

第I部門 高温時における鋼の力学特性

大阪工業大学大学院 学生員 ○村川 友則
 大阪工業大学大学院 学生員 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、国内外の橋梁において、桁下での車輛事故や工事中の失火などを原因とする火災が発生している¹⁾。橋梁において火災が発生すると、最悪の場合、落橋に至る危険性がある。幸いにも国内では、著者らが調べた限り、火災による落橋事例は見られないが、海外に目を向けると、アメリカの州間幹線道路 I-75 号線 9-Mile 高架橋(写真-1)やインドネシアのトラス橋(写真-2)において落橋に至っており社会に大きな影響を及ぼしている²⁾。

このような状況を打開するために、火災時における鋼橋の剛性低下が構造特性に及ぼす影響を把握し、崩壊メカニズムを明確にするとともに、最終的には、主要幹線道路に架かる橋梁などを中心に、耐火設計を施す必要があると思われる。今後、火災時における鋼桁橋の構造特性を把握する際、高温時における鋼の力学特性が必要となるが、国内では 900℃までとりまとめられているものの³⁾、近年の橋梁火災では 1000℃を超える事例が発生しているのが実情である。

そこで、著者らは、1000℃以上における強度と温度の関係を把握するために高温時における鋼の力学特性に関する実験を行った。本文は、SM400 および SM490Y を対象に、加熱温度をパラメータとした高温引張試験を行った結果を報告する。

写真-1 落橋事例 (アメリカ)²⁾

写真-2 落橋事例 (インドネシア)

2. 試験概要

本学が所有する電気炉および 1000kN 万能試験機を用いて、各引張試験片を試験温度まで加熱し、高温時における引張試験を実施した(写真-3)。供試体は SM400 および SM490Y を対象とし、JIS Z 2241 に規定されている 1A 号試験片の標点間 200mm を加熱範囲とした。各鋼材の化学成分を表-1、試験条件を表-2 にそれぞれ示す。高温引張試験を行うにあたり、予備試験として、標点間に片面 3 本(計 6 本)の熱電対を貼付け、供試体の標点間部分の受熱温度を計測した。本試験では、供試体の受熱温度が試験温度に達するまで毎分 20℃で温度を上昇させ、試験温度を 30 分間保ったのち、引張試験を行った。



写真-3 試験状況

表-1 化学成分 [%]

鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ceq
	×100			×1000		×100
SM400	14	12	64	11	3	25
SM490Y	16	30	138	12	3	40

表-2 試験条件

常温実験：SM400, 計3体. SM490Y, 計3体.				
高温実験：SM400, 計12体. SM490Y, 計12体.				
鋼種	200℃	500℃	800℃	1100℃
SM400	●●●	●●●	●●●	●●●
SM490Y	●●●	●●●	●●●	●●●

3. 試験結果

まず、加熱試験結果の一例として、各試験温度における鋼材温度と時間の関係を図-1に示す。なお、図中の破線は炉内温度を示しており、鋼材温度は炉内温度より遅れて上昇することを踏まえ、予備試験にて、鋼材温度を試験温度に達するよう炉内温度を設定した。

つぎに、高温引張試験結果として、各鋼材の荷重－変位関係および降伏強度(1%および2%耐力)の低減係数と温度の関係を図-2、図-3にそれぞれ示す。なお、変位は計測制御装置の計測値を用いている。図-3において、1%耐力では先行研究(SS400)³⁾、2%耐力ではEurocodeの規定値を併せて示す⁴⁾。ここで、低減係数とは、常温時の値を1.0としたとき、各温度における値を常温時の値で除して無次元化した値である。

また、図-3(a)の破線は先行研究の平均値を示している³⁾。

図-2より、加熱温度の上昇に伴い降伏点が不明瞭となり、500℃以上の高温時において強度が低下する傾向が見られた。また、200℃では強度が増加し伸びが減少する青熱脆性という鋼の性質が確認された。

図-3より、本試験結果と先行研究およびEurocodeの値を比較した場合、低下傾向に大きな差異はなく500℃以上から強度が低下し、SM490Yの2%耐力に着目すると、500℃で常温時の70%程度、1100℃で10%以下となることがわかる。

4. まとめ

本研究では、高温時における鋼の力学特性の変化を把握するために、先行研究以上の温度を対象とした高温引張試験を行った。

今回はSM400およびSM490Yを対象としたが、今後、他の鋼種(例えば、SM490、SM570ならびに耐候性鋼材)に対しても同様の実験を行い、データの蓄積を図る予定である。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 16K06478の助成を受けたものです。また、本実験を遂行するにあたり、卒業研究生であった永野裕登氏(現 京阪電気鉄道株式会社)、堀 健人氏(現 大阪府)に御協力を頂きましたことに感謝致します。

【参考文献】

- 1) 例えば、大山 理、今川雄亮、栗田章光：火災による橋梁の損傷事例、橋梁と基礎 Vol.42, No.10, pp.35～39, (株)建設図書, 2008.10.
- 2) 柳澤則文、今川雄亮、Marcus P. RUTNER、大山 理、栗田章光：アメリカ・9マイル跨道橋の火災による落橋要因の一解析、橋梁と基礎, Vol.48, No.6, pp.26-30, 2014.6.
- 3) 建設省建築研究所：建設省総合技術開発プロジェクト 防・耐火性能評価技術の開発報告書 No.7-4 構造分科会, 1996.3.
- 4) Eurocode 4 : Design of composite steel and concrete structures-Part 1-2: General rules - Structural fire design, 2005.8.

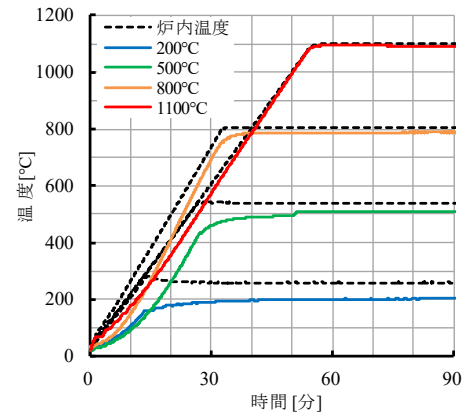


図-1 温度－時間関係

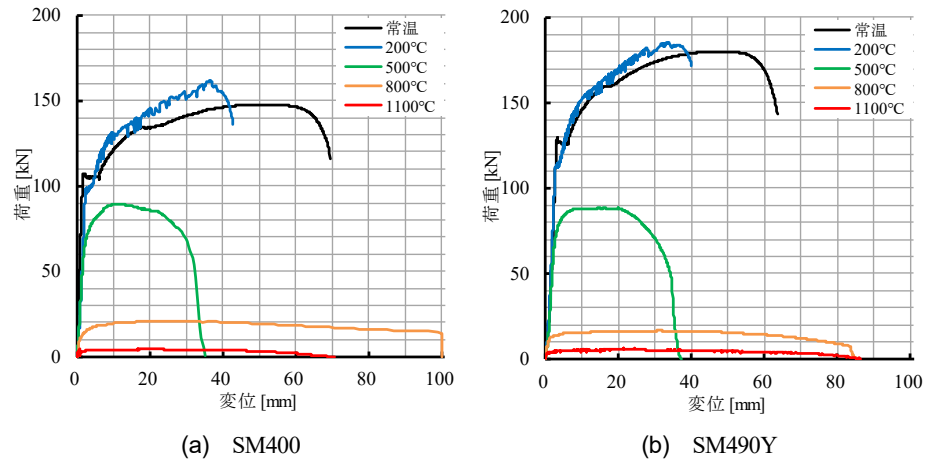


図-2 荷重－変位関係

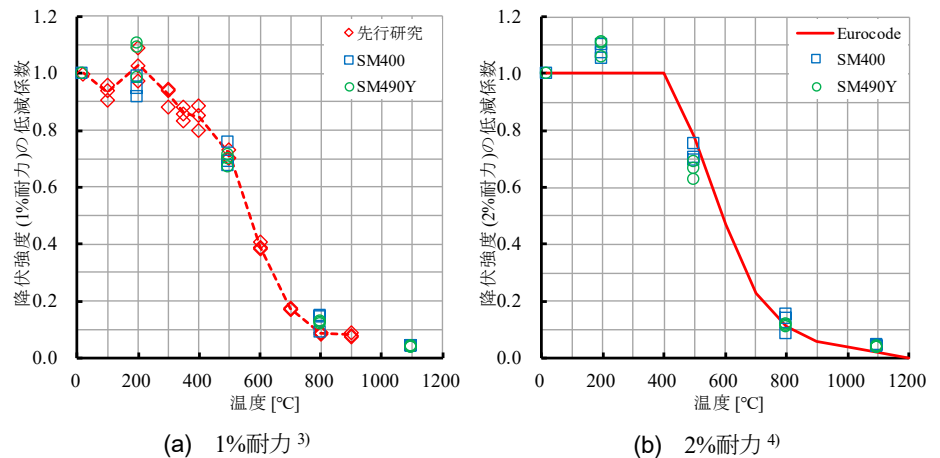


図-3 降伏強度 (1%および2%耐力)の低減係数と温度の関係