

熱ひずみ効果（熱プレストレス工法）による合成桁橋の開発・研究

(株)神戸製鋼所 正会員 ○山口邦彦
(株)神戸製鋼所 正会員 沼田 克
大阪市建設局 西尾 久
福井工業大学 正会員 中井 博

1. まえがき

従来、プレストレスする連続合成桁のプレストレス導入法には、中間支点の Up/Down か、内・外ケーブルなどが利用されてきた¹⁾。しかし、その設計・施工は、煩雑であった。本文では、加熱した鋼材の補強部材でプレストレスを導入する熱プレストレス工法を報告する。この工法によると、中間支点の Up/Down が不要で、連続合成桁が容易に建設できる。この工法の有用性を調べるために、単純桁に対して熱プレストレス工法の実験を行い、プレストレス導入効果とその施工性を確認した。また、この工法は、単純桁の連続化や、その他として既設橋梁の補修や床版の補強への応用も可能であることを示す。

2. プレストレス工法

熱プレストレス工法は、鋼材の補強部材を、加熱などにより温度伸縮した状態で鋼桁に定着し、熱応力効果でプレストレスを与えるものである。試算によると、桁と補強材との断面積比、および曲げ剛性などによりその効果が変化するものの、相対温度差 60℃で、補強部材には、約 120N/mm²程度の応力度が導入できる。この応力度に断面積を乗ずれば、プレストレス力が、得られる。プレストレス導入法は、引張・圧縮の両方が可能なこと、またプレストレス力の付与位置が自由になることにより、その組合せは、多岐にわたる。実設計における熱プレストレス力は、補強材の断面積、および温度差をインプットすれば、構造系を骨組フレームとみなして、変位法で解析することができる。

3. 単純桁での実験

熱プレストレス法は、補強材の加熱、および定着のための人為的な作業が不可欠になる。その施工性、および導入プレストレス量の妥当性を検討するために、切り出しスパン約 4m の老朽補修桁の下フランジのカバープレートに熱プレストレス工法で応力を導入する実験を行った（写真-1 参照）。カバープレートの加熱は、ガスバーナーの使用のもとに、相対温度差 35℃を目標にして、約 1m 範囲を局部的に加熱した。そのとき最高温度は 145℃に達したが、特に断熱、および冷却は不要で、所定の温度差を与えることができた。そして、温度伸縮量は、目標値 1.60mm に対して 0.09mm 以内におさまった。また、その導入応力度は、計算値の 87%であった。ところが、フランジの水平面に 4mm のそりが発生した。これは、①補強断面が溶接 L で初期曲がりがあった、②取付け後の形状がπ形で、下フランジの面内剛性不足によるフランジ面内曲げが発生した、および③カバープレート図心と定着ボルトの偏心による曲げが発生したことなどに起因したと思われる、今回の実験桁断面のみの特異事象と考えられる。熱プレストレス工法による応力導入は、歪み制御にもとづく補強部材の温度伸縮量の管理さえすれば、正確な応力導入が可能となる。



写真-1 熱プレストレスを与える実験状況

4. 連続桁などへの応用

4.1 連続合成桁

床版内の橋軸方向に配置した PC 鋼材によるプレストレス導入工法によると、支点部に正曲げプレストレスを導入できるものの、支間部には、負曲げモーメントが働く。そのため、プレストレスの導入範囲が広くなり、結果的には、支点の Up/Down も併用する必要がある²⁾。これに対して、熱プレストレス工法によると、プレストレスの付与位置が自由にとれ、たとえば合成断面の図心に合わせたとき、負曲げモーメントが 0 となり、軸方向力による応力度のみが導入できる。逆に、支間部で負曲げプレストレスを与えると、支点部に正曲げモーメントが発生できる。すなわち、プレストレスの付与位置を変化させ、これを巧みに組み合わせれば、連続合成桁に要求される理想的なプレストレスを導入することができる。支間(50+50+50)m の連続合成桁の試算によると、まず、支点部のプレストレス導入は、上フランジ下面と腹板上部との 2 箇所でも可能であった。そのプレストレス力は、それぞれ 1,800kN (75℃)、および 2,500kN (70℃) であった。つぎに、側径間部のプレストレスは、腹板下端のみでも可能であった。そして、そのプレストレス力は、400kN (40℃) であった。これだけで、フルプレストレスの連続合成桁が、具現化できることがわかった。

プレキャスト床版は、橋軸方向にもプレストレスを与えて使用するのが原則である。しかし、橋軸方向 PC 鋼材を床版内に配置すれば、何年かの供用後の損傷を起こしたプレキャスト床版の取替えが、重大な課題となる³⁾。これに対して、熱プレストレス工法は、床版内に緊張材を配置しないので、PC 版の製作も簡素となり、取替えも容易となる。

4.2 単純桁の連続化

既設単純桁を連続化する工事が、最近、多くの工法で施工されている。単純桁を連続化すると、当然、活荷重が連続桁として作用するので、中間支点付近には、負の曲げモーメントが卓越することになる。そこで、主桁連結材の上フランジ側の部材を負曲げ区間内まで延長し、熱プレストレス工法で合成断面にプレストレスを与えることで、既設単純桁の連続化が可能となる。

4.3 既設橋梁の補修

既設鋼桁断面の従来の一般的な補強方法には、以下の工法がある。すなわち、①鋼桁に鋼材を高力ボルトで取付けることにより、鋼桁断面を増加させる。②外ケーブルを取り付け、プレストレスを与えることにより、応力の改善を行う。

熱プレストレス工法による補強は、上記①、および②の利点を組み合わせたもので、外ケーブル

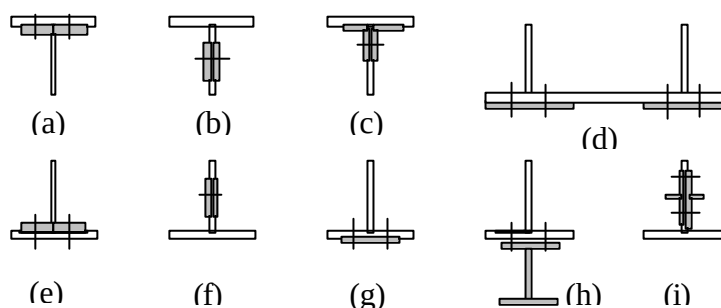


図-1 補強方法と断面形状

を用いず、鋼材を補強断面としたうえ、さらにプレストレス応力も導入する工法である。図-1 には、これらの断面の概略形状を例示する（斜線を入れたものが、補強断面）。このうち同図の(h)は、H 形鋼を使用した逆曲げ補強で、床版取替え工法で外ケーブルを使用したものに対応する。

4.4 床版の補強

床版のひびわれは、張出し床版部の橋軸直角方向に多くの発生がみられる。このひび割れの原因としては、施工上の問題のほか、コンクリートの乾燥収縮を鋼桁が強く拘束しているという構造的な原因も考えられる。とくに、従来の多主桁、および箱桁の床版は、コンクリート断面積が鋼桁断面積に比べて少ないので、他の橋梁構造物よりも過酷な拘束条件下にあるといえる。これに対して、たとえば連続桁の中間支点近傍の交番応力区間に補強部材を取り付け、熱プレストレス工法を適用すれば、これらの問題が直ちに解決できる。

参考文献 1) 橋 善雄：連続合成桁橋、理工図書、2) 中井 博・北田俊行：鋼橋設計の基礎、共立出版、3) NCB 研究会：新しい合成構造と橋、山海堂、1996 年 2 月。