

金属材料・樹脂材料における不具合シミュレーションとデータ解析に関する研究 (第4報)

— 金属材料におけるキズ・腐食と破壊挙動との関係 —

材料科 吉岡正行* 田光伸也 植松俊明
是永宗祐

Simulation and Data Analysis of the Failure of Metals and Plastics (4th Report)

— Relationship between Notch and/or Corrosion and fracture behavior in Steel Plate —

Masayuki Yoshioka, Shinya Tako, Toshiaki Uematsu
and Sosuke Korenaga

1. はじめに

機械構成部品や構造物に用いられる代表的な材料である金属材料、とりわけ鉄鋼材料において、それらが破壊・破損した場合の原因調査には破断面解析が有効であるが、近年は複雑な段付形状や溝加工が施された部品も多く、応力のかかり方やそれに起因して発生する破壊挙動も複雑になってきており、代表的な破断面データのみでは原因の特定・究明は困難となっている。

そこで平成22年度は、予め鉄鋼材料に与えたキズ(切欠き)の断面形状と破断面及び破壊モードの関係について調査し、破断伸びは切欠き半径が小さいほど低下すること等を明らかにした。

平成23年度はさらに、キズと同様、鉄鋼材料の破壊挙動に大きな影響を与えることが予想される「腐食」の影響度について調査したので報告する。

2. 方法

2.1 試料

20mm×140mm×3mmの一般構造用圧延鋼板(SS400)を引張試験用に加工したものを用いた。

2.2 実験方法

破壊挙動に対する因子の影響度を、SN比という規格化された尺度を用いて因子間で単純比較することができる、「コンジョイント分析」の手法を用いた。

以下の4因子(各3水準)を直交表L9に割付けた。

A: キズ(切り欠き)深さ(ダイヤモンドソーによる)

①板厚の1/2、②板厚の1/4、③なし

B: 腐食(エッチング)方法

①CASS試験、②5% HCl電解、③FeCl₃溶液電解

C: 腐食(エッチング)時間

①5分、②10分、③15分

D: クロスヘッド速度(引張試験)

①5 mm/min、②50 mm/min、③500 mm/min

引張試験片の中心・片面に、長さ方向に対して垂直になるようキズをつけ、キズ以外の部分はマスキングして、それぞれの腐食条件下で腐食させた。

腐食方法は、CASS試験は「ランダム」、HCl電解は「均一(面)」、FeCl₃溶液電解は「孔食」と、異なる腐食挙動を示す3つの方法を採用した。

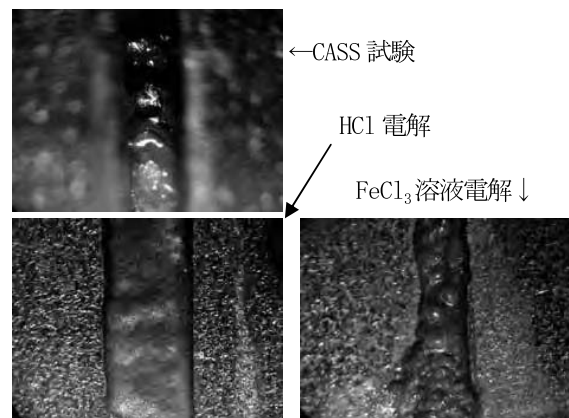


図1 種々の腐食方法による腐食形態の違い

*) 現 技術支援担当

【ノート】

2. 3 試験装置

試験片の破壊のための引張試験には以下を用いた。
オートグラフAGIR-50kN（㈱島津製作所製）

3. 結果と考察

図2に、直交表に従い作製した試験片を示す。

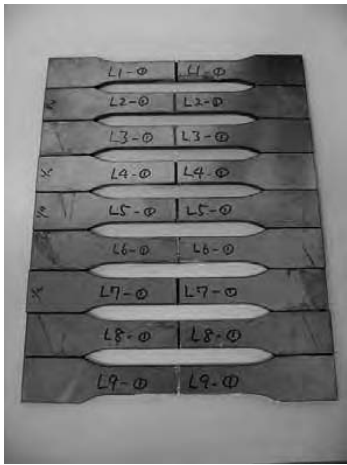


図2 試験片の外観

これをオートグラフで引張強度試験を行い、図3の試験力-ストローク曲線のデータを得た。

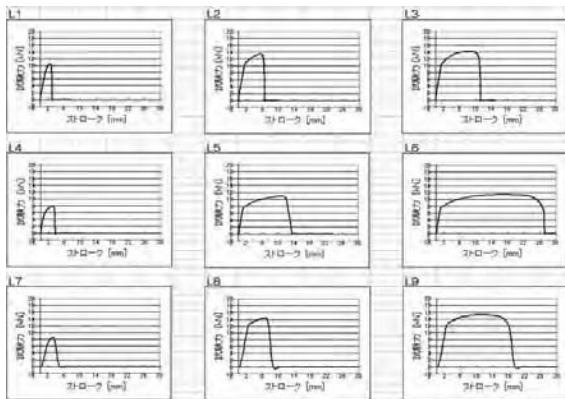


図3 全試験片の試験力-ストローク曲線

キズや腐食によってダメージを受けた試験片の「機械的特性の低下」の厳密な定義は難しい。材料力学的観点や品質工学的観点から考察すれば、引張り初期の応力-ひずみの関係がフックの法則に従う・外れるとも考えられるが、本実験の主旨は破壊挙動に及ぼす因子を見出すことであり、より理解しやすく定義したい。

そこで、キズも腐食も破壊・破断の「起点」になり得るモノと考え、塑性変形領域における“伸び”が大きいくほど、それらキズ・腐食が起点になりにくかった、裏を返せば“伸び”が小さければそれらが起点となったために顕著な延性及び強度低下をもた

らしたと考えられる、という定義が最も理解しやすいと判断し、評価に用いた。

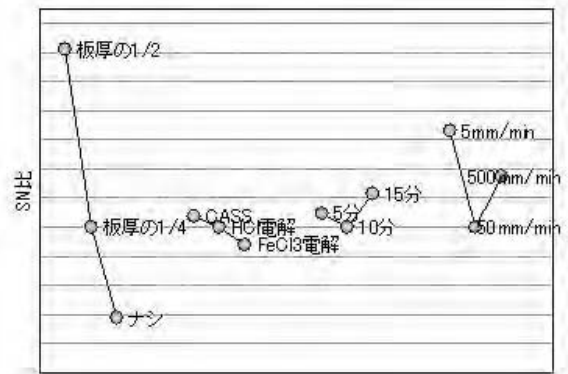


図4 影響度グラフ

回帰分析計算の結果、図4に示す「影響度グラフ」を得た。このグラフで上方に位置するほど、塑性変形領域における“伸び”を低下させる、つまり試験片を破壊・破断しやすくすることに対して強い影響度を有する条件であることを意味する。

ここから読み取れることは、当然のことながら板厚の1/2も深いキズ（切り欠き）があれば短い伸びで破断し、また、キズが無ければ本来の強度・伸びで持ちこたえられるということが確認できた上で、腐食方法や腐食の程度（今回の設定内ではあるが）に関係なく、腐食によって、板厚の1/4程度のキズがある場合と同程度の機械的特性の低下が引き起こされることが示唆されたということである。

4. まとめ

キズのある金属材料は、キズがない場合と比較して弱くなる・弱い力で破壊する、ということは想像に難くない。また腐食も金属材料を腐食がない場合と比較して弱くしてしまうことも、同様に想像がつく。

しかし“キズ”と“腐食”の「どちらがどのくらい機械的特性の低下に影響を与えるか」について、明確な情報はほとんどないであろう。

今回、それを調べるためのひとつのアプローチ手法を提案した。それぞれのニーズに相応しい因子・水準、評価の定義を考えてデータ取得をすればそのニーズに合った影響度情報が得られると考える。