

超高速衝撃引張荷重を受ける高力ボルト摩擦接合の限界状態

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○吉田 基次
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 亀井 義典
 大阪大学接合科学研究所 正会員 崎野良比呂

1. はじめに

地震の規模は計測震度や最大加速度で表現されることが多い。前者は地震規模と体感や被害との関係を数値的に表現しようと試みたもので、気象庁が指標として用いている。後者は、加速度と質量の積が力となることから、静的な釣合い関係に着目する立場から地震力の指標となる。しかし、構造物の被害については、最大加速度よりもむしろ最大速度と良い相関があることが従来から言われており、最大速度 100cm/s 以上が大被害地震の目安との報告もある。実際、兵庫県南部地震では 169.1cm/s、新潟県中越地震では 148.3cm/s の最大速度が記録されているが、この領域の載荷速度は従来の構造実験では再現することは困難とされていた。

本報告では、最大速度 120cm/s の超高速衝撃載荷システムを用い、高力ボルト摩擦接合継手を対象とした超高速引張試験を行った。そして、実験結果から載荷速度が継手部の挙動やすべり耐力などの各種限界状態に及ぼす影響を考察する。

2. 実験概要

供試体は、片側 1 行 2 列の 2 面せん断継手とする。設計強度によるすべり強度・母材降伏強度比 (β 値) を 0.7~1.2, 連結板・母材降伏強度比 (γ 値) を 1.1~1.2 に設定し、載荷速度を 0.001cm/s (静的), 10cm/s (高速), 120cm/s (超高速) とした。 β 値を type A : 0.7, type B : 0.8, type C : 1.1, type D : 1.2, 載荷速度を case1 : 0.001cm/s, case2 : 10cm/s, case3 : 120cm/s とし、 β 値および載荷速度により、実験供試体を A-1 のよ

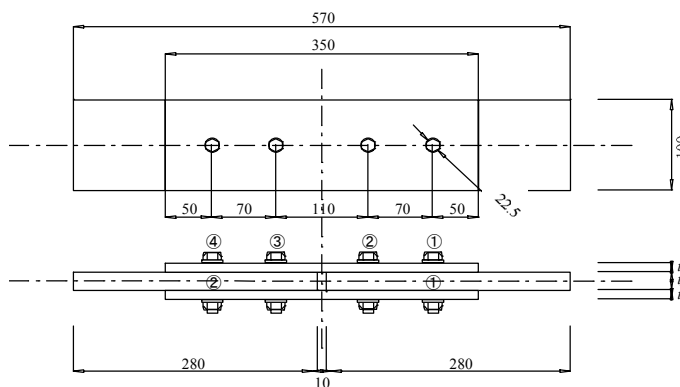


図-1 継手供試体試験パネル

うに表記する。なお、本試験は各試験体について各々 3 体ずつの計 36 体行った。図-1 に継手供試体試験パネルを示す。継手供試体の高力ボルトは F10T, M20, 母材および連結板の鋼種は SS400 材を使用する。また、板幅は 100mm, 母材, 連結板の板厚は各々 typeA:22mm, 12mm, typeB:20mm, 11mm, typeC:14mm, 8mm, typeD:13mm, 7mm とする。なお、ボルト孔およびすべり面の処理については道路橋示方書に準拠するものとする。ボルト初期導入軸力は標準軸力 181.5kN を導入した。継手の引張試験には、超高速衝撃構造性能評価システム (最高載荷速度 120cm/s, 最大荷重 2000kN) を用いて行い、供試体のすべり発生、鋼板の降伏後も継手システム全体の耐力力の低下または母材, 連結板, 高力ボルトのいずれかが破断するまで載荷する。

3. 実験結果および考察

表-1 に各々の type および case におけるすべり耐力およびすべり係数を、図-2 には載荷速度—すべり耐力を示す。図の横軸は載荷速度の対数をとったものを、縦軸はすべり耐力を表している。また、すべり係数は初期導入ボルト軸力を用いて評価するものとする。静的載荷に対して超高速載荷では、すべり耐力は type A で 20%, type C および type D で 10%程度減少する。なお、type A, type C, および type D におけるすべり耐力の低下については、載荷速度の上昇により母材・連結板間の有効摩擦面積の変化が関与するものと考えられる。

図-3 には載荷速度—降伏耐力関係を、図-4 には載荷速度—最大荷重関係を示す。図の横軸には載荷速度の対数を表記し、縦軸は図-3 で降伏耐力を、図-4 は最大荷重を表している。降伏耐力に関しては母材および連

キーワード 高力ボルト, 摩擦接合, 超高速引張試験, すべり係数

連絡先 〒560-0004 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院社会基盤工学部門 TEL 06-6877-5111

表-1 すべり耐力・すべり係数

供試体	荷重速度 (cm/s)	すべり耐力 (kN)	すべり係数
type A	A-1-1	430.59	0.593
	A-1-2	435.71	0.600
	A-1-3	450.88	0.621
	A-2-1	419.10	0.577
	A-2-2		
	A-2-3		
	A-3-1	361.39	0.498
	A-3-2	340.25	0.469
	A-3-3		
type B	B-1-1	438.13	0.603
	B-1-2	437.50	0.603
	B-1-3	393.24	0.542
	B-2-1		
	B-2-2		
	B-2-3	407.82	0.562
	B-3-1	410.87	0.566
	B-3-2	424.71	0.585
	B-3-3		
type C	C-1-1	351.57	0.484
	C-1-2	369.24	0.509
	C-1-3	365.48	0.503
	C-2-1	326.86	0.450
	C-2-2	332.77	0.458
	C-2-3	333.09	0.459
	C-3-1	310.10	0.427
	C-3-2	315.68	0.435
	C-3-3	316.67	0.436
type D	D-1-1	351.06	0.484
	D-1-2	348.19	0.480
	D-1-3	345.22	0.476
	D-2-1	308.22	0.425
	D-2-2	314.41	0.433
	D-2-3	304.81	0.420
	D-3-1	298.62	0.411
	D-3-2	304.19	0.419
	D-3-3	312.24	0.430

結板純断面におけるひずみゲージから 0.2% 耐力を用いて評価するものとする。静的荷重に対して超高速荷重では、降伏耐力は type A および type B で 45%, type C で 30%, type D で 25% 程度増加し、最大荷重は Type A では 5%, Type B では 10%, Type C および Type D では 15% 程度増加する。

図-5 には荷重速度－破断時の変位関係を示す。それぞれの図の横軸は荷重速度の対数をとったものを、縦軸は破断時の変位を表している。静的荷重に対して超高速荷重では、破断時の変位は type A では 35%, type B では 25% 程度減少し、type C では 15%, type D では 20% 程度増加した。破断時の変位は、ボルト破断したすべり先行型 (type A, type B) で減少し、母材破断した降伏先行型 (type C, type D) で増加する結果となった。材料的には速度効果により SM490B において、引張速度 120cm/s では静的荷重に比べて降伏点が 50% 程度、引張強さが 15~20% 程度上昇し、破断伸びは 10% 程度減少するという報告がなされている¹⁾。

図-6 に荷重速度－ P_{SL}/P_{Fyn} 関係を、図-7 に β 値－ P_{SL}/P_{Fyn} 関係を示す。図の横軸は図-6 では荷重速度の対数を表記したものを、図-7 は β 値を、縦軸はすべり耐力と母材純断面降伏荷重の比 (P_{SL}/P_{Fyn}) を表している。図-6 より、静的荷重では P_{SL}/P_{Fyn} は設定した β 値と同程度の値になっているが、超高速荷重では P_{SL}/P_{Fyn} は β 値に比べ 30~40% 程度低い値となる。また図-7 より、type C および type D において、静的荷重では P_{SL}/P_{Fyn} は 1 に近い値となり、線形限界に母材純断面降伏が関与するが、高速荷重および超高速荷重では P_{SL}/P_{Fyn} は 1 を下回り、高速荷重時にはすべりが先行する結果となった。

4. まとめ

高力ボルト摩擦接合継手の超高速引張試験を行った結果、本実験の範囲で以下の知見が得られた。

- ①すべり耐力は、荷重速度の上昇により type A, type C, および type D において低下した。
- ②降伏先行型 (type C, type D) において、線形限界は荷重速度の上昇により高速荷重および超高速荷重ではすべりが先行するものとなる。

【参考文献】1) 崎野良比呂：溶接接合部の超高速引張り時の破断挙動と変形能力に関する基礎的研究，平成 17 年度～平成 18 年度科学研究費補助金（基盤研究（C））研究成果報告書，2008

【謝辞】本研究は科学研究費補助金（一般研究（C））の補助を受けた。

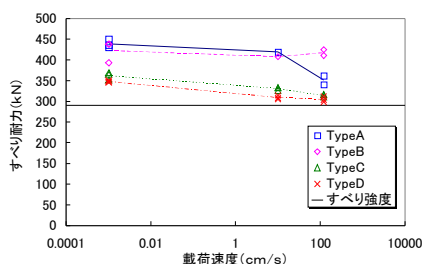


図-2 荷重速度－すべり耐力

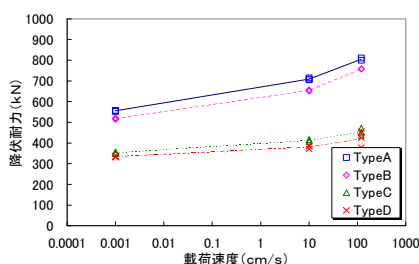


図-3 荷重速度－降伏耐力関係

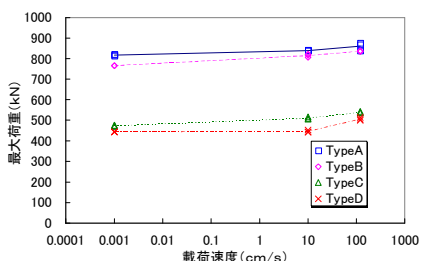


図-4 荷重速度－最大荷重関係

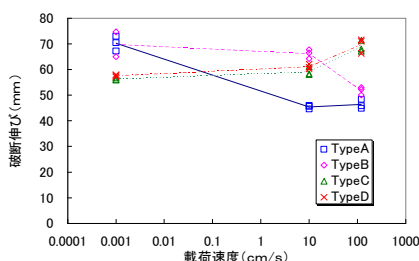
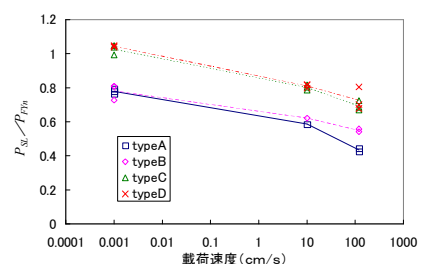
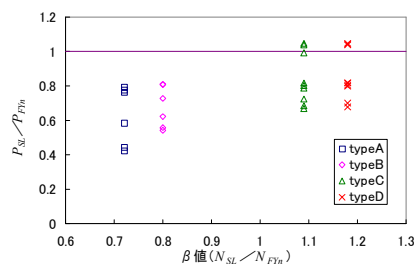


図-5 荷重速度－破断時の変位関係

図-6 荷重速度－ P_{SL}/P_{Fyn} 関係図-7 β 値－ P_{SL}/P_{Fyn} 関係