

寒冷地において 50 年以上供用された鋼橋に用いられていた
鋼材の破壊靱性評価

Evaluation of Fracture Toughness of Steel in Steel Bridge Used for Over 50 Years in Cold Region

大阪大学 接合科学研究所 正 員 金 裕 哲 (Yuutetu Kim)
大阪大学 接合科学研究所 正 員 廣 畑 幹 人 (Mikihito Hirohata)
土木研究所 寒地土木研究所 正 員 ○表 真也 (Shinya Omote)
土木研究所 寒地土木研究所 正 員 三 田 村 浩 (Hiroshi Mitamura)

1. はじめに

寒冷地における高経年橋梁を維持管理していくうえで、その破壊靱性を適切に評価しておくことは重要と考える。本稿では、50 年以上供用された高経年橋梁に用いられていた鋼材の破壊靱性評価を目的に、シャルピー衝撃試験および CTOD 試験を実施した。また、破壊靱性評価におけるシャルピー吸収エネルギーの意義について検討した結果について報告する。

2. 供試鋼材

供試鋼材は、北海道芦別市において約 50 年間供用された旭橋(図-1)¹⁾の支点近傍ウェブに使用されていた鋼材である。板厚は 10mm である。供試鋼材の化学組成を表-1 に、機械的性質を表-2 に示す。旭橋に用いられていた鋼材は現在の SS400 の規格を満たすことを確認した。



図-1 旭橋

表-1 化学成分分析結果

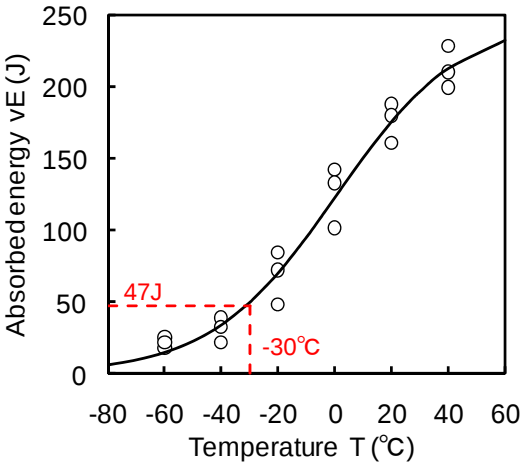
C	Si	Mn	P	S
Mass %				
0.23	0.01	0.47	0.013	0.018

表-2 機械的性質

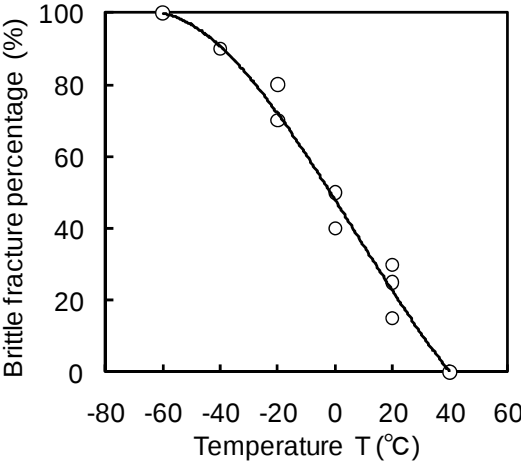
	降伏応力 (MPa)	引張強さ (MPa)	一様伸び (%)
旭橋	267	424	22
JIS SS400	>245	>400	>17

3. シャルピー衝撃試験

供試鋼材に対して、シャルピー衝撃試験を実施した。シャルピー吸収エネルギーおよび脆性破面率の遷移曲線を図-2 に示す。ところで、脆性破壊が発生するか否かの簡便な指標として、吸収エネルギー値 47J が一般に用いられている。旭橋鋼材の吸収エネルギー値は、-30℃以下では 47J を下回ることを確認した。



(a) 吸収エネルギーの遷移曲線



(b) 脆性破面率の遷移曲線

図-2 シャルピー衝撃試験結果

4. CTOD 試験

供試鋼材に対して、 $-100^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の試験温度において3点曲げCTOD試験²⁾を実施した。

試験概要を図-3に示す。機械切欠から疲労予き裂を挿入した試験片を3点曲げ試験に供し、荷重と機械切欠部に取付けたクリップゲージ変位との関係を得た。荷重－クリップゲージ変位関係を図-4に示す。試験温度が -40°C 以上の場合、最大荷重到達後、荷重低下を確認した。すなわち、延性破壊した。一方、試験温度が -40°C 未満の場合、大きく塑性変形することなく、脆性破壊した。

最大荷重時におけるクリップゲージ変位の塑性成分量から、限界CTOD値を算出した。限界CTOD値と試験温度の関係を図-5に示す。図中、白抜きシンボルは延性破壊、黒塗りのシンボルは脆性破壊したことを表している。

5. 破壊靱性評価におけるシャルピー吸収エネルギーの意義

破壊靱性の直接的評価指標である限界CTOD値とシャルピー吸収エネルギーの間には相関関係があることが経験的に知られている³⁾。

この相関関係に基づき、限界CTOD値との対応を明確にしたうえで、吸収エネルギーによる破壊靱性の間接的評価が可能となる。

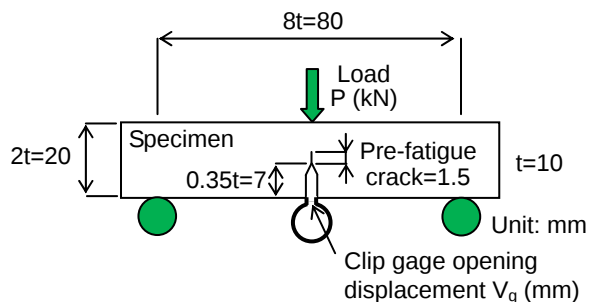


図-3 CTOD 試験の概要

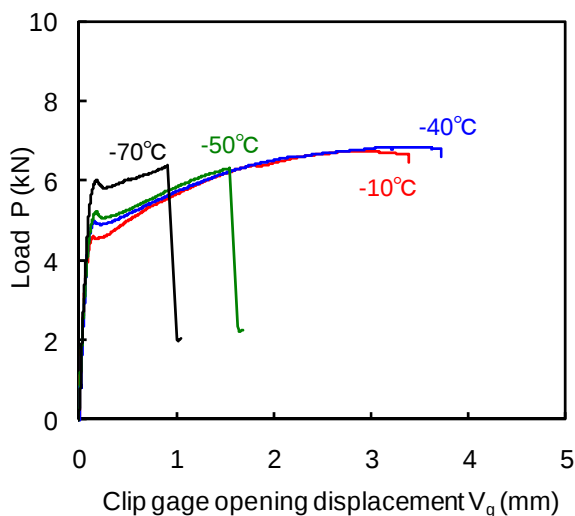


図-4 荷重－クリップゲージ変位関係

ところが、限界CTOD値との対応関係が不明のまま、慣例的に吸収エネルギー値47Jが延性－脆性破壊の境界を示す指標として用いられているのが現状である。

供試鋼材の場合、 -30°C 以下ではシャルピー吸収エネルギーは47Jを下回っていた。しかし、CTOD試験の結果、 -30°C では脆性破壊は発生しなかった。脆性破壊発生を防止する指標として、吸収エネルギー値47J以上を確保することは過剰な要求となる可能性を結果は示唆している。

6. まとめ

寒冷地において50年以上供用された高経年橋梁(旭橋)に用いられていた鋼材の破壊靱性評価を目的として、シャルピー衝撃試験およびCTOD試験を実施した。また、破壊靱性評価におけるシャルピー吸収エネルギーの力学的意義について検討した。

結果によれば；

- (1) 供試鋼材のシャルピー吸収エネルギーは、 -30°C 以下では47Jを下回っていた。
- (2) CTOD試験の結果、供試鋼材は、 -40°C 以上では脆性破壊しなかった。
- (3) 脆性破壊発生を防止する指標として、シャルピー吸収エネルギー値47J以上を確保することは過剰な要求となる可能性を結果は示唆している。

参考文献

- 1) 村越ら：50年以上供用された非合成鋼I桁の静的載荷試験，土木学会第64回年次学術講演会講演概要，I-470，2009.9。
- 2) 日本溶接協会：き裂先端開口変位(CTOD)試験方法 WES1108，1995.2。
- 3) 日本溶接協会：低温用圧延鋼板判定基準 WES3003，1995.11。

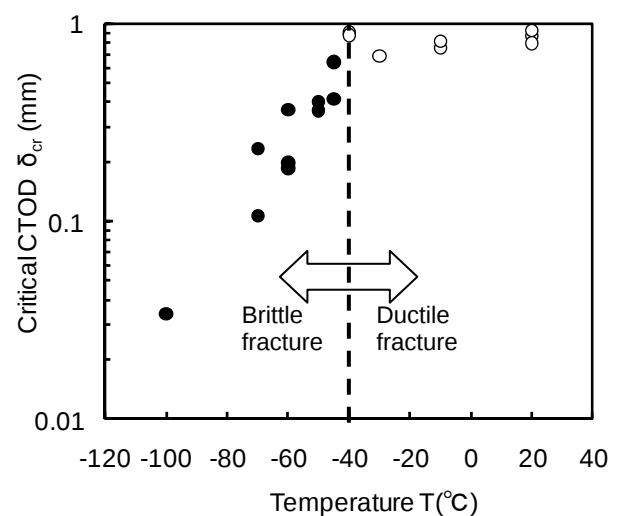


図-5 限界CTOD値と試験温度との関係