

I-247

高温用合金鋼ボルト材を使用した高力ボルト摩擦接合部の耐熱実験

名古屋高速道路公社

正員 虫 賀 恭 一

正員 佐 藤 章 次

株式会社春本鐵工所

正員 ○ 二 宮 隆 史

1. まえがき

立地条件上建築物に近接して計画されることの多い都市高速道路においては、建物に火災が発生した場合、高架橋の供用に重大な影響を与えることが予想される。一般に鋼構造物の火災に対するクリティカル部材は高力ボルト摩擦接合部であることが判明している。即ち高温時における高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力の減少は、参考文献（1）（2）によると高力ボルト自体の高温リラクセーションによって決まり、また文献（3）によれば焼戻し温度を越える温度域で急激な低下を示すことが明かにされている。市道高速分岐3号洲原西（その1）工区上部工は、一般建築物の直上を跨ぐ鋼床版箱桁橋で、建築物火災時の各種検討の結果、焼戻し温度を高くした高温用合金鋼ボルト材を用いることにより、高温時における高力ボルト摩擦接合部のすべり耐力向上を図るものとした。高温用合金鋼ボルトの採用に際し、高温下での①ボルト材のリラクセーション試験、および②摩擦接合部すべり試験を実施してその有効性を確認したのでここに報告する。

2. 試験体

ボルト材のリラクセーション試験体の形状、寸法を図-1に示す。摩擦接合部すべり試験体は、図-2、3に示す加熱冷却後試験用（C-タイプ）および熱間試験用（H-タイプ）の2種類とした。使用鋼材は、母材SM50YBおよび添接板SM50YAである。実験に使用するボルトセットの明細を表-1に示す。

3. 実験装置

リラクセーション試験装置は、東京工業大学の円筒形電気炉を備えたインストロタイプ試験機（5 t o n）を、また、摩擦接合部試験装置は、同大学の150 t o nヴォールドウィン大型万能試験機および同試験機付属の大型電気炉を用いた。

4. 実験方法

①ボルト材高温リラクセーション試験

設定歪は、高力ボルトF10T M22の標準軸力（2.6 t o n = 74.6 k g / m m 2 ）より算出した3550 μ とし、試験時間は6時間とした。

②摩擦接合部すべり試験

・加熱冷却後試験（C-タイプ） 試験体は、試験体中央温度が、所定の温度に到達後、約1～2時間その温度にとどめ、以後、炉外に取り出して空冷した。全試験体の加熱処理終了後、常温ですべり試験を行ない、荷重～すべり曲線を求めた。

・熱間試験（H-タイプ） 試験体中央温度が、所定の温度に到達後、約1～2時間その温度にとどめた後、すべり試験を行ない、荷重～すべり曲線を求めた。

5. 実験結果

・高温リラクセーション試験 各温度毎のリラクセーション曲線を、図-4に示す。

・摩擦接合部すべり試験 加熱冷却後試験体（C-タイプ）の荷重～すべり曲線では、比較的滑らかなすべりを生じた後、支圧状態に入っている。一方、熱間試験体（H-タイプ）においては、断続的な鋸歯状のすべりを生じ、支圧状態に入っている。試験体の大部分のものがすべり音を発してすべりを生じ、特に熱間試験においては、断続的なすべり音を発しながらすべりを生じた。加熱温度400℃の荷重～すべり曲線を、図-5、6に示す。すべり係数〔=すべり荷重/（導入軸力×2ボルト×2面）〕と温度の関係を図-7に示す。

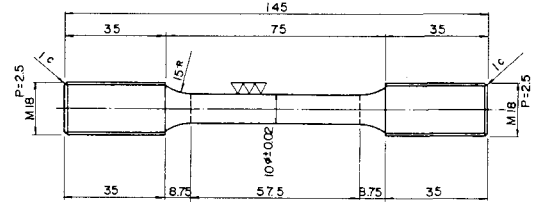


図-1 リラクセーション試験体

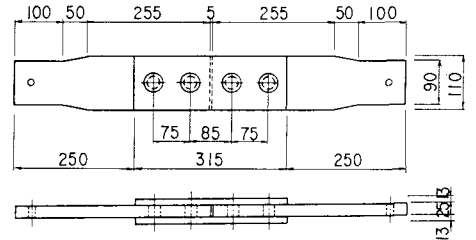


図-2 摩擦接合部すべり試験体（C-タイプ）

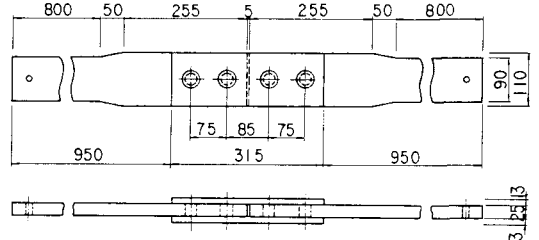


図-3 摩擦接合部すべり試験体（H-タイプ）

	材 質	等 級	呼 び	熱 処 理 条 件	
				焼 入	焼 戻
ボルト	SNB7	S10T	M22	840℃ 油冷	580℃ 空冷
ナット	S40C	F10	M22	鍛造焼入水冷	580℃ 空冷
座 金	S45C	F35	M22	860℃ 油冷	400℃ 空冷
"	SUP6	F35	M22	840℃ 油冷	510℃ 空冷

表-1 供試体ボルトセット

6. 考察

1) 高温熱履歴を受けたボルト自体の機械的性質は、600℃を越えない温度範囲ではあまり影響がない。ナットの硬度は、500℃加熱までは熱による影響をほとんど受けないが、600℃加熱では約10%低下している。座金の硬度は、S45Cの場合400℃加熱までは熱による影響がないが、500℃で約10%低下している。SUP6の場合、500℃まで影響がなく、600℃加熱では約15%低下している。これらの結果は、ボルトセットの熱処理温度に起因するものと考えられる。

2) 高温リラクセーション試験

経過時間6時間の段階で、初期応力に対する残留応力比を比較すると、300℃で10%、350℃で12%、400℃で23%、425℃で32%、450℃で45%、500℃で70%、550℃で84%、600℃で92%低下しており、試験温度が400℃を越えると温度の影響は非常に大きい。しかし、当ボルト材のリラクセーション量は、通常使用されるボルト材の試験結果と比較すると、かなり少なく、およそ50℃分少ない。

3) 加熱冷却後すべり試験（C-タイプ）の平均すべり荷重は、400～425℃で25～27%低下しており、その後温度の上昇にともない急激に減少する。熱間試験（H-タイプ）の平均すべり荷重は、加熱後のものと同様の傾向を示しているが、熱間のすべり荷重の方がやや大きな値となっている。鋸歯状のすべり挙動などから判断すれば、熱間においては、摩擦面が冷却後のものとはかなり異なり、すべりにくい状態に変化している可能性が考えられる。

4) 座金にS45CとSUP6を用いた試験体のすべり係数を比較すると、両試験体ともにすべり係数がほぼ一致していることから、座金の影響はないと考えられる。

7. あとがき

焼戻し温度を高めた高温用合金鋼ボルト材（SNB7）を使用した高力ボルト摩擦接合部の耐熱実験を行ない、道路橋示方書に規定されるすべり耐力を満たす許容温度は、通常の高力ボルトの約350℃に対して420℃前後であることを確認した。

最後に本実験の実施にあたり、精力的な御指導、御協力をいただいた東京工業大学工業材料研究所古村教授ならびに安部助教授に心から感謝の意を表するとともに、日鐵ボルト（株）の御支援に御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 田中、小久保、古村「高温加熱を受けた高力ボルト摩擦接合部の形状について」建築学会論文第252号（S52.2）
- (2) 田中、小久保、古村「高力ボルト摩擦接合部の高温加力試験」建築学会論文第286号（S54.12）
- (3) 巽「熱影響を受けた高力ボルトの締結軸力に関する研究」学位論文第286号（S56.12）
- (4) 佐藤、虫賀、三宅、鈴木「摩擦面にジンクリッチベイント塗装した高力ボルト継手の高温すべり耐力」土木学会第40回年次学術講演会概要集（S60.10）

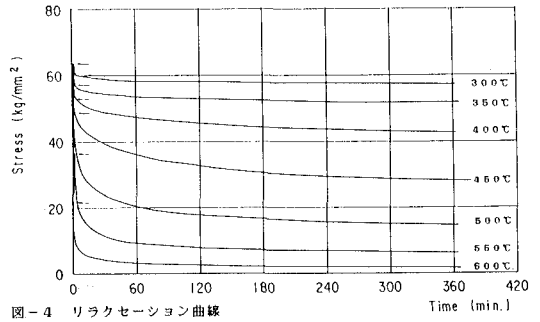


図-4 リラクセーション曲線

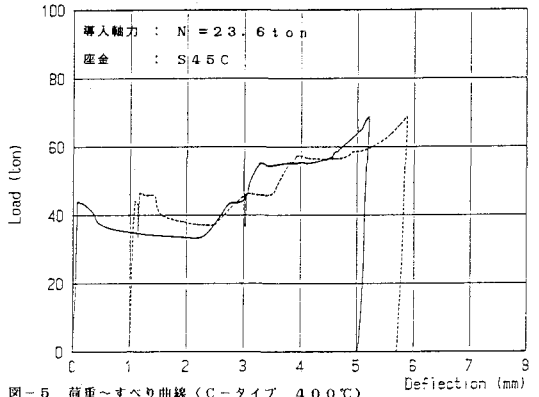


図-5 荷重～すべり曲線（C-タイプ 400℃）

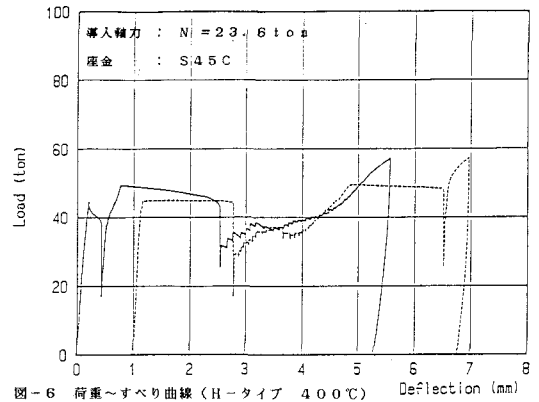


図-6 荷重～すべり曲線（H-タイプ 400℃）

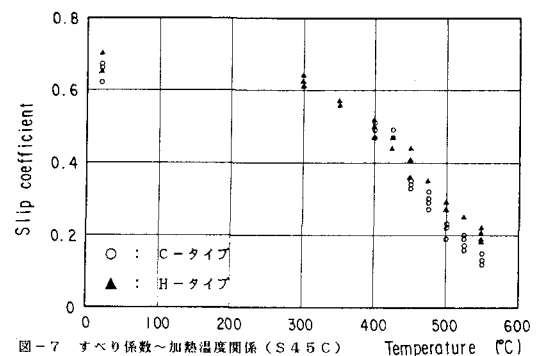


図-7 すべり係数～加熱温度関係（S45C）