

応力三軸度をベースとした鋼材の破壊発生規準の適用性と材料特性の影響評価

横浜国立大学 学生員 ○瀬戸口 雄太 横浜国立大学 正会員 佐々木 栄一
横浜国立大学 フェロー 山田 均 横浜国立大学 正会員 勝地 弘

1. はじめに

1994年に発生した Northridge earthquake, その翌年の兵庫県南部地震では、鋼構造物において想定外の脆性的な破断を生じた。今後、耐震設計を考える上で、地震時の脆性破壊メカニズムを究明することは非常に重要である。そこで、本研究では、Schafer らの提案している Failure bands と称された応力三軸度をベースとした鋼材の破壊発生規準に着目し、脆性破壊を含めた鋼材の破壊発生規準の適用性と材料特性が及ぼす影響について検討することを目的とした。

2. 研究概要

本研究では、一般的に高い拘束状態を再現する際に用いられる円周切欠き付き丸棒試験体（図1）を用いて、FEM 解析及び引張破壊試験により検討した。まず、FEM 解析よりモデル化し、対象鋼材、拘束度をパラメータとして、材料特性が及ぼす破壊発生規準における経路

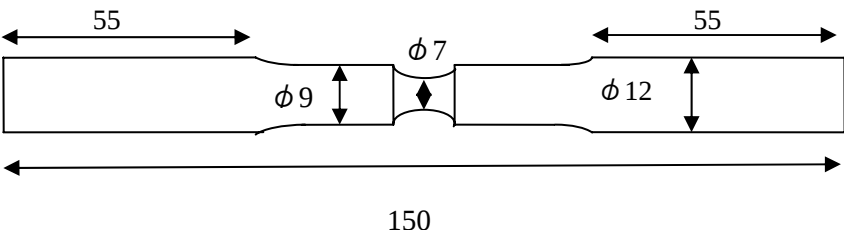


図 1. 円周切欠き付き丸棒引張試験体

や応力三軸度の値への影響について検討した。さらに、引張破壊試験を行うことで破壊点を特定し、2つの検討から応力三軸度をベースとした破壊発生規準の適用性の評価を行った。

3. FEM 解析

FEM 解析は、汎用有限要素法解析プログラム ABAQUS6.5 を用いた。モデルについては、円周切欠き付き丸棒引張試験体の切欠き付近をモデル化（図2）した。本解析における解析モデルは、鉛直面に対称として、2分の1モデルのソリッドモデルとした。メッシュに関しては、切欠きの局部について、正確な応力やひずみの分布の結果を得るために、細かくメッシュを設け、最小メッシュサイズを 0.25mm とした。パラメータは試験体寸法、対象鋼材、切欠き半径の 3 つを設定した。対象鋼材は SM490, SM490B, SS400 とし、切欠き半径は、0.5mm, 1.0mm, 2.0mm, 20mm とし、合計 12 タイプを検討した。いずれの試験体モデルも最小断面の直径は 7mm である。いくつかの切欠き半径を用いることで、拘束度の度合いをパラメータ化した。

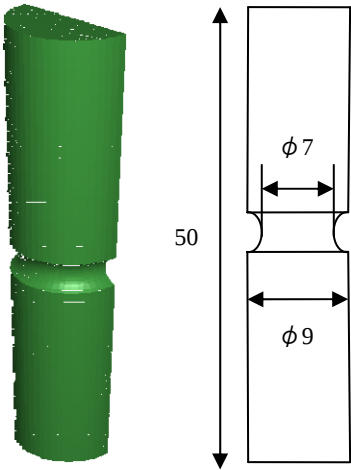


図 2. 試験体モデルと試験体寸法

4. 引張破壊試験

引張破壊試験では、FEM 解析では表現できない破壊面の様子や破壊荷重を実験により検討した。また、実験結果からの破壊荷重（表1）を用いて、FEM 解析を行うことにより、破壊発生規準における破壊点を特定した。

表 1 最大引張荷重 単位:kN

使用鋼材	切欠き半径			
	0.5mm	1.0mm	2.0mm	20mm
SS400	30.9	30.3	29.4	24.8
SM490A	28.1	27.4	26.6	22.0
SM490B	24.0	23.2	22.5	19.1

キーワード 応力三軸度, 破壊規準, 材料特性, 拘束度

連絡先 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 構造研究室 TEL 045-339-4041

5. FEM 解析・引張破壊試験結果

図3から図5に各鋼種における応力三軸度をベースとした破壊発生規準の結果を示す。2本の黒の実線の範囲内が Failure bands である。×印が破壊点である。なお、応力三軸度は最大主応力を von Mises 応力で除したものである。Failure bands 進入時における応力三軸度の値(表2)は切欠き半径ごとにある範囲で進入している。対象鋼材の違いによる影響はあまり見られない。また、各鋼種とも切欠き半径が 1.0mm, 2.0mm, 20mm の試験体は Failure bands 内で破壊している。しかし、切欠き半径がもっとも小さな 0.5mm の試験体は Failure bands の外で破壊した。

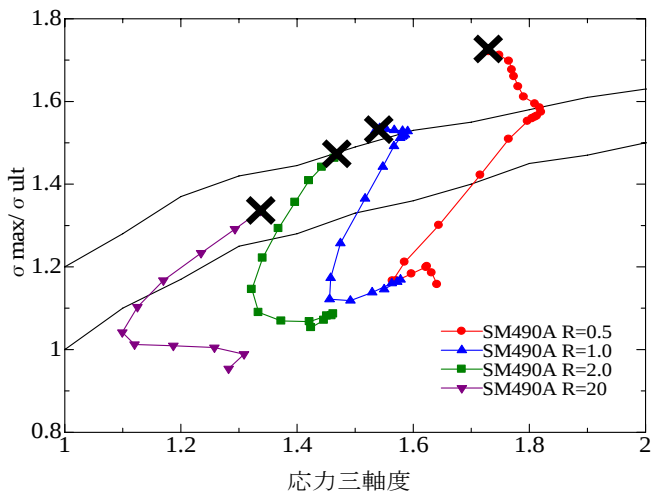


図 3. SM490A

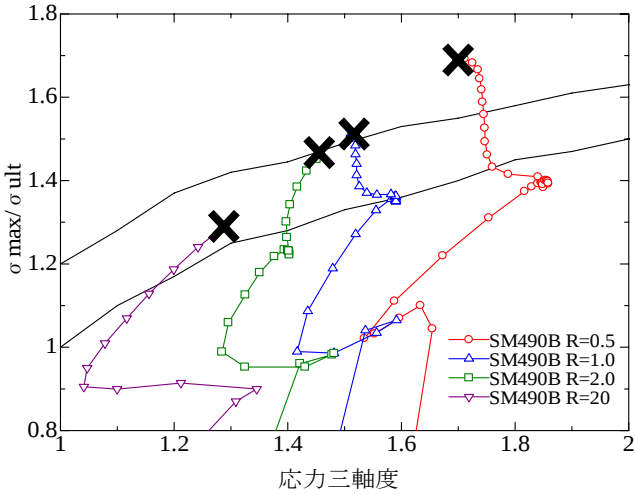


図 4. SM490B

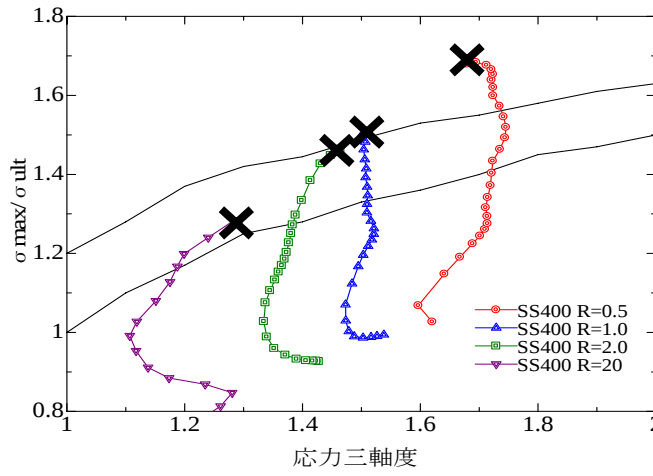


図 5. SS400

表 2. Failure bands 進入時の応力三軸度の値

切欠き半径	応力三軸度
0.5mm	1.65～1.75
1.0mm	1.50～1.60
2.0mm	1.30～1.40
20mm	1.20～1.30

6. まとめ

本研究は、応力三軸度をベースとした鋼材の破壊発生規準の適用性と材料特性の影響について検討した。その結果、Failure bands 進入してくる際は、拘束度の影響が大きく、材料特性の影響は小さいと言える。また、破壊時には、拘束度の低い鋼材は Failure bands 内で破壊したが、拘束度の高い鋼材については Failure bands の外で破壊していることから、あらゆる鋼材の破壊に応力三軸度をベースとした破壊発生規準を適用することは難しいと言える。

参考文献

- ・ B.W.Schafer,R.P.Ojdrovic ,M.S.Zarghamee:Triaxiality and Fracture of steel moment connections:Journal of Structural Engineering,pp1131-1139,October,2000.
- ・ 三木 千壽, 佐々木 栄一, 休場 裕子, 竹之井 勇:引張および圧縮の塑性歪み履歴による鋼材の破壊靱性劣化, 土木学会論文集,No.640/ I -50, pp165-175, 2000.1.