

I-321

モーメント連結法を用いた連続箱桁橋の一括架設工法における現場溶接の検討

関西国際空港株式会社 正会員 保坂鐵矢
 関西国際空港株式会社 正会員 岸田明雄
 関東東京鉄骨橋梁製作所 正会員 ○ 桜井 孝

1 まえがき

関西国際空港連絡橋の道路橋連続箱桁は完成系で設計し、モーメント連結工法によって架設時の断面力を導入し、鋼床版のデッキプレートのみを現場溶接とする(図-1)構造とした。

モーメント連結工法はFCで吊ったまま無応力で連結部の高力ボルトを本締めした後、直ちにFCの吊荷重を解放する工法であるが、鋼床版の現場溶接を行うには相当な期間が必要である。そこで本橋では現場溶接が完了するまでの間、鋼床版に作用するはずの力を肩代わりするためにT型治具を用いる。

以下は次の事項について着目して検討したものである。

- 各架設段階毎および完成系の応力を照査する。
- 鋼床版の現場溶接による残留応力を推定する。
- 腹板の高力ボルトの先締め範囲を決定する。

2. T型治具の設計

この治具は図-2に示すように、継手部の腹板上にT型の梁を溶接した単純な構造であり、この治具、下フランジ、および腹板の先締め部の断面にたいしてモーメント連結時の断面力を作用させて通常の梁計算で設計した。

3. 溶接熱収縮概念モデルによる収縮量の推定

溶接熱収縮概念モデルはデッキプレートの収縮力(F_d)と腹板およびT型治具の拘束力が釣り合うことから、デッキプレートの断面剛性(K_d)と腹板およびT型治具の拘束力($K_w + K_T$)からなる直列バネとして図-3のように考える。腹板取付部の拘束を考慮したデッキプレートの収縮量 S_d は次式で表される。

$$S_d = S_0 \cdot K_d / (K_d + K_t + K_w)$$

$$K_d = E \cdot A_d, \quad K_t = E \cdot A_t, \quad K_w = E \cdot A_w \cdot x^2 / 2$$

ただし A_d , A_t , A_w はデッキプレート、T型治具、腹板の断面積を、 x は腹板の先締め範囲を下から桁高との比率で示す。

ここで溶接自由収縮量(S_0)はSpraragenの式、およびこれまでの実施例から溶接線当たり2.0mm、片持梁モデルではその半分の1.0mmとする。本橋では1/3拘束の場合の収縮量(S_d)は表-1に示すように片持梁モデルで0.69mmとなる。

4. 立体FEM解析

モデルは継手部を固定とする片持梁(図-4)とする。

1) Step1: モーメント連結時の解析はT型治具、下フランジ、および腹板の先締め部分(1/3, 2/3)のみを拘束し、架設時の断面力を載荷する。

2) Step2: 現場溶接の解析は溶接自由収縮相当分(片持梁で1mm)を第1列目の要素 200mm 幅に -417° の温度として作用させる。

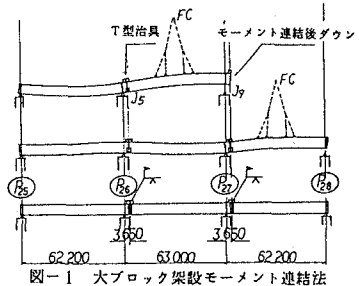


図-1 大ブロック架設モーメント連結法

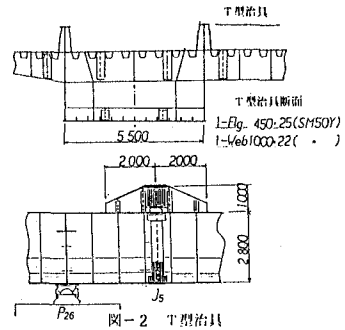


図-2 T型治具

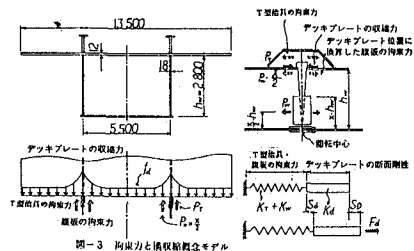


図-3 拘束力と収縮概念モデル

表-1 断面剛度と収縮比

		1/3拘束	2/3拘束
デッキプレート	A_d	810cm	810cm
T型治具	A_T	333cm	333cm
腹板拘束	$A_w \cdot x^2/2$	28cm	112cm
収縮比	S_d/S_0	0.69	0.58

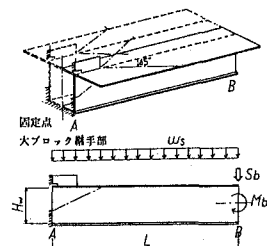


図-4 立体FEMモデル

3) Step3: T型治具の撤去の解析は腹板の後締め部を拘束して、治具に作用していた架設時反力および溶接拘束力を解放する。

4) Step4: 後荷重の解析は完成系断面に後荷重載荷する。

5. 解析結果

図-5に現場溶接時の全体変形を、図-6に腹板の残留応力分布を、また腹板拘束 1/3の場合の各段階毎のデッキプレートの応力分布を図-7に、腹板および治具の応力分布を図-8に示す。

1) T型治具の応力は上端よりも下端(主桁との接合部)で大きくなるが、そのレベルは設計計算で求めたものと同程度である。

2) T型治具取付部での溶接収縮量は0.65mmとなり、熱収縮の概念モデルの計算値0.69mmに近い値である。

3) 現場溶接によるデッキプレートの橋軸方向残留応力は、腹板の拘束範囲にあまり関係せず、腹板近傍の狭い範囲で一時的に降伏応力に達するが、T型治具の解放で約1/2が相殺され、弾性範囲内の応力となる(図-7)。

4) 腹板の残留応力は図-6に示すように先締め部の上端付近で最大となる山形の分布形状であり、先締め範囲を1/3、2/3と大きくすると、その最大はそれぞれ約500、800kg/cm²と増大する。

6. まとめ

1) 架設時のT型治具による力の移り変わりは、残留応力を別にすれば、治具による応力集中の影響が相殺して、最終的に完成系の応力分布に近いものとなり、すべて許容応力を満足する。

2) 溶接熱収縮量は簡単な概念モデルで概略の想定ができた。また弾性解析ではあるが、FEM解析によって本橋の残留応力分布を推定することができた。

3) 現場溶接によるデッキプレートの橋軸方向応力は腹板付近の狭い範囲で応力集中があるが、治具の解放で緩和され、完成系ではすべて弾性範囲内の応力となり、これまでの実績から十分安全であると推定できる。

4) 本橋の連結部は完成系で負の曲げ領域にあり上側に水平補剛材がないので、腹板の先締め範囲が大きくなると座屈変形を生じさせる恐れがあることから、その範囲を下から1/3程度までとすることにした。

最後に鋼床版形式の道路橋は舗装構造よりデッキプレートを現場溶接とする工法がこれからも主流を占めるものと思われる。連続構造で本橋のようにモーメント連結工法を用いる場合に、架設治具および現場溶接による付加応力の検討について、一手法を報告した。今後の工事の参考になれば幸いである。

<参考文献> 桜井、新井「鋼床版の現場溶接による腹板の残留応力と変形」東骨技術報 No24 S.62 9

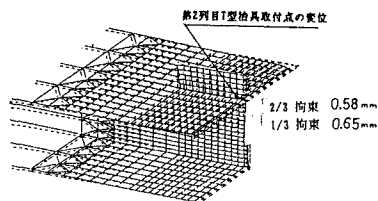


図-5 現場溶接による変形図

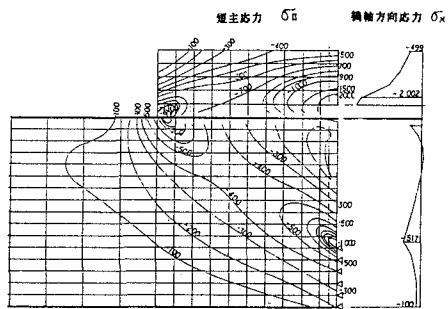


図-6 a 1/3 拘束における腹板の応力分布

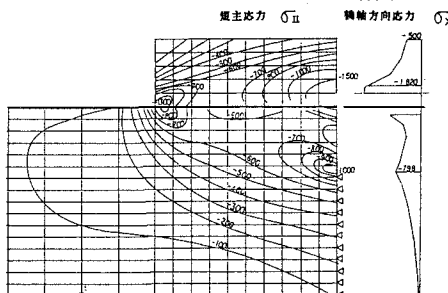


図-6 b 2/3 拘束における腹板の応力分布

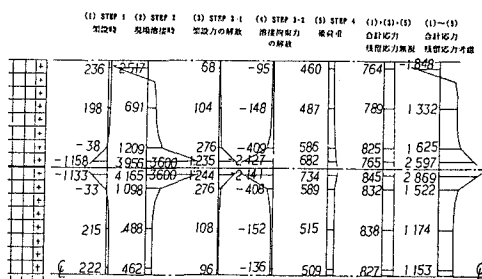


図-7 各段階毎のデッキプレートの応力分布

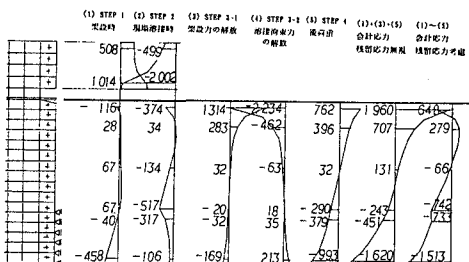


図-8 各段階毎の腹板の応力分布