

脆性破壊防止に対する評価指標の一提案

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

〃

正会員 廣畑 幹人

〃

正会員

表 真也

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⁾. 著者らは、北海道の寒冷地において50年以上供用された旭橋に用いられていた鋼材に対し、シャルピー衝撃試験およびCTOD試験を行い、47Jが有する力学的意義を検証した. 結果によれば、0℃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要求となることを明示した²⁾.

本稿では、0℃以下の低温域における要求シャルピー吸収エネルギー値: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を提案する.

2. シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験で得られた吸収エネルギーおよび脆性破面率の遷移曲線を図-1に示す.

WES2805に提示の吸収エネルギー vE の近似曲線³⁾(式(1))を図-1(a)に実線で示す. 一方、脆性破面率 B の近似曲線(式(2))を図-1(b)に実線で示す.

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

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

ここに、

vE_{shelf} (=213J): 上部棚吸収エネルギー

vT_E (= -7.7℃): エネルギー遷移温度

vT_S (= -2.5℃): 破面遷移温度

k_a (= -0.0571), k_b (= -0.0620): 定数

(定数は最小自乗法により決定)

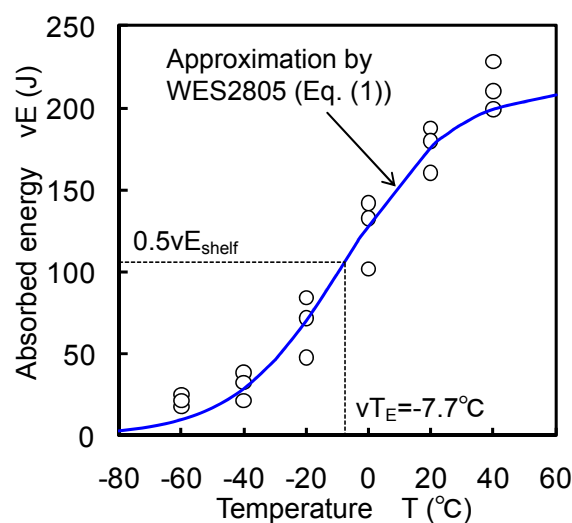
3. CTOD 試験

CTOD試験結果を図-2に示す. 図中のシンボル「○印」は延性破壊, 「●印」は脆性破壊したことを示す.

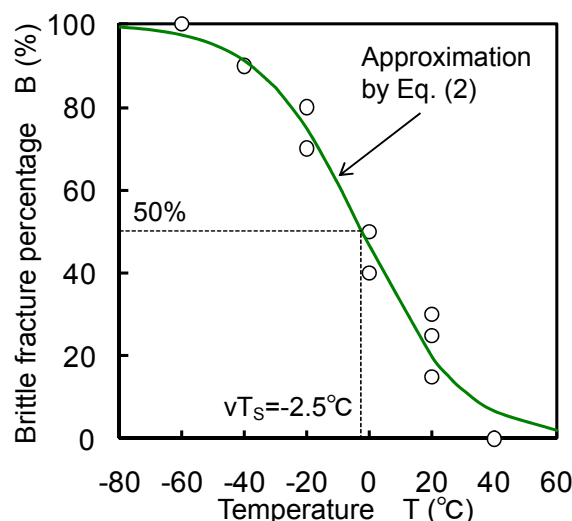
破壊靱性評価試験であるCTOD試験結果によれば、供試鋼材は-45℃以下の低温域において脆性破壊することを確認した.

一方、点線は、シャルピー吸収エネルギーの遷移曲線に基づく限界CTOD値の推定遷移曲線³⁾(式(3))である.

実験結果と推定遷移曲線は良く一致しており、限界CTOD値とシャルピー吸収エネルギーとの間に相関関係が確認できる. これが吸収エネルギー値を簡便な靱性評価指標として用いる根拠である.



(a) 吸収エネルギー



(b) 脆性破面率

図-1 シャルピー衝撃試験結果

キーワード: 靱性, 脆性破壊, シャルピー吸収エネルギー, 限界CTOD値, 遷移温度

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

$$\delta_{cr}(T) = \frac{1}{250} vE(T + \Delta T) \quad (3)$$

$$\Delta T = 87 - 0.10\sigma_{y0} - 6\sqrt{t} \quad (4)$$

ここに,

σ_{y0} (=267MPa) : 常温における降伏応力

t (=10mm) : 板厚

4. 新たな靱性評価指標の提案

CTOD 試験によれば、旭橋鋼材が脆性破壊する温度は-45℃以下であり、シャルピー吸収エネルギー値は力学的な意味がなく、むしろこの温度が何よりも重要な指標と考え、以下において、脆性破壊するか否かの温度に注目し、新たな靱性評価指標を考える。

シャルピー吸収エネルギー (式(1)), 脆性破面率 (式(2)) および限界 CTOD 値 (式(3)) の遷移曲線をそれぞれの最大値で無次元化し、まとめて図-3 に示す。

CTOD 試験において、延性破壊するか脆性破壊するかの境界は-45℃であり、これは吸収エネルギー遷移温度 vT_E (= -7.7℃) および破面遷移温度 vT_S (= -2.5℃) と式(4)から求まる温度差 ΔT (=41.3℃) を介して、対応している。

供試鋼材が寒冷地の過酷環境下で 50 年以上供用されていたことを考えれば、吸収エネルギー遷移温度 vT_E (= -7.7℃), あるいは、破面遷移温度 vT_S (= -2.5℃) が、シャルピー吸収エネルギー値 47J に代わる破壊靱性評価指標となる可能性を示唆している (今後のデータの蓄積が望まれる)。

すなわち、現在の鋼材に対し、シャルピー衝撃試験から得られる吸収エネルギー遷移温度 vT_E が-7.7℃以下、あるいは、破面遷移温度 vT_S が-2.5℃以下であれば、旭橋鋼材と同等以上の破壊靱性を有していることに対応する。

5. まとめ

- (1) 寒冷地の過酷環境下で 50 年以上供用された鋼材を CTOD 試験に供した結果、-45℃以下で脆性破壊することを確認した。
- (2) CTOD 試験において、延性-脆性破壊の境界となる温度：-45℃は、シャルピー衝撃試験から得られる吸収エネルギー遷移温度 vT_E および破面遷移温度 vT_S に対応することを確認した。
- (3) シャルピー吸収エネルギー：47J に代わり、脆性破壊防止評価指標として、吸収エネルギー遷移温度 vT_E , あるいは、破面遷移温度 vT_S を用いることを提案した。

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 回年次学術講演会講演概要集，2010.9.
- 3) 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.

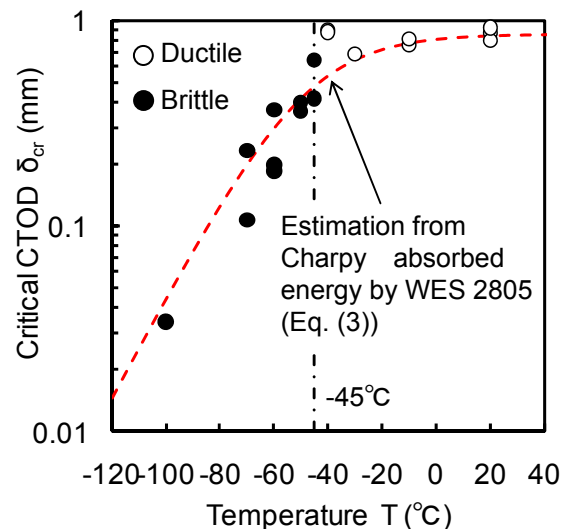


図-2 3点曲げ CTOD 試験結果

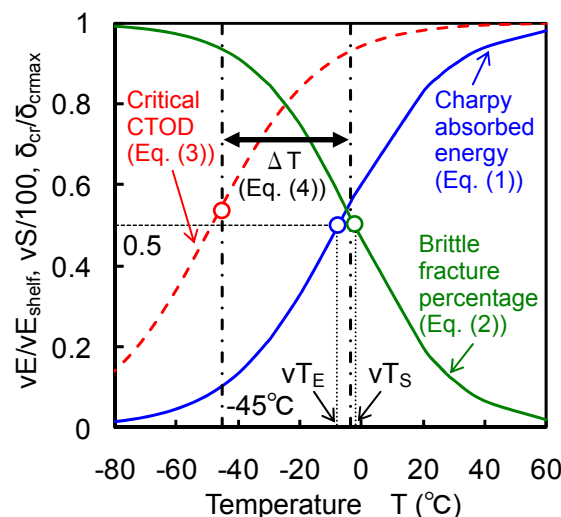


図-3 シャルピー吸収エネルギー、脆性破面率、限界 CTOD 値の無次元遷移曲線