

温度変形を利用した橋梁の健全度評価モニタリングにおける可能性の検討

東京工業大学 学生員 出野 麻由子
東京工業大学 フェロー 三木 千壽

1.はじめに

近年、わが国では、多くの橋梁に経年劣化が見受けられ、延命化・安全性の確保のための健全度評価が重要なテーマとなっており、そのための合理的な維持管理技術が求められてきている。そこで橋梁に計測機器を設置し、常時供用下で橋梁の変形挙動を監視、健全度評価をするいわゆる遠隔モニタリングシステムが注目されている。橋梁に大きな変形を生じさせる原因としては主に活荷重による変形と温度変形が挙げられる。活荷重による発生ひずみが最大でも 200 μ 程度であるのに対して、温度変形では、日変化だけでもそれよりはるかに大きく、モニタリングの指標として利用できる可能性がある。そこで本研究では、合成桁供試体を用いて、温度と変形挙動の関係や、橋梁の支持部における異常と温度変形との関連性を明らかにすることにより、温度変形を利用したモニタリングの可能性について検討する。また、ひずみ計測の新しいセンサーとして期待されている BOTDR 型光ファイバーセンサーの精度等の確認を行いモニタリングへの適用性も併せて検討する。

2.合成桁供試体による温度変形実験

温度と変形挙動の関連性の把握を目的として、図1の合成桁供試体を製作し外的に温度変化を与え温度と変形を計測する実験を行った。支持条件は一端固定他端自由とする。実験方法は、図1の試験体を全体的に温め、供試体各部の温度が定常状態となったところを初期値とし放熱過程において、温度分布および、温度変化に伴う全体的な変形を計測した。測定には熱電対、ひずみゲージ、変位計、光ファイバーセンサーを用いた。光ファイバーセンサーは上フランジ下面、および下フランジ上面に設置し、ひずみを連続的に計測した。

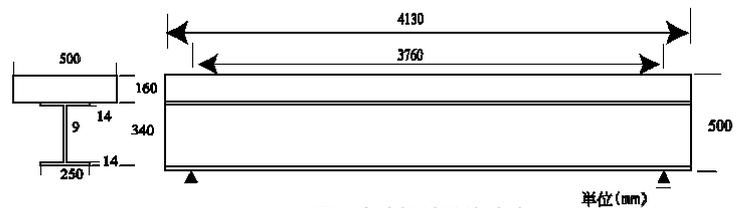


図1 合成桁試験体寸法

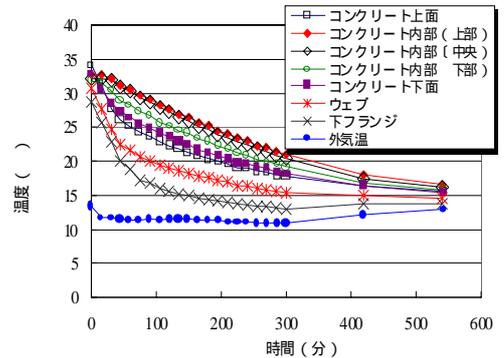


図2 温度分布の時間推移

3.計測結果

以下に挙げる計測結果は放熱開始時を初期値とし、そこからの変化量を示している。温度分布は鋼とコンクリートで特徴的な変化を示した(図2)。鋼の温度は放熱開始後60分まで急激に低下し定常状態になっているが、コンクリート内部の温度は緩やかに低下し続けている。この鋼とコンクリートの温度分布変化の相違から断面内には温度勾配が生じており、この温度勾配により拘束応力が発生する。(図3)

3.1 変形挙動と温度の関連性

鉛直たわみは、下フランジとコンクリート表面および内部の温度差と高い相関が得られた(図4、5)。温度差が最大となるまでは、内部拘束応力が増加し(図3)たわみ量も大きくなる。温度差縮小過程では拘束応力が減少したたわみ量は減少している。可動端で計測を行った伸縮量は下フランジ及びウェブの部材温度と高い相関が得られた(図6)。以上より、鉛直たわみ量が断面内の温度差に起因したのに対し伸縮量は部材の温度変化に起因していることがわかる。

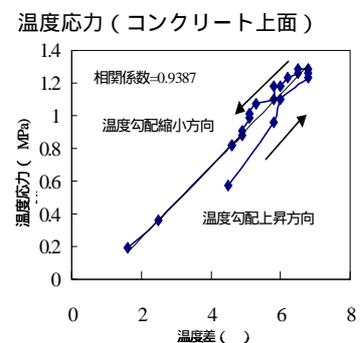


図3 コンクリート上面と下フランジの温度差

キーワード : モニタリング、温度変形、合成桁橋梁、光ファイバーセンサー
連絡先 : 〒152-8852 東京都目黒区大岡山 2-12-1

FEM 解析を用いて実験値との比較を行った結果を表 1 に、変形の模式図を図 7 に示す。解析モデル及び温度分布は実測値を用いた。解析では実験時と同様の支持条件（固定 自由）で、たわみが実験値と近い値を示した。また、固定自由では断面温度差の増減に伴いたわみも増減する傾向を示したが、固定 固定では、たわみ量は断面温度差によらない傾向を示した(図 7)。

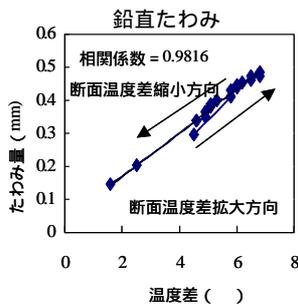


図 4 コンクリート上面と下フランジの温度差

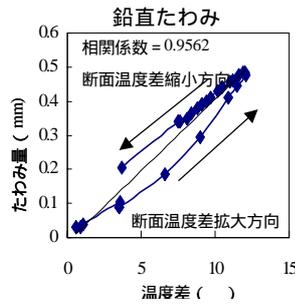


図 5 コンクリート内部と下フランジの温度差

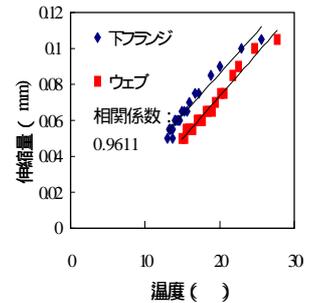


図 6 伸縮量と温度の相関性

解析値と比較して実験時の伸縮量が非常に小さい値であった理由は、可動端での摩擦の影響があるからと考えられる。しかし断面温度差とたわみの相関関係から、実験時の沓部の状態は固定 自由の状態に近いといえる。

3.2 光ファイバーセンサーによるひずみ計測

光ファイバーを用いたひずみ計測の結果は図 8 に示すように温度の下降が急激な放熱開始直後において、ひずみのばらつきが 100 μ を超えている。温度が定常状態となった測定終了時ではばらつきも少なく、またひずみゲージの値とも近い。光ファイバーの測定には 15 分程度の測定時間を要するため、測定対象のひずみの状態が不安定である場合には計測が追従できず、100 μ の精度を補償することは困難であると考えられる。

3. 損傷と温度変形の関連性

橋梁の老朽化が進むと可動沓が固着化しそれに起因して種々の損傷につながる。そこで、沓の固着時が橋梁の変形挙動に及ぼす影響を把握するため FEM 解析を行った。図 7 から沓の状態の違いにより鉛直たわみの発生要因が異なり変形挙動は明確に異なる傾向を示すことから(たわみ及び伸縮量は表 1)温度変形を利用して沓の状態を捉えることが可能であることがわかる。

4.まとめ

- 合成構造では断面内に温度勾配が生じ、その結果として内部拘束応力およびそれに起因する変形が発生する。
- 温度と相関の高い鉛直たわみ及び伸縮量を追跡することで、全体の変形挙動及び支持部での状態を把握することが可能であることがわかった。
- BOTDR 型光ファイバーは測定対象の状態で精度が異なり、ひずみ変動の多い橋梁への適用には困難が多いが、温度変形の大きな傾向は捉えることは可能であるといえる。

参考文献

西川和廣ら：「温度変化に伴う橋梁の挙動に関する計測結果の分析」 土木学会第 46 回年次学術講演会

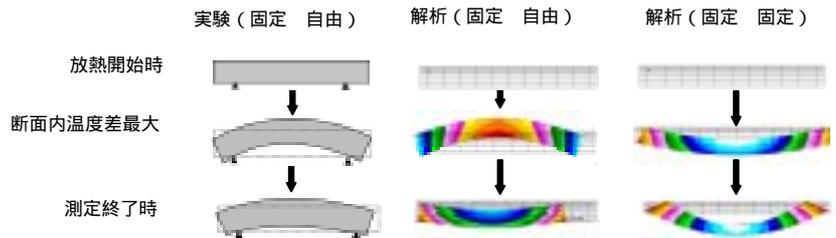


図 7 実験及び解析における変形の模式図

表 1 たわみ量及び伸縮量

支持条件	実験		FEM 解析	
	固定	自由	固定	自由-固定
放熱開始時	0	0	0	0
断面温度差最大	-0.395	-0.02	-0.35	-0.61
断面温度差一様	-0.115	-0.04	0.15	-0.7

上段：たわみ量 下段：伸縮量

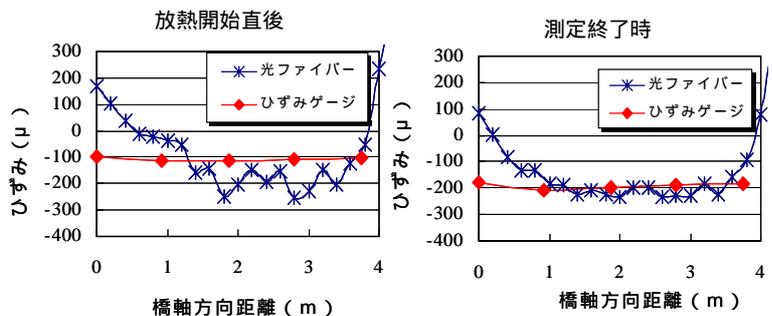


図 8 光ファイバーのひずみゲージの比較 (下フランジ)