技術開発と技術伝承*

別 所 清**

Development and Tradition of Technology*

by Kiyoshi BESSYO**

学会編集委員会から「視点」への執筆依頼を受けた。昨年6月末で定年となり、第一線を退いた。この35年の研究開発・技術開発のうちでやはり一番印象に残るのは溶接割れ感受性指数 P_c の提案により、低炭素低合金高張力鋼の進歩と適切な溶接施工の普及に寄与できたことと思っている。 P_c の研究が当時の大きなニーズに基づいていたことを振り返り、溶接の技術開発におけるニーズの重要性和技術伝承のあり方について考えてみたい。

厚板とともに

昭和39年に阪大工学部溶接工学科修士を修了し、住友金属工業(株)に入社し、中央技術研究所で厚板との付き合いがスタートした。和歌山製鉄所で厚板ミルの操業がスタートしたのが昭和40年であったから、高張力鋼開発のスタートからタッチする幸せに恵まれた。

最初に取り組んだのが耐候性50キロ鋼、60キロ鋼の日本溶接協会の鋼種認定であり、各種溶接性の判定方法を勉強するとともに、故木原先生、金沢先生、稲垣先生らの警咳にふれる事ができた。

当時はTMCP技術はもちろんなく、CR(Controlled Rolling)技術も開発途上で、厚肉の50キロ鋼の C_{eq} を0.44%以下に下げることがなかなか難しく、一方大阪万国博に合わせた高速道路の建設が盛んで、溶接割れが多発した。溶接割れが発生すると、鋼材の C_{eq} が高いの

か、溶接材料の選択・管理を含めた溶接施工が悪いのか、が絶えず問題になり、原因究明のため時には発注者・ファブ・鋼材メーカーの立会いのもとに溶接作業が行われた。当時は鋼材の溶接性を C_{eq} で判断していたが、同じ C_{eq} でも高C-低Mn鋼と低C-高Mn鋼では溶接割れ感受性に大きな差があった。溶接割れトラブルの大きな原因は鋼材、溶接材料、溶接施工を総合的に捕まえていなかったことである。そこで何とか溶接割れの三大要因である組織(化学組成)、水素、応力をひとつの指標にできないかと取り組んだ成果が溶接割れ感受性指数 P_c および P_{CM} であった。

この時期実験計画法が手法として注目され、実験は16チャージの実験室溶解材が供された。実験計画法の利点は少数の実験により回帰式を得ることができる点にあるが、試験に用いた以外の材料に対し適用可能か検証する必要があった。そこで他社材を含めた実用鋼および成分範囲を広げるために実用鋼とは異なる成分の鋼を実験室溶解し、約200鋼種を試験に供して得られた結果が P_c 式である。また P_c 式と割れ防止予熱温度の関係を求めるべく、ほぼ同数の試験を追加している。今考えるとこの P_c 式を求めるために要した研究費用は膨大なもので、当時の溶接割れをなんとか防止し、溶接性のよい鋼材を供給するというニーズが大きくなればとても取り組めない研究であった。今日のような減速経済下では費用対効果の点から許されない研究であろう。

この溶接割れ感受性指数 P_c は日本溶接協会 P_c 委員会の共同研究で、他社材にも適用できるのかの検証が行われ、また海外でも検証の実験結果がIIWに報告され、その結果まずWES規格に P_{CM} が採用され、その後JIS規格、IACS規格、AWS規格、API規格をはじめとし、現在17規格に採用されるに至っている。またその数は擱んでいないが、ファブリケーターの社内規格・溶接施工マニュアルに採用されている数はかなりにのぼるものと考えている。

P_{CM} の大きな特長は C_{eq} に比し溶接割れに対しCの影響が非常に大きいことを定量化したことにある。低炭素低合金高張力鋼の開発指針を与えたことが日本における高張力鋼の進歩への道筋をつけたと考えている。また適切な溶接施工を行うため、日本鋼構造協会工作基準小委員会溶接割れ研究班の共同研究が行われ、鋼種・水素量・拘束度に基づく割れ防止予熱温度の選定法を検討し、「鋼構造物における溶接割れ防止のための予熱条件の選定について」(JSSC, No. 80, 1972) がまとめられた。この考え方が各種示方書、ファブにおける溶接施工要領書の割れ防止予熱温度のベースになっている。

昭和49年には中央技術研究所から鹿島製鉄所に転勤

*原稿受付 平成12年1月6日

**正 員 Member

し、開発・実用化の業務にたづさわった。厚板の技術開発行政を担当した東京本社時代を含め、この間関与した開発・実用化鋼は海洋構造物用 Z 方向性能保証 HT 50, HT 60, 砕氷船用高靱性鋼, 造船用 TMCP 鋼, LPG 船用低温用 TMCP 鋼, 長大亀裂伝播停止 LPG タンク用 2.5%Ni・1.5%NiTMCP 鋼, 橋梁用 HT 80, 直接焼入れ HT 60, ペンストック用 HT 70, HT 80, HT 100, 建築用高張力 TMCP 鋼, 高強度高靱性ラインパイプ鋼, 高強度耐サワーラインパイプ鋼などが挙げられる。

厚板の需要は大きく分けて、エネルギー関連分野と公共建造物分野に分かれるが、高度成長期におけるエネルギー需要の世界的増大および公共建造物の旺盛な充実への大きなニーズに支えられて、技術開発が企業の業績に寄与することができた。昨今は新しい機能を有する厚板を必要とする新エネルギーや公共建造物の需要が減退しており、鉄鋼各社とも技術者、とくに溶接関係技術者を減らしてきているのは誠に残念である。溶接はそれ単独では事業となりにくい要素技術であるので、企業においてはシーズ研究の立場が弱く、上層部に理解者が欠けると縮小される傾向にある。なんとか新しいニーズを溶接界一丸となって見出してもらいたいものである。金属材料技術研究所フロンティア構造材料研究センターで行われている STX-21 プロジェクト（超鉄鋼）のシーズ探索から新しいニーズが生まれることを期待するとともに、溶接についてもシーズ探索のナショナルセンター的な組織がほしいものである。

技術伝承について

技術伝承について二つの側面から考えてみる。技術者・研究者のタイプとして、一つの専門分野に特化した T(ティ)型と一つの専門分野を持ち、かつ他のもうひとつの分野にも通じた II(パイ)型に分けられるが、溶接・接合が要素技術である立場を考えると II 型であることが望ましい。これまでは阪大に溶接工学科があり、他大学にも溶接の講座があったので、まず溶接を片方の軸足にして技術者生活をスタートし、ついで自社の本業を通じて II 型技術者に成長していった。しかし残念ながら阪大にも他大学にも溶接講座がなくなった現在、今後は他分野の出身者を溶接技術者に育て上げていく必要がある。溶接界が活性化するためにはいかに新規の溶接技術者の地位を引き上げ、きちんと技術伝承するかにあると考える。前者については今検討されている I.W.E.(Inter-

national Welding Engineer) を定着させることかと思う。溶接界もこれまで以上に新規の II 型技術者の育成に注力する必要がある。

社会のニーズに応じて研究対象分野が変遷していくのは当然であるが、豊田教授が溶接白書で紹介されている（溶接学会誌, Vol. 68 (1999), No. 1, 6）ように鉄鋼材料のアーキ溶接関係の発表は 1990 年は 1970 年に比べ半減している。筆者の関係した分野で見ると「HAZ 低温割れ」について数多くの論文が発表されたのは 1960 年後半から 70 年前半であり、「再熱割れ」「ラメラティア」「片面自動溶接終端割れ」などもほぼ同時期である。「大入熱溶接部の靱性」については現在も研究が続けられているが、微細 TiN を活用する論文が最初に発表されたのは 1970 年代末である。

これらの成果はマニュアルあるいは施工要領書に盛り込まれているが、簡単な図表にされているケースが多く、これに従えば技術の背景を知らなくても問題が生じず、技術のブラックボックス化する危険がないとも言えない。この技術的背景をいかにして新規の溶接技術者に伝承していくかが大きな課題である。

例えば溶接学会編集の「溶接・接合便覧」(1990)の IV 編各種材料の溶接・接合 4. 高張力鋼および超高張力鋼をみると、巻末に約 150 編の参考文献が挙げられており、詳しく調べる際の参考になる。年代別内訳は 1960 年代 9%, 1970 年代 32%, 1980 年代 57% となっている。企業・学会等においても資料の保管スペースは限られており、年代が古くなるとともに社外倉庫保管あるいは廃棄となり、貴重な資料が利用できなくなってしまう。筆者も住金時代厚板技術部保管の社内外技術資料の伝承のため光ディスクシステムを導入したが、溶接・接合分野をカバーする大掛かりなシステムを考えると、キーワード・抄録・メンテナンスをどうするかの問題で壁にぶつかってしまう。

そこでささやかな提案であるが、溶接学会が発行する図書については著者が巻末に引用された文献の全文（出版図書からの引用の場合は当該の章節）を DVD に書き込み、学会で保管できないだろうか。これであれば利用者が必要な文献をどこで入手できるか頭を悩ませずにアクセスでき、また現在の学会の狭い事務所でも保管可能である。著作権の問題、利用方法の問題があるが、費用をかけずに溶接界の財産である過去の研究成果を後世に伝えるひとつの手段ではないかと考える。