

(669) 捻りをうける円周切欠つき丸棒の破壊強度

物神戸製鋼所 構造研究所

○木内 晃  
青木 高

1 目的

捻りをうける軸材の破壊強度評価法を明らかにするための第一段階として、円周切欠を有する丸棒 (CNRB) を用いた捻り試験を行ない、その破壊強度について検討した。なお、本試験では、モード III の変形様式のみが存在する。

2 試験方法

供試材は、15.5φ の JIS 規格 S48C ( $\sigma_Y = 54 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_B = 81 \text{ kg/mm}^2$ ) および 10φ の SWRH 77B ( $\sigma_{0.2} = 134 \text{ kg/mm}^2$ ,  $\sigma_B = 154 \text{ kg/mm}^2$ ) および板厚 30mm のアクリル樹脂 (PMMA,  $\sigma_B = 6.5 \text{ kg/mm}^2$ ) である。精密捻り試験機を用いて、切欠深さ比 ( $2c/D$ ,  $c$ : 切欠深さ,  $D$ : 直径) および  $D$  を変化させた CNRB (切欠先端は 0.1 mm 幅の機械切欠) の捻り試験 (負荷速度: 20 deg./min) を室温下で行ない、破壊強度に及ぼす上記因子の影響を調べた。なお、PMMA の場合は、切欠からのき裂の発生を肉眼により観察した。

3 試験結果

PMMA と鋼材では破壊形態が異なり、巨視的にみて前者は垂直破断、後者は剪断破断であった。

3.1 PMMA の破壊 --- 写真 1 に示すように、あるトルクで切欠先端からほぼ一様に切欠面とは異なった面を有する微小き裂が多数発生する。なお、 $2c/D > 0.2$  のものは、き裂の拡大に伴いトルクが低下し、その後不安定破壊を生じた。塑性変形を生じてからき裂が発生しているため、依田の式<sup>1)</sup>を用いてき裂発生時の J 値 ( $J_{III,i}$ ) を求め、 $K_{III} = \sqrt{2G J_{III}}$  ( $G$ : 横弾性係数) の関係式を介して  $J_{III,i}$  を  $K_{III,i}$  に変換した。つぎに、き裂発生時の切欠断面での公称剪断応力 ( $\tau_{net,i}$ ) を平滑丸棒の場合と同様  $\tau_{net,i} = 16T_i / (\pi d^3)$  ( $T_i$ : き裂発生時のトルク,  $d$ : 切欠断面の直径) なる関係式から求め、 $K_{III,i} / K_{Ic}$  ( $K_{Ic}$ : モード I での破壊靱性値) と  $\tau_{net,i} / \sigma_B$  ( $\sigma_B$ : 引張強度) の関係を図 1 に示す。

$4.5 \leq K_{III,i} / K_{Ic} \leq 5.5$  であり、 $K_{III,i}$  は  $K_{Ic}$  よりかなり大きい。ちなみに、混合モード下での破壊発生条件であるひずみエネルギー密度最小説やエネルギー解放率最大説では、 $K_{III,i} / K_{Ic}$  はそれぞれ 0.53 および 0.80 ( $\nu = 0.36$  として計算) となる。いっぽう、 $\tau_{net,i} / \sigma_B$  は約 1.2 の一定値を示している。なお、 $D$  の影響については当日報告する。

3.2 S48C および SWRH77B の破壊 --- まず、 $2c/D = 0.5$  の CNRB を用いて、モード I での破壊試験を室温下で行なった。SWRH77B は 100% 脆性破面を示したのに対し、S48C では安定延性き裂発生後の脆性破壊であった。いっぽう、捻り試験では、 $2c/D = 0.2, 0.35, 0.5$  および 0.75 のいずれの場合も 100% 延性破面の剪断破壊であった。また、最大トルク時の切欠断面での公称剪断応力 ( $\tau_{net,m} = 12 \cdot T_m / (\pi d^3)$ ,  $T_m$ : 最大トルク) は、 $2c/D$  および鋼種によらず平滑丸棒から求めた捻り強度 ( $\tau_0 = 12 \cdot T_m / (\pi D^3)$ ) とよく一致した。

参考文献 1) 依田満夫: 日本材料強度学会誌 Vol.14 No.1 (1979)

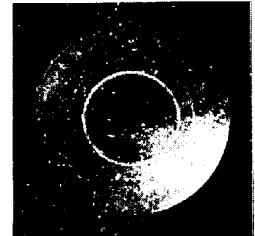


写真 1 切欠からのき裂の発生

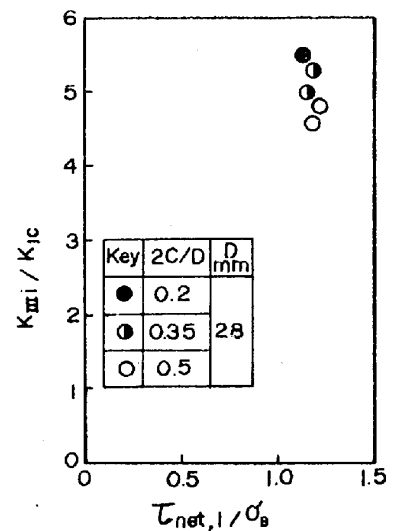


図 1  $K_{III,i} / K_{Ic}$  と  $\tau_{net,i} / \sigma_B$  の関係