

本四公団 正員 阪本 謙二
 横河橋梁 正員 ○ 深沢 誠
 同 正員 名取 暢
 キヤノン 浜野 正義

1. まえがき

本州四国連絡橋・鉄道併用橋の疲労設計は“疲労亀裂の進展”を前提とし、設計上の耐用年数100年の間に疲労亀裂が板の表面まで貫通しないことをその設計思想としている。弦材かど溶接の場合、部分溶込みレ形溶接のルート部に存在するブローホールを起点として疲労亀裂が発生することがあり、供用期間中の定期検査は不可欠である。そこで、超音波自動探傷方法を用いて、このような内部疲労亀裂の寸法推定および進展挙動推定の有効性について検討した。

2. 超音波探傷方法

図-1に今回用いた超音波探傷方法(キヤノン製・M500-CHP-5)の概要を示す。探触子はスキヤナーによつてX方向は連続的に、Y方向は一定スキヤンピッチでステップ移動する。探触子の位置情報と超音波探傷器からの欠陥信号をすべてデジタル処理をし、A,B,Cスコープの3種類の欠陥映像をプリンターにて連続記録を行うものである。使用した探触子は5MHz、屈折角 60° の点集束型である。ここで、亀裂と欠陥像とが幾何学的に一致するならば、亀裂の高さ $\overline{BC}$ はCスコープ像の $\overline{B'C'}$ に相当し、幅 $\overline{AD}$ は $\overline{A'D'} \tan 30^\circ$ となる。以下ではこの寸法をもつて推定亀裂寸法を表わす。

3. 疲労試験

ボックス断面供試体(試験・A, 図-2), トラス模型供試体(試験・B, 図-3)の2種類の疲労試験において、試験途中、適宜、超音波探傷検査を実施し、疲労亀裂進展の追跡調査を行つた。試験・Aの応力範囲は 20 kg/mm^2 であり、J2-②から発生した亀裂が板厚を貫通した 79×10^4 回で試験を終了した。探傷は 15.6 kg/mm^2 の静的負荷状態で進んでいる。試験・Bは供試体の応力範囲が 11.8 kg/mm^2 のもとで、190万回まで繰り返す、その後、応力範囲を 14.6 kg/mm^2 にあげて270万回まで続けた。この時点で、表面に貫

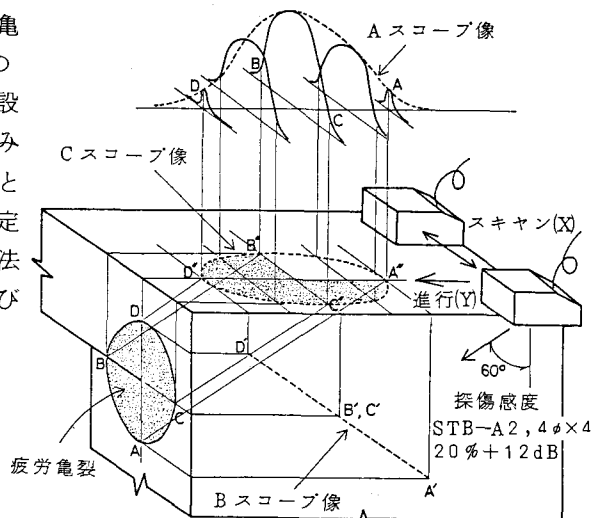


図-1 超音波探傷方法の概要

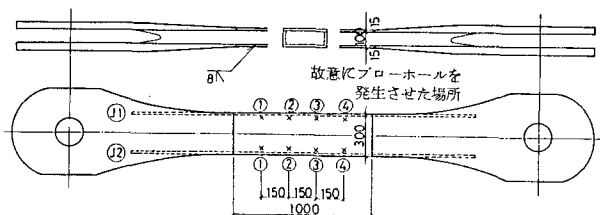


図-2 ボックス断面供試体の疲労試験(試験・A)

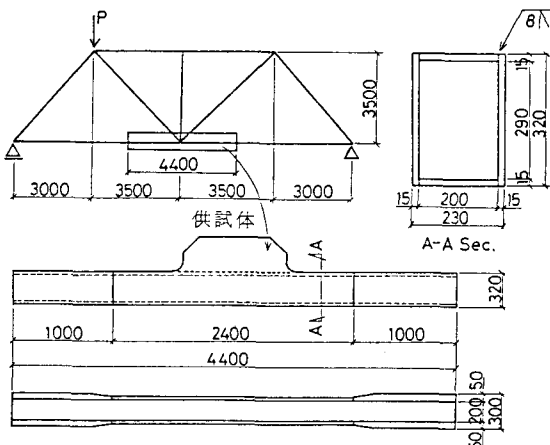


図-3 トラス模型供試体の疲労試験(試験・B)

通した亀裂はなかつたが、試験を終了した。探傷は 1kg/mm^2 の静的負荷状態で行っている。

4. 試験結果

疲労試験終了後、内部亀裂の露呈を行い、亀裂寸法およびビーチマーク寸法（試験途中の探傷直後にはビーチマーク操作を行った）と超音波探傷による推定亀裂—U T像寸法との対応を検討した。

亀裂寸法の推定 — 亀裂寸法とU T像寸法
 の関係を図-4に示す。ここで、亀裂寸法は平均的な直径 $(W+H)/2$ で表わした。また、別に行つた探傷結果も含めて、ブローホール
 のみの関係もプロットした。亀裂が大きくなるにしたがつてU T像寸法も大きくなる傾向を示しており、探傷時の応力状態が異なる試験・A、Bの亀裂の差はなく、同じような領域に分布している。図中、試験・Aの疲労亀裂についての回帰式を記入したが、この回帰式によりおおよその亀裂寸法の推定が可能である。しかしながら、ブローホールのみの場合でも大きなU T像として現われており、疲労亀裂が発生している場合との区別は困難である。

亀裂進展挙動 — それぞれの試験の代表的な亀裂について各繰り返し数ごとのU T像寸法の変化を図-5に示す。繰り返し数が増加するにしたがつてU T像も確実に大きくなっている。図中、亀裂寸法の変化も併記したが、U T像寸法は上方ヘシフトした線図となっており、両者の寸法の変化傾向は類似していることが判る。図-6は、亀裂寸法、U T像寸法について変化量で整理してプロットしたものである。ここでは、試験・Aは30万回、試験・Bは190万回の値を初期値とした。いずれのプロットも $D=D'$ の線を中心にしてはらついており、U T像寸法の変化量で評価すれば亀裂の進展挙動を推定することが可能である。

5. まとめ

試験の結果、映像装置を用いた超音波自動探傷方法により、角溶接部に発生している内部疲労亀裂のおおよその寸法推定が可能であり、また変化量で評価するならば亀裂進展挙動の推定も可能であることが判つた。実部材を考えた場合、板厚が厚く、塗装が施されている等の問題がある。また、ここで検討した探傷方法は粗探傷と考えて、亀裂発生が確認された部位のより精密な検査を行うことは有効な検査手段であろう。これらの点は、今後、さらに検討していく予定である。

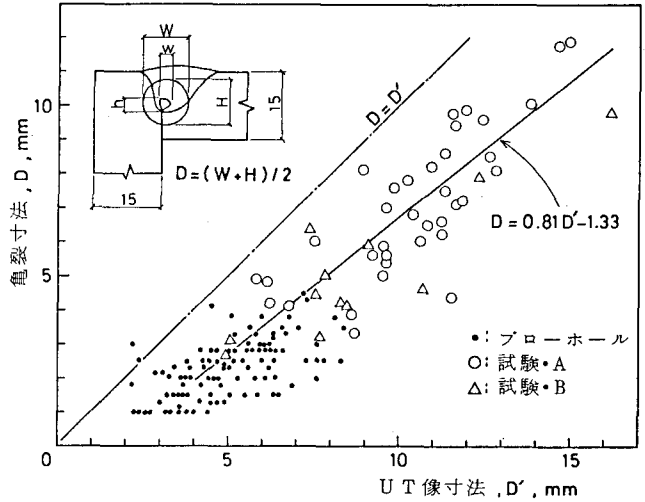


図-4 亀裂寸法とU T像寸法との関係

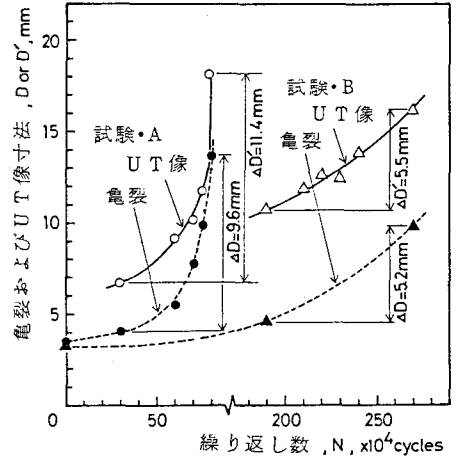


図-5 代表的な亀裂のU T像の変化

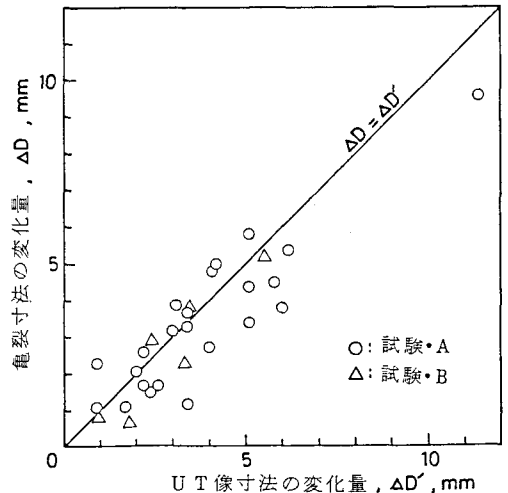


図-6 亀裂およびU T像の変化量の関係