

改良型カバープレート溶接継手の疲労強度

名古屋大学大学院 学生員 ○ 香川 直輝

NKK 正 員 中村 哲也

NKK 正 員 伊藤 久

名古屋大学大学院 正 員 山田健太郎

名古屋大学大学院 正 員 貝沼 重信

1. はじめに カバープレート溶接継手は、主にプレートガーダー橋の曲げ剛性を高めるためや損傷断面を補強するために用いられる。カバープレート端の前面すみ肉溶接部が剛性の急変部となるため、Fig.1 に示すような疲労損傷が報告されている。したがって、疲労強度を向上させる効果的なカバープレートの形状を明らかにする必要がある。本研究ではカバープレートに板厚および板幅方向にテーパを付けることで剛性の急変を減少させ、疲労強度を向上させることを目的として、カバープレートを有する I 桁試験体の疲労試験、およびカバープレートの諸寸法を変化させたパラメトリックな有限要素応力解析を行なった。

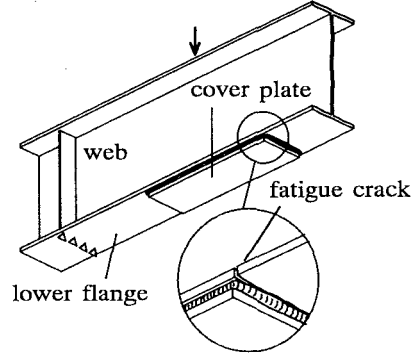


Fig. 1 Example of fatigue crack

2. 試験体 試験体の形状および寸法を Fig. 2 に示す。試験体はプレートガーダー橋の下フランジにカバープレートを取付けた状態をモデル化した 3 点曲げ試験体である。なお、各試験桁で 4 点のデータを得るために、カバープレートは各試験桁に 2 枚取付けた。カバープレート端の形状および溶接条件を Table 1 に示す。カバープレートの形状は、通常の矩形タイプ、道路橋示方書タイプ(以下、道示タイプと呼ぶ)、板厚テーパタイプ、および板幅・板厚テーパタイプの計 4 タイプとした。なお、道示タイプと、矩形タイプ、板幅・板厚テーパタイプの一部では、溶接端部にグラインダー仕上げを行なった。

3. 疲労試験 疲労試験は、応力比を約 0.1 とした一定振幅荷重下で試験体に曲げを与えることで行った。なお、4 ヶ所の着目点のうちいずれか 1 ヶ所が破断した場合は、添接補強を行ない試験を続行した。試験終了時の破断状況のスケッチを Fig. 3 に示す。矩形タイプでは、溶接止端部から発生した複数のき裂が溶接線に沿って進展し比較的早期に合体するが、板幅・板厚テーパタイプでは、き裂が溶接線に沿わずに進展した後階段状に合体するため、き裂の進展寿命が長くなると思われる。Fig. 4 に試験結果および過去の試験データを示す。本試験結果の応力範囲 $\Delta\sigma$ は、載荷荷重より梁理論を用いて計算した公称応力から決定している。図中の実線は、日本鋼構造協会(JSSC)の疲労設計指針の強度等級である。破断寿命 N_f は、前面すみ肉溶接止端部から発生し

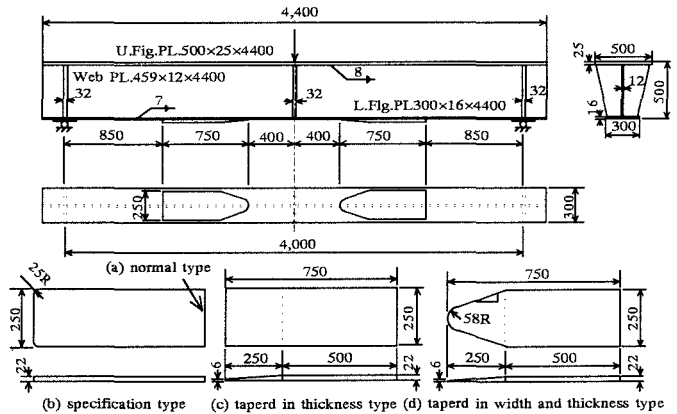


Fig. 2 Shape and dimensions of specimen

Table 1 Type of cover plate details

cover plate shape	welded details		grinding	specimen	quantity
	leg length (mm)	welding position			
normal	9 × 9	horizontal	○	NEHG	1
			—	NEH	2
		overhead	○	NEG	1
			—	NE	2
	9 × 18	horizontal	—	NH	2
		overhead	—	N	2
specification	9 × 18	overhead	○	SG	4
tapered in thickness	6 × 12	overhead	—	T	1
tapered in width and thickness	6 × 12	overhead	○	WG	3
			—	W	2

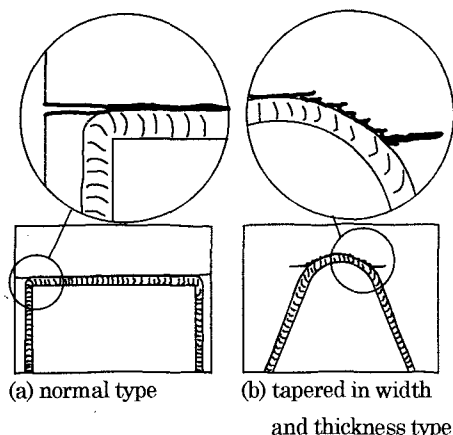


Fig. 3 Typical fracture type

た亀裂が下フランジを板厚方向に貫通するまでの繰返し回数とする。過去の疲労試験結果は、JSSC のカバープレート溶接継手(長さ 300 mm 以上、非仕上げ)の G 等級を満たしている。それに対して、矩形タイプの脚長 9×9 mm で G 等級以下、9×18 mm で G 等級程度となっている。これは、カバープレート幅が 300 mm と過去の試験体に比べて広いこと等が原因と思われる。また、溶接姿勢が疲労強度に及ぼす影響はほとんどみられない。道路橋示方書タイプは、止端仕上げにより F 等級となっている。板厚テーパタイプは、その形状による応力低減効果により非仕上げの状態で F 等級を満たしている。板幅・板厚テーパタイプは、応力低減効果に加えて前述したき裂の進展挙動の違いによる影響で、さらに強度が向上したと思われる。また、現在試験中の止端仕上げを行なった板厚・板幅テーパタイプは、D 等級を満たした段階でまだき裂が発生しておらず、疲労強度が最も高くなっている。

4. 有限要素応力解析 カバープレート端の形状や溶接形状の違いなどが応力集中に与える影響と、板厚・板幅方向にテーパを付けたことによる応力低減効果を検討するために、現在パラメトリックな有限要素解析を行なっている。解析は簡便化のために、梁の下フランジ部とカバープレート部を平板モデルとし、梁のウェブ部分の境界条件を与えることで曲げ応力状態をモデル化する。なお、解析モデルは Fig. 5 に示すように対称性を考慮して 1/4 モデルとした。解析には 3 次元ソリッド要素を用い、着目部の最小要素寸法を 1×1×1 mm とした。解析結果は、溶接止端部の応力集中係数 K_t で整理する。 K_t は公称応力を 1 として載荷した場合に、最も高い応力が生じる位置での公称応力と同じ成分の応力値とする。

本解析は、まず、①矩形タイプでカバープレート厚や溶接形状等をパラメータとし、 K_t の違いを調べる。次に、②板厚テーパタイプで板厚テーパをパラメータとし、これが K_t に及ぼす影響を検討する。さらに、③板厚・板幅テーパタイプで板幅テーパと先端形状をパラメータとし、より効果的なカバープレート形状を検討する。

5. まとめ 疲労試験において、先端形状の違いによってき裂の進展挙動が変わることが分かっており、これが板厚・板幅テーパタイプの強度を高めていると思われる。したがって、より正確な疲労挙動を調べるために、今後は、有限要素応力解析から求めた応力集中係数 K_t に基づき疲労き裂進展解析を行なう予定である。

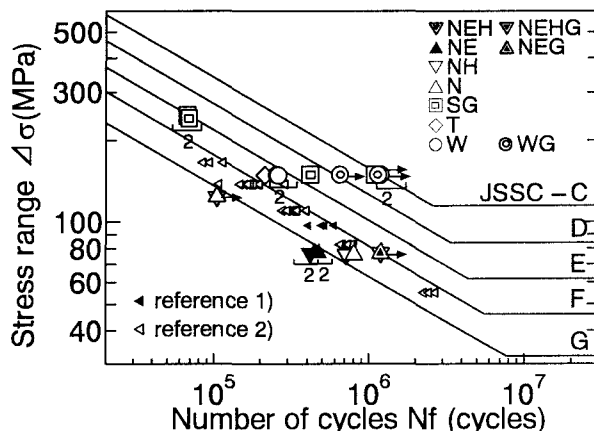


Fig. 4 Fatigue test results

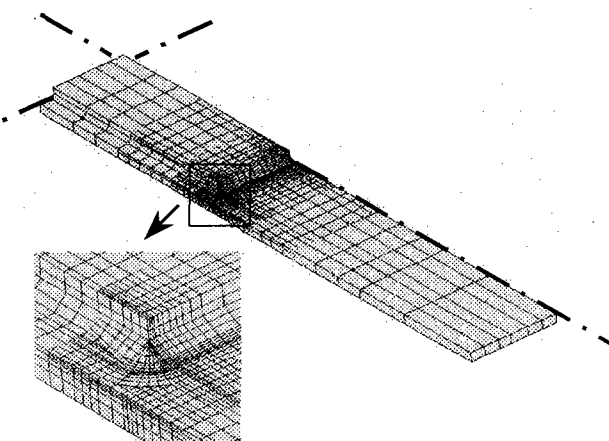


Fig. 5 Example of mesh divisions

- 参考文献** 1) John W. Fisher et al: Effect of Weldments on the Fatigue Strength of Steel Beams, NCHRP report 102, Highway Research Board, 1970
2) 酒井吉永: 付加物が溶接された桁の曲げ疲労試験と補修・補強に関する研究, 名古屋大学工学部土木工学科修士論文, 1985.