

加熱時間の違いによる自然冷却後の頭付きスタッドのずれ性状

大阪工業大学大学院 学生会員 ○野上雄暉
 日本建築総合試験所 正会員 高橋佑介
 大阪工業大学 正会員 今川雄亮
 大阪工業大学 正会員 大山 理

1. はじめに

近年、国内外を問わず、車両事故や塗装工事中の失火等に起因する火災により橋梁が大きな被害を受ける事例が増加している。そこで、土木学会より、「火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン¹⁾」が刊行されているが、火災後の橋梁全体に対する診断・評価方法は確立されておらず、合成桁橋に着目すると、火災後の頭付きスタッドのずれ性状や鋼桁とコンクリート床版との合成度を評価している知見は少ない。また、その際のコンクリートの強度特性やひび割れの発生率など未解明な部分が多い。今後、火災後の合成桁全体の評価指標構築に際し、火災後の頭付きスタッドのずれ性状を把握することが必要となる。そこで、本稿では、加熱試験後に自然冷却した後、静的押抜きせん断試験を行い、火災の程度の違い(加熱温度と時間の違い)が頭付きスタッドのずれ性状に及ぼす影響について報告する。

2. 加熱試験条件・試験体概要

本研究に用いた試験体は、「頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状²⁾」(以下、JSSC案と略記)に準拠して製作した。また、全試験体において、フランジとコンクリートとの接触面には剥離剤を塗布し、コンクリートは頭付きスタッドが正立の状態で行き込んでいる。本研究の着目点である加熱温度と時間は橋梁火災事例¹⁾を参考に、温度は常温(20℃)、340、510ならびに680℃(Eurocode³⁾:外部火災曲線の4種類、時間は30分および90分とした。ここで、表-1に試験条件および試験体名、写真-1に加熱試験方法を示す。例えば、同表の340-30aは、340℃、30分間加熱した3体中のうち1体目を示す。さらに、表-2および表-3に全試験体における頭付きスタッドとコンクリートの強度特性を示す。なお、コンクリートの設計基準強度は24N/mm²である。

3. 静的押抜きせん断試験概要・結果

载荷要領は、JSSC案に準拠して試験を行い、変位の測定は、頭付きスタッドが配置されている水平面の4箇所において変位計(CDP-25)を用いて行った(写真-2)。本試験より得られた試験条件毎の各測点での最大受熱温度、各試験体の最大せん断耐力、ずれ定数ならびに破壊形式を表-4に示す。また、加熱条件毎の荷重-相対ずれ関係を図-2および図-3に示す。各条件において温度計測のみを行う試験体を作成しており、上フランジ(F)、頭付きスタッドの幹部(S)ならびに頭付きスタッドの幹部から30mmと水平な位置においてコンクリート(C)の最大受熱温度を計測している。ここで、ずれ定数とは、荷重-相対ずれ関係において最大せん断耐力の1/3の荷重点における初期割線剛性である。合成桁の合成度を表す指標のひとつである。さらに、変化率とは、最大せん断耐力とずれ定数ともに、常温時に対する各加熱条件における平均値の割合を示している。

表-1 試験条件

試験体名	状態 (設定温度)	試験体数
20-00 a,b,c	常温 (加熱なし)	3
340-30 a,b,c	340℃ (30分)	3
510-30 a,b,c	510℃ (30分)	3
680-30 a,b,c	680℃ (30分)	3
340-90 a,b,c	340℃ (90分)	3
510-90 a,b,c	510℃ (90分)	3
680-90 a,b,c	680℃ (90分)	3
計		21

表-2 コンクリート (材齢: 274日)

	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
全試験体	34.7	2.14×10 ⁴

表-3 頭付きスタッド

	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)
規格値	235 以上	400~550	20 以上
ミルシート	350	454	31



写真-1 加熱試験方法とその状況



写真-2 試験体設置方法

キーワード：橋梁火災、合成桁橋、頭付きスタッド、押抜きせん断試験、ずれ定数

連絡先：〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮5丁目16番1号 TEL:(06)6954-3315

表-4 静的押抜きせん断試験の結果一覧

試験体名	最大受熱温度 (°C)		最大せん断耐力 (kN)	平均値 (kN)	変化率	ずれ定数 (kN/mm)	平均値 (kN/mm)	変化率	破壊形式
20-00	a	—	148.8	145.3	—	266.0	271.3	—	スタッド
	b		141.6			282.9			スタッド
	c		145.6			265.0			スタッド
340-30	a	F	116	148.6	144.7	1.00	257.5	0.96	スタッド
	b	S	106	139.9		263.8	スタッド		
	c	C	70	145.5		261.9	スタッド		
510-30	a	F	199	130.5	134.3	0.92	220.3	0.84	スタッド
	b	S	195	146.4		227.0	スタッド		
	c	C	136	126.1		238.0	スタッド		
680-30	a	F	320	126.8	134.5	0.93	134.6	0.49	コンクリート
	b	S	329	144.8		143.4	コンクリート		
	c	C	171	132.0		116.9	コンクリート		
340-90	a	F	201	144.8	150.2	1.03	196.2	0.76	スタッド
	b	S	190	141.0		199.4	スタッド		
	c	C	153	164.8		226.7	スタッド		
510-90	a	F	296	148.4	154.0	1.06	158.4	0.56	スタッド
	b	S	290	157.5		144.1	コンクリート		
	c	C	184	156.3		151.1	スタッド		
680-90	a	F	506	143.3	140.9	0.97	81.4	0.32	コンクリート
	b	S	506	139.6		87.9	コンクリート		
	c	C	307	139.8		91.4	コンクリート		

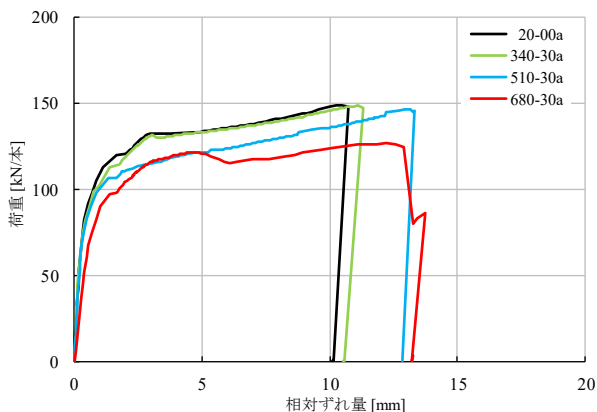


図-2 荷重—相対ずれ関係 (加熱時間 30 分)

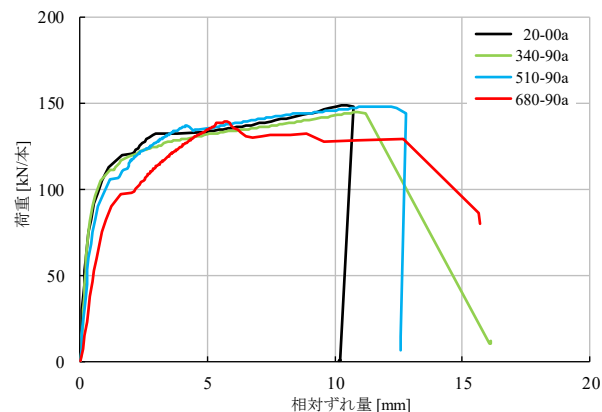


図-3 荷重—相対ずれ関係 (加熱時間 90 分)

同表より、最大せん断耐力は全体的に大きく変化しないものの、一部、加熱後において増加している試験体が見られた。これは、コンクリートの温度が 100~200°C 程度になると水和が促進され強度が高くなることが要因の 1 つとして考えられる⁴⁾。ずれ定数は、当然のことながら、常温時を最大値として、加熱温度が高く、その時間が長い程、著しく低下していることがわかる。その要因として、加熱による初期ひび割れが、押抜きせん断試験によりさらに進行したことが挙げられる。破壊形式は、常温、340-30、510-30、340-90 ならびに 510-90 の試験体のうち 2 体がスタッドのせん断、その他の試験体においては、コンクリートの支圧破壊であった。

図-2 および図-3 より、一例として、680-90a はその他と比較すると、相対ずれ量が少ないうちに最大荷重を迎え、徐々にコンクリートにはひび割れが発生し、その後、支圧破壊に至った。

4. まとめ

本研究は、橋梁火災における頭付きスタッドのずれ性状を解明するために加熱試験、そして、自然冷却後、静的押抜きせん断試験を行った。その結果として、最大せん断耐力は、加熱温度、時間の違いによる変化は小さく、ずれ定数は、加熱温度が 680°C で 90 分の加熱を受けると、常温時に対して 30% まで低下するという知見が得られた。

【謝辞】本研究を進めるにあたり、当時、大阪工業大学橋梁工学研究室に在学されました、坂本龍之介氏、城間貴大氏、吉見公希氏にご協力を頂き、深く感謝致します。

【参考文献】

- 1) 土木学会：火災を受けた鋼橋の診断補修ガイドライン, 2015.7.
- 2) 日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜きせん断試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状, 1996.11.
- 3) CEN: Eurocode1-Actions on structures Part1.2: General actions-Actions on structures exposed to fire, prEN1991-1-2, 2002.11.
- 4) (一社)日本建築学会：構造材料の耐久性ガイドブック, 2017.2.