# (17) 火災による熱履歴を受けた鋼コンクリート 合成桁の力学特性

高橋 佑介1・今川 雄亮2・大山 理3

1学生会員 修士(工学) 大阪工業大学大学院 工学研究科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1) E-mail:dld18101@st.oit.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 博士(工学) 大阪工業大学特任講師 工学部 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5-16-1) E-mail:yusuke.imagawa@oit.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 博士(工学) 大阪工業大学教授 工学部 (〒535-8585大阪市旭区大宮5-16-1) E-mail: osamu.oyama@oit.ac.jp

近年,国内外を問わず,橋梁において大規模な火災が多発している中,鎮火後の通行可否の判断に時間 を要しており,社会的損失は甚大となっている.現在,土木学会より,熱影響を受けた橋梁の通行可否の 判定フローが提案されており,ここでは,判定基準の一つとして,鋼部材の受熱温度 400℃が用いられて いる.しかし,この温度は火災事例および材料試験によって定められたものであり,構造部材として評価 した場合の根拠は不明確である.したがって,鎮火後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,通行可否の判定フローの温度設定を明確にする必要があると思われる.そこで,加熱試験により 受熱温度を計測するとともに,加熱前後に静的載荷試験を行うことにより,熱履歴が剛性低下に与える影 響を把握し,判定温度の妥当性を検討した.

Key Words: fire, composite girder, mechanical properties, judgment temperature

# 1. 緒言

近年,車輌事故に伴う火災,野焼きの延焼,不審火 あるいは放火などを原因とする橋梁における火災事故が, 国内のみならず国外でも発生している<sup>19</sup>.橋梁の桁下 直下において火災が発生した場合,桁は火災による熱影 響を直接受けることにより,構造物としての機能が低下 していることが懸念される.したがって,橋梁の管理者 は,交通開放,交通規制ならびに通行止め等の判定を求 められるが,調査や補修などにより長期間の交通規制あ るいは通行止めが必要となり,社会的に甚大な影響を及 ぼす場合もある.

ここで,近年報告された橋梁,主に,鋼鈑桁橋の火 災事例を出火要因および腹板の変形量も含めて表-1に示 す.一例として,同表より2008年8月3日の早朝,首都高 速5号池袋線の2層高架構造において発生した火災事例に ついて詳述する.当橋梁はガソリン16kℓ,軽油4kℓを積 載したタンクローリー車が急カーブで横転し炎上したこ とにより被災した.この火災は,最も火勢が激しい状態 (約90分間)において,約1200℃にまで達したと推定され, 火源直上の主桁(桁高:1200mm)が,最大で600mm変形し たことが確認されている. さらに,鉄筋コンクリート床 版や橋脚は,剥離による鉄筋露出や多数の亀甲状のひび 割れも見られた<sup>3</sup>. この火災事例では,大規模な車線規 制と橋桁の架け替えが2ヶ月にわたって行われ,その間 の交通規制によって,首都高速のみならず,周辺の一般 道路でも渋滞が発生し,首都圏の交通に大きな影響を与 えた.

一方,海外では、2009年7月,アメリカの州間幹線道路I-75線の主径間と側径間がつり材で接合されたゲルバー構造を有する9-Mile高架橋にて、写真-1に示すとおり、タンクローリー車の横転・炎上によって、吊桁部が落橋した例がある<sup>5</sup>.

現在,国内および国外を問わず,火災により橋梁が 大きな被害を受ける事例が増えているため,国土交通省 国土技術政策総合研究所にて,鎮火後,車輌の通行可否 を迅速に判定するために,鋼の受熱温度に応じて塗膜の 変状形態が異なることに着目し,外観目視,つまり,定 性的に,鋼に深刻な強度低下が生じているか否かを判断 するための目安となる指標の作成が行われた<sup>10</sup>.

土木学会では, 鎮火後の鋼橋を対象に, 材料試験結果 に基づく, いわゆる材料レベルによる被災度判定マニュ

橋梁名	構造形式	被災年月	出火要因	変形量(mm)		
JR大阪環状線・旧淀川橋梁	単線式上路プレートガーダー橋	2007年2月	桁下の資材置場から出火 (推定受熱温度:400℃以上)	$\frac{h}{169}$		
首都高速・5号池袋線	単純合成I桁橋	2008年8月	タンクローリー車の横転・炎上 (推定受熱温度:1200℃以上)	$\frac{h}{48}$		
国道302号・地蔵川高架橋	鋼I桁橋	2008年9月	不明 (推定受熱温度 : 300~400°C)	$\frac{h}{153}$		
州間幹線道路 I-75号線9Mile跨道橋(米)	合成桁橋(ゲルバー構造)	2009年7月	タンクローリー車の横転・炎上 (推定受熱温度:1300℃以上)	-(落橋)		
福岡高速4号・宇美川大橋	単純合成I桁橋	2010年2月	不法占拠者の失火 (推定受熱温度:560°C)	$\frac{h}{63}$		
国道9号・西大橋	3径間連続鋼合成鈑桁橋(2連)	2012年2月	不法投棄の古タイヤ (推定受熱温度:600~700°C)	$\frac{h}{78}$		
首都高速・3号渋谷線	単純RC床版鈑桁	2014年3月	塗装塗替中の失火 (推定受熱温度:400~700°C)	$\frac{h}{107}$		
首都高速・7号小松川線	単純RC床版鋼鈑桁橋	2015年2月	塗装塗替中の失火 (推定受熱温度:300℃以上)	$\frac{h}{55}$		

表-1 橋梁の主な火災事例(h:腹板高さ(mm))



写真-1 9-Mile 高架橋における火災事例<sup>5</sup>

アルが2015年7月に刊行された<sup>11)</sup>. 当マニュアルでは, 火災による熱影響により腹板が面外変形した際の変形量 (平面度)に関する基準も示されており、判定基準として、 道路橋示方書・同解説II:鋼橋編<sup>12</sup>に規定されている鋼 桁腹板の部材精度(許容値: h / 250)が用いられている. しかし、表-1に示す通り実際に発生している火災事例で は、この平面度を上回る事例が報告されている、 鎮火後 の通行可否の判断に時間を要する1つの要因として、こ の平面度を上回ることが挙げられるが、文献13)では、 火災による熱影響により変形した鋼I桁橋に対して、補 強が必要か否かを判断している平面度h / 250の妥当性に ついて検討がなされた. その結果, 腹板は平面度h / 100 以下であれば、健全時と同等のせん断座屈耐荷力を有す ることが示された. また, 当マニュアルの判定基準の一 つとして,材料試験の結果等から鋼部材の受熱温度 400℃(添接部は350℃)が設定されている.

土木構造物とは異なり,火災に関する規準の先駆者 である日本建築学会からは,再使用の可能性が高い鉄筋 コンクリート造と鉄骨造を中心に、火害診断および標準的な補修・補強方法に関するとりまとめが行われ、2015 年2月にその指針が発刊されている<sup>14</sup>.

このように、建物の火害調査・診断および補修・補 強に関する指針や被災温度推定用塗膜損傷見本集の作成 などは行われている.しかし、橋梁を対象とし、火災に よる熱影響を受けた桁の力学特性などを把握する研究は、 数少ないのが現状であり、現在の被災度判定マニュアル は、定性的かつ材料レベルに留まっている.

そこで,道路や鉄道の管理者が確実な通行可否の判定 を下せるような,定量的かつ構造レベルでの被災度判定 マニュアルを構築するために,火災による熱影響を受け た橋梁の劣化状態を定量的に評価し,安全性,使用性な らびに疲労耐久性の観点から評価する性能評価手法を構 築する必要がある.

本研究では、現在の鎮火後の被災度判定マニュアルで 適用されている判定温度が、主に、材料試験の結果によ って定められたものであり、構造部材として評価した場 合の根拠は不明確であることに着目し、鎮火後における 桁の剛性低下が構造特性に及ぼす影響を把握し、判定フ ローの温度設定について検討する.一般に、鋼の性質が 変化する Ai変態点は 727 C程度であり<sup>15</sup>, この温度を上 回る場合は、基本、詳細調査が必要になると考えられる ことから、変態点以下の温度に関して検討を行う.

本論文では、鎮火後における鋼橋の性能評価法の構築 に関する検討の一つとして、鋼コンクリート合成桁を対 象とした加熱試験および加熱後の載荷試験を行った結果 について報告する.また、実験結果を用いて、700℃以 下の火災を想定した定量的な通行可否の判定フローを提 案する.





# 2. 加熱後における材料の力学特性

加熱後における鋼,コンクリートならびに頭付スタッドの温度と力学特性の関係を図-1~図-3にそれぞれ示す.

### (1) 鋼

加熱後における鋼(SM400, SM490, SM490Y ならびに SM570)の力学特性に関する既往の研究 <sup>10</sup>および著者ら が実施した実験結果 <sup>17</sup>より,鋼の力学特性は 650~700℃ で変化することがわかった.また,著者らは文献 17)に て,加熱温度 1100℃までの実験を行っており,その結 果のばらつき等を考慮し,加熱温度を変数とした各種の 力学特性の推定式を提案している.本論文では,対象温 度が変態点以下のため,図-1 には 700℃までの結果を示 しており,各鋼種 700℃までは概ね同じ傾向が確認され たため,平均値を示している.同図より,700℃の熱履 歴を受けた場合,ヤング係数は常温時と同等の値を示し, 降伏強度は常温時の値から 8%低下することがわかる.

#### (2) コンクリート

日本建築学会では、加熱後における普通コンクリート の静弾性係数および圧縮強度の変化率を既往の研究結果 から検討されており、文献18)に提案式が示されている. 図-2より,静弾性係数および圧縮強度は100°C以上の熱 履歴を受けた際,温度上昇に伴い低下する.700°Cの熱 履歴を受けた場合,常温時の値から静弾性係数は90%以 上,圧縮強度は70%程度低下することがわかる.一方, 欧州設計規準:Eurocode<sup>19</sup>では,圧縮強度のみが規定さ れており,日本建築学会<sup>18</sup>と概ね同じ傾向を示している.

#### (3) 頭付きスタッド

熱履歴を受けた頭付きスタッドの静的押抜きせん断試 験<sup>20</sup>の結果より,せん断耐力は300~700℃の熱履歴を受 けた際,常温時の値より約10%(熱履歴:300℃),15%(熱 履歴:700℃)低下していることがわかる.また,繰返し 押抜きせん断試験<sup>20</sup>の結果より,疲労耐久性は,加熱温 度の上昇とともに低下し,頭付きスタッド基部の受熱温 度が500℃以上の場合,Eurocodeにおける設計疲労曲線を 下回るとの結果が得られている.

#### 3. 実験概要

本実験は、加熱に伴う受熱温度を計測するとともに、 加熱前後に静的載荷試験を行い、熱履歴が桁の剛性低下 に与える影響を把握し、判定温度を検討するものである.



#### (1) 実験供試体

加熱試験に用いた供試体の側面および断面を図4お よび図-5に示す.図-5には、各部材の受熱温度を計測す るために貼付した熱電対の位置(赤色)も併せて示してい る.供試体はH形鋼(588×300×12×20)と幅1200mm,厚 さ180mmの鉄筋コンクリート床版で構成され、頭付きス タッド(φ19, 高さ150mm, 間隔500mm)で一体化が図ら れた合成桁である.加熱範囲は4.0m (図-4),温度測定は 支間中央で行った. なお, 確認用として, 支間中央から 両側1.0m離れた位置にも熱電対を貼付している. 合成桁 を構成する鋼の化学成分、コンクリートの配合ならびに 各材料の力学特性を表-2~表-5にそれぞれ示す.

#### (2) 加熱試験

加熱試験は、本学が所有するガスバーナーを熱源とし た大型水平加熱炉(幅: 3.0m, 長さ: 8.0m, 高さ: 1.5m) を用いて実施した. 想定する火災は野焼きの延焼(700℃ 以下)とし、加熱時間は表-1の火災事例を参考に30分間 と設定した.また、炉内温度を所定の温度まで上昇する 際は、Eurocodeに規定されている火災曲線<sup>21)</sup>を参考に、 最高温度340℃, 680℃で加熱試験を行った. 実火災では, 放水による冷却が想定されることから、水冷による検討 も行う必要があると思われるが、本検討では、炉内で常 温になるまで自然冷却した.加熱温度-時間関係を図-6, 加熱試験状況を写真-2に示す.



写真-3 載荷試験状況

表-6 鉄筋コンクリート床版の温度分布(加熱開始30分後)

(a) 設定温度:340 C					
鉄筋コンクリート床版	桁直上部	張出部			
上縁から 40mm	7℃(7℃)	8°C(7°C)			
上縁から 90mm	8°C(7°C)	18°C(7°C)			
上縁から 140mm	11°C(7°C)	54°C(7°C)			

(b) 設定温度:680°C					
鉄筋コンクリート床版	桁直上部	張出部			
上縁から <b>40mm</b>	9°C(9℃)	13°C(8°C)			
上縁から <b>90mm</b>	11°C (9°C)	47°C(8°C)			
上縁から 140mm	22°C(9°C)	124°C(8°C)			

#### (3) 載荷試験

加熱前後の静的載荷試験は、図-4に示す通り、支間中 央部700mm間隔で2点載荷で行った.荷重は、容量500kN の油圧サーボジャッキを用い、載荷板中央部に対して鉛 直方向に載荷した.本検討では、鎮火後の通行可否の判 定を主目的としているため、設計活荷重レベル(=400kN) を最大荷重として検討を行う.試験は常温時における載 荷試験に始まり、設定温度340℃の加熱試験および加熱 後の載荷試験、その結果が常温時と同程度の挙動を呈し た場合、設定温度680℃の加熱試験および加熱後の載荷 試験といった流れで行った.

加熱,載荷試験時の鋼桁のひずみは図-5の熱電対設置 箇所と同様である.載荷試験状況を写真-3に示す.

#### 4. 実験結果

#### (1) 加熱試験

加熱試験結果の一例として,最高温度340℃および 680℃の鋼桁,頭付きスタッド,加熱開始30分時点での 鉄筋コンクリート床版の支間中央部における受熱温度を 図-7,表-6にそれぞれ示す.なお,表-6の括弧内に示す 温度は,加熱開始前の温度である.炉内温度は,炉内8 箇所で計測しており,同図に示す値は,8箇所の平均値



であり、各部材の受熱温度は、図-5に示す上、下フランジ、ウェブ2点の平均値である.なお、支間中央とその 位置から両側1.0m離れた位置の計測結果に大きな差異は 見られなかった.また、文献22)に基づき熱伝導解析を 行った結果も図-7に併せて示す.ここで、図-7の実線お よび破線は、それぞれ、計測値および解析値を示してい る.

図-7(a)より、炉内温度は、特に、初期段階において、 設定温度に対して差異が見られる結果となった.しかし、 加熱開始15分以降は、設定温度と概ね一致する結果とな った.各部材の受熱温度は、加熱開始30分後において、 ウェブは炉内温度と概ね同じ温度となり、下フランジは 約70℃低い285℃、上フランジは約150℃低い207℃、頭 付きスタッド基部は107℃となった.また、鉄筋コンク リート床版の受熱温度は桁直上部、張出部ともに100℃ 未満であった.

一方,図-7(b)では,初期段階では設定温度に推移する 結果となったが,加熱開始6~7分後において,温度調整 の際,ガスの流入量を誤ったため,鋼桁の受熱温度が急 激に上昇する傾向が見られ,加熱開始28分後に設定温度 に達している.各部材の受熱温度は,加熱開始30分後に おいて,ウェブおよび下フランジは、炉内温度と概ね同 じ温度となり,上フランジは約100℃低い578℃,頭付き スタッド基部は288℃,鉄筋コンクリート床版は張出部



図-8 400kN 載荷時の鋼桁のひずみ分布(支間中央部)

の上縁から140mmの位置においてのみ100℃を超える結 果となった.また,加熱開始17分後,床版内の水分が噴 き出すことで上縁のひび割れ発生を確認し,加熱後に床 版下面を観察したところ,亀甲上のひび割れが生じてい た.これは,加熱時,床版と鋼桁の温度差により,床版 下縁からひび割れが発生し,加熱開始17分時点でひび割 れが貫通したと推測できる.なお,鉄筋コンクリート床 版に剥離や浮きは生じていなかった.

最高温度340℃および680℃それぞれの計測値と熱伝導 解析の値を比較した結果,下フランジおよびウェブの受 熱温度の解析値は,ほぼ,計測値に推移するが,上フラ ンジは計測値と大幅に異なる結果となった.この要因と して,加熱初期の上フランジの受熱温度が炉内温度と同 じ上昇傾向を示していた.加熱試験終了後,上フランジ の計測位置と炉の炎の位置関係を調べたところ,同じ高 さであり,つまり,直接曝されたことによって,計測値 が大きくなったと想定されるが,今後,引き続き,検討 を行う予定である.

#### (2) 載荷試験結果

加熱前後の静的載荷試験の一例として,設計活荷重レベル相当の荷重(=400kN)が載荷された際の支間中央部における鋼桁のひずみ分布を図-8に示す.また,抵抗断面を合成および非合成とした際の計算結果も併せて示す.

図-8(a)より,熱履歴340℃の場合は、常温時、つまり、 合成断面と概ね同じひずみ分布を呈した.一方、図-8(b) より、熱履歴680℃の場合は、常温時に比べ、下フラン ジで引張側に120µ、上フランジで圧縮側に300µ増加し、 非合成の挙動に近付く傾向がみられた.つまり、340℃ の場合は加熱後に床版下縁および鋼桁に主な損傷が確認 されなかったことから、340℃以下の熱履歴であれば、 熱影響による剛性低下は生じないことが確認された.熱 履歴680℃で非合成の挙動に近付く要因は、鉄筋コンク リート床版に発生した貫通ひび割れに伴う剛性低下であ ると考えられる.



# 5. 通行可否の判定フローの提案

今回の実験結果を踏まえて提案する通行可否の判定フ ローを図-9に示す.火災規模として,野焼きの延焼など (700℃以下)を小規模,車輌事故などの燃料火災(700℃以 上)を大規模火災と定義し,火災時間は30分とする.判 定温度となる部材の受熱温度は,剛性の低下が確認され た貫通ひび割れ発生時点における鋼桁の受熱温度(上フ ランジ,ウェブならびに下フランジの受熱温度の平均 値)とし,主桁の変形は文献13)を参考とした.鉄筋コン クリート床版のかぶりに剥離や浮きが生じた場合には, ハンマーなどでたたき落としその断面修復に留まってい るのが現状<sup>11</sup>であり,スタッド基部周辺までの補修は困 難である.このような現状から,床版下面のひび割れ発 生に伴い,鉄筋コンクリート床版と鋼桁にずれが生じや すくなっている.

また,判定フローには記していないが,合成桁橋の場合,交通開放後に活荷重による繰返し荷重の影響を受けるため,詳細調査において,頭付きスタッドの疲労耐久性の照査を行う必要がある.既往の研究より,頭付きスタッド基部の受熱温度が500℃以上の場合,その強度が, Eurocodeにおける設計疲労曲線を下回るという結果が得 られている(図-3(b)). 本実験結果の場合は,最高温度が 680℃の場合においても,頭付きスタッド基部の受熱温 度が500℃未満のため(図-7),活荷重に対する疲労耐久性 を満足していることが確認された.

# 6. 結言

本研究では、A<sub>i</sub>変態点以下の熱履歴が鋼コンクリー ト合成桁の力学特性に与える影響を把握し、現在の通行 可否の判定フローで用いられている判定温度の妥当性を 検討するために、加熱前後に静的載荷試験を実施した. また、実験結果を用いて、700℃以下の火災を想定した 定量的な通行可否の判定フローの提案を行った.

本研究から得られた知見は、以下のとおりである.

- (1) 加熱試験の結果,340°Cの場合は,合成桁に主な損 傷は見られず,680°Cの場合に,床版上縁にひび割 れが確認された.その要因として,加熱による床 版と鋼桁の温度差により,床版下縁からひび割れ が発生したことが考えられ,この時点でひび割れ が貫通したと推測できる.また,加熱後,床版下 面には亀甲状のひび割れが確認された.
- (2) 加熱後に静的載荷試験を行った結果,熱履歴340℃の場合は、加熱時に主な損傷が確認されなかったことからもわかる通り、合成断面と概ね同じひずみ分布を呈した.一方で、熱履歴680℃の場合は、加熱時に貫通ひび割れが生じたことに起因する剛性低下により、非合成断面の挙動に近付く傾向が確認された.
- (3) 本実験結果および既往の研究の結果より,現在の 材料レベルでの判定温度は400℃であるが,構造レ ベルでの評価を行った場合,鉄筋コンクリート床 版に貫通ひび割れが生じる590℃となる可能性が示 された.なお,本実験条件においては,合成の要 となる頭付きスタッドは700℃以下の熱履歴を受け た場合においても,活荷重に対する疲労耐久性は 満足していることが確認された.

### 7. 今後の課題

現在報告されている火災事例では鋼桁腹板の面外変形, また,鉄筋コンクリート床版下縁が損傷している事例が 見受けられる.したがって,今後の課題として,安全性 のみならず使用性,疲労耐久性の観点から評価する性能 評価手法を構築するにあたり,火災による熱履歴を受け 面外変形した桁の耐荷力,鉄筋コンクリート床版の疲労 特性を明確にする必要がある.

#### 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,2018 年度の卒 業研究生であった西岡純美氏(現五洋建設株式会社),西 澤栄樹氏(現東海旅客鉄道株式会社)に御協力を頂きまし たことに感謝致します.

#### 参考文献

- 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 Vol42, No.10, pp. 35-39,2008.10.
- 吉田雅彦,中山太士,大都 亮,稲富紀行:(4-347)火災を 受けた鋼鉄道橋の運転再開,土木学会第62回年次学術講演 会,pp.693-694,2007.9.
- 3) 桑野忠生,増井 隆,鈴木寛久,依田勝雄:タンクローリ ー火災事故により損傷を受けた橋梁の復旧,橋梁と基礎 Vol.43, No.4, pp. 13-18, 2009.4.
- (4) 繁村好則,坂部泰樹:火災被災橋梁の診断と補修-地蔵川 高架橋-,技報たきがみ,Vol.27,pp.45-50,2009.
- 5) 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.
- 6) 是松晃男,池田武志,山口栄輝,牧角龍憲,亀尾順一郎,林裕也:火災を受けた鋼鈑桁橋の損傷調査と強度評価,橋梁と基礎, Vol45, No.10, pp. 50-55, 2011.10.
- 7) 井上 卓,鈴木時彦:火災を受けた鋼橋の損傷調査とその 対応について、平成24年度近畿地方整備局研究発表会論文 集調査・計画・設計部門、pp.1-6,2012.7.
- 8) 首都高速道路株式会社ホームページ:高速3号渋谷線高架 下火災による損傷度調査結果及び恒久復旧方法,2014.4.
- 9) 首都高速道路株式会社ホームページ:高速7号小松川線高 架下火災の損傷調査結果及び応急復旧の概要,2015.2.
- 10) 玉越隆史,大久保雅憲,石尾真理,横井芳輝:鋼道路橋の 受熱温度推定に関する調査,国土技術政策総合研究所資料 No.710,2012.12.
- (公社)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.
- 12) (公社)日本道路協会:道路橋示方書・同解説 II:鋼橋編, 2012.3.
- 13) 中村 充,仲野孝洋,大住圭太:(1-614)熱影響を受けた鋼桁の座屈耐荷力評価,土木学会全国大会 第70回年次学術講 演会,2015.
- 14)日本建築学会:建物の火害診断および補修・補強方法指 針・同解説,2015.3.
- 15) 日本鉄鋼協会:鋼の熱処理改訂5版, pp.26-27, 1969.10.
- 16) 日本鋼構造協会技術委員会安全性分科会耐火小委員会高 温強度班:構造用鋼材の高温時ならびに加熱後の機械的性 質, JSSC Vol4 No.33, 1968.
- 17) 髙橋佑介, 大山 理:熱履歴を受けた鋼の力学特性に関す

る研究,鋼構造年次論文報告集,第25巻,pp.373-380,2017.11.

- 18) 日本建築学会:構造材料の耐火性ガイドブック, 2017.2.
- CEN: Eurocode 2-Design of concrete structures-Part 1-2: General rules-Structural fire design, prEN 1992-1-2, 2002.
- 今川雄亮,大山理,栗田章光:火災時および火災後におけるスタッドの力学特性,土木学会論文集A, Vol. 65 (2009) No.3, pp. 384-394, 2009.9.
- CEN: Eurocode 1-Actions on structures-Part 1-2: General actions-Actions on structures exposed to fire, EN 1991-1-2, 2002.
- 22) 高橋佑介,今川雄亮,大山 理: (34)火災による熱履歴を 受けた合成桁橋の安全性評価,第12回複合・合成構造の 活用に関するシンポジウム, pp.341-348,2017.11.

(Received August 30, 2019)

# MECHANICAL PROPERTIES OF STEEL-CONCRETE COMPOSITE GIRDER SUBJECTED TO THERMAL HISTORY DUE TO FIRE

#### Yusuke TAKAHASHI, Yusuke IMAGAWA and Osamu OHYAMA

Recently, the fire attack for bridges due to fire from accidents including rollover and collisions, burned fields and so on trends to increase in Japan and in foreign countries. The previous bridge fire accidents suggested that it is important to understand the structural performance after fire. Currently, JSCE proposed on guidelines for diagnosis and repair method of steel bridge exposed to fire. This guideline shows that the judgement temperature of steel members about  $400^{\circ}$ C as one of the judgement rules. However, this temperature set up by previous bridge fire accident reports and material test results. It is unclear if the basis for evaluation by structural members. Therefore, it is necessary to clarify the effect of the rigidity reduction on structural performance and to clarify the judgement temperature of passing propriety of the steel concrete composite girder bridges after fire. Hence, the authors focus on mechanical properties of the composite girder before and after fire. This paper shows the distribution of the temperature. Also, we carry out static loading test before and after fire to confirm the effect of thermal history on the rigidity reduction and consider the validity of the judgment temperature.