

(415) 低合金レール鋼の疲労き裂進展特性

鉄道技術研究所

松山晋作

- I. 緒言. レールの疲労き裂進展速度が小さいことは保安対策上重要であるという観点から, 耐シエリング用として開発された低合金鋼および普通レール鋼について疲労き裂進展特性を調べた。
- II. 方法. 供試材Rは高Cパーライト系普通レール鋼, LCは低Cベイナイト系Cr-Mo-V-B鋼, MCは中Cパーライト系Cr鋼, HSは高Cパーライト系高Si鋼で, 化学成分を表1に示す。但しRのみは溶解番号の異なるいくつかの敷設後のレールから試料を採取したため, これらの平均的な組織である。試験片は20(B)×40(W)×400(L)mmの寸法をレール頭部から削り出し, 頭部側面に5mm深さのsaw cutを設け, 片持曲げ方式でき裂がレール頭部側面から下方に進展するようにした。き裂長さaが1/2・Wに達した後, 三軸曲げ試験(室温)を行ないK_{IC}を求めた。
- III. 結果. き裂進展速度da/dNと応力拡大係数で表した応力拡大ΔK_Iの関係を図1に示す。これらの結果は図中に示した式で表わされ, それぞれのパラメータm, ΔK₀を機械的性質と共に表2に示す。表中のN_pは, それぞれ先端部の応力拡大を10Kg・mm^{-3/2}と仮定して, き裂がda/dN=10⁻⁵から, ΔK=K_{IC}になるまでの繰返数, すなわちき裂進展寿命である。以上の結果から次のことがわかった。
- (1) き裂伝播抵抗はベイナイト系のLC鋼が大きく(m≒2), 次いでパーライト系の普通レール鋼R, HS鋼が中程度(m≒4)で, Cr系MC鋼は小さかった(m≒6)。(2) これらの破面を観察したところ, mの大きいMC鋼では疲労破面中に局部的に不安定急進破面がかなり混在していることが認められた。mがそれより小さいR, HS鋼ではその混在率は小さくなり, LC鋼では巨視的には混在率は0であった。(3) 破壊靱性値K_{IC}は, き裂伝播抵抗と異なり, 降伏強さ(0.2%耐力)の大きい程低下し, R鋼が最大で, HS, MC鋼がこれに次ぎ, LC鋼は最小であった。(4) 疲労き裂発生後の破断までの寿命(N_p)は, K_{IC}が小さいにもかかわらずLC鋼がR鋼の約2倍と大きく, 他方, MC鋼は0.9倍, HS鋼は0.8倍とR鋼より小さくなる傾向がみられた。

表1 化学成分 (wt%)

| | C | Si | Mn | Cr | Mo | V | B |
|----|------|------|------|------|------|------|-------|
| R | 0.67 | | 0.86 | - | - | - | - |
| LC | 0.34 | 0.32 | 1.19 | 1.22 | 0.18 | 0.07 | 0.002 |
| MC | 0.56 | 0.70 | 1.43 | 1.06 | - | - | - |
| HS | 0.76 | 0.97 | 1.48 | - | - | - | - |

表2 機械的性質 およびき裂進展特性値

| 鋼種 | | R | LC | MC | HS |
|------------------|-----------------------|-----|------|-----|-----|
| σ _{0.2} | Kg・mm ⁻² | 50 | 75 | 65 | 69 |
| σ _B | Kg・mm ⁻² | 90 | 111 | 105 | 109 |
| m | | 4.4 | 2.7 | 5.6 | 4.2 |
| ΔK ₀ | Kg・mm ^{-3/2} | 92 | 120 | 91 | 81 |
| K _{IC} | Kg・mm ^{-3/2} | 125 | 106 | 114 | 135 |
| N _p | x10 cycle | 5.7 | 11.3 | 5.2 | 4.4 |

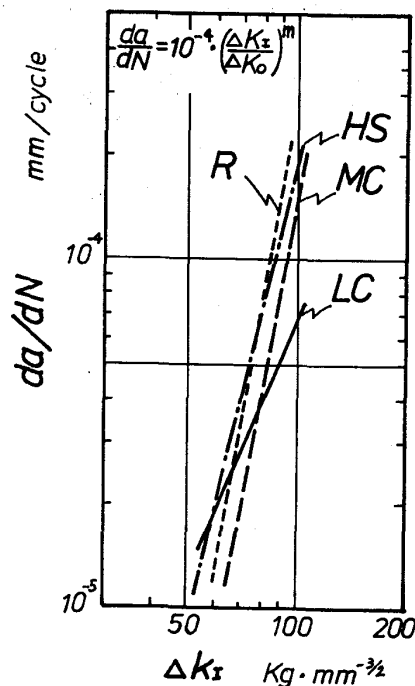


図1 き裂進展特性