

I-211 鋼桁部材間の温度差が列車走行に与える影響(第2報)

国鉄 構造物設計事務所 正会員 ○村田 清満
 同 正会員 稲葉 紀昭
 同 正会員 伊藤 昭夫
 国鉄 鉄道技術研究所 正会員 松浦 章夫

1. まえがき

国鉄の新幹線橋梁において通過列車の動揺が問題となり、この原因を究明するために昭和59年9月11日と12日の両日にわたり実橋測定を行った。その結果、前回報告のように、主桁上下フランジの温度差は日中最大 10°C にも達し、これによる桁のそり上り量が最大 10mm 程度生じ、これが列車走行性に大きな影響を与えていることがわかった。上記の実測結果及び解析結果に基づき、今回、主桁上下フランジの温度差の低減を図るために、主桁に断熱材を取り付けた。(以下、断熱工法)

また、施工後、断熱材による列車動揺の低減効果を確認するために、実橋測定及び走行シミュレーション解析を行った。

以下、断熱工法の概要について紹介するとともに、施工後の実橋測定及び解析結果について報告する。

2. 断熱工法の概要

断熱材の厚さ、取り付け位置を選定するために、断熱材の厚さをパラメータとして主桁各部の温度の経時変化をシミュレーション解析により求めた。なお、解析は1次元非定常熱伝導方程式を基本式に用いた。図-1は厚さ 25mm の断熱材を上フランジに取り付けた場合の解析結果である。これらの解析結果及び経済性を考慮して主桁上フランジ上面に 25mm 厚さの断熱材(ポリスチレン樹脂系、熱伝導率 $0.024\text{kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)を取り付けることにした。

3. 測定概要

断熱材による対策の効果を確認するため、施工後、実橋において図-2に示すように主桁各部の温度変化及び温度変化に伴う桁の変位を測定した。測定の対象とした桁は前回と同様、図-3に示す最も東京方に近いG1桁(スパン 49m)である。また、車体上下動振動加速度はあらかじめ設定した営業車の最後尾台車床面上で簡易式動揺試験器により測定した。測定は昭和60年7月30日、31日に実施した。

4. 結果と考察

図-4は主桁各測点の温度及び外気温の時間的推移を示している。断熱材を防護する亜鉛メッキ鋼板天端の温度は正午頃に最大 6.5°C にも達するが、時間の経過とともに低下し、夜間にはほぼ外気温と同程度になる。断熱材直下の上フランジ天端の温度は、断熱効果により昼夜を通して 30°C 前後に一定している。また、上フランジ天端の温度の最大値は亜鉛メッキ鋼板天端の最高温度を示す時刻より5~6時間程遅れ、夕刻頃に現われる。これは上フランジ天端において日

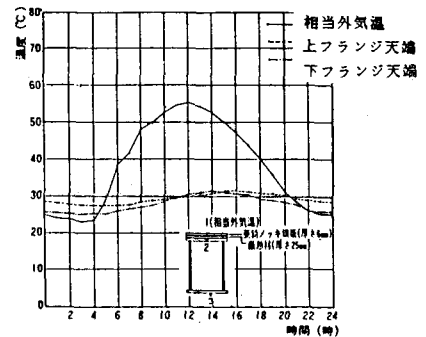


図-1 桁各部の温度変化(解析値)

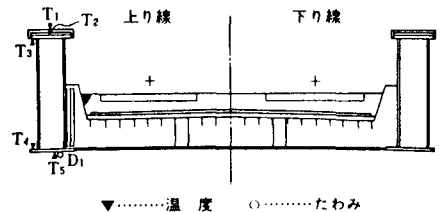


図-2 測定位置(G1桁スパン中央)

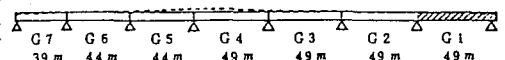


図-3 実測橋梁

中、断熱材により温度上昇が妨げられ、時間の経過とともに断熱材に蓄積された熱が上フランジに移動し、温度が徐々に上昇するものと考えられる。この傾向は図-1のシミュレーション解析結果についても認められる。

下フランジの温度は外気温度にほぼ追従して変化しており正午頃最大となる。下フランジの温度は概して外気温より2~7°C程度高く、この傾向は夕刻頃顕著になっている。これは、この時刻に断熱材からの熱が上フランジ、ウェブを通して移動し、下フランジの温度降下を妨げることが一因となっていると考えられる。

図-5は桁のたわみ量の時間的推移を示している。たわみ量は7月29日午後3時のたわみ値を0として、桁のそり上り量を正にプロットしている。また、図中には上フランジの温度が下フランジの温度より高い場合を正として、上下フランジの相対温度差の時間的推移を併せて示している。桁のたわみは上下フランジの温度差に比較的よく追従して変化している。図より、対策前の測定では桁のそり上り量は最大10mm程度であったが、今回の断熱材施工により桁のそり上り量は4mm程度に軽減されている。

図-6は動揺加速度と温度によるたわみの関係を示している。図中、動揺加速度は両振幅加速度を、また温度によるたわみは上向きのそりを正としてプロットしている。これより昼夜を通じ、温度によるたわみ量の変化は小さく動揺加速度は全体に対策前の値より小さくなっている。

走行シミュレーション解析は一車両モデルを用いて行った。この車両モデルが桁の活荷重たわみ、温度による桁のそり上り、及び軌道に施した人為的形狀の合成軌跡上を走行する場合の車両の動的応答を実測された温度差による桁のそり量及び人為的軌道形状を入力値として計算した。

図-7は実測波形とシミュレーション波形の比較を示す。解析波形は実測波形と比較的よく一致しているが、振動加速度は多少大きくなっている。これは、解析で用いた人為的につけた軌道のそりが実測の状態と多少異なっていたことが考えられる。今回の全測定列車について解析を行なったが、解析結果は実測結果と全体的によく一致していることが確認された。

5. あとがき

今回、鋼桁部材間の温度差が列車走行に与える影響を軽減するために、主桁上下フランジに断熱材を取り付け、その効果を実橋測定及び解析により確認した。その結果、断熱材の施工により温度差による桁のたわみ変動を昼夜を通じ±4mm程度におさえることができ、車両動揺加速度は全体的に改善された。

参考文献

- 1) 村田他, 鋼桁部材間の温度差が列車走行に与える影響(その1), 第40回土木学会年次学術講演会
- 2) 川上他, 同 (その2), 同

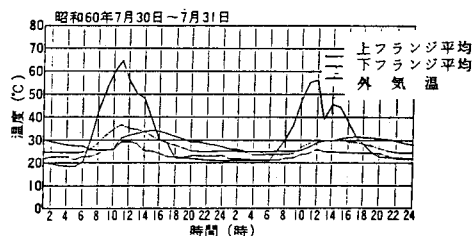


図-4 桁各部の温度変化(実測値)

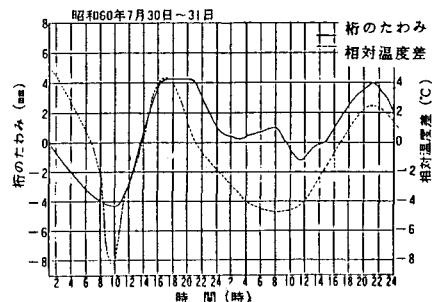


図-5 桁のたわみの時間的変化

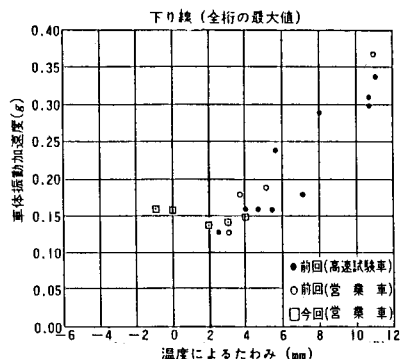


図-6 動揺加速度と温度による桁のたわみ

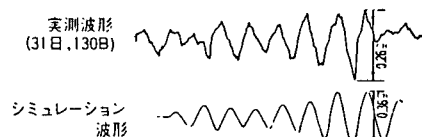


図-7 実測波形と解析波形の比較