

V ノッチ引張試験と実大実験の破壊遷移現象の対応性に関する研究

その 1 研究背景及び V ノッチ引張試験の概要

Research on correspondence of V-notched tensile test and full scale test

Part1 The background of the study and method of V-notched tensile test

○小野泰弘⁵, 清水俊介⁵, 新井佑一郎⁴, 半貫敏夫¹, 千田光³, 秋山宏²* Yasuhiro Ono⁵, Shunsuke Shimizu⁵, Yuichiro Arai⁴, Toshio Hannuki¹, Hikaru Senda³, Hiroshi Akiyama²

Abstract: Charpy impact test has been used for evaluating ductility demand of the steel structure. However, there are some differences in quality of natural phenomena of fracture between Charpy impact test and practical beam-to-column connections. The objectives of this research are: 1. to report on the result of comparing Charpy impact test with full scale test. 2. to report on the V notched tensile test.

1. はじめに

1994 年米国ノースリッジ地震及び 1995 年兵庫県南部地震以降、鋼構造建築物の耐震性確保を考える上で、脆性破壊という問題を扱う必要性が指摘された。脆性破壊の有効な評価方法として、実大構造実験が考えられるが、実大構造実験はそのプロセスが大掛かりであり、実際の設計・施工の現場で行うことは難しい。

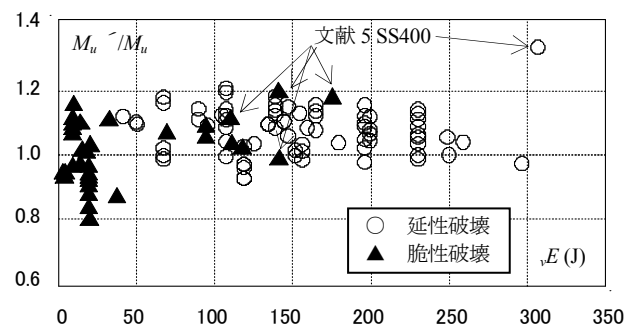
日本建築センターの脆性的破断防止ガイドライン¹⁾では、鋼材の靱性を簡便に評価できる Charpy 吸収エネルギー量を耐力保証の判断基準とし、0°C 時の Charpy 吸収エネルギー、 E_0 が 70J 以上で素材の引張強さ相当の耐力を発揮するとしている。しかし、Charpy 衝撃試験と建築構造物の実部材の破壊との間には、その現象に隔たりがあり、適用には不安が残る。

その 1 では、Charpy 吸収エネルギー、 E と実大実験の破壊挙動の対応性を示し、本研究で提案する V ノッチ引張試験の位置付け及び試験方法について述べる。

2. Charpy 衝撃試験と実大実験の対応性

松本の報告²⁾及び文献 3~5 のデータを用いて、Charpy 吸収エネルギー、 E と実大実験の破壊挙動の対応性を検討した。尚、使用したデータは梁端破壊を生じた実大実験を対象としている。Fig.1 に吸収エネルギー、 E と最大耐力比 $M_u \sim / M_u$ の関係を示す。

最大耐力比 $M_u \sim / M_u$ は、実大実験より得られた梁端最大モーメント $M_u \sim$ を、素材引張試験結果を用いて算出した予測終局モーメント M_u で除すことで部材耐力を基準化したものである^{2~5)}。これは、予測終局モーメントに対する実部材の強度の余裕度を示したもので、

Figure 1. Relation between $M_u \sim / M_u$ and E

1.0 以上が望ましい。

E は部材試験温度に対応する Charpy 吸収エネルギーである。ただし、0°C 時の Charpy 吸収エネルギー、 E_0 の値を代用しているものもある。

Fig.1 より、 E が 50J 以下の領域では概ね全ての試験体が脆性破壊であった。また $M_u \sim / M_u$ は、値のばらつきが大きく、1.0 を下回る試験体が多く確認された。 E が 50J~175J の領域では、延性破壊した試験体と脆性破壊した試験体が混在した。 $M_u \sim / M_u$ は、50J 以下の領域と比べてばらつきが小さくなったが、1.0 を下回る試験体も確認された。 E が 175J 以上の領域では、全ての試験体が延性破壊であった。 $M_u \sim / M_u$ は、概ね 1.0 を上回り、 E が 300J 以上の試験体では 1.3 も見られた。

以上の結果より、Charpy 吸収エネルギー、 E が大きくなると、破壊現象は延性破壊に遷移し、最大耐力比が安定する傾向が確認できた。しかし、Charpy 吸収エネルギー、 E を脆性破壊防止のクライテリアにするには、次の問題が存在する。

- 1) 延性破壊した試験体と脆性破壊した試験体を明確に区別できないこと。

1 : 日本理工・教員・建築 Prof., College of Science and Technology, Nihon Univ. 2 : 東京大学名誉教授 Prof. Emeritus, Univ. of Tokyo, Dr. Eng. 3 : 住友金属工業 (株) Sumitomo Metal Industries Ltd., Dr. Eng. 4 : 日本理工・教員・建築 Assistant, College of Science and Technology, Nihon Univ, Dr. Eng. 5 : 日本理工・院・建築 Student, Graduate school of Science and Technology, Nihon Univ.

2) Charpy 吸収エネルギー、 E は衝撃試験より得られる値であり、耐力評価値として実大実験と直接対応させるデータが得られない事。

本研究では以上の問題を解決する為、切欠きを設けた引張試験片の引張試験(V ノッチ引張試験)より、鋼材の靱性を評価し、新たな脆性破壊防止方法を提案する。

3. V ノッチ引張試験概要

3-1. 使用鋼材

本研究では試験温度をパラメータとした既往の実大実験³⁻⁵⁾と同一の鋼材を用いて V ノッチ引張試験を行った。V ノッチ引張試験のパラメータは実大実験と同様に試験温度とし、両試験の破壊挙動の対応性を検討した。化学成分値を Table1, Charpy 衝撃試験結果を Fig.2 に示す。Fig.2 中の遷移曲線は式(1),(2)で表した。

$$\text{Charpy 吸収エネルギー遷移曲線: } \nu E_e = \frac{\nu E_{shelf}}{\exp\{-a(T - E T_{tr})\} + 1} \quad (1)$$

$$\text{脆性破面率遷移曲線: } C_{ry} = \frac{100}{\exp\{-b(T - c T_{tr})\} + 1} \quad (2)$$

- νE_{shelf} : 上部棚における Charpy 吸収エネルギー(J)
- T : 試験温度(°C)
- $E T_{tr}$: Charpy 吸収エネルギー遷移温度(°C)
- $c T_{tr}$: 破面遷移温度(°C)
- a, b : 最小二乗法によって求めた定数 (1/°C)

Table 1. Chemical composition of steel

| 参考文献 | 鋼材 | 板厚 | 化学成分 (%) | | | | |
|-------|---------|-------|----------|------|------|-------|-------|
| | | | C | Si | Mn | P | S |
| 文献3,4 | 低靱性特殊鋼材 | PL-25 | 0.20 | 0.28 | 1.16 | 0.012 | 0.002 |
| 文献5 | SM490A | PL-25 | 0.14 | 0.20 | 1.30 | 0.018 | 0.009 |
| | SS400 | PL-22 | 0.06 | 0.30 | 0.90 | 0.014 | 0.007 |

3-2. 試験片形状

Fig.3,4 に V ノッチ引張試験片の形状を、Fig.5 にノッチ形状の詳細を示す。試験片には標点間の中央部両面に V ノッチを設けた。ノッチ形状は Charpy 衝撃試験片を参考に設定し、ノッチ深さは柱梁接合部近傍の梁の断面性能の低下を模擬するため、ノッチ部の断面欠損を標点間断面の 16% になるように設定した。

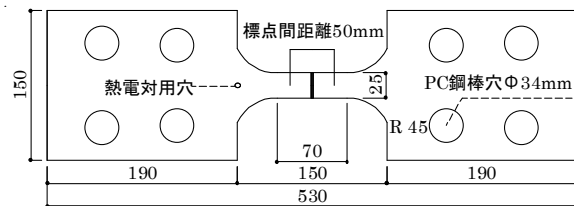


Figure 3. V-notched tensile test piece of special steel

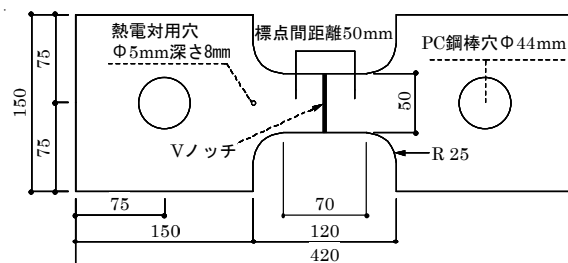


Figure 4. V-notched tensile test piece of SM490 A & SS400

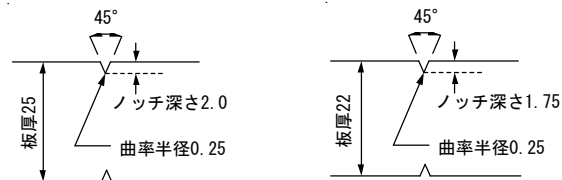


Figure 5. Detail of V-notch

3-3. 荷重方法及び温度管理方法

荷重はアムスラー型万能試験機を用いた単調引張荷重とし、試験片は両端ピン支持とした。計測頻度は 1 秒~2 秒間隔、荷重速度は 20mm/min 以下とした。荷重計測は試験機の出カデータを使用し、変形はクロスヘッド間の変位を計測した。試験片温度は試験片内に埋め込まれた熱電対を用いてモニターし、恒温槽の中で温度が安定するよう管理した。

4. まとめ

本報では、鋼構造建築物の脆性破壊防止方法の現状を示し、V ノッチ引張試験の概要を述べた。実験結果及び考察については、その 2 で報告する。

【参考文献】

その 2 でまとめて示す。

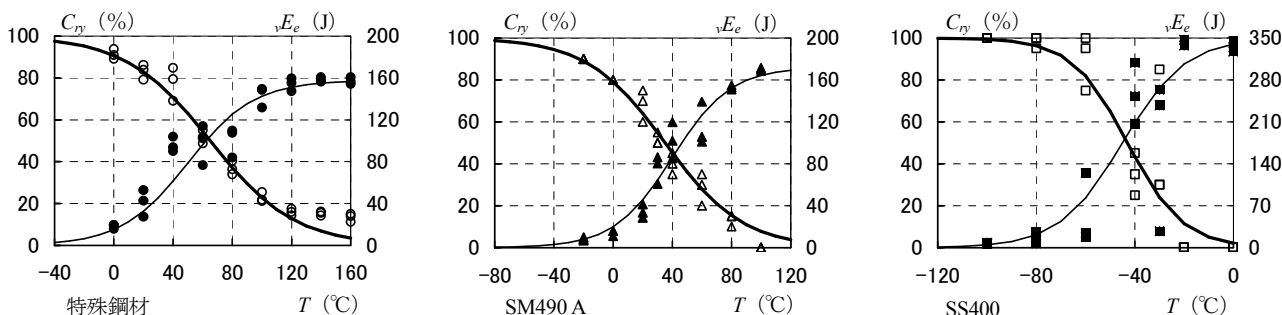


Figure 2. Charpy impact test result