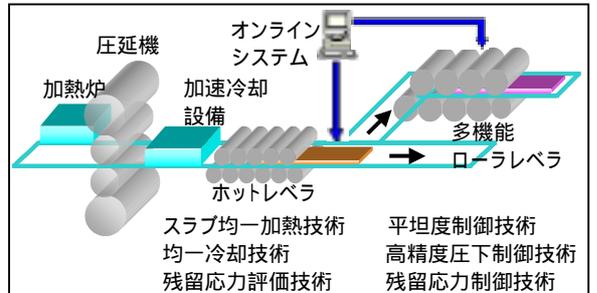


残留応力制御型鋼板の実橋への適用結果

(株)神戸製鋼所 森本禎夫¹⁾, 正会員 小林克壮¹⁾, 小林洋一郎¹⁾, 正会員 古川直宏²⁾
 川田工業株式会社 川田裕明³⁾, 野田清之³⁾, 増井利弘³⁾

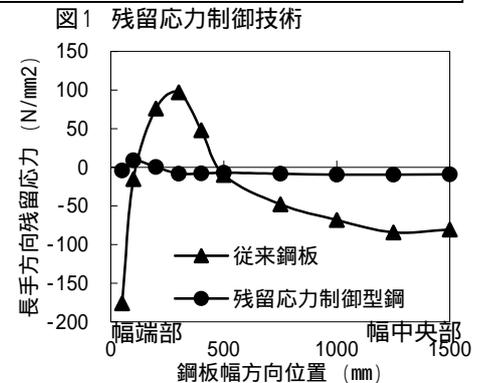
1. 緒言

橋梁・船舶等の鋼構造物に使用される厚鋼板には加熱・圧延等の鋼板製造工程で生じる鋼板内の温度偏差に起因した残留応力が少なからず内在しており、部材切断や溶接等の施工時の寸法精度に悪影響をおよぼすことがある。近年では、残留応力を低減した厚鋼板(残留応力制御型鋼板)が実用化され、造船分野において工作精度や施工効率の改善効果があることが報告されている¹⁾。本報告では、箱桁橋の箱桁ブロックの製作に残留応力制御型鋼板を適用し、工作精度を調査した結果について述べる。



2. 残留応力制御型鋼板の概要

残留応力制御型鋼板については、図1に示す製造技術を適用することで加熱・圧延・冷却工程に起因した残留応力の発生を最小限に留め、多機能ローラレベラでの矯正により残留応力を制御している。図2は、本鋼板と残留応力を制御していない従来鋼板について穿孔法により測定した板幅方向の残留応力分布の一例を示しているが、本鋼板のそれは均一なものになっていることがわかる。



3. 箱桁ブロック製作におけるフランジパネルの FEM 変形解析

残留応力制御型鋼板を用いた箱桁ブロックの製作に先立ち、工作精度におよぼす施工の影響を明らかにするため、熱弾塑性 FEM による変形解析を実施した。解析対象は、箱桁ブロックの長さを管理する上で重要なフランジパネルであり、鋼板からフランジパネルをガス切断で切り出した場合とフランジパネルにリブを溶接した場合について、フランジパネルに生じる残留応力分布と長さ変化量を算出した。

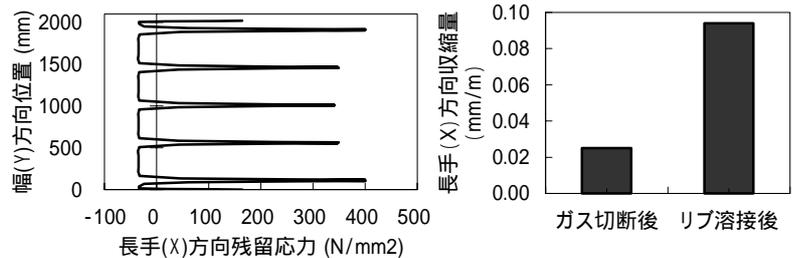
表1 解析条件

NO.	工程	入熱量 (J/cm)	熱効率	入熱の取り扱い	要素	モデル領域	拘束条件
1	ガス切断 (一筆書き)	15,100	0.36	移動熱源	4 節点 平面応力要素	1/1 モデル	面外変形を拘束
2	水平リブ溶接	15,500	0.70	移動熱源	4 節点 平面応力要素	1/1 モデル	面外変形を拘束

表1に解析条件、図3に解析モデルを示す。ガス切断とリブ溶接の入熱の影響については、切断線あるいは溶接線に移動熱源を与えることで考慮した。また、鋼板の初期残留応力は存在しないものとした。



図4は、フランジパネルに生じる残留分布を示しているが、ガス切断線と溶接線の近傍にはそれらの入熱の影響により鋼板の降伏点に相当する残留応力が発生し、この残留応力とガス切断線・溶接線以外の部分の残留応力が釣り合うように残留応力分布が形成されていることがわかる。こうした残留応力分布によるフランジパネルの単位長さあたりの長手方向収縮量は、図5に示すように、ガス切断によるものが0.025mm/m、リブ溶接によるものが0.094mm/mでありガス切断とリブ溶接を合わせて0.119mm/mになる。



キーワード : 残留応力制御型鋼板、箱桁ブロック、フランジパネル、工作精度、長手方向収縮量
 1) 〒675-0023 兵庫県加古川市尾上町池田 2222-1 (株)神戸製鋼所 加古川製鉄所 TEL0794-27-5022
 2) 〒141-8688 東京都品川区北品川 5 丁目 9-12 (株)神戸製鋼所 厚板商品技術部 TEL03-5739-6261
 3) 〒764-8520 香川県仲多度津郡多度津町西港町 17 川田工業株式会社 四国工場 TEL0877-32-5115

4. 箱桁ブロック製作への残留応力制御型鋼板の適用

図6に、残留応力制御型鋼板の実橋への適用個所を示す。製作した箱桁ブロックは12体であり、各ブロックのフランジパネルについて施工で生じる長さ変化を測定した。表2に対象フランジパネルの明細、図7に長さ変化の測定位置と測定タイミングを示す。長さ変化は、罫書き位置を「スチールテープ」に転写するという方法により幅方向の6箇所測定した。また、「スチールテープ」に転写した罫書き位置の変化量の読み取りは拡大投影機(×10)により1/100mm単位で実施した。

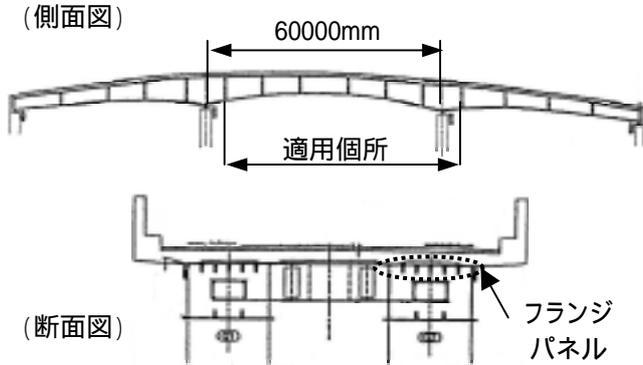


図6 適用個所

表2 対象フランジパネルの明細

フランジNO.	サイズ 厚 mm × 幅 mm × 長さ mm	鋼板規格
~	17 ~ 24t × 2020W × 9388 ~ 12301L	SM490Y

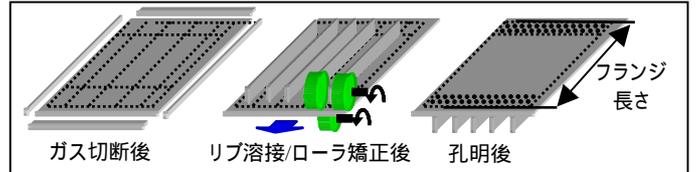


図7 長さ変化の測定位置と測定タイミング

図8に測定結果を示す。同図には、残留応力を制御していない従来鋼板(SM490Y)を用いて今回とほぼ同型の箱桁ブロックを製作したときのフランジパネルの長さ変化を測定した結果も合わせて示している。残留応力制御型鋼板の場合、ガス切断後、リブ溶接/ローラ矯正後、孔明け後のいずれにおいても長手方向収縮量のばらつきは従来鋼板に比べ小さくなっており、さらに、リブ溶接/ローラ矯正後と孔明け後で長さ収縮量は変化しないことがわかる。また、残留応力制御型鋼板では、ガス切断後とリブ溶接/ローラ矯正後の長さ収縮量の平均値は前述の FEM 変形解析結果と良く一致している。こうしたことから、残留応力制御型鋼板を適用した場合の工作精度は施工要因によりほぼ決定されるものの、従来鋼板を用いたときの工作精度は施工要因に加え板内の残留応力の影響を受けてばらつきが大きくなると考えられる。

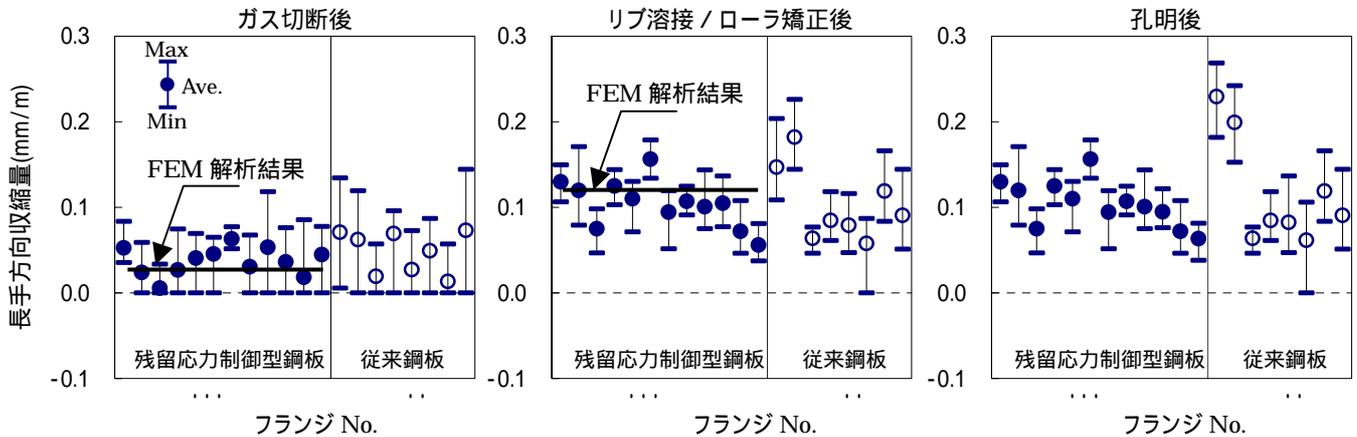


図8 測定結果

また、今回製作した箱桁ブロックによる実橋の仮組検査において、主要検査項目である支間長の規定値に対する誤差は+3.6mmであり、許容範囲(±15.5mm)よりも十分小さい値となっていた。このことは残留応力制御型鋼板の使用により箱桁ブロックの構成部材であるフランジパネルとウェブパネルの工作精度のばらつきが低減したことが寄与しているものと思われる。

5. 結言

箱桁ブロックの製作に残留応力制御型鋼板を適用した結果、フランジパネルの長さ収縮はガス切断とリブ溶接の入熱により生じ、収縮量のばらつきは従来鋼板に比べ小さくなることが確認できた。こうした部材の工作精度の向上は箱桁ブロックの仮組検査において良好な結果を得るのに寄与した。

参考文献

1)谷、上田、大江、宮崎、中島：残留応力制御型 TMCP 鋼板の有効性検証(第2報)，日本造船学会論文集，第190号(2001)，pp599-606