

火災加熱を受けた高強度鋼材の変形性状に関する基礎的実験

名城大学 学生会員 ○鈴木 元哉
名城大学 川澄 亮太

名城大学 鈴木 健太
名城大学 フェロー 葛 漢彬
華南理工大学 康 瀾

1. 緒言

鋼構造物の火災時における受託温度が鋼材に与える影響に関する研究がこれまでに数多く行われている。土木構造物において火災事例自体は決して多くはないが、例えば 2008 年に発生した首都高タンクローリー火災¹⁾のような大規模火災の場合、加熱により橋梁部材の座屈等が誘発し、その耐震性に及ぼす影響は甚大であったことが報告されている。このため、火災加熱を受けた鋼材の機械的性質を把握することは重要である。

一方、近年橋梁鋼材の高性能化に伴い、高強度鋼材の使用により構造の合理化等が増加しつつある中、高強度鋼材に対して火災加熱を受託した際の研究事例はあまり多くない。本共同研究では、近年中国で新たに研究開発された低合金高強度鋼 Q690、およびその比較として Q460 (JIS 規格 SM570 に相当) に対して、鋼材が火災加熱を受けた際の変形性状に関する基礎的実験を行っている。

2. 実験概要

まず、本研究における加熱概要を示す。一般構造用鋼材では加熱温度が 700℃ 近傍で変態が起きるため、図-1 に示す材料試験片に対して、室温 (約 20℃) から 500℃ までは 100℃ 刻み、500℃ から 900℃ までは 50℃ 刻みで試験片を加熱し、1つの鋼種に対して同温ごとに 2 本ずつの計 56 本を用意した。加熱には写真-1 に示すような電気炉を使用した。また、加熱時間は図-2 より約 2 時間、冷却時間は空冷で約 4 時間とした。

次に、加熱後の各試験片に対し、MTS 試験機を用いて単調引張試験を行う。試験片の変位は標点間距離 200mm の伸びをオーム型変位計により計測する。引張試験の結果より、鋼材の受託温度が変形性状 (ヤング率、ポアソン比、降伏点、引張強度および伸び率) に対してどのように影響を与えるか調べる。

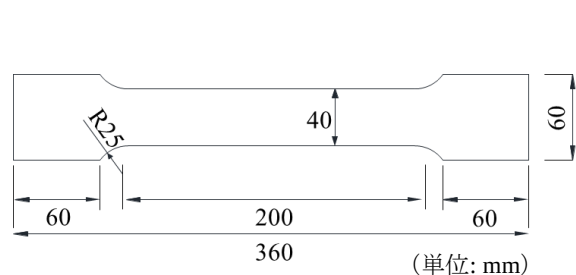


図-1 引張試験片



写真-1 電気炉

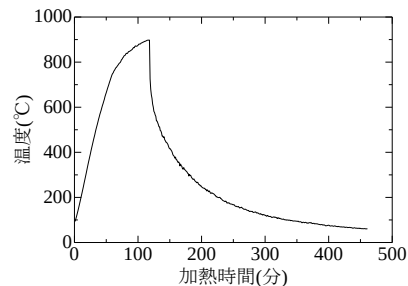
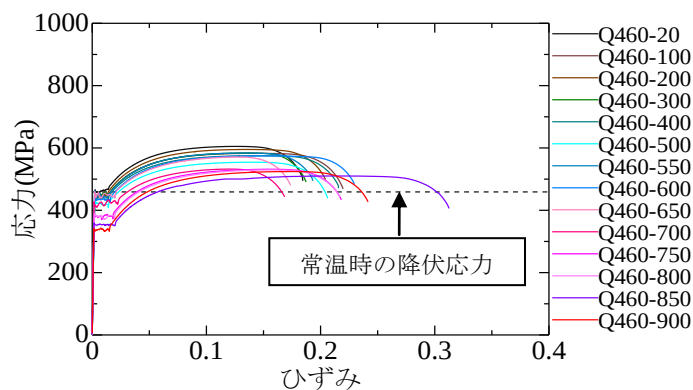
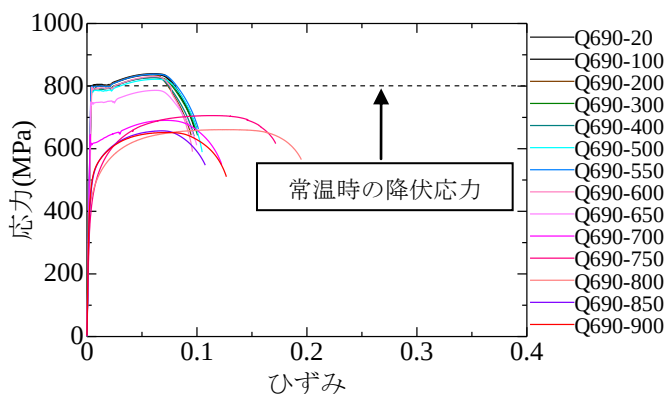


図-2 加熱冷却時間



(a) Q460



(b) Q690

図-3 応力-ひずみ曲線

表-1 常温と変態点近傍における実験結果の比較

試験片	ヤング率 (GPa)	ポアソン比	降伏応力 (MPa)	引張強度 (MPa)	伸び率 (%)
Q460-20	212.8	0.27	458.9	605.0	18.4
Q460-600	209.7	0.26	435.1	574.7	22.9
Q690-20	216.7	0.29	800.9	839.7	9.9
Q690-700	206.2	0.28	626.7	690.6	12.2

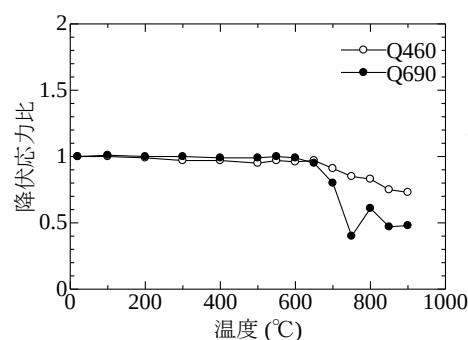


図-4 降伏応力比-温度関係

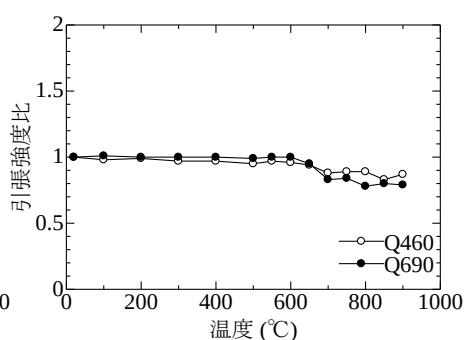


図-5 引張強度比-温度関係

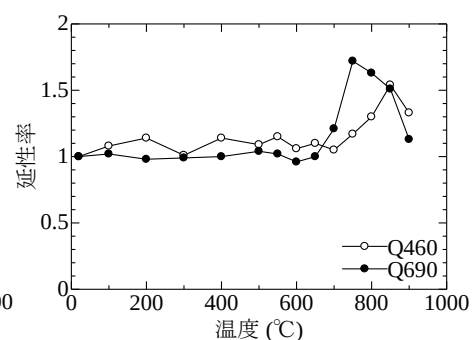


図-6 延性率-温度関係

3. 実験結果

図-3(a), (b)にそれぞれ Q460 と Q690 における応力-ひずみ曲線を示す. 同図より, 鋼材の受託温度が高温になるにつれ応力が低下する傾向が見られ, 特に Q690 については 600°C 近傍から降伏棚の減少が発生し, 800°C を越えると降伏棚が完全に消失した. このため, 降伏棚が明確に表れなかった試験片に対しては, 0.2% 耐力を降伏点としている. なお, 同図における黒破線は常温試験片の降伏応力の値を示している. 表-1 に例として常温の試験片と加熱後 (Q460 は 600°C, Q690 は 700°C) の試験片におけるヤング率, ポアソン比, 降伏応力, 引張強度および伸び率の比較を示す. 同表より, ヤング率およびポアソン比については, 常温試験片に対して加熱後試験片との比較を行うと, 両者とも大きな値の変動は確認できなかった. このことからヤング率およびポアソン比については受託温度による影響は小さいと見受けられる.

次に, 降伏応力, 引張強度および伸び率については, 常温試験片の結果と比較すると加熱後試験片との結果には大きな差異が生じていることがわかる. このことから, 降伏応力, 引張強度および伸び率は受託温度に大きく影響すると思われる. 各加熱後の実験値を常温時の実験値で除し, 降伏応力比, 引張強度比および延性率と定義し, 受託温度による影響を調べた. なお, 降伏応力比, 引張強度比および延性率に関しては同温試験片において 2 本の平均値を使用している. まず, 図-3, 図-4 より降伏応力比および引張強度比については 650°C を境に徐々に減少する傾向が見受けられる. 特に, Q690 においては降伏応力比の減少傾向は著しい. 次に, 延性率に関しては図-5 より, 両鋼材共に 650°C 近傍を境に, 温度上昇に伴って延性が向上していることがわかる. 以上から Q690 は Q460 と比較すると降伏応力比に関しては受託温度による影響を大きく受けるが, 引張強度比と延性率に関しては同様の影響傾向を示した.

4. 結言

本研究では高強度鋼材に対して, 火災時の加熱による温度受託を行い, 単調引張試験よりその変形状を調べた. 実験結果より, Q460, Q690 共に加熱による受託温度が 600~700°C 近傍を境に鋼材の変形状が大きく変質することを確認した.

参考文献: 1) 桑野忠生, 増井 隆, 鈴木寛久, 依田勝雄: 首都高速 5 号池袋線タンクローリー火災事故の復旧工事, 土木学会誌, Vol.93, No.12, pp.30-33, 2008.