

エネルギー遷移温度を指標とした高経年鋼材の耐脆性破壊性能評価

大阪大学 接合科学研究所 正会員 金 裕哲 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 三田村 浩
 名古屋大学大学院 正会員 廣畑 幹人 // 正会員 ○表 真也
 (研究当時 大阪大学 接合科学研究所) パブリックコンサルタント(株) 正会員 松縄 秀範

1. はじめに

英国船級協会ロイドは鋼材の簡便な脆性破壊防止指標としてシャルピー吸収エネルギー:47Jを提示した¹⁾。これに対し、著者らは47Jが有する力学的意義を検証し、0°C以下の低温域において、吸収エネルギー:47Jを要求することは過剰となることを明示²⁾すると共に、47Jに代わり、脆性破壊を防止するために必要な新たな評価指標として、エネルギー遷移温度を用いることを提案した³⁾。

本稿では、エネルギー遷移温度を指標に、高経年鋼材の耐脆性破壊性能を評価した結果について報告する。

2. 供試鋼材

高経年鋼材は、北海道において50年以上供用された2橋梁と近畿地方において70年以上供用された橋梁に用いられていた鋼材である。また、比較のため、これら経年鋼材(SS41)と同グレードの現在の鋼材(SM400A)を用いた。供試鋼材の諸元を表-1に示す。

3. シャルピー衝撃試験

表-1に示す供試鋼材に対し、シャルピー衝撃試験を実施した。

実験結果を図-1に示す。

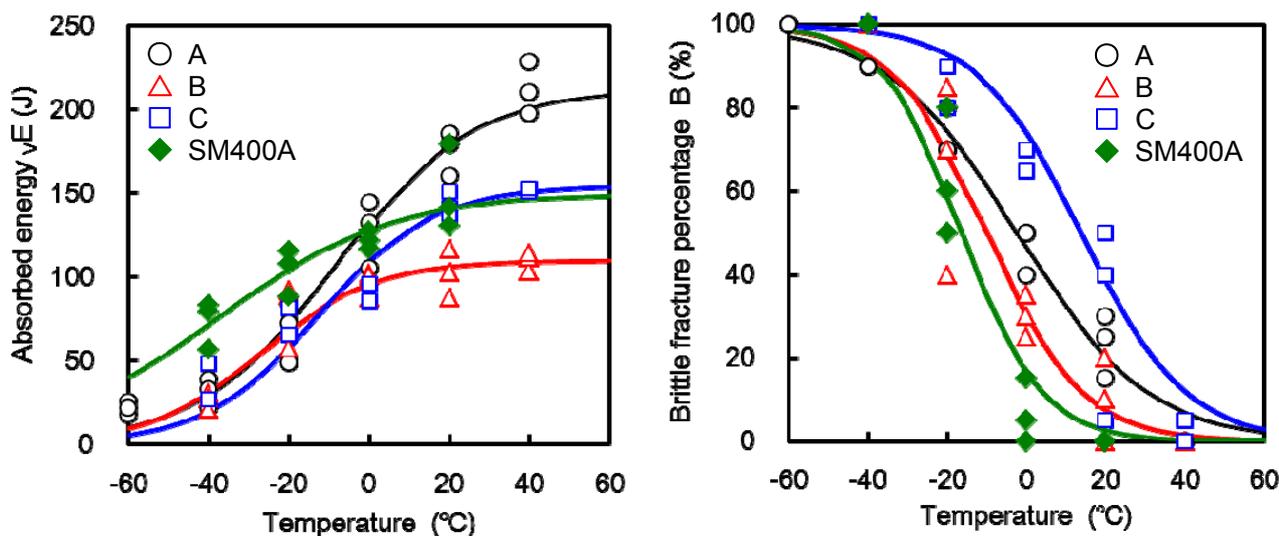
図中の実線は、WES2805に提示されている吸収エネルギー vE (式(1))⁴⁾と脆性破面率 B の近似曲線(式(2))である。

$$vE(T) = \frac{vE_{shelf}}{\exp[k_a(T - vT_E)] + 1} \quad (1)$$

$$B(T) = \frac{100}{\exp[k_b(vT_S - T)] + 1} \quad (2)$$

表-1 供試鋼材諸元

| 鋼材 | 鋼種 | 板厚 (mm) | 橋梁設置場所 | 建設年 |
|-----------------|--------|---------|---------|------|
| A ²⁾ | SS41 | 10 | 北海道 芦別市 | 1952 |
| B | SS41 | 8 | 北海道 岩内町 | 1958 |
| C | SS41 | 9 | 近畿地方 | 1930 |
| SM400A | SM400A | 9 | — | — |



(a) 吸収エネルギーの遷移曲線 (フルサイズ変換) (b) 脆性破面率の遷移曲線

図-1 シャルピー衝撃試験結果

キーワード 脆性破壊, シャルピー吸収エネルギー, 47J, エネルギー遷移温度

連絡先 〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘 11-1 大阪大学 接合科学研究所 TEL 06-6879-8647

ここに,

vE_{shelf} : 上部棚吸収エネルギー (J)

vT_E : エネルギー遷移温度 (°C)

vT_S : 破面遷移温度 (°C)

k_a, k_b : 定数 (最小自乗法により決定)

吸収エネルギー (図-1(a)) に注目する.

0°C以上の高温域では, SM400A (◆印) に比べて, A材 (○印) の吸収エネルギーは大きい, B材 (△印) は小さく, C材 (□印) はほぼ同じである. 低温域では, A材 (○印), B材 (△印) およびC材 (□印) の吸収エネルギーはほぼ同じであり, これらは SM400A (◆印) の吸収エネルギーよりも小さい.

一方, 脆性破面率 (図-1(b)) に注目すれば, 試験温度域 (-60~40°C) において, A材 (○印), B材 (△印) およびC材 (□印) の脆性破面率は SM400A (◆印) に比べて, 大きい.

各鋼材のシャルピー吸収エネルギーの大小関係は, 試験温度によって種々異なっている. これは, シャルピー吸収エネルギー値を指標として, 全試験温度において耐脆性破壊性能を評価することはできないことを示唆している.

4. エネルギー遷移温度による耐脆性破壊性能の評価

ここでは, エネルギー遷移温度およびA材に対するCTOD試験結果²⁾を指標とする耐脆性破壊の性能評価手法を提示する.

各供試鋼材の吸収エネルギーを上部棚吸収エネルギー: vE_{shelf} で除した無次元化遷移曲線を図-2に示す.

SM400Aと比較し, 3種の高経年鋼材のエネルギー遷移温度は10~30°C程度高い. これは, 高経年鋼材の耐脆性破壊性能がSM400Aより劣ることを意味している. しかし, エネルギー遷移温度が最も高いA材に対して行ったCTOD試験結果によれば, -45°C以上で脆性破壊しなかった²⁾. これらの結果は, A材に比べてエネルギー遷移温度が低いB材およびC材は, A材以上の耐脆性破壊性能を有していることを示唆している.

5. まとめ

- (1) 北海道において50年以上供用された2橋梁に用いられていた鋼材 (A材, B材) および近畿地方において70年以上供用された橋梁に用いられていた鋼材 (C材) のエネルギー遷移温度は, 現在の鋼材 (SM400A) に比べ, 10~30°C程度高いことを確認した.
- (2) 各鋼材のエネルギー遷移温度および高経年鋼材A材に対するCTOD試験結果を指標とした耐脆性破壊性能の一評価法を提示した. これによれば;
- (3) ここで用いた3種の高経年鋼材の耐脆性破壊性能は現在の鋼材に比べ劣るものの, -45°C以上では脆性破壊しないことを示唆している.

参考文献

- 1) J. HODGSON and G. M. BOYD : BRITTLE FRACTURE IN WELDED SHIPS, THE INSTITUTION OF NAVAL ARCHITECTS, Quarterly Transactions, 100-3, pp. 141-180, 1958.6.
- 2) 金 裕哲ら : 破壊靱性評価におけるシャルピー吸収エネルギー値 47J が有する力学的意義, 土木学会第 65 回年次学術講演概要集, I-077, 2010.9.
- 3) 金 裕哲ら : 脆性破壊防止に対する評価指標の一提案, 土木学会第 65 回年次学術講演概要集, I-078, 2010.9.
- 4) 日本溶接協会 : 溶接継手のぜい性破壊発生及び疲労き裂進展に対する欠陥の評価方法 (解), WES2805, 2007.11.

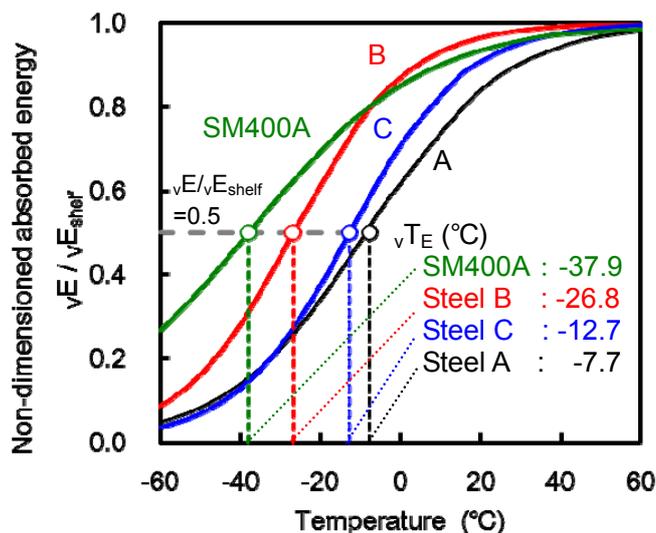


図-2 吸収エネルギーの無次元化遷移曲線