐久性の検証

疲労耐久性の検証をするため、疲労試験を実施した。疲労試験で使用する試験体は、主桁と横桁の取合い部を実物大でモデル化し、以下の4種類を2体ずつ製作した。

TYPE-A：既設橋梁を想定し、板厚9mmのWG板をすみ肉溶接で取付

TYPE-B：検討した補修構造で板厚12mm、幅110mmのWG板を取付

TYPE-C：TYPE-Bと同じ構造で、WG板を幅85mmとし控え長さを変更

TYPE-D：従来の補修構造と同じ板厚19mmのWG板を取付

疲労試験は、200kNまで载荷可能な疲労試験機で実施した。試験は、試験架台の上に左右に設置した試験体の上に载荷梁を渡し、そこにアクチュエータを取り付けて、WG板に引張の繰返し応力が作用するように载荷した。疲労試験状況を写真-3に示す。



写真-1 コンクリート片剥落状況

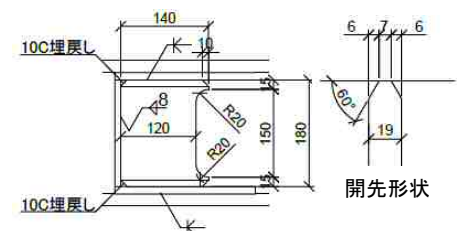


図-1 従来のWG板補修構造



写真-2 溶接施工試験体

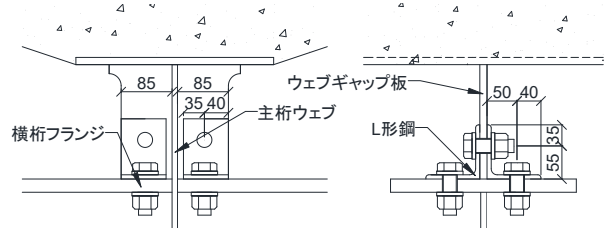


図-2 新たなWG板の補修構造



写真-3 疲労試験状況

キーワード ウェブギャップ板, 補修・補強, 溶接補修, 疲労試験, FEM

連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞が関1-4-1 首都高速道路(株) 保全・交通部 保全技術課 TEL 03-3539-9545

試験荷重は、溶接止端およびWG板端部から10mm離れた位置の表裏面での平均ひずみが 500μ に達するように設定し、試験回数は200万回を上限とした。ただし、TYPE-D試験体については、WG板が厚く、使用する試験機の容量では 500μ に達する荷重を載荷できなかったため、他の試験体と同程度の疲労損傷度になるよう、500万回を上限とした。なお、繰返し速度は5Hzとした。

試験結果の一覧を表-1に示す。TYPE-A試験体は、WG板側止端部からき裂が発生、進展し、WG板を破断したために試験を終了した。TYPE-B試験体～TYPE-D試験体は、いずれの試験体も、き裂が発生したと思われるようなひずみ変動は確認されなかった。また、疲労試験終了後の磁粉探傷試験においても、き裂は発見されなかった。

各試験体の疲労耐久性を比較するために、荷重繰返し回数は応力範囲の3乗に反比例すると仮定して、応力範囲100MPa作用時の疲労寿命を求めた。その結果を図-3に示す。作用する荷重の不均等により同一試験体でもバラつきがあり、TYPE-D試験体の一つの寿命が突出して長い結果となったが、検討した補修構造(TYPE-B及びTYPE-C)と従来構造(TYPE-D)は同等程度の疲労耐久性を有していると言える。

4. 補修方法の適用範囲の検討

実際の橋梁は、主桁上フランジが広い橋梁、WG板の高さが低い橋梁等、様々な緒元を有する。実橋の補修工事への適用に向け、補修方法の適用範囲を明らかにするためにパラメータ解析を行った。要素分割の例を図-4に示す。

解析の結果、形状寸法の変化による影響が特に大きかった主桁フランジ幅に着目した結果を示す。図-5は応力分布の比較を示したものであるが、主桁フランジ幅が大きくなると、まわし溶接部の応力が増加している。フランジ幅の最も大きい $W=420\text{mm}$ の変形図を図-6に示す。フランジの変形量が大きくなるため、まわし溶接部の応力も増加していることがわかる。 $W=420\text{mm}$ と $W=320\text{mm}$ を比較すると、最小主応力の最小値は1.61倍であった。

この結果より、主桁上フランジが広い橋梁に対しては、取り替えるWG板の幅を固定するのではなく、フランジ端部からの控えが50mm程度となるようにWG板の幅を設定するなど、主桁上フランジ幅に応じてWG板の幅を変化させる必要があると考えられる。

5. まとめ

検討した補修構造について、従来の補修構造と比較し、溶接による床版コンクリートへの熱影響が少ないことを確認するとともに、従来構造と同程度の疲労耐久性を有していることを確認した。ただし、主桁上フランジの幅が広がると、WG板止端部の応力は増加するため、主桁上フランジ幅に応じてWG板の幅を変化させる必要がある。今後、実橋における試験施工を実施し、応力計測等を行い、これらの結果を検証する予定である。

表-1 試験結果

試験体		板厚	溶接方法	ギャップ幅	上限荷重	下限荷重	ひずみ (μ)	応力 (MPa)	繰返し回数
TYPE-A	南側	9mm	すみ肉	2mm	200kN	10kN	475	95	557,000
	北側	9mm	すみ肉	2mm	200kN	10kN	510	102	557,000
TYPE-B	南側	12mm	F.P.	無	160kN	10kN	506	101.2	2,000,000
	北側	12mm	F.P.	無	160kN	10kN	484	96.8	2,000,000
TYPE-C	南側	12mm	F.P.	無	150kN	10kN	503	100.6	2,000,000
	北側	12mm	F.P.	無	150kN	10kN	510	102	2,000,000
TYPE-D	南側	19mm	P.P.	無	180kN	10kN	325.5	65.1	5,000,000
	北側	19mm	P.P.	無	180kN	10kN	499	99.8	5,000,000

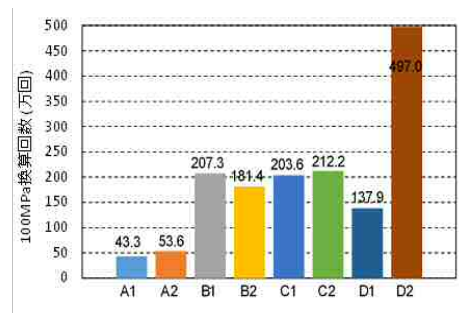


図-3 補修方法の疲労耐久性の評価

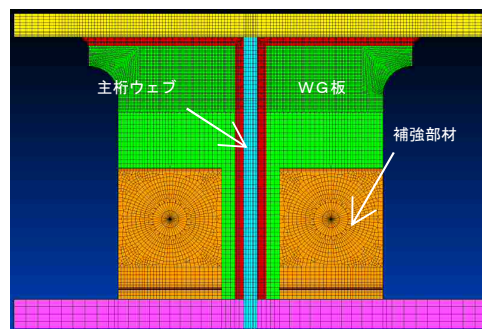


図-4 基本モデルの要素分割

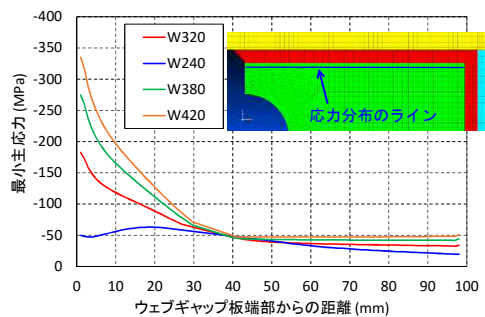


図-5 主桁上フランジ幅の影響

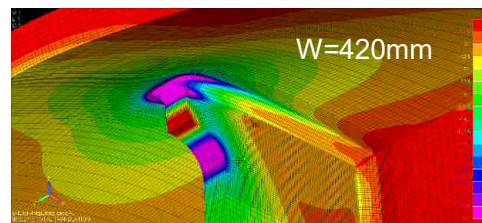


図-6 主桁上フランジの変形(倍率:100倍)