

道路橋合成床版の橋軸方向継手部の疲労挙動

九州大学 学生会員○徐 聖卓, 木脇 大元

九州大学 正 会 員 日野 伸一

九州大学 フェロー 太田 俊昭

九州大学 正 会 員 左東 有次

1. まえがき

コンクリート用型枠と引張補強材を兼務した底鋼板上に、ジベルを介してコンクリートを一体化した鋼板・コンクリート合成床版が近年、道路橋床版として広く適用されている。これらの床版を施工する際、現場でのコンクリート打設に先行して、橋軸方向にパネル化された底鋼板を、接合一体化する必要がある。本研究は、図-1のようなロビンソン型合成床版を対象に、引張ボルト接合を用いた底鋼板の橋軸方向継手構造を提案し、スパン中央部に設けた単純梁供試体による疲労試験を行い、継手部の剛性や疲労強度について検討したものである¹⁾。

2. 実験・解析概要

橋軸（床版配力鉄筋）方向に分割された底鋼板相互の支間中央部の継手構造としては、図-2に示すような HTB 引張継手タイプ E を基本とし、それを補強した構造 E1, E2, 比較用の継手無し供試体を含めた4種類について実験を行った。疲労試験の荷重は、底鋼板に作用する引張応力振幅に対して、3段階の荷重振幅（下限：4.9kN, 上限：20.5kN, 36.2kN, 58.8kN）を設定して、各々 50~100 万回の繰返し荷重を経て破壊に到達するまで実施した。加えて、解析では、継手部の幅方向の非均質性を考慮するために、汎用解析プログラム LUSAS VER 13.を用いて、3次元弾塑性 FEM 解析を行い、接合板の挙動、すなわち継手の剛性および変形を検討した。図-3に 1/2 部分の要素分割図、荷重条件を示す。

3. 結果および考察

疲労試験および静的荷重試験結果の一覧を表-1に示す。疲労試験に関しては、いずれの供試体も底鋼板の疲労破断により破壊した。一方、静的荷重試験に関しては、いずれもコンクリート上面が圧壊した。破壊荷重の計算値は、RC 理論に基づき求めたものである。

3.1 変形性状

図-4は、疲労試験のタイプ E1 に対して、支間中央位置の最大たわみおよび残留たわみの変化を示している。図より、設計曲げモーメントの2倍程度まで残留たわみはほとんど生じておらず、良好な疲労耐久性を示していることがわかる。また、図-5は、静的荷重試験タイプ E の支間中央接合部の開口幅曲線を示している。開口幅の増加に伴い高力ボルトが降伏し、最終的には、コンクリートが圧壊を起こしたものと考えられる。解析値は、

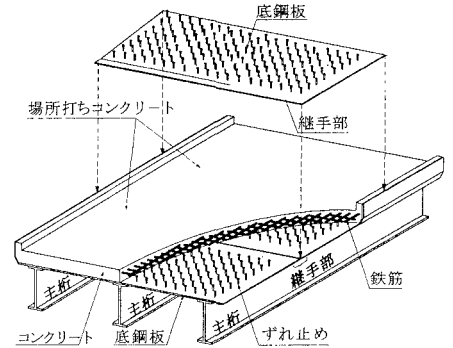


図-1 合成床版の概念図

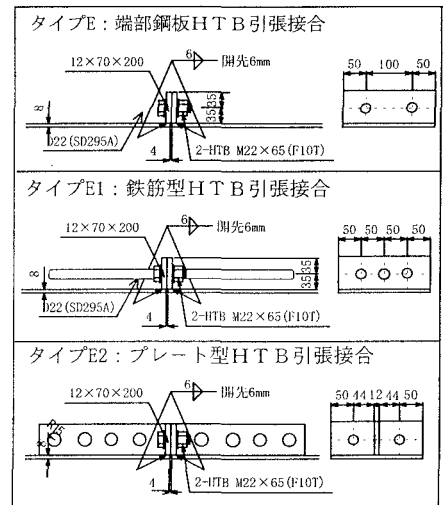


図-2 継手構造

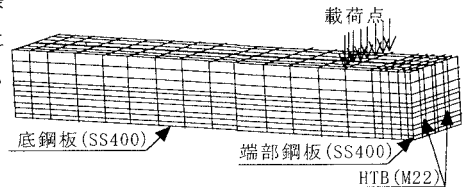


図-3 要素分割図

曲げ剛性をやや大きく示す傾向が見られるものの、
全体的に両者は比較的良く一致しているといえる。

3.2 S-N 曲線

図-6 は継手部底鋼板の S-N 曲線を示す。載荷荷重の変化によってひずみ範囲は変動するので、次式によって定義される等価応力範囲を応力 S に対して用いた。

$$\Delta \sigma_e = \left[\sum_{i=1}^n \left\{ (\Delta \sigma_i)^3 (N_i / N_e) \right\} \right]^{1/3}$$

ここに、 $\Delta \sigma$: 等価応力範囲、 $\Delta \sigma_i$: レベル i の応力範囲、 N_i : $\Delta \sigma_i$ の繰返し回数、 N_e : 全繰返し回数。ここで、実線は日本鋼構造協会の疲労設計指針²⁾に規定される許容疲労応力範囲であり、継手部底鋼板の疲労強度は F 等級と H 等級の間に分布している。

3.3 継手性能の評価

HTB 引張継手タイプ E は、疲労試験ではステップ 2 で破壊しており、端部鋼板上面でのこ反力および開口幅の増加に伴い、継手性能の低下を引き起こした。

これに対して、改良継手 E1, E2 は、疲労試験ではステップ 3 で破壊しており、継手下面の開口を抑え、底鋼板の疲労破壊に至るまで継手性能の低下はほとんど見られず、溶接継手に該当する性能を有していることがわかる。また、静的載荷試験では、最大荷重は設計荷重に対して 3 倍以上の安全率を有し、ひびわれの分散性も向上が認められた。今後は、本研究の試験結果を反映した版供試体による検討が必要である。

4. まとめ

- (1) HTB 引張接合タイプ E は、疲労試験の場合に、継手下面での開口により、低い荷重で継手部または底鋼板が破壊し、継手性能の低下が見られた。
- (2) 改良継手 E1, E2 は、継手下面の開口を抑え、底鋼板の疲労破壊に至るまで継手性能の低下がほとんど見られず、最大荷重は設計荷重に対して 3 倍以上の安全率を有している。
- (3) 疲労試験の破壊形式は、接合鋼板の溶接点付近における底鋼板の疲労による破壊であり、底鋼板の疲労強度は JSSC の F 等級と H 等級の間に分布している。

参考文献

- 1) 徐・日野ほか：鋼・コンクリート合成床版の橋軸方向継手に関する基礎的研究, JCI 年次論文報告集, Vol.21, No.3, 1999
- 2) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説 1993

表-1 実験結果

供試体	ステップ	上限荷重	繰返し回数	破壊形式
タイプD	No. 2	(2) 36. 2kN	10. 1万	ボルトの疲労破壊
	No. 3	(1) 20. 5kN	100万	
		(2) 36. 2kN	13～22万	
	No. 4	(2) 36. 2kN	24. 2万	
タイプE	静的 実験：9. 98kN、 計算：10. 88kN			コンクリート圧壊
	No. 2	(2) 36. 2kN	54. 8万	底鋼板の疲労破壊
		(1) 20. 5kN	100万	
	No. 3	(2) 36. 2kN	55. 9万	(底鋼板に亀裂)
		(2) 36. 2kN	94. 2万	
	No. 4	(1) 20. 5kN	50万	底鋼板の疲労破壊
		(2) 36. 2kN	51万	
	タイプE1	静的 実験：11. 87kN、 計算：11. 95kN		
No. 2		(1) 20. 5kN	50万	底鋼板の疲労破壊
		(2) 36. 2kN	100万	
		(3) 58. 8kN	12万	
タイプE2	静的 実験：11. 80kN、 計算：12. 02kN			コンクリート圧壊
	No. 2	(1) 20. 5kN	50万	底鋼板の疲労破壊
		(2) 36. 2kN	100万	
		(3) 58. 8kN	2. 8万	

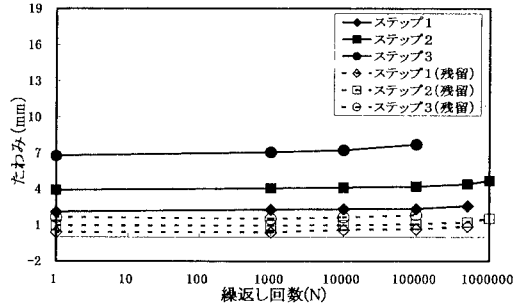


図-4 支間中央部のたわみ履歴曲線 [タイプE1]

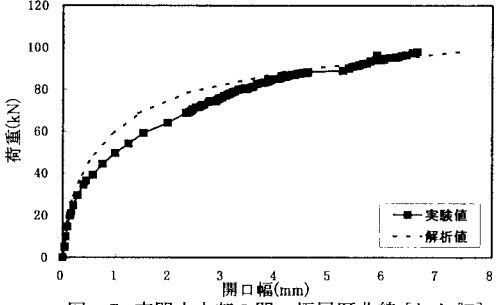


図-5 支間中央部の開口幅履歴曲線 [タイプE]

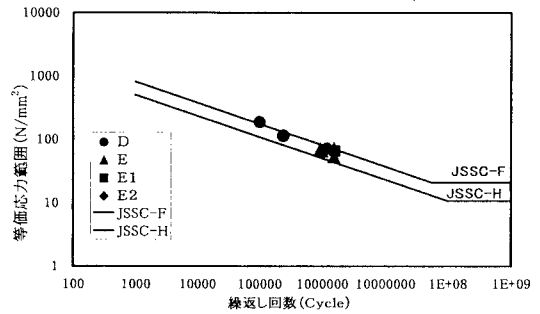


図-6 HTB引張接合継手のS-N曲線