

高応力三軸度下における高強度鋼材(Q690)の破断特性に関する実験的研究

名城大学大学院 学生会員 ○劉 巖

名城大学

池田 修斗

名城大学 フェロー

葛 漢彬

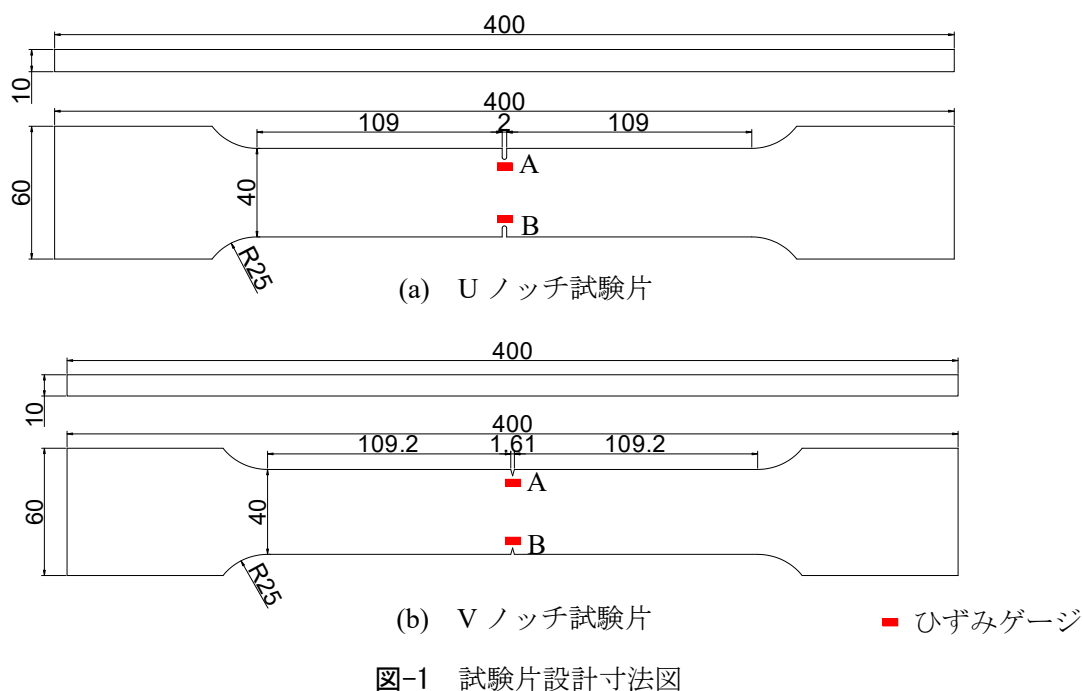
華南理工大学（元名城大学 JSPS 外国人特別研究員） 康 瀾

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震により、鋼製ラーメン橋脚隅角部にて脆性的な破壊につながるき裂の発生が確認された。切り欠きのような欠陥が存在する場合、切り欠き部に応力が集中するため応力集中箇所で延性き裂が発生および進展し、応力三軸度が高くなることで脆性的な破壊が生じやすい。既往の研究である高応力三軸度下における鋼材の延性破壊評価モデルの構築に関する研究により、普通鋼材である SM490 に対して延性破壊モデルを提案し、その適用性を検討した¹⁾。しかし、近年では高強度鋼材を使用した橋梁が増加しつつあり、ライフサイクルコストの削減などの構造の合理化が推し進められている。そこで本研究では、近年中国で開発された高強度鋼材 Q690(日本の SBHS700 相当)を用いた試験片を製作し、それらの引張破断試験を行い、延性破壊メカニズムの解明に必要な実験データの蓄積を目的としている。

2. 実験概要

本実験で用いる試験片は、両側にノッチを有する鋼種 Q690 試験片である。異なる応力三軸度下における鋼材の破壊特性を明らかにするために、ノッチ形状とサイズが異なるように設計されている。U ノッチと V ノッチ試験片の設計寸法図を図-1(a), (b)に示す。U ノッチ試験片では異なる 4 つのノッチ半径 (1mm, 2mm, 3mm, 5mm)、V ノッチ試験片では異なる 4 つのノッチ角度 (30°, 60°, 90°, 120°) の 8 種類を 2 本ずつ加工した。実験装置は MTS 試験機を使用し、片側固定の単調引張载荷を行うことで荷重および変位（標点間距離 200mm のパイ型変位計によって測定）のデータを破断まで取得した。また、ひずみゲージをノッチ底部から試験片中心部に 5mm の位置に貼付した。



キーワード 高強度鋼材, 高応力三軸度, 切り欠き, 応力集中

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学理工学部社会基盤デザイン工学科 TEL 052-838-2342

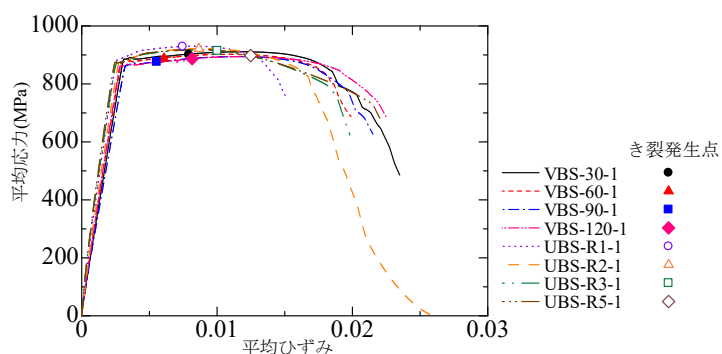
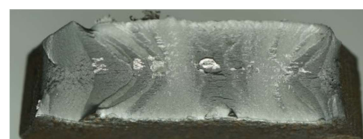


図-2 平均応力-平均ひずみ曲線

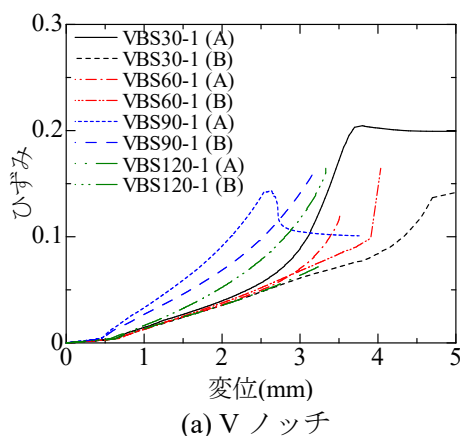


(a) VBS-90-1

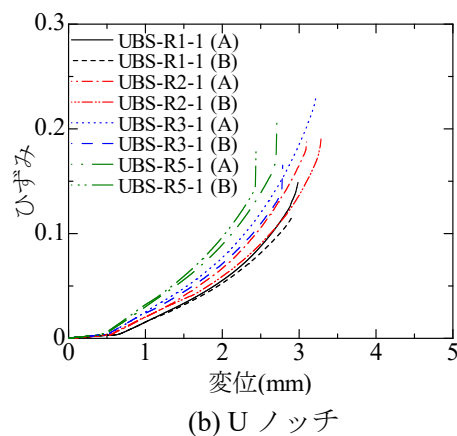


(b) VBS-120-1

図-3 断面写真



(a) V ノッチ



(b) U ノッチ

図-4 ひずみ-変位曲線

3. 実験結果

実験により得られた U ノッチ試験片と V ノッチ試験片の平均応力-平均ひずみ曲線を図-2 に示す。図-2 より、V ノッチ試験片は U ノッチ試験片と比べてき裂発生が早いことが分かった。これは、U ノッチではノッチ底部が丸みを帯びているため応力が分散するが、V ノッチではノッチ底部が鋭角であり一点に応力が集中するためであると考えられる。VBS-90-1 と VBS120-1 試験片の破断面を図-3(a), (b)に示す。両側のノッチ底部から試験片中心に向かって何層もの山形模様が左右対称に形成されていることから、両側のノッチ底部から同時にき裂が発生し、山形の頂点方向である試験片中心に向かって徐々にき裂が進展していったと考えられる。また、断面中心部にて水平方向に無数のき裂が確認できたことから、ノッチ底部においてき裂の発生および進展と同時に、試験片中心部からもき裂が発生していると考えられる。その後、山形模様がなくなったことから延性破壊の後、脆性的に破壊したと考えられる。図-4 に各試験片のひずみ-変位曲線を示す。V ノッチ試験片において変位 3mm 時点でのひずみは 0.06~0.15 の範囲であるが、U ノッチ試験片でのひずみは 0.12~0.20 であり、V ノッチ試験片の方がひずみ速度は遅い。すなわち、V ノッチ試験片ではノッチ底部が鋭角で底部に応力が集中するため応力集中範囲が狭い。しかし、U ノッチ試験片ではノッチ底部が緩やかな曲線であり応力が分散し広範囲にわたって応力を受けることから、ひずみ速度は速く、ひずみが大きくなることが分かった。また同図より、V ノッチ試験片のノッチ角度によるひずみ速度の変化は見られなかったが U ノッチ試験片のノッチ半径による比較では、ノッチ半径が大きいほどひずみ速度が速いことが分かった。

4. おわりに

ノッチ角度および半径が大きくなるほどノッチ底部における応力集中範囲が広いいため、き裂発生は遅く、ひずみ速度は速いことが分かった。また、今後の予定として有限要素解析を行い高応力三軸度下における高強度 Q690 の延性破壊メカニズムを解明していく。

参考文献

- 1) 劉巖, 葛漢彬, 康瀾: 高応力三軸度における鋼材の延性破壊モデルの予測精度向上に関する研究, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.74, No.4, pp.I_546-I_557, 2018.