

円周切欠き付ボルトのせん断延性破壊挙動の検討（その１）実験

高田機工（株） ○（正会員）尾寄 健人 （正会員）永木 勇人
大前 暢 （正会員）佐合 大
大阪大学大学院 森 浩基 庄司 博人 大畑 充

1. 緒 言

一般に橋梁が地震動を受けた際、橋脚と橋桁間の支承には大きな水平力が作用する。強地震動による橋梁の倒壊を防ぐために、想定外の外力が作用した場合に上部構造（橋桁）と下部構造（橋脚）を分離させて水平力を低減させるためのロックオフ機能付すべり支承の採用が提案されている¹⁾。ロックオフ機能付すべり支承とは、上部構造と支承の間を締結する円周切欠き付ボルトを採用することで、レベル1地震動では破断することなく、レベル2地震動で確実にせん断破断するように制御される必要がある^{2,3)}。次報では、弾塑性 FEM 解析により試験片の応力・ひずみ状態を解析することで、円周切欠き付ボルトのせん断破断挙動の考察を行った⁴⁾。

そこで本研究では、円周切欠き付ボルトとして内孔を有する中空断面ボルトを対象とし、せん断延性破壊挙動の基礎的検討を行うこととした。ボルトは、外径を一定として切欠き底断面が一定となるように円周切欠き深さと内孔径を変化させた4種類を用いて、円周切欠き付ボルトのせん断延性破壊挙動の考察を行った。

2. 円周切欠き付ボルトのせん断破壊試験条件

表 1 SNR400B 機械的性質

2.1 供試体

供試材料には建築圧延用棒鋼の SNR400B を用いた。機械的性質を表 1 に示す。供試体の形状は直径 24 mm のボルトの円周に切欠きを、中心軸に内孔を加工したボルトである（図 1）。切欠き深さと内孔直径の比率を変化させたボルトを Type A から D までの 4 種類用意した。切欠き部の空隙率および断面積を表 2 に示す。

	σ_Y (MPa)	σ_T (MPa)	ε_T (%)	YR
SNR400B	296	455	15.8	0.65
σ_Y : Lower yield stress, σ_T : Tensile strength				
ε_T : Uniform elongation, YR : Yield-to-tensile ratio ($=\sigma_Y/\sigma_T$)				

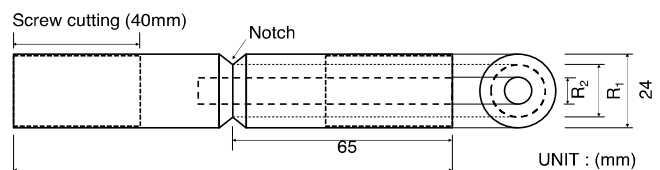


図 1 供試体円周切欠き付ボルト

表 2 供試体円周切欠き付ボルトの寸法

Type	ボルト外径 (mm)	R_2^2/R_1^2 (%)	断面積 (mm ²)
A	24	12.5	199
B		28.3	
C		43.6	
D		50.1	

2.2 せん断試験方法

供試体のせん断破壊試験は、万能試験機に図 2 の治具を取付け、上下方向から圧縮負荷をかけることで、中央部に挿入したボルトにせん断負荷をかける構造とした。また、ボルトは切欠き底断面と治具のせん断面が一致するように挿入し、ナットで固定した。ロードセルにて荷重を、変位は治具に取付けたダイヤルゲージを用いてデータロガーにて 1 Hz で測定した。

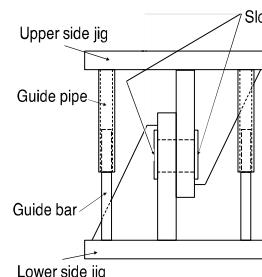
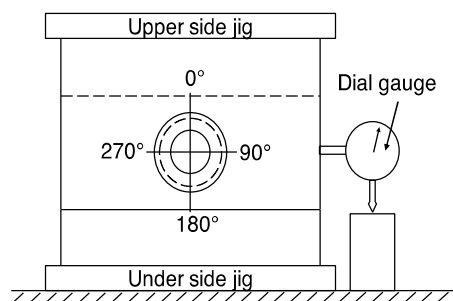


図 2 せん断試験治具（左：正面，右：側面）

キーワード レベル2地震動、支承可動化工法、耐震補強、ロックオフ機能付きすべり支承、制震設計
連絡先 〒649-0111 和歌山県海南市下津町方 1375-1 高田機工(株)技術研究所 TEL:073-492-4971

3. 結果および考察

図3に Type A のせん断破断後の破面の SEM 観察写真を示す。破面の大部分にわたって負荷方向に対して平行な伸長ディンプルが見られた。つまり、き裂は負荷方向に対して平行に進展しており、90°側から発生したき裂はあまり進展しないことが示唆された。以上のことから、0°側と180°側から発生したき裂が負荷方向に進展し、中央近傍で連結して破断にいたると示唆された。

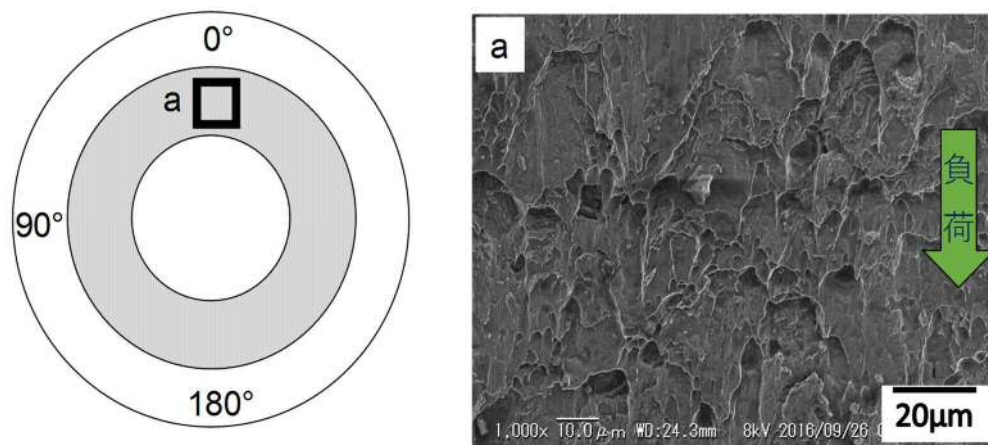


図3 切欠き底の破面観察写真(1000倍)(Type A)

図4に各種円周切欠き付ボルトのせん断試験結果より得た荷重-変位関係を示す。全タイプの試験片で同程度の最大荷重を示したあと、破断した。せん断破断強度は切欠き部の断面積に依存することがわかった。

内孔直径の大きい試験体は最大荷重に至るまでの変形能が大きい傾向が見られた。内孔を設けることで変形能を大きくすることができ、ボルト外径に対して内孔直径が大きいほど変形能が大きくなる。

また、弾性域内では内孔直径に関わらず同様な変形を示したことより、弾性域内における変形性能は形状よりも材料特性に依存すると考えられる。

せん断破断後の破断写真を図5に示す。Type A から C は平滑な破面を示した。Type D は破面に返りが見られた。これは、ボルトが大きく変形することで治具の一部がボルトに接触したことが1つの原因であると考えられる。

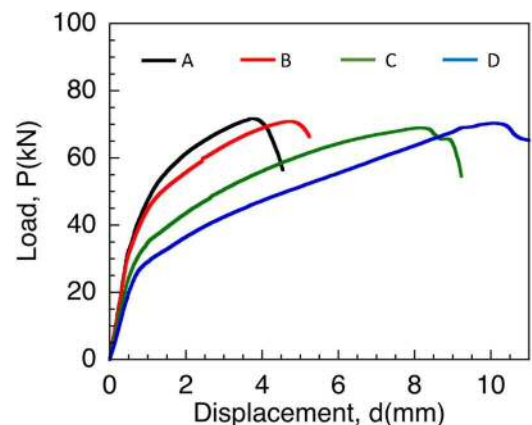


図4 荷重-変位曲線 (Type A, B, C, D)

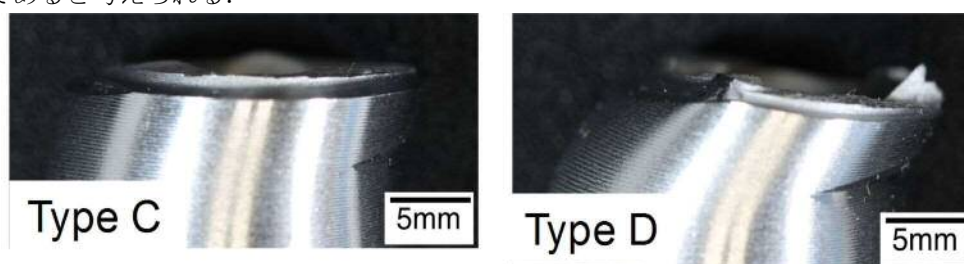


図5 破断(側面)写真 (Type C, D)

4. まとめ

円周切欠き付ボルトのせん断延性破壊挙動の観察を行った。(1) 破面は伸長形ディンプルを示した。(2) せん断破断耐力は切欠き部の断面積に依存する。(3) 変形性能は内孔の直径に依存する。今後、SNR400B 以外の材料を用いたせん断試験およびせん断疲労試験による疲労耐久性能の確認を検討する。

5. 参考文献

- 1) 佐合ほか：既設支承をロックオフ機能付すべり支承に改造した耐震補強工事第 67 回土木学会年次学術講演会，2012
- 2) 森ほか：円周切欠き付ボルトのせん断延性破壊挙動の解明，溶接構造シンポジウム 2017 講演論文集，2017
- 3) 大畑ほか：損傷挙動観察に基づく延性き裂発生・進展特性を支配する鋼材機械的特性の解明，鉄と鋼，2008
- 4) 永木ほか：円周切欠き付ボルトのせん断延性破壊挙動の検討(その2)有限要素法解析，2018