

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年5月29日現在

機関番号：34406

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23760434

研究課題名（和文） 鋼・コンクリート合成桁橋の耐火被覆構造の開発

研究課題名（英文） Development of Fire Protection Panel in Steel-Concrete Composite girder bridge

研究代表者

大山 理（OHYAMA OSAMU）

大阪工業大学・工学部・准教授

研究者番号：70411410

研究成果の概要（和文）：合成桁橋の直下で火災が発生した場合を想定し，考案した耐火パネルの有無による鋼桁やコンクリート床版内部の受熱温度を把握するために，加熱試験を実施した。その結果，耐火パネルを施さなかった桁のウェブおよび下フランジの受熱温度は，開始約20分で，炉内温度とほぼ同じになった。一方，耐火パネルを施した桁の受熱温度は，一部，鋼材の降伏強度が低下し始める400℃以下にならない箇所が見られ，今後の検討課題となった。

研究成果の概要（英文）：Recently, the fire attack for the bridges due to turning over accident of a tank lorry vehicle, incendiary fire and so on trends to increase in Japan and also in foreign countries. One of the examples of such accident in Japan occurred in Ikebukuro line of Metropolitan Expressway at the beginning of August in 2008. In this case, the height of the steel girder was sunk from 1200mm to 700mm due to shear buckling in the region of the support. As a consequence, this urban expressway was closed about two and half months for repairs. According to the announcement of Metropolitan Expressway Company Limited, the economic loss by this accident reached to approximately 4.5 Billion Yen. To prevent a serious damage of the bridge due to fire attack, the authors have been proposed the adoption of Fire Protection Panel (hereafter referred to as FPP) for the viaduct or normal bridge only where they have high occurrence possibility of fire accident. The author carried out the fire test of steel-concrete composite girder with and without FPP. This paper reports on the outline of the FPP and the experimental results of the temperature distributions in the steel girder.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学，構造工学・地震工学・維持管理工学

キーワード：橋梁，火災，耐火被覆

1. 研究開始当初の背景

わが国では，国鉄(現 JR)北陸本線 北陸トンネル(1972年)，東名高速道路 日本坂トンネル(1979年)，ヨーロッパでは，ユーロトンネル(1996年)，モンブラントンネル(1999年)などが，火災による大被害を受けたこと

から，トンネル構造物に対する耐火対策は，精力的に研究が行われている。一方，橋梁は，これまで，火災による構造物の大きな損傷や多数の死者を伴う事故が発生していないことなどから，耐火性能は要求されていないのが現状である。

しかし、車輛火災、桁下での可燃物からの出火などの原因により、一般橋梁や高架橋が火災を受ける事例が数多く報告されている。例えば、2006年12月末、一般国道1号守口高架橋では、隣接する資材置き場から発生した火災によって、PC桁とRC橋脚が損傷を受け、交通が全面開放されるまでに約7ヶ月間を要した。さらに、2008年8月上旬、首都高速5号線北池袋IC付近においてもタンクローリーが横転・炎上し、鋼主桁や橋脚などに著しい損傷が生じたため、2ヶ月間を要して、損傷部の架け替え工事が行われた。そのため、この期間の交通規制によって、首都高速道路のみならず、周辺の一般道路でも渋滞が発生し、首都圏の交通や経済に大きな影響を与えた。一方、海外では、2007年4月、アメリカ・サンフランシスコのオークランド高架橋でのタンクローリーの横転・炎上によって、高架橋の2スパン部分が、事故後、約20分で落橋した例もある。

このように、一般橋梁や高架橋が火災を受けると、最悪の場合、落橋も考えられ、落橋に至らない場合でも、調査や補修などによる長期間の交通規制が必要となる。すなわち、被災した橋梁の損傷状況や安全性を迅速かつ適確に判断することが重要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、支間7mの桁供試体を2体製作し、1体目は、耐火被覆を施さない状態で加熱試験(タンクローリーの横転・炎上を想定して、最高:1100°C)を実施する。そして、鋼桁およびコンクリート床版内部の受熱温度を計測するとともに、熱伝導解析結果との比較・検討より、解析モデルの検証などを行う。また、コンクリート床版に発生するひび割れ状況の観察や変形の計測も行う。一方、もう1体は、ケイ酸カルシウム板やセラミックファイバブランケットなどを用いた耐火被覆構造(パネル)を考案するとともに、その構造を施した状態で加熱試験(上記と同じく、最高:1100°C)を実施する。そして、各部材の受熱温度の計測結果より、その被覆構造の妥当性を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) 実験供試体

実験供試体の側面を図-1、断面を図-2 にそれぞれ示す。

実験供試体は、鋼桁とコンクリート床版で構成される合成桁であり、加熱範囲は、支間中央の4.0mである。加熱試験(火災温度-時間関係)は、橋梁直下でタンクローリーが横転・炎上したことを想定し、ヨーロッパの設計規準(Eurocode)で規定されている炭化水素曲線(HC:最高温度:1100°C)で90分間行

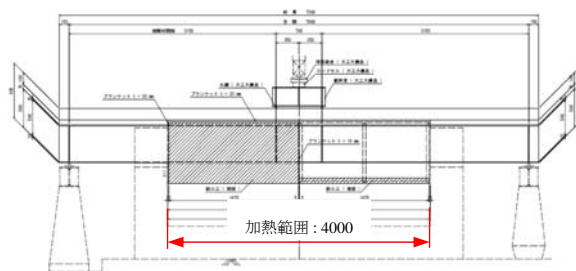


図-1 実験供試体側面 (寸法単位: mm)

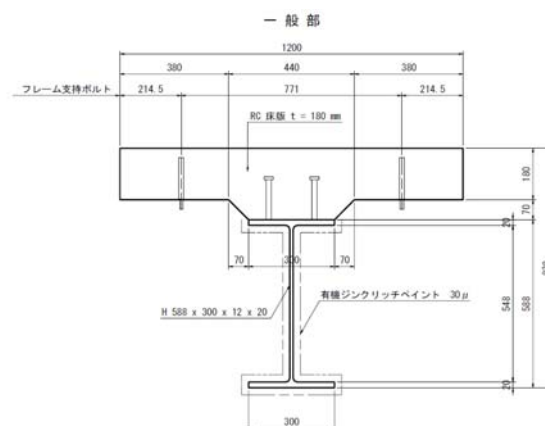


図-2 実験供試体断面 (寸法単位: mm)

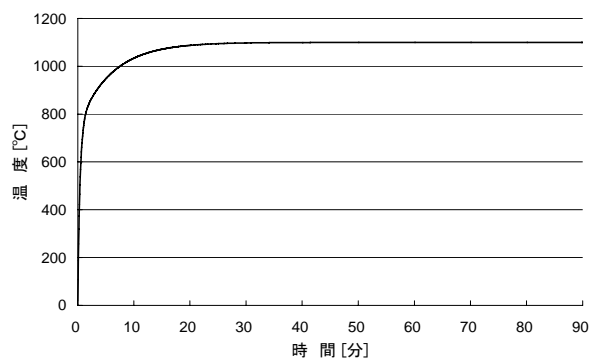


図-3 加熱温度-時間関係 (炭化水素曲線)

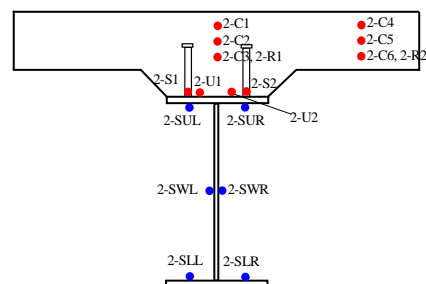


図-4 熱電対設置位置<例: 支間中央>

う(図-3 参照)。ここで、加熱時間90分は、橋梁における過去の火災事例を参考に決定した値である。

図-4 に、鋼材、コンクリートならびにスタッドの受熱温度を測定するために設置した K 熱電対の位置の一例を示す。コンクリート床版には、表面、表面から 40mm, 90mm ならびに 140mm の位置に熱電対を設置する。

(2) 耐火パネル

考案する耐火パネルには、以下の性能が求められると考えられる。

① 常時

- ・使用性
紫外線や自動車の排気ガス等の化学的作用に対して十分な耐久性を有すること。
- ・維持管理性
耐火材の割れ、剥離などに対して部分交換および補修が容易な材料や設置方法であること。
- ・安全性
通行車両による振動や疲労(特に、取付金具などへの)ならびに風により落下しないように、フェールセーフ機能を保持していること。

② 火災時

- ・耐火性
橋梁各部材の受熱温度を所定の温度 400℃以上にならないように抑えること。
- ・安全性
耐火材に割れ、剥離などが生じても落下しないこと。

③ その他

- ・既設橋梁への取付けを考慮し、追加死荷重を極力低減した軽量の耐火パネルであること。
- ・耐火パネルの取付けにより橋梁本体の耐風安定性に影響をおよぼさないこと。

そこで、トンネル内の火災のような高温下の使用に耐えることができるケイ酸カルシウム板とセラミックファイバークラッドを耐火材として選定し、パネルを考案することにした。考案したパネルの概要を写真-1 に示す。

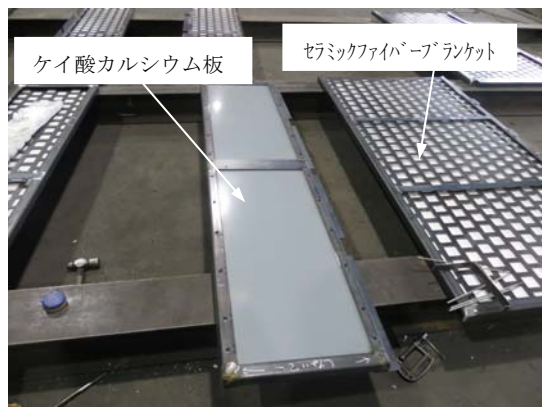


写真-1 耐火パネル

加熱試験は、当大学所有の大型水平加熱炉で行った。無耐火被覆および耐火被覆を施した実験供試体の状況を、写真-2 に示す。



(a) 無耐火被覆



(b) 耐火被覆

写真-2 実験供試体の設置状況

4. 研究成果

(1) 無耐火被覆の計測結果

測定値の一例として、実験供試体の支間中央における鋼桁(上フランジ、ウェブ、下フランジ)およびスタッド基部の受熱温度を、図-5 に実線で示す。なお、加熱実験は、桁の変形が大きくなったため、開始約 30 分で終了した。また、測定値は、左右で大きな差異が見られなかったため、平均値を示している。同図には、併せて、熱伝導解析による解析値を破線で示す。ここで、熱伝導解析を実施する際、鋼材およびコンクリートの密度、熱伝導率ならびに比熱の値は、上述の Eurocode の規定値を用いている。

同図より、下フランジおよびウェブの受熱温度は、直接、炎に曝されているため、開始 20 分程度で、ほぼ炉内と同じ温度になった。また、下フランジおよびウェブの解析値は、比較的、測定値を追従する結果となっている。

一方、上フランジの受熱温度の測定値は、解析値よりも大きな結果となった。その要因

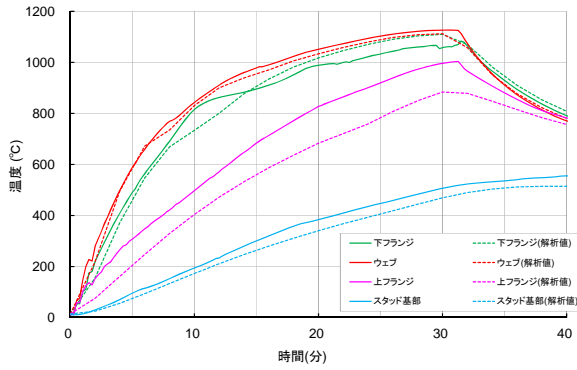
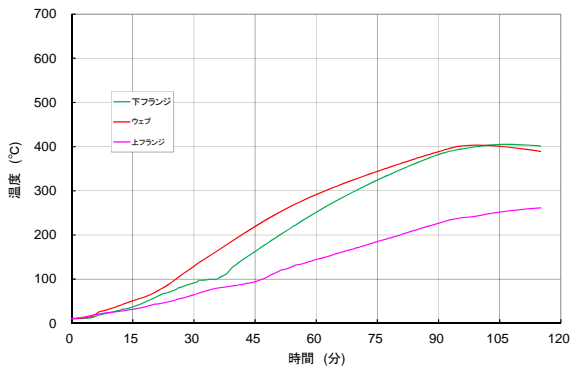


図-5 受熱温度の測定結果(無耐火被覆)

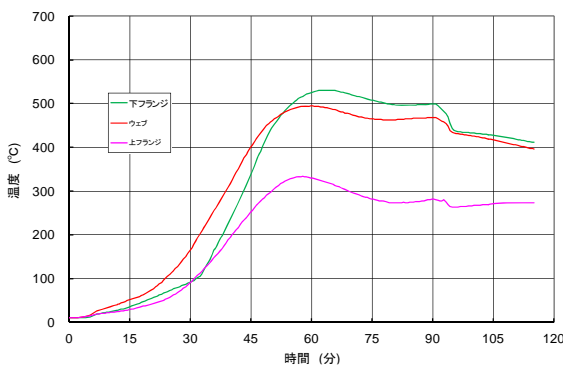
として、上フランジは、水分を含んだコンクリート床版と接しており、その間の解析モデルや熱伝導解析に用いる諸数値(特に、コンクリートの比熱や熱伝導率、例えば、Eurocode では、コンクリートの熱伝導率の値について、上限値と下限値を定めているが、本解析では、その平均値を用いている)に関して、より詳細な検討を加える必要があると考えられる。

(2) 耐火被覆の計測結果

測定値の一例として、実験供試体の支間中央から両側 1m 離れた断面における鋼桁の受熱温度を、図-6 に示す。また、加熱試験終了後の実験供試体の状況を写真-3 に示す。



(a) 断面 C



(b) 断面 A

図-6 受熱温度の測定結果



写真-3 加熱試験終了時の状況

同図と図-5 を比較した結果、90 分間加熱した場合でも、鋼桁の受熱温度は、無耐火被覆の結果と比べて、低い温度となった。また、写真-3 より、加熱により強度が低下し、耐火パネルが落下するなどの大きな損傷は見られなかった。

しかし、最高温度 1100°C、90 分間の加熱条件で、耐火パネルを施した桁の受熱温度は、一部、鋼材の降伏強度が低下し始める 400°C 以下にならない箇所が見られた(図-6(b) 参照)。それは、選定した耐火材の厚さが薄かった、加熱によりパネルに変形が生じ、その隙間から、熱が流入したことが要因として挙げられる。今後、適切な耐火材の厚さや熱の流入を確実に防止するため、構造細目を検討する必要があると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[その他]
ホームページ等

<http://www.oit.ac.jp/civil/~bridge>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大山 理 (OHYAMA OSAMU)
大阪工業大学・工学部・准教授
研究者番号：70411410