

鋼ごとに指摘し、さらに、マイクロ組織との組合せ効果にも注目する必要があることが述べられた。次いで、今後の自動車エンジンの高出力化に設計変更なく対応し得る動力伝達系なかでもトランスミッションギヤ用快削鋼開発がニーズの一つとして強調された。終わりに、多数の講演と活発な討論に対し感謝するとともに、協会への時間延長、講演者への時間短縮をお願いしてもなお時間不足となり、せつかく準備された多くの有益なコメント、質問を割愛せざるを得なかつたことを参加者各位に深くおわびする。

IV. 鋼材の延性破壊

座長 新日本製鉄(株)製品技術研究所

三 村 宏

鋼構造物が塑性変形により破壊する場合には塑性崩壊と延性き裂の進展によるものとがある。前者は予期以上の大荷重が原因で、いわば不可抗力とみなされる。後者は 100 キロ以下の低抗張力の鋼ではかなり長大な先在き裂と大きな応力があつて初めて実現するもので従来問題とされることはなかつた。しかし最近に至りガスパイプラインの不安定延性破壊の例に見るごとく、鋼の材質を向上させることにより、この種の破壊を防止しようとする趨勢にある。このため鋼材の延性き裂の進展に対する抵抗力を求めることが必要となる。もちろん延性の優れた鋼材は延性き裂進展への抵抗力も高いと考えられるが両者の関係は必ずしも明らかでなく、前者の延性特性値、例えば伸び絞りシャルピー吸収エネルギーの上棚の値から後者をどのようにして推定するかが問題となる。本討論会では討論 26 で平滑試験片での延性破壊の臨界歪みとき裂先端でのそれとの関係について論じ、討論 27 では延性き裂が不安定伝播になる条件を解析的及び実験的に求めた。討論 28 と討論 29 では実際の鋼構造物の例としてガスパイプラインの実管試験の結果を報告する。ガスパイプラインの不安定延性破壊はパイプという形状の単純性のため破壊形態も単純であり実管試験の結果からき裂の伝播抵抗につき普遍性のある結論を導くことができると思われ。

討26 延性破壊特性に及ぼすき裂先端応力集中の影響

試験中形状及び荷重方向を変えた試験結果から延性破壊歪み(臨界歪み)が応力多軸度により強く影響をうけること及び切り欠き底での応力状態を表すパラメータをうまく選ぶと切り欠き半径にかかわらず臨界歪みはこのパラメータだけの関数で表せることが示された。つまり通常の平滑試験片で得られる臨界歪みに応力三軸度及び切り欠き(またはき裂)先端での歪み分布の集中度の影響を考慮することが延性き裂への抵抗特性値を得る上で重要であることが示された。この発表に対する討論として BRIDGMAN の式が適用されている比較的歪み場が

一様な場合と鋭い応力集中のある不均一な歪み場で異なるパラメータで整理されているがこれが統一できないかという意見があり発表者より両者では解析の精度が異なり、後者では精密な解がないので Anti-plane shear の式を In-plane tensile へ焼き直した粗い近似であり、切り欠き深き切り欠き底半径等の影響を知るために用いられたもので絶対値自体の精度は不確かである旨の説明があつた。

討27 J積分及びき裂開口角概念に基づいた延性き裂の不安定破壊発生に対する検討

不安定破壊の判定条件は PARIS 等の Tearing Modulus T を用いてなされる。 T は J 積分や CTOA (き裂開口角) の R 曲線により表される。実験的検証のため高いコンプライアンスのバネ(実際にはパイプタブ)付き引張試験材で切り欠き付試験片の延性き裂が安定成長から不安定に遷移する点を求めこれを解析結果と比べると良い一致を示した。質疑の主なものとして拘束度の影響が論ぜられた。発表者の意見は次のようなものである。一般に試験片の拘束度が大きくなるほど J 積分の R 曲線の勾配は緩くなる傾向がある。一方 CTOA の R 曲線も拘束度の影響をうける可能性はある。しかしこの実験で示されるように拘束度の異なる試験片における定常進展時の CTOA の R 曲線はほぼ同一値になることから J-R 曲線ほど影響は大きくないことが期待される。このほかガスパイプラインにおける不安定延性破壊との関連において、き裂速度の CTOA の R 曲線への影響(つまり本実験に比べ実管での破壊速度は遙かに速い) 45° 傾斜破面型の破壊に対する CTOA の適用性(実管破壊ではほとんど 45° 破面、本実験はジャーリップを伴う垂直破面)が討議された。これらは今後の課題である。

討28 ラインパイプの高速延性破壊と材料の破壊吸収エネルギーの関係についての一考察

ラインパイプ 1 本に 85~95% の水と残余はガスを圧入してき裂を伝播させるいわゆる West Jefferson (WJ) 試験を行い、これをエネルギーバランスで解析してき裂生成エネルギーを求め、シャルピー吸収エネルギーと比較すると前者が絶対値で約 8 倍も大きい。この原因について調べるため引張りと曲げの混合下で試験すると引張成分が増すにつれてき裂生成エネルギーが増加することが示された。更に広幅引張試験での延性き裂の緩成長の実験からき裂進展に要するエネルギーを求めると WJ 試験の結果と同程度になる。

討29 実管試験による大径鋼管の延性破壊伝播停止特性の評価

討 28 と同様 WJ 試験が行われエネルギーバランスにより解析された。解析式は討 28 とやや異なり、そのためシャルピー吸収エネルギーと実管でのき裂形成エネルギーの比はほぼ 14 である。この実験結果と解析から実ガスパイプラインにこのパイプを用いた時不安定延性破

壊が伝播するか否かが判定できる。またシャルピー吸収エネルギーと CTOA の関係も求められている。

討 28 と討 29 に対する討議をまとめて述べる。シャルピー吸収エネルギーとき裂形成エネルギーの比が二つの発表で2倍弱異なっているが、前者に比し後者がはるかに大きいという点では一致しており現在の解析精度

ではこれで十分であるとも言える。将来はより定量的な一致が望ましい。き裂近傍の塑性変形範囲が実管では極めて広い (ほぼ 30 cm) ことも指摘された。なおエネルギーバランス計算に関し内圧作用範囲、内圧の減衰挙動、ガスのなす仕事の算出方法について議論が重ねられた。

統 計

鉄鋼業における研究開発費の推移

年 度	研究開発費 (100 万円)				研究開発費 総額の推移 '76=100
	総 額	基礎研究	応用研究	開発研究	
1976	99 836	6 815	26 015	67 006	100
77	103 681	7 052	26 208	70 421	104
78	107 922	6 317	27 753	73 852	108
79	119 991	7 149	29 227	83 615	120
80	147 100	8 100	34 800	104 200	147

(出所：科学技術研究調査報告 (総理府統計局) はか)

図 1 は 1976 年を 100 としたときの研究費項目別の推移であり、各項目とも金額は 1979 年以降大幅に伸びている。また、図 2 は、物価指数を 100 としたときの項目別推移であり、開発研究、応用研究は物価上昇を上回っているが、基礎研究は、若干下回っている。

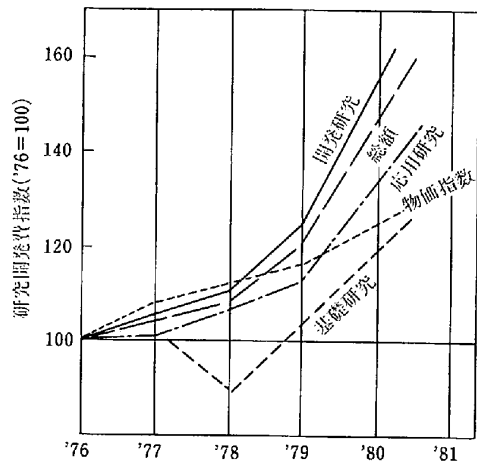


図 1 1976 年を 100 としたときの研究費項目別推移

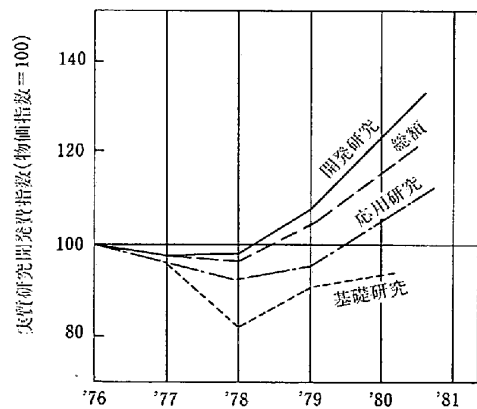


図 2 物価指数を 100 としたときの研究費項目別推移