



超高張力鋼の溶接割れ性評価のための新しい割れ試験法について

松 田 福 久*

1. はじめに

構造用高張力鋼の溶接部に発生する、いわゆる“冷間割れ”は、溶接部の硬化、水素および拘束力の3つの要因に起因する割れであることは広く知られている。そしてすでにこれらの要因についての研究は広範囲に行われている。

溶接部のこのような冷間割れ感受性を評価するための試験法も各種のものが開発されており、それらの代表的なものとしては、たとえば、鉄研式やリーハイ式スリット割れ試験法、TRC および RRC 試験法ならびに最近のインプラント試験法などがある。筆者らは、これに対して最近の超高張力鋼の溶接割れ形態の特徴を利用して、小型で簡便な溶接ビードの縦方向の引張り形式の冷間割れ試験機（LB型割れ試験機、LBは Longitudinal Bead の略）を試作し、これを利用してデータを発表している。この試験機を試作したいきさつについて簡単に触れてみたい。

2. 溶接割れのマクロ形態

TRC 割れ試験における溶接部の一般的なマクロ断面を図1に示す。これはY開先に溶接ビードをおいた断面である。溶接金属部の高さはせいぜい7～8mmである。これに対して、従来の高張力鋼、たとえばHT50、HT60およびHT80などの冷間割れの発生は溶接熱影響部（HAZ）に発生する。HT60とHT80において発生した割れのマクロ形態をルート部のみについて拡大して示したのが図2(a)と(b)である。いずれも溶接ルート部の右側 HAZ に発生し、HAZ 域に沿って成長している。これらの図には見られないが、HAZ に沿って成長したの

ち、最後には溶接ビード中へと曲がり最終破断に到るのが普通である。しかるに一方、最近の

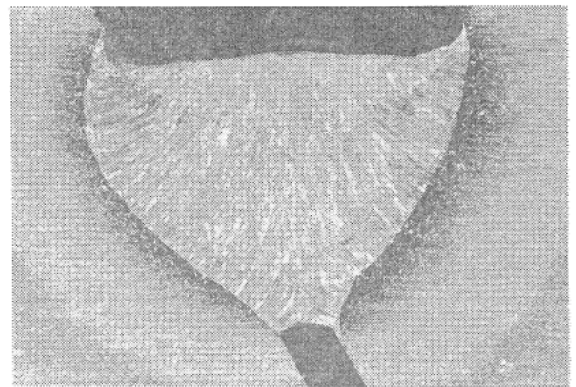
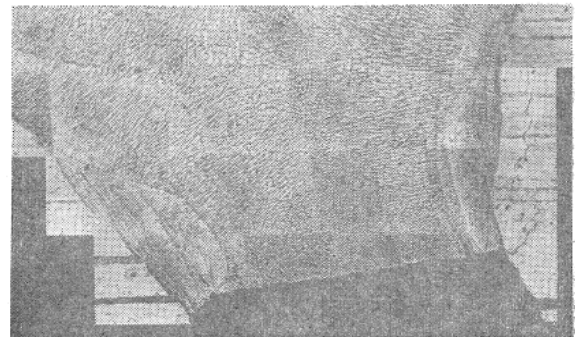
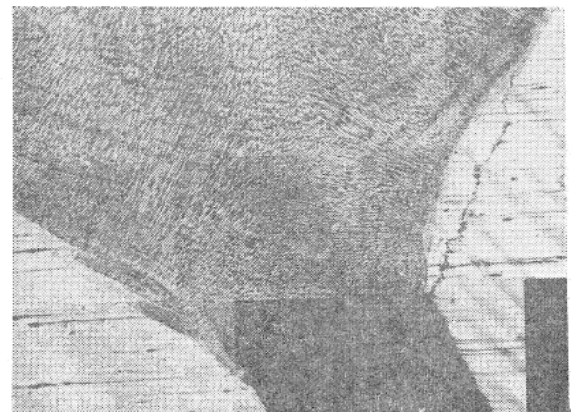


図1 TRC割れ試験片の断面マクロ写真例 (HY110タイプ鋼)



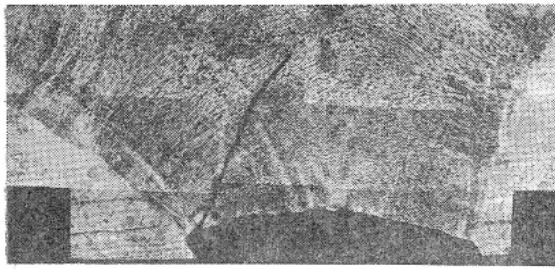
(a) HT60鋼



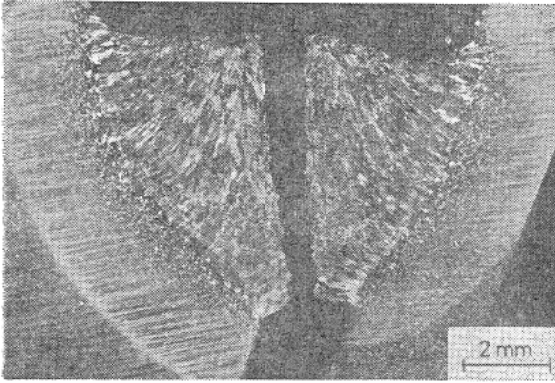
(b) HT80鋼

図2 TRC割れ試験片における割れ発生状況の顕微鏡写真例

*松田福久 (Fukuhisa MATSUDA), 大阪大学, 溶接工学研究所, 教授, 工博, 溶接工学



(a) HY110タイプ鋼 (顕微鏡写真)



(b) HY130タイプ鋼

図3 TRC割れ試験片における割れ発生状況の例

HY-110 (HT90クラス) や HY-130 (HT100~110クラス) タイプのいわゆる超高張力鋼の鋼材では、その割れのマクロ形態がやや異なってくる。たとえば図3(a)にHY-110のTRC試験後のルート部近辺の割れの形態を示すが、溶接ビード中に発生している。さらにHY-130では図3(b)に示すように、ルート部から溶接ビード中に発生し、そのまま割れが成長し破断してしまうことが多い¹⁾。このように溶接ビード内で割れが発生する傾向は、すでにHT80程度の鋼材の溶接部から見られる。すなわち、HT80クラス鋼の近辺が通常の溶接条件や割れ試験法で割れがHAZに入ったり、溶接金属部に入ったりする境界的な鋼材といえる。このような境界の鋼になると、溶接部の水素量の大小や拘束度の大小などによって割れの発生の形態が異なってくる。筆者らの実験では、HT80鋼の溶接部で、拘束が同一でも水素量がやや多く、短時間で割れが発生するときは溶接ビード内に、また水素量が少なく長時間後で発生するときはHAZ域に入る傾向が見られた²⁾。またCampbellによっても³⁾、C-Mn系高張力鋼に対する割れの発生位置が検討され、拘束度が大きい

場合に溶接ビード中に割れが発生することが報告されている。

さらにHT80やHT100以上の超高張力鋼では、その多層溶接部の溶接金属中に横割れがしばしば発生することがあり、この防止対策も重要課題となっている。

このように、現在の溶接棒を使用すると鋼材が高強度になると、溶接部の割れはHAZに発生していたものが、次第に溶接金属内に発生するようになる。すなわち、現在の超高張力鋼の溶接割れは溶接金属における割れ感受性が問題となるようである。このことは逆の面からみると、超高張力鋼の溶接棒ならびに溶接材料についてはまだ未完成で、今後さらに改良を加える必要があることをも意味している。(割れが溶接金属内から発生する機構については、ここでは触れない)。

3. LB型割れ試験

2. で述べたように、超高張力鋼の溶接部における割れは溶接金属部に発生する。このためこの種の鋼材の溶接割れの研究は、従来のようなHAZ部ではなくむしろ溶接金属についての冷間割れ感受性の検討が重要となってきている。もちろん、従来の割れ試験法においても溶接金属の割れ感受性の検討は十分行えるのであるが、溶接線に直角方向に拘束(引張)力を与える方法では溶接線が長くなるに従い、大きな拘束荷重が必要であり、試験機も大型化する。したがって現在数百~数千トンの試験機が実用的に利用されている。筆者らは上記のように溶接金属内に割れが起こり、溶接金属の割れ感受性を検討するためならば、更に小型の溶接金属部のみの試験法でも十分目的を達するものと考え、縦ビード引張型のLB型割れ試験機を試作した。原理は、2枚の板を突合せ、突合せ面に直角に溶接ビードをおき、溶接後100℃程度に冷却後縦ビード方向に外力を加える。そして遅れ割れ性を検討するのである。試験片の形状はいろいろのものが考えられるが、現在使用している例を示すと図4である⁴⁾。負荷荷重時に偏心荷重がかからないように試験片に溝加工を行っている。試験片を試験機に取付けた状況を図

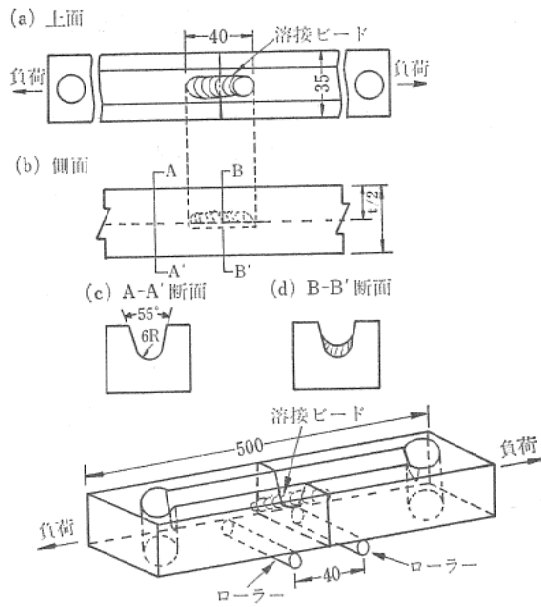


図4 LB型割れ試験片の形状、寸法例

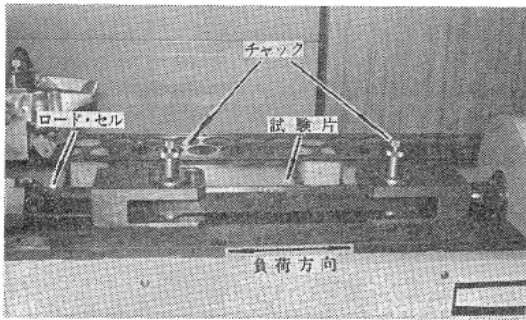


図5 LB型割れ試験片と試験中の写真

5に示す。負荷方式は TRC または RRC のいずれの方式でも良いのである。この方式では溶接金属の断面にのみ負荷されるので、荷重は単層ビードで数〜十トン、また多層重ね溶接部でも十数〜数十トン程度で十分である。このため試験機も極めて小型となる。したがって取扱いも簡便で、一人の実験者によって十分試験を行うことができる。とくに、多数の試作溶接棒の割れ感受性の比較検討などには、簡便に結果が出てくるようである。

LB型試験において問題となる、割れ感受性の異方性に対して、従来の TRC と LB-TRC 試験の比較を行った。図6にHT80に対する拘束応力と破断時間の関係を示すが、その差はほとんどないことがわかる。

LB型試験での他の付加的な利点は破断の断面が小さいことである。これは割れの発生、伝播などを走査型電顕でフラクトグラフィ的に検

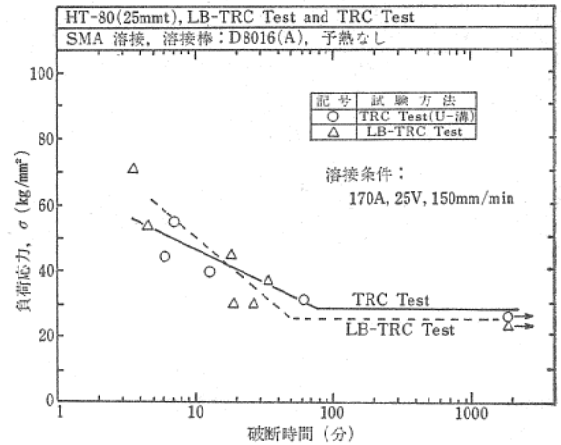


図6 TRC と LB-TRC 試験結果の比較 (HT80)

討するときには極めて都合が良い。従来の試験片では、大き過ぎるため、割れの発生点を探し出すのに大変労力が必要である。さらに他の利点は、試験片が小型であるので、超高張力鋼などのように入手困難な高価な材料を少量で試験することができるなど経済的な面もある。

4. おわりに

試験が小型試験片ででき、その結果が十分評価できるものであれば、省資源、省エネルギー時代からみても小型試験で行う方が好ましいことはいままでもない。筆者らの研究室で、いろいろ討論を重ねている内に、生まれてきた新しい超高張力鋼溶接部の冷間割れ感受性を評価するLB型試験機について紹介を行ってみた。まだまだこの試験法には改良すべき点も多いが、今後、本試験法が超高張力鋼の溶接割れ機構の解明と新しい溶接棒の開発にうまく利用されて行くことを期待したい。

参考文献

- 1) 松田, 他: Fractographic Investigation on Root Crack in the TRC Tert of HY-130 Steel, Trans. JWRI, 6 (1977)2, 59-73 (大阪大学溶接工学研究所報告)。
- 2) 松田, 他: Trans. JWRI, 8 (1979)2, 投稿中。
- 3) W. P, Campbell: Experiences with HAZ Cold Cracking Tests on a C-Mn Structural Steel, W.J. 58 (1976), 5, 135S.
- 4) 松田, 他: The LB-TRC Test for Cold Crack Susceptibility of Weld Metal for High Strength Steels, Trans. JWRI, 8 (1979)1, 113-119.