

三木千寿
中村勝樹 共著
遠藤秀臣
等農克巳

“仮付け溶接の長さとしヒールクラックの発生について” への討議・回答

(土木学会論文集, 第404号 / I-11 1989年4月掲載)

▶ 討議者 (Discussion)

鈴木博之 (大阪大学)

By Hiroyuki SUZUKI

本稿では、道路橋方書鋼橋編第15章3.3.(6)の仮付け溶接の規定¹⁾の緩和の可能性について実験により検討を加えられています、いくつかの疑問をもちましたので、質問したいと思います。

(1) 「1. はじめに」で述べられているように、ヒールクラックは、T継手の初層すみ肉溶接において、下板のルート部より発生し、ポンドのごく近傍のHAZに沿ってビードを剝離するように進展する割れですから、硬さについては下板のポンドおよびHAZの冷却速度を測定し、論じる必要があると思います。仮付け溶接の規定の根拠となった研究は、本稿においても参考文献²⁾として挙げられている木原らの研究です²⁾。木原らの研究においては、Fig.1のようにしてポンド部の温度を測定しています。本稿では、「3.(6)溶接部冷却速度の影響」において、「溶融池にサーモカップルを挿入して冷却速度を計測した」とありますが、このデータを用いてHAZの硬化について論じることは適切でないと思われるのですが、いかがでしょうか。

(2) 仮付け溶接の規定を緩和するためには、この規定の根拠となった実験事実を否定することが必要であると思います。この規定の根拠は、上述のように木原らの研究です。したがって、木原らの実験結果と対比できるかたちで実験を行い、実験結果を整理し、考察することが必要と考えます。

さて、木原らの実験結果を Fig.2 に示します²⁾。図中

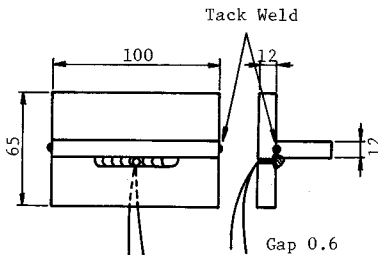


Fig.1 Dimension of Specimen.

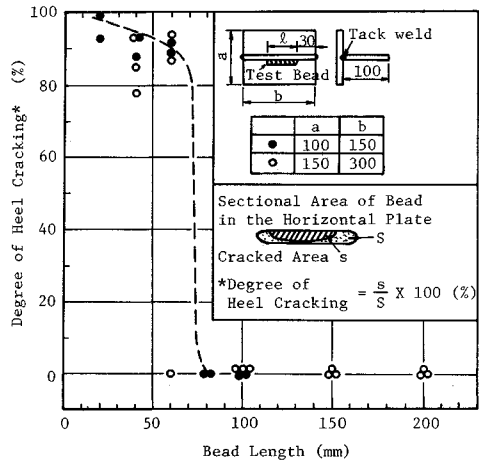


Fig.2 Effect of Bead Length on Heel-Cracking.

に示されているように割れ率として、

$$\frac{s}{S} \times 100 (\%) \dots \dots \dots (1)$$

ここに、sは割れ破面の面積

Sは下板上の溶接ビードの面積

が用いられています。本稿において、この図に対応するのは図-5であると思います。木原らの割れ率の定義と異なり、次式に示す平均割れ率を用いられた理由をお教え下さい。

$$\frac{(\text{各試験体の割れ長さの和})}{(\text{試験溶接長}) \times 3} \times 100 (\%) \dots \dots \dots (2)$$

(3) また、Fig.2に示す木原らの実験結果「溶接長80mmで割れ率が0%」と本稿において図-5に示されている実験結果「溶接長100mmでも割れが発生している」の相違についての考察がなされていないように思われるのですが、この違いは、採用した割れ率の違いによるものなのか、脚長の違いによるものなのか、炭素量の違いによるものなのかあるいは他の要因によるものなのか、お考えをお教え下さい。脚長については、実験方

法のところで「脚長は4 mmを主体とし、一部6 mmも実施した」とありますが、図-5の実験結果の脚長がはつきりしないのですが、この点はいかがでしょうか。

(4) 「4. おわりに」において、「本実験の範囲でヒールクラックが発生してはいけないという観点から仮付け溶接長について、③その他は現行どおり80 mm以上」と提案されておりますが、図-4, 5, 6, 7, 8では溶接長100 mmでもクラックは発生しています。著者らも図-4および6の説明において、ヒールクラックが発生したことを述べられています。矛盾していると思うのですが、いかがでしょうか。

(5) 「4. おわりに」において、鋼材の板厚および炭素当量により例外として仮付け溶接長を短くする提案がなされています。橋梁製作工場においては、多種多様な板厚および炭素当量の鋼材が取り扱われています。そのような状況において板厚および炭素当量により仮付け溶接長を変えることが可能でしょうか。仮付け溶接長を部

材にマーキングしたうに、溶接技術者が目視により板厚を確認することができるので、板厚により溶接長を変えることに伴う誤りは、ないとはいえないが、少ないようにも思われるのですが、炭素当量により溶接長を変えることに伴う誤りは、比較的多く発生するのではないかと思います。この点に関するお考えをお教え下さい。

最後に、討議者も鋼構造物製作の省力化の点から仮付け溶接長の制約の緩和に関する研究が必要であると考えていることを申し添えます。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，pp. 337～359，昭和55年2月。
- 2) 木原 博・稲垣道夫・堀川一男・栗山良員：50 kg/mm²級高張力鋼すみ肉溶接部の割れについて—ヒールクラックについて—，溶接学会誌，第39巻，第3号，pp. 50～60，1970.3.

(1989.10.5・受付)

▶回答者 (Closure)——三木千寿 (東京工業大学)・中村勝樹 (駒井鉄工)・遠藤秀臣 (桜田機械)・等農克巳 (NKK)

By Chitoshi MIKI, Katsuki NAKAMURA, Hideomi ENDO and Katsuki TONO

私共の報告に対して討議をいただき感謝いたします。

さて、討議は私共も研究のベースとした木原らの研究との比較が中心となっており、私共の実験条件が木原らのそれと異なることから、木原らの研究結果に基づいて設定された最小溶接長80 mmに対しての再検討の資料にはならないということだと思います。いうまでもなく、木原らの研究と同じ材料を使い、すべて同じことをやれば同じ答えがでるのは自明のことです。

現在の橋梁の製作をみると、昭和40年代初期に比べて鋼材や溶接材料等が改善されており、冷間割れの発生の可能性は低下しているのではないかと考えたことが、このような検討を行うこととした動機です。また、本文中にも示したようにディテールによっては最小80 mmの仮付け溶接は不可能なことがあり、そのような場合でも割れは経験していないこと、船舶、水圧鉄管やBSなどの基準類では短い仮付け溶接(50 mm程度)を認めていることなども背景にあります。もちろん、本文中にも述べているように、木原らの研究については数編の発表論文のみではなく、未発表のデータまで入手し、また、当時その研究の分担者に対して問い合わせるなど詳細に検討しております。

私共の実験で木原らの研究と異なっている主な点は以下のとおりです。

(1) ルートギャップを木原らは0.6 mmにしていますが、ここでは1 mmとしました。これは道路橋示方書

で許容されるルートギャップ量1 mm規定に合わせるためです。

(2) 木原らはビード長の影響を調べるための実験では鋼材を-25°Cに余冷していますが、橋梁の施工状態を考慮してここでは5°Cおよび20°C(常温)としました。これは割れに関してかなり本質的な変更になり得る可能性があると思われれます。しかし、木原らよりも割れの発生が高かったことから結果的には問題はなかったと考えられます。

(3) 木原らは主として板厚12 mmの試験体を用いてビード長の影響を調べています。ここでは、プレートガーダーのフランジとウェブを想定して上板9 mmと下板35 mmの組合せを中心としています。本文にも示したように12 mmの試験体も用いています。試験の結果、ヒールクラックの発生に対してビードの拘束状態がかなり支配的な因子であることから、この板厚の差も木原らの結果との差の原因の1つと考えられます。

以下に討議について順次回答します。

(1) 冷却速度測定位置の相違について

SAW(サブマージアーク溶接)などの大入熱溶接のHAZの冷却速度はビード表面とビード底面では大きな差ができますが、今回実験したGMAW(CO₂溶接)やSMAW(被覆アーク溶接)ではビード底面とビード表面での冷却速度はほとんど差が出ないため、ビード表面側にサーモカップルを挿入して計測し、HAZの硬化に

ついて論じています。ただし、本研究の主題である割れが発生するか否かについては、冷却速度とではなく、硬さとの関連において検討しており、したがって冷却速度の測定位置の相違は本研究での結果には関係ありません。

(2) 平均割れ率について

ご指摘のとおり、面積と長さでは多少の差はあると考えますが、割れの性状から面積が大きければ長さが長いという関係があります。割れ感受性として問題にすべきは、割れるか割れないかということにあるとの考えから、また、健全部と割れ部の境界がきれいな直線あるいは曲線とはならず、不規則な線となるため割れ部の面積を求めることは容易ではなく、長さを基準にして平均割れ率としました。すなわち平均割れ率は割れの基だしさの欠度としてとらえれば面積を用いても、長さを用いても差はないと判断しました。また、JISの各種の割れ試験では割れ率を長さで求めるように規定されており、測定のしやすさを考えると長さを基準にする方が実用的であると考えています。

(3) 「溶接長 100 mm でも割れが発生している」ことに対する考察

図-5の脚長は4 mmであり、木原らの実験結果との相違は、まずギャップが1.0 mm (木原らは0.6 mm)と大きく、炭素当量が高い(0.42%)場合、溶接長100 mmでも割れることがあります。一方、ギャップが0.6 mmの場合、炭素当量が0.42%にて溶接長100 mmでもヒールクラックが発生しています。

この点からは木原らの結果と相違することになりますが、その要因として考えられるのは、試験方法、特に木原らは非拘束といえ試験片の上板と下板を組み立てるためにそれらの両端は小さいTack weldをしており、多少拘束された状態での試験になっているため、割れ感受性が低下していたと思われます。今回の実験は試験片の上板と下板の両端の仮どめをできるだけ小さくした非拘束型試験であり、かなり厳しくヒールクラック感受性を

評価したためと考えております。

(4) ③「その他は現行どおり80 mm以上」の提案と図-4~8では溶接長100 mmでもヒールクラックは発生していることの矛盾について

ご指摘のとおり、今回の実験範囲のいくつかの条件では溶接長100 mmでもヒールクラックの発生がみられた。この点については今回の試験方法が木原らの方法に比較しても厳しい方向にあったためではないかということ、さらに現実の施工において今回の試験方法のような非拘束ということは考えにくいことを勘案して、「現行どおり80 mm以上は問題ない」と判断しました。またそのことを明らかにする目的で実大試験体を用いて拘束の程度と割れ発生についての検討を行っており、まともりしだい発表します。

(5) 仮付け溶接長の管理について

今回の結論としては、ある程度の制約(板厚、炭素当量)を設定することが安全側の管理になることはご理解いただけたと思います。

管理の複雑さについては当面橋梁製作工場の努力をお願いすることにならざるを得ないと考えます。実際には次のような方法が考えられます。

a) $C_{eq} \geq 0.36$ に関して

JIS G 3106「溶接構造用熱間圧延鋼材」のTMC材を使用すれば橋梁用のほとんどの部材が $C_{eq} \geq 0.36$ をクリアし、製作サイドとしては管理しやすいと思われます。

b) $t_{max} \leq 12$ mm に関して

橋梁のI桁のWebと中間補剛材、I桁のWebと水平補剛材についてはほとんどが $t \leq 12$ mmと思われ管理上問題がないと思われます。また箱桁のWebと中間補剛材、箱桁のWebと水平補剛材もかなりの部分で $t \leq 12$ mmと思われ、適用の用途はかなりのピースの取付けに好影響を与えられると思われ。

(1990.3.9・受付)