

スリット加工を施した鋼製ピンのせん断破断実験

大成建設(株)(研究当時, 大阪市立大学大学院)正会員 ○金田貴洋 大阪市立大学大学院正会員 松村政秀
 ニュージック(株)道路グループ 正会員 中西泰之 大阪市立大学大学院正会員 山口隆司

1. 研究背景および目的

強地震時における構造物の損傷を低減あるいは防止することを目的として, ノックオフ構造等の活用事例が見られる¹⁾. 具体的には, 支承条件を, 常時やレベル1地震時には固定, それを上回る水平力が作用する場合には可動化を図る方法であり, そのためトリガーとしてノックオフ部材を用いる.

これまでに, 根元にスリット加工を施し断面縮小部を設けてこの断面のせん断破断を期待する柱型のノックオフ部材, 両端固定部に断面縮小部を設ける梁型²⁾, 軸部に断面縮小部を設けるボルト型³⁾などが検討されている.

本研究では, 水平荷重の作用方向によらず安定した破断特性を示すこと, 破断荷重を断面縮小部の断面積により設定可能な円柱状のノックオフ部材として, スリット加工を施した鋼製ピンに着目する. ただし, スリットの加工形状やせん断力の作用速度が破断特性に及ぼす影響は明らかになっていないため, 本研究では, 鋼製ノックオフ部材のせん断破断実験よりその破断特性を明確にしている.

2. ノックオフ部材のせん断破断実験

2.1 ノックオフ部材の設計

文献3)によると, M12・F10Tの軸部に断面縮小部を設けてせん断力を作用させる場合, 断面縮小部の断面積をねじ部有効断面積の80~120%(直径8.2~12mm), スリット高さをボルト径の10%程度(0.6~0.8mm)のとき, 破断荷重 P_u'' を式(1)および式(2)⁴⁾により算定できることが示されている.

$$P_u'' = \tau_u \cdot A \tag{1}$$

$$\tau_u = (0.747 - 1.22 \times 10^{-4} \times \sigma_u) \times \sigma_u \tag{2}$$

ここに, A : 断面縮小部の断面積(mm²), σ_u : 鋼材の引張強さ(N/mm²), τ_u : 終局せん断強さ(N/mm²)

そこで, まず, 試験体の製作に用いる鋼材の引張試験を実施した(表-1).

せん断破断実験には, 図-1に示すように, 直径16mmの鋼製ピンの中央にスリット加工を施した試

表-1 材料試験結果

項目 試験体	d (mm)	A (mm ²)	E (N/mm ²)	降伏点 σ_y (N/mm ²)	引張強さ σ_u (N/mm ²)
A	10.07	79.6	2.07×10^5	712.6	745.9
B	10.05	79.3	2.07×10^5	701.9	744.2
C	12.05	114.0	2.02×10^5	703.8	738.3

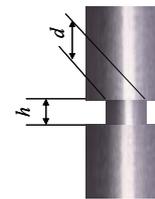


図-1 荷重条件および供試体形状

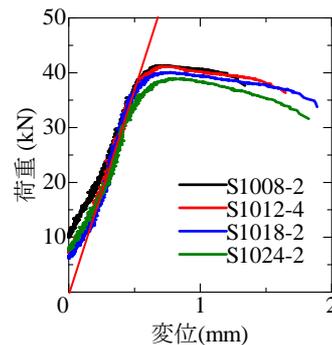


図-2 荷重変位関係 ($d = 10.4$)

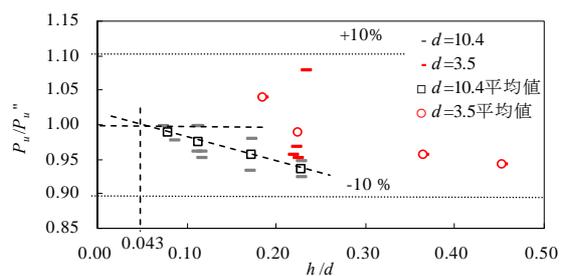


図-3 P_u/P_u'' と h/d の関係

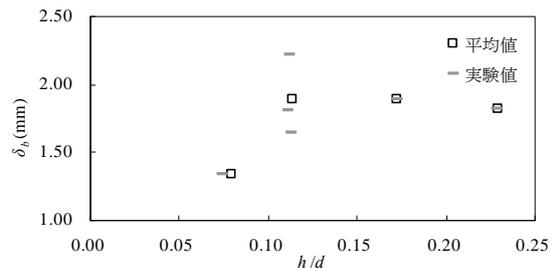
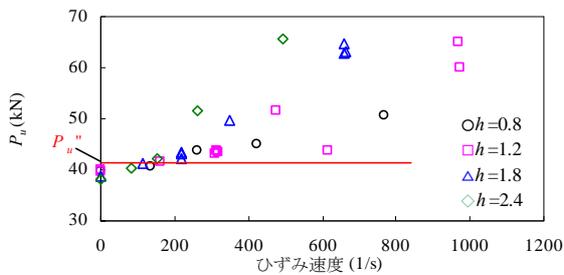


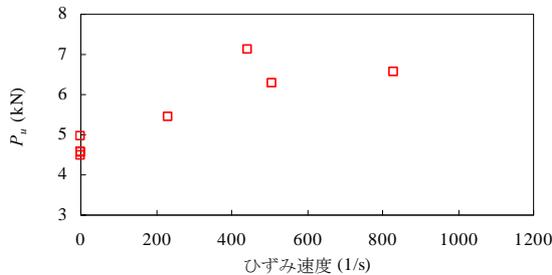
図-4 δ_b と h/d の関係 ($d=10.4$ mm)

キーワード ノックオフ部材, 鋼製ピン, せん断破断実験, 破断荷重, 荷重速度

連絡先 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL 06-6605-2765



(a) $d=10.4$ mm



(b) $d=3.5$ mm

図-5 ひずみ速度が破断荷重に及ぼす影響

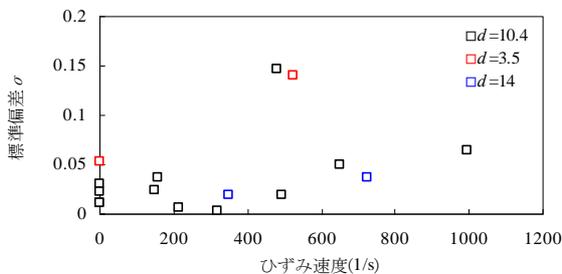


図-6 ひずみ速度による破断荷重のばらつき

試験体を用いる。スリット径 d を 14, 10.4, 3.5mm, スリット高さ h を 0.8, 1.2, 1.8, 2.4mm, 荷重速度を 0~1.2m/s に設定する。ばらつきを確認するため、各荷重ケースの試験実施数は 1~4 回である。

2.3 実験結果

2.2.1 静的実験

図-2 にせん断荷重と荷重開始時の遊び分の変位量をオフセットした変位の関係を、 $d=10.4$ mm を例に示す。最大荷重後に荷重が低下し破断するが、スリット部に割れが生じるため最大荷重後の抵抗は期待できないことから、最大荷重を破断荷重としている。図-3 に破断荷重 P_u を設計荷重 P_u'' で除した破断荷重制御率 P_u/P_u'' とスリット形状比 h/d の関係を示す。実験範囲 ($h/d < 0.45$) では、同じスリット形状間で比較すると破断荷重のばらつきは小さく、スリット高さ h を 0.8~2.4 mm の範囲で大きくすると破断荷重は若干低下するが、 P_u は設計荷重 P_u'' の $\pm 8\%$ 以内であった。なお、破断荷重制御率が 1 となるスリット形状比 h/d は 0.043 であった。

図-4 に示す破断時の変位 δ_b と h/d の関係から、 δ_b は必ずしも h/d に比例せず、 δ_b は最大でも約 $d/5$ であることが確認できる。

2.2.2 動の実験

図-5 に示す $d=10.4$ mm および 3.5 mm の破断荷重 P_u と 1 秒あたりのせん断ひずみの増加であるひずみ速度の関係から、ひずみ速度が増すつれ P_u は上昇し、実験を実施した範囲では静的破断実験の結果から最大で約 1.5 倍上昇した。図-6 に示す破断荷重 P_u の標準偏差とひずみ速度の関係から、一部例外が認められるものの、せん断力の作用速度による破断荷重の変動は小さいことが確認できる。

以上から、式(1)および式(2)によりスリット加工を施した鋼製ピンのせん断破断荷重を算定できる。ただし、せん断力の作用速度(ひずみ速度)により破断荷重が上昇することに注意を要する。

3. 結論

本研究では、スリット加工を施した鋼製ピンのせん断破断実験を実施した。得られた主な結論はつぎのとおりである。

- 1) 同じスリット形状間では破断荷重のばらつきは小さく、スリット高さ h が大きいと破断荷重 P_u は若干低下するが、 h と破断時の変位は必ずしも比例しない。
- 2) せん断力の作用速度が増すと P_u は上昇するが、作用速度による破断荷重の変動は小さい。
- 3) 式(1)および式(2)により、せん断力を受けるスリット加工を施した鋼製ピンの破断荷重を算定できる。ただし、せん断力の作用速度(ひずみ速度)により破断荷重が上昇することに注意を要する。

参考文献

- 1)本荘清司, 横山和昭, 前原直樹, 田崎賢治, 姫野岳彦: ノックオフ機能付き支承構造を用いた既設橋梁の耐震補強対策, 構造工学論文集, Vol.55A, 土木学会, pp.506-514, 2009.3
- 2)杉岡弘一, 間嶋信博, 松下裕明, 姫野岳彦, 松村政秀: スリット型ノックオフ支承を用いた既設アーチ橋の耐震補強, 構造工学論文集, Vol.57A, 土木学会, pp.467-478, 2011.3
- 3)松村政秀, 石原和之, 北田俊行, 山口隆司: 伸縮継手の衝突と取付け高力ボルトのノックオフ化が高架橋の地震時応答の及ぼす影響に関する一検討, 鋼構造年次論文報告集, 日本鋼構造協会, 第18巻, pp.419-424, 2010.11
- 4)橋本篤秀, 山田丈富: 高力ボルトの終局せん断強度, 日本建築学会構造系論文報告集, 1968.10