



Fig. A-3 Distribution of deflection amplitude ($\omega=1.40$ rad/sec)

る予定です。

【1】増田光一, 前田久明, 加藤涉, 白井幹人: 波浪中の大型バージ型浮遊構造物の弾性応答挙動に関する研究, 日本造船学会論文集, 第158号(1985), pp. 506-516.

【討論】森川正夫君 一次元有限要素法の変位関数と一様弾性基礎上の梁の振動方程式の厳密解を用いて, 質量や剛性等構造特性が変化した場合の解析を可能にした点は, 非常に有意義な成果と考えられます。

Fig. 3(b)の $X=100$ m位置での曲げ応力の応答関数に

ついてお尋ね致します。Fig. 3(b)のモデル MI の応答関数において, $w=1.0 \sim 1.2$ (rad/sec) の間で応答量が端部での変位 (Fig. 3(a)) のように素直に上昇していない理由を御教示いただければ幸いです。

【回答】モデル MI の曲げ応力の応答関数が共振点の付近で波打った形で上昇するのは, 静的応答関数に原因があります。すなわち, 一般に共振時の応答は, 静的応答に共振による動的応答倍率を乗じたものとなります。Fig. 3(b)の場合, 動的応答倍率自体はいずれのモデルも共振点で単調に上昇しますが, 静的応答関数に極大, 極小が現れるため, ご指摘のような応答が生じます。特にモデル MI は, 静的応答関数が共振周波数のやや低周波数側で極大, 共振点付近で極小となり, さらに共振時の広答倍率が高いため, 応答関数の起状が顕著に現れています。

なお, Fig. 3(b)で極値を与える周波数を波長に換算すると, 極大点が $\lambda=228$ m, 60 m, …, 極小点が $\lambda=83$ m, 45 m, …となります。つまり浮体端と $X=100$ m位置の間にに入る半波数が概ね1および3半波で正負の荷重の不均衡が極大になるとき応力も極大に, また, 2および4半波で互いにキャンセルする時極小となります。このように浮体端から注目する断面位置までの距離と波長の関係によって極大, 極小の周波数が決まります。

36 ベイジアン信頼性解析を適用した非定期構造検査に関する研究

【討論】平岡康一君 航空機構造は一般に全機疲労試験が要求され, その結果により, 最初に疲労亀裂を発生する可能性のある部位が推定されますが, この結果を取り入れた同様の解析は可能でしょうか。また可能な場合, 結果が定性的にどの様に変わって来るのでしょうか。

【回答】この報告では事前に情報が全くないものとして, 一番始めの事前確率分布を一様分布に置いております。御指摘のように全機疲労試験結果も実運用から収集できるデータの一部として用いることができれば, 上記の事前確率分布に重みを持たせることができ, より早い時期に不確実要因を推定し, 適切な検査時期も推定できると考えます。部分構造試験結果も同じように利用できると考えます。しかし, もしこのような疲労試験結果が実運用から得られるデータと異なる場合には, これはしばしば経験することですが, 事後確率分布の修正により多くのデータが必要になります。

【討論】指熊裕史君 (1) 数値計算例において, 設計要求信頼度 $R=0.8$ とありますが, 信頼度はもっとも大きな気がしますが, その物理的意味を含めご教示下さい。

(2) Figs. 5, 6において, 検査直後に信頼度が1に戻っていますが, 現実的には1に戻らない気がしますが, いかが

でしょうか。

(3) 最小発見可能亀裂長を1 mmとありますが, その長さの場合に, 詳細目視検査により発見できる確率はどの程度かご教示下さい。

【回答】(1) 構造全体が維持する設計要求信頼度を $R_{\text{design}}=0.8$ に置きましたので, 各構造部位が相互に独立であると仮定すれば, 一つの構造部位が運航寿命中に維持しなければならない要求信頼度は, 構造部位数 $M=(100, 200)$ の各々に対して(0.998, 0.999)になり, 非常に高い信頼度となります。

(2) 本報告のモデルでは, 破壊した構造部位を全て発見して修理・交換します。即ち, 破壊した構造部位が残存しておりませんので, 検査直後に信頼度は1に戻ります。

(3) 詳細目視検査で発見できる最小発見可能き裂長を1 mmと置きました。従って, これより短いき裂を発見することはできません。

【討論】平原誠君 現在の飛行機設計ではエアラインでの定期的な機体点検つまり点検間隔, 点検方法, 点検箇所等を考慮して設計を行っている。強度的につらい箇所では強い材料の選定や部材寸度を上げるなどの配慮を払い, 設定された点検時期に達するまでに不具合が起こらな

い様にしている。現行のやり方に比べた場合、本講演の主旨である非定期点検のメリット、デメリットについては、どうお考えになりますか。

【回答】 御指摘のようにエアラインはいろいろな検査対象構造部位について定期検査を実施しています。しかし、実運用で経験してきたように、検査を実施しても損傷が発見できなかった場合、また反対に予想できなかった時期に損傷が発見された場合には検査間隔を変更しなければなりません。しかし、多くの場合には十分なデータを収集できず、この変更の評価に支障を来たしております。ここで報告しましたベイジアン信頼性解析は、数少ないデータに確率評価を導入して不確実要因を推定して非定期な検査間隔を推定できるため、上記のような評価に有効であると考えています。

【討論】 三津間秀彦 君 航空機ではフリートを考えた場

合の検査から見た効果等を取り入れるようにすることが、今後の本手法の確認の一つの方向と思われるが、宇宙開発に携わる者の立場からは、スペースシャトルに代表されるような宇宙機への適用に興味がある。この観点から、本手法の適用性についての見解をお伺いしたい。

【回答】 スペースシャトルのような宇宙機において、第一に問題となる損傷は疲労き裂ではないことが予想されますが、他の損傷でありますても、スペースシャトルの機数が少なく、また運用時間も短いため、航空機の場合よりも収集できるデータは少なくなると考えられます。そのような場合であっても、数少ないデータを用いて不確実要因を推定することのできるこのベイジアン信頼性解析は、有効に機能できると思います。その際に、損傷の適切なモデル化は重要な問題となります。

38 ローカルアプローチに基づく等価 CTOD 概念の提案と継手破壊性能評価への応用

【討論】 松村裕之,道場康二君 (1) ローカルアプローチでは、応力拡大係数や CTOD, J 積分などの従来の破壊力学パラメータに代わり、き裂先端近傍の応力を破壊プロセスゾーン内で積分して得られるワイブル応力 σ_w を破壊評価指標として用い、材料の脆性破壊特性を最弱リンクの考え方の下に確率論的に取り扱われます。しかしながら、ワイブル応力は、現在 3 次元弾塑性解析により算出されており、工業的観点で言えば、必ずしも簡便に求め得るものではないと理解しております。ワイブル応力の算出過程では、破壊プロセスゾーンの体積やプロセスゾーンの有効応力などの設定（仮定）が必要かと思いますが、精度よくあるいは効率よく計算するためのノウハウや計算結果に及ぼす各種因子の影響など、ワイブル応力の算出にあたって留意すべき点についてご教示下さい。

(2) 三点曲げ CTOD 試験で得られた破壊限界 CTOD 値の範囲からワイブル応力に基づく等価 CTOD 概念によって推定された Match 継手広幅引張試験片の破壊限界ひずみ値 (ε_{∞})_{cr} が、従来の CTOD 概念による推定結果と比較して実験結果とよい対応にあたることを Fig. 15 に示されています。Fig. 15 をみると、ワイブル応力に基づいたひずみ推定範囲は、CTOD 概念に基づくひずみ推定範囲に比べてばらつきが大きくみえます。この原因として、CTOD 概念に基づくひずみ推定において、本来ならばばらつきを持って規定されるべき CTOD 設計曲線が、一意的に与えられているのに対し、ワイブル応力は統計的処理が施された上で（ばらつきが考慮された上で）推定に用いられているためと考えます。この場合、ともに同程度のばらつきを考慮した上で、両者の推定精度を比較すべきと考えますが、

いかがでしょうか？

(3) 4 章や Fig. 16 に示されていますように、継手破壊性能確保のために必要となる破壊靭性値を、ワイブル応力を介して決定する手法が提案されています。ここで、CTOD 試験片で設定される要求 CTOD 値の代わりに、ワイブル応力を介して例えば小型の（継手）丸棒試験片のようなものの要求ひずみに換算することも可能と考えますがいかがでしょうか？ この手法が問題なければ、設計要求値が破壊限界ひずみ値 $\varepsilon_{\infty}^{\text{cr}}$ で与えられるような場合には、より一層設計指標として理解されやすく、使いやすいものになるよう思います。このような考え方について、ご意見を頂戴したいと存じます。

【回答】 (1) ワイブル応力 σ_w はき裂先端近傍応力をき裂先端近傍の高応力域内（いわゆる破壊プロセスゾーン）内で積分して得られるので、その値の算出に際しては σ_w に寄与しないき裂から遠い領域は除いて積分計算を行います。この場合、き裂先端近傍の塑性域を積分領域対象とすれば σ_w の評価にはほぼ十分であることを確認しています。これは、マイクロクラックの発生には塑性変形の関与が必要であると従来から指摘されていることとも矛盾しません。ただし、FEM 要素の平均応力と要素体積を単純にかけ合わせるのは精度が悪いので、論文で述べたようなガウス積分によって積分計算を実施しています。また、応力成分としては多軸応力状態を考慮に入れた有効応力 σ_{eff} を用いています。工業的観点からは最大主応力を用いることも考えられますが、応力の多軸状態が大きく異なる試験片どうしの結果を解析するには最大主応力では不十分な場合もあり、剪断応力成分も考慮に入れた有効応力 σ_{eff} の採用が効