

## 計測特集号によせて

### —製造プロセスにおける計測・評価技術の重要性—

宮 川 松 男\*

我が国の鉄鋼製品が世界的に優れた品質をほこりうる段階に達した要因の一つとして、製造プロセスにおける計測・評価・制御技術の高度利用が挙げられるであろう。この結果、不純物元素の低減・除去による高純度鋼が達成され、力学的性質・二次加工性、耐環境脆化性、表面処理性、耐食性など、各種の機能を充足する受注鋼種に対応した添加元素の制御が可能となつたほか、下流工程における各種の加工・処理方式に対する計測・制御技術の開発・適用によつて、鉄鋼製品の信頼性向上に顕著な寄与があり、新しい鋼種の開発が相次いだことは、既に、御承知のとおりである。

新しいエネルギー開発に伴う原子炉その他の発電設備、巨大化する各種プラント、海洋構造物および長大橋などに使用される構造用鋼材は、その高性能化と過酷な使用条件に対応して、構造物の安全性と信頼性の確保が、社会的にも、経済的にもいつそう重要な課題となつてきている。

また、クリティカルなニーズに対応して、これら構造物の設計思想も、寿命評価・予測設計へと転換しつつある。

これまでの寿命評価設計では、材料欠陥の大きさを推定し、余寿命を破壊力学的手法によつて決定しているが、これからは、単に巨視的な材料欠陥の大きさのみでなく、使用条件に基因する材質の劣化および損傷をも十分に把握して、寿命推定精度を高度なものとする「欠陥許容設計」が要望されており、このための背景技術として、力学的解析手法と非破壊的検出・評価技術の格段の向上が、必要となつてきている。現状では、後者の立遅れが指摘され、その基盤技術確立が、特に、急がれている。

こうした事情を反映して、科学技術庁において、昭和 57 年度のフェージビリティスタディーの結果をうけ、昭和 58 年度から、科学技術振興調整費による「構造材料の信頼性評価技術に関する研究プロジェクト」が進行しつつある。

日本鉄鋼協会においても、この一翼を担つており、

- (1) 損傷・破壊機構の解明。
- (2) 材質の劣化、損傷および欠陥の検出・評価技術の開発。
- (3) 各種の機器・構造物の寿命および定期点検時と稼働中における余寿命予測のためのデータ整備およびシステム技術の開発。

などに関する研究プロジェクトの 1 部を 3 か年にわたつて受け持ち、その研究成果は、更に、実証試験に移されることが計画されている。

(1)と(2)とは、金属材料が構造部材として使用されているとき、それが劣化し、損傷する過程で、どのような物性値が、どのように変化していくのか、また、その変化する物性値をどのような計測・測定方法によつて検出し、どのように評価するのか、などの点で、深いつながりがある。実用に供するためには、更に、(3)の研究成果の蓄積が必要となることは、いうまでもない。

一方、1985 年には、“International Conference on Structural Safety and Reliability” が、我が国で開催されることになつており、国内の各学協会においても、この種の活動が活発である。

米国では、CAD (Computer Aided Design) および CAM (Computer Aided Manufacturing) の開発に続いて、構造用材料の信頼性に関連して、非破壊検査およびその評価については、CAI (Computer Aided Inspection) と CAE (Computer Aided Evaluation) も、先端技術分野に適用されつつある情勢となつている。

CAD, CAM, CAI, CAE と一連のシステムを構築するためには、これらに関する基本的なデータベースを収集・整備しなければならない。

\* 長岡技術科学大学副学長

材料の信頼性評価に関する研究は、これまで主として、構造部材の各種の強度と寿命に関連してとらえる傾向が強かったが、既に多くの経験が示しているように、原料段階の最上流から、製鉄・製鋼を経て各種の成形・処理工程などの最下流に至るまで、全製造工程にわたる on line での問題として、これをとらえる必要がある。

現在、製鉄所において生産される鋼材には、JIS の定めるところに従って、年間数百万本にも及ぶ膨大な量の抜き取り試験片について、引張試験をはじめ各種の材料試験が課せられていると聞く。多大な労力と経費をかけて採取された材料試験データは、それらの使用者側に大きな保証となつていことは、事実であるが、果して、製造工程にどのような形で、これらの貴重なデータが反映され、各製造工程の技術改善に寄与しているのであろうか。また、使用する側でも、それらの鋼材について、設計および二次的加工・処理プロセスにどのように活用され、更に、最終製品の性能・機能の改善に寄与しているのであろうか。こうした面での成果が、あまり公表されていないため、つまびらかではないが、せつかくの材料試験データが、十分に生かされていないように思うのは、著者の誤解によるものであろうか。

少なくとも、製造プロセスにおける品質管理が十全であれば、現在よりもはるかに少ない材料試験数でも、ことたりるように思えるのである。

また、特定の機能を要求される鋼種については、使用者のニーズに適合した試験方法に改めて、そのデータを製造工程にも反映させては、いかなるものであろう。もちろん、二三の分野で、こうした動向はみられるが、全般的には、再考の余地があるように思われる。

各種の強度および寿命に関連する構造用材料に対するもののほか、鉄鋼製品の使用に当たって要求される各種の機能が充足されているか否かについて、製造プロセスにおいて材質の変化を検出・評価する技術の開発も、鉄鋼の機能材料としての活用をめざす開発努力が進められているとき、欠かせないものとなろう。

最近、加工・処理プロセスの合理化と新材料開発に関連して、加工プロセス設計という概念がではじめている。

鉄鋼業では、既に、制御圧延という形で部分的に成功を納め、また、連続鑄造から直送圧延への開発研究も進められているが、こうした加工・処理工程を一貫して、エネルギー原単位を低減し、生産効率を高めるだけでなく、各種の加工工程と熱処理・表面処理などの処理工程とを組み合わせ、複合化して、在来鋼種の材質改善を図り、更に、できれば、新しい機能・性能を有する材料の開発を行おうとするものである。

特に、新材料開発が要望されている現在、合金設計のみに頼らず、加工・処理技術の複合化による新しいプロセスの開発は、長い間培ってきた製造技術を活用できるうえ、安定した条件で新材料の供給が可能であり、経済性も期待できるため、有望視されている。

こうした考え方を実現するために、最も緊急な課題の一つは、材料の性質・性能・機能など、広い意味での材質の加工・処理プロセスにおける変化を、どのようなセンサを用いて検出・評価し、どのように制御するかにあるといわれている。

これまで、加工・処理技術という表現をしてきたものは、基本的には、温度条件（定常・非定常・一様・非一様温度場およびこれらの組み合わせ）、各種の雰囲気、および負荷条件（応力およびひずみの分布とそれらの時間的变化、環境圧力など）など、材料が加工・処理プロセスにおかれたときの環境条件として、とらえることもできる。したがって、こうした環境条件下における材質の変わり方についての基礎的なデータの集積とその検出・評価技術の開発とが、大きな課題となつているというようにいいかえることもできよう。

今後、開発が期待されている新材料、新加工・処理プロセスは、いずれもそれらの種となる研究成果のうえに立つものであるから、こうした基礎的研究をいつそう推進し、その成果をデータベースとして構築する必要があり、また、そのためには、形状・寸法精度および表面性状のみでなく、材質変化を検出・評価し、制御する技術の開発が、極めて緊急かつ重要な課題であることを、繰り返し記して、筆をおくことにしたい。