

から応用へというつながりは形式的にはあつたが内容的には今一步というところであつた。これらはいずれも討論の範囲を広げすぎたことに大半原因があり、問題点をさらにしぼる必要があつたと反省している。特に後半の(討4)および(討5)はそれぞれこの問題だけをとりあげて討論する必要がある、その価値があろう。しかし今回の討論会は、これを出発点として、つぎへの問題提起を行なつたという意味で一定の成果があつたと思う。今後適当な間隔でこの分野の討論会が開かれるよう希望したい。

3. あとがき

討論会における各氏の質疑および講演者の回答は、文書として司会者の手許にあるが、紙数の都合で逐一の掲載はできなかつた。関係の方々の御了解を得たい。

最後に、本討論会の立案から実施に至るまで終始変らぬ御援助をいただいた郡司好喜(金材技研)、中村泰(新日鉄基礎研)、江島彬夫(川鉄技研)の諸氏に誌上を借りて謝意を表するしだいである。

III. 鋼の破壊靱性

東京工業大学精密工学研究所 工博

座長 田中 実

本討論会は4月3日午後1時より約3時間にわたつて4編の講演を中心として、約150人の会員の出席のもとに行なわれた。これらの発表講演の概要は、「鉄と鋼」60年2号(昭和49年2月)の巻末に添付されている。

第1の講演は、「鋼材の脆性破壊試験法と溶接構造物の安全性評価の現状」であり、新日本製鉄・製品技研の三波建市氏(共同発表者:金沢正午,谷口至良,征矢勇夫,萩原行人)によつて発表された。

大型化された構造物に対して脆性破壊の防止を目的とした材料の選択、欠陥の評価について、破壊力学的な靱性尺度として曲げ COD 試験による亀裂開口変位 ϕ を中心に論じ、あわせて破壊靱性値 K_{IC} および限界塑性域寸法 ρc^+ などと V 型切欠試片によるシャルピー値との相関についても従来の研究結果の展望が述べられた。

これに対して越賀房夫(日本鋼管・技研)および雑賀喜規(石川島播磨重工・技研)の両氏よりコメントが提出された。

越賀氏は、鋼材の脆性破壊事故防止に対し、破壊靱性値のみを高くすることは、過剰品質化の傾向を必要以上に強める結果となるので、良質な鋼材の製造に心掛けることは当然であるが、(i)適正な設計、(ii)十分な施工管理と検査の徹底化および(iii)明確な使用条件などを均衡に考慮して問題に対処すべきであらうと示唆し、溶接構造物の脆性破壊は、そのほとんどが溶接接手部から発生するので、発生防止の研究は、亀裂伝播阻止のそれに比べればはるかに複雑であるとしても、この複雑さを克服する価値は十分に高いものであらうと強調した。さらに V 型切欠試片のシャルピー試験結果の効用として鋼材の品質管理(QC)に役立つものであり、破壊力学的検討結果による設計基準を、このQC的なシャルピー試験結果の目安に反映させることが、脆性破壊事故防止の方法であらうと述べた。

雑賀氏は、溶接用鋼材について測定せられている破壊靱性値を実際の部品にいかに応用すべきかが第1の問題点であり、三波氏が紹介した表2:压力容器における許容欠陥寸法、について多少の疑問を述べるとともに、第2の問題点として検出された欠陥をどのように評価すべきかを挙げ溶接構造物の安全性を留意する技術者としては、おのずからあまり大胆にはなりえないと論じ、設計に当つては、実際の部品に近いものについての破壊試験が実施される傾向にある現状を指摘した。

以上の第1の講演およびこれに対するコメントについては、金沢武氏の解説(日本機械学会誌, 75(1972)No. 642, pp. 60~69)を参照されると理解しやすいであらう。

第2の講演は、「テーパ形 DCB 試験の開発と Ni 添加鋼板の脆性破壊伝播停止特性について」であり、住友金属工業・中央技研の川口嘉昭氏(共同発表者:長谷部茂雄)によつて発表された。

鋼材の破壊靱性値(K_{IC})を直接測定しうる小型試験法の開発は、この種の研究に従事する人々の願望であり、この講演では、試片の亀裂発生部の切欠先端に脆い溶着鋼をおき、試片の形状をテーパ形にして DCB 試験を試みている。この場合、 K_C 値を求める際に、種々なる亀裂長さ a についての試片のバネ常数 M を求めて、この関係曲線の微分値($-dM/da$)を図上から推定することが必要になる。実験に当たつて、この微分値の推定が困難であり、 K_C 値の精度を劣化させる。この点が討論者の布村成具氏(東京工大・精研)から指摘されたことは当を得たものであつた。講演者らは、この困難を避けるために a と M との曲線を $\beta \exp(\alpha - \beta a)$ 、ここに α と β は常数、なる実験式で近似している。この式は物理的意義を有するものではないが実験手法としての一つの試みであり、求められた K_{IC} 値の精度がある程度満足されるものであれば工学的には許されるであらう。この点については今後の資料の蓄積が期待される。

川口氏は、上記の手法により、低 C-Mn 構造用鋼に Ni を添加した場合の脆性破壊伝播停止特性を調べ、Ni の添加が有効であることを示した。またこの伝播停止特性と、シャルピー衝撃特性とに対する Ni の影響には、必ずしも一致した傾向が認められなかつた。この種の試験の比較検討は、鋼材の金属組織と関連させて今後も広く行なわれるべきであらう。この講演に述べられた破壊靱性値の測定法については、小倉信和氏の解説(日本機械学会誌, 75(1972), No. 642, pp. 93~100)が参考にならう。

第3の講演は、「高張力鋼の靱性におよぼす組織とその他の要因について」であり、大阪大学の荒木孝雄氏(共同発表者菊田米男)によつて発表された。これは、80 kg/mm² 級高張力鋼の等温変態および連続冷却変態処理により得られた各種金属組織状態の衝撃試験の結果について、オーステナイト粒度、フェライトラスの厚さあるいはセメンタイトの平均間隔と遷移温度の関係の報告であり、溶接接手部近傍で切欠靱性が低下することを考慮しての試験結果である。この講演に対し、須藤一氏(東北大学)は、鋼材の靱性におよぼす金属組織の影響について、とくに粒界破断が認められぬ場合には、フェラ

イトあるいはペイナイトの大きさ (bundle, co-variant packet) などを破壊機構上重要視した方がよいのではないかと提言された。調質鋼の溶接接手部近傍の金属組織と破断挙動については、かなり多数の実験資料が得られている筈であるから、これらの資料を整理・検討しておく機会を設けるべきであろう。

第4の講演は、「400 級マルエージ鋼の組織と破壊靱性の関係」であり、金属材料技術研究所の河部 義邦氏 (共同発表者中沢興三、宗木政一) によつて発表された。

この報告は河部氏らが開発した超強靱マルエージ鋼についてのもので、降伏強さ 280 kg/mm^2 、絞り $20 \sim 40\%$ 、 $K_{IC} 100 \text{ kg}\sqrt{\text{mm}}/\text{mm}^2$ 程度の成績を得た実験経過である。このような超強力鋼で、延性・靱性を低下せしめぬために、(i) 高温で溶体化し、合金元素を完全に固溶せしめ、(ii) 圧延焼入法により細粒組織として目的を達したことは、極めて興味深く注目されるべきものと認められた。

この報告に関連して矢田浩氏 (新日鉄・八幡技研) は下記の2つの点についてコメントを述べた。その(1)として、Fe-8%Ni-6%Cr 系合金に Mo, Co を添加した際に、溶体化処理で $\epsilon\text{-Fe}_3\text{Mo}_2$ が残留した場合、伸び・絞り・切欠引張強さは低いが、シャルピー吸収エネルギーが高いという実験事実から、巨大析出物がマルテンサイトラスを細分化し、亀裂の進展を阻止する効果があるのではないかと論じた。すなわち、破壊靱性値のようなものとシャルピー値とは必ずしも対応せぬ実験結果の一例を金属組織と関連づけたものといえよう。その(2)は、

河部氏が発表したような超強靱鋼における Co と Mo の添加量に関しての合金設計の基本的考え方についてである。すなわち、15% の Co, 10~13% の Mo の添加が果して最適であるかどうかにつき種々討議された。

この種の鋼材の最適化学成分の選定は今後に残された問題の一つである。しかし、今回の河部氏らの研究で、400 級マルエージ鋼が世界に先駆けて完成されたことは従来このような高強度と高靱性の両者を満足せしめる可能性の可否が問題視されていただけに極めて有意義なものであつたと認められた。

この討論会は、鋼の破壊靱性を中心として、(i) 測定法、試験条件ならびにその結果に対する信頼性、(ii) 従来の引張試験あるいはシャルピー試験などから判定された靱性との相関性、(iii) 金属組織との関連性、(iv) 疲れ破断挙動との関係などについての発表を期待して企画された。何分にもその内容が広範なので焦点を絞ることに困難が感ぜられたが、幸いに各方面の優れた研究者による発表およびコメントの提出が行なわれ、上記(iv)の疲れ現象を除いては大体目的は達し、会員各位の期待に対しても、ある程度応ずることができたのではないかと考えられる。破壊靱性は、鋼材の適正な使用法、構造物の安全設計、強靱鋼の最適成分の選定などに対して、製造側と使用側の技術者・研究者が無視することのできぬ重要かつ興味深い問題を包含している。したがつて、近い将来にこれについての討論会を再び開催すべきであろう。