

(I - 2) 高マンガン鋼の疲労亀裂進展速度に及ぼす応力比と残留応力の影響

法政大学 学生員 湊 康純 法政大学 学生員 川上 毅
法政大学 正会員 森 猛 鉄道総研 正会員 市川 篤司

1. はじめに 著者らは、超伝導型リニアモーターカー用の構造物に使用することが予定されている高マンガン鋼の引張残留応力場における疲労亀裂進展速度について実験的に検討し、その結果を昨年度の当講演会で報告した。本年度は、残留応力を含まない素材試験片の疲労亀裂進展試験を行ない、疲労亀裂進展速度に及ぼす応力比および残留応力の影響について検討した結果を報告する。

2. 試験方法 供試鋼材は板厚6mmの高マンガン鋼KNM295である。その降伏点は358MPa、引張強さは926MPa、伸びは73%である。疲労試験には、素材のまま加工した素材試験片と、板表裏面の板中央長手方向に TIG-dressing (240A-17V-25cm/min) を行なったTIG試験片を用いた。試験片の形状および寸法を図1に示す。図2は試験片長手方向の残留応力を切断法により測定した結果を示している。疲労亀裂進展試験は動的能力100kNの電気油圧サーボ式材料試験機を用いて行なった。疲労亀裂進展試験には素材試験片4体、TIG試験片4体用いた。各試験片の試験条件を表1に示す。また、疲労亀裂進展試験においては疲労亀裂の開閉口挙動を調べる目的で亀裂上にセロハンテープを介してひずみゲージを貼付し、所定の亀裂長さで荷重とひずみの関係調べた。

3. 試験結果 図3に応力比 R を変えて行なった疲労亀裂進展試験より得られた疲労亀裂進展速度 da/dN と応力拡大係数範囲 ΔK との関係を示す。図(a)に示す素材試験片では、応力比が高い場合の進展速度が速くなっており、その差は特に低 ΔK 領域において顕著である。一方、図(b)に示すTIG試験片では応力比が異なっても $da/dN-\Delta K$ 関係はほぼ一致している。

図4は同じ応力比で素材試験片の $da/dN-\Delta K$ 関係とTIG試験片の $da/dN-\Delta K$ 関係を比較したものである。

表1 試験条件

素材試験片	TIG試験片	試験条件
B-1	T-1	応力比 $R \approx 0$ 荷重範囲一定
B-2	T-2	応力比 $R = 0.5$ 荷重範囲一定
B-3	T-3	応力比：低 ($R = 0.02 \sim 0.11$) 荷重範囲漸減 (下限荷重一定)
B-3'		荷重範囲漸増 (下限荷重一定)
B-4	T-4	応力比：高 ($R = 0.31 \sim 0.93$) 荷重範囲漸減 (上限荷重一定)

図(a)に示す $R \approx 0$ では、高い引張残留応力を有するTIG試験片の方がほとんど残留応力のない素材試験片よりも進展速度が速くなっている。一方、図(b)に示す高い応力比では両者の $da/dN-\Delta K$ 関係に差は認められない。なお、応力比が高い状態で行なった素材試験片およびTIG試験片においては疲労亀裂の開口が認められないのに対し、 $R \approx 0$ での素材試験片では最大荷重の約0.6程度の荷重で亀裂の開口が生じていた。

図5に疲労亀裂の開口が生じない状態での $da/dN-\Delta K$ 関係を示す。図中の実線はJSSC疲労設計指針で示される一般構造用鋼材の $da/dN-\Delta K$ 関係であり波線は太田らにより示された $da/dN-\Delta K$ 関係である。ここで得られた高マンガン鋼の $da/dN-\Delta K$ 関係は ΔK が比較的大きい領域では一般構造用鋼材とはほぼ一致している。しかし、疲労亀裂進展の限界値である下限界応力拡大係数範囲 ΔK_{th} は一般構造用鋼材に比べて大きくなっている。

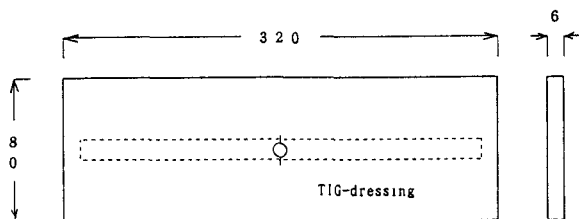


図1 試験片の形状および寸法

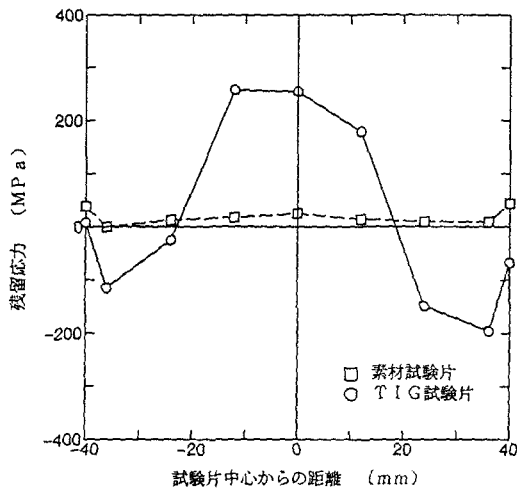


図2 試験片の残留応力分布

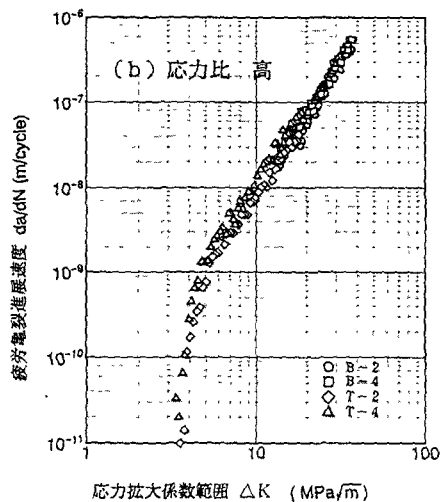
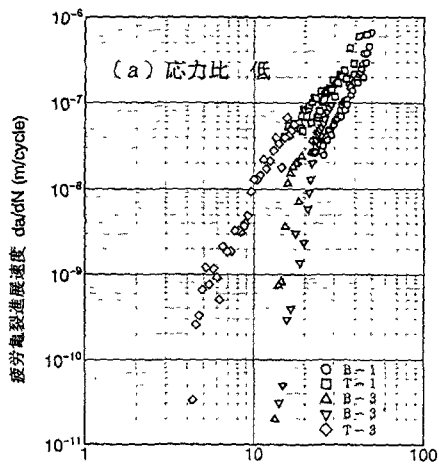


図4 引張残留応力の影響

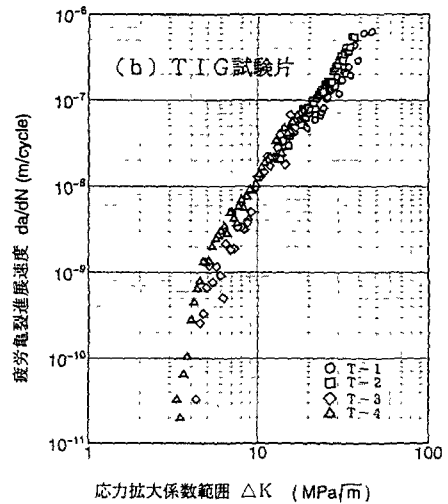
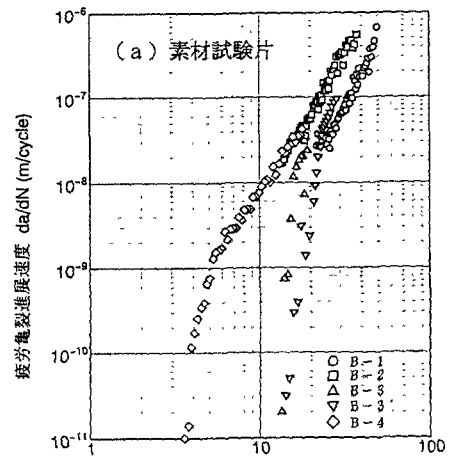


図3 応力比の影響

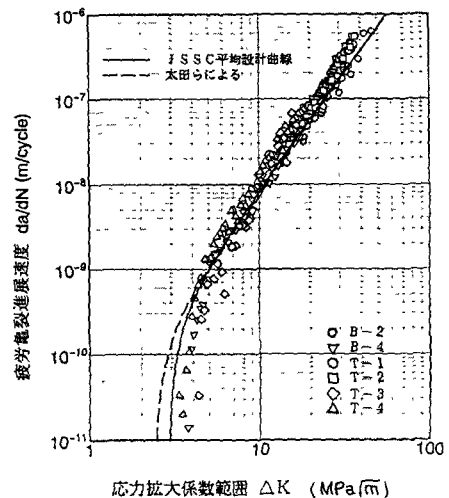


図5 従来鋼のda/dN-ΔK関係との比較