

I - 601

帯板異材接合部での破壊の解析

中部電力(株) 正員 加藤 誠司 名古屋工業大学 正員 長谷部 宣男
 東急建設(株) 正員 奥村 幹也 名古屋工業大学 正員 中村 卓次

【1.はじめに】 近年、セラミックス・金属・樹脂等の異種材料を接合した構造が、数多く見られるようになった。このように異種材料を接合することによって、各材料の持つ性能・機能が互いに補われ、各材料の長所を有する材料が作られる。しかし、このような接合材料では、接合界面端部からの破壊が生じやすく、接合部の強度が材料そのものの強度や寿命を決定することがしばしばある。そこで本報告では、材料定数の異なる2つの帯板がfig.1に示すように接合界面の中間と両端に非接合部(剥離部)を有する状態で接合され、帯板先端に集中引張力と偶力が作用する場合の接合部での強度解析を行う。帯板は形状的には試験片のモデルである。また非接合部は、接合の際生ずる欠陥でもある。解析手法として有理型写像関数と複素応力関数を用いるが、これらの一般解は既に報告している¹⁾。本報告では、文献2), 3)で定義したS I Dを用いて剥離進展に対する考察を行う。なお本解析では、材料定数としてDundursの定数 α_D, β_D を用いる。

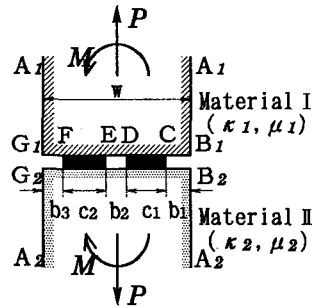
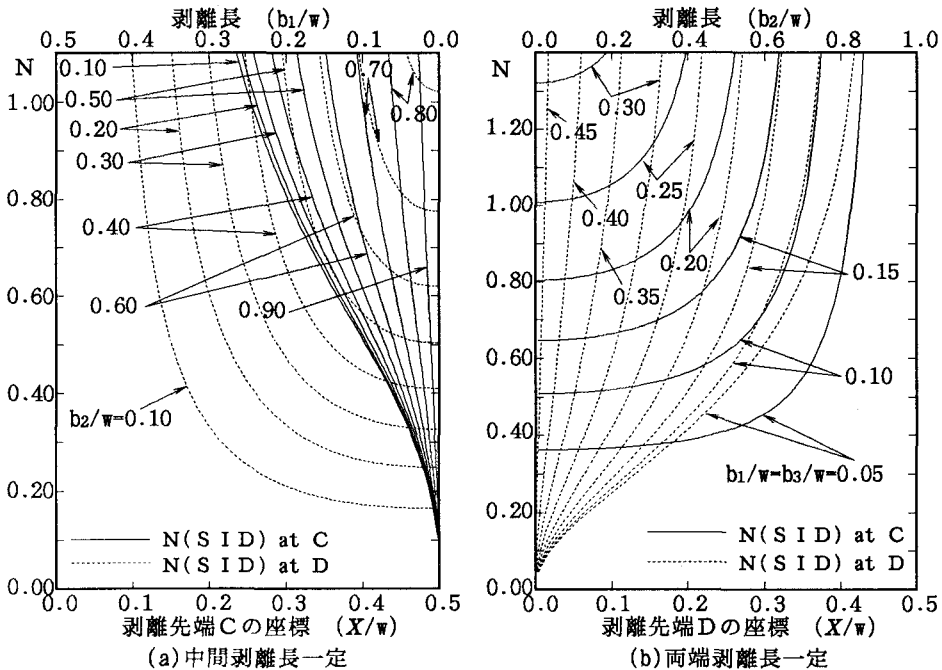


fig.1 解析モデル

【2.剥離の応力の強さ】 剥離先端での接合強度の指標として $\sqrt{K^{(j)} K^{(j)}}$ 『剥離の応力の強さ(S I D)』を用いる。これは、均質材中のクラック先端での応力拡大係数に相当し、剥離先端近傍の応力および剥離の進展に伴うエネルギー解放率はS I Dを用いて表される^{2), 3)}。S I Dは、有理型写像関数と複素応力関数を用いて、外挿等の数値計算的な操作をすることなく求められる³⁾。

fig.2 剥離長によるS I Dの変化(左右対称剥離); $6M/Pw=1.0, \alpha_D=-0.50, \beta_D=-0.15$

S I Dの値として、次式で無次元化したN値を用いる。

$$N = \frac{w\sqrt{2w}}{(Pw+6M)\sqrt{\pi}} \sqrt{K^{(j)} K^{(j)}} \cosh(\pi \varepsilon_j) \quad (1)$$

S I Dの解析例として、剥離長によるS I Dの変化の様子をfig. 2に示す。剥離状態が左右対称で集中引張力と偶力が $6M/Pw=1.0$ の比で同時に作用する場合を示す。材料定数は $\alpha_D=-0.50$, $\beta_D=-0.15$ である。(a)では中間の剥離長が一定で両端の剥離長が変化する場合の接合端C, DでのS I Dの変化の様子を一本の曲線で表している。(b)では両端の剥離長が一定で中間の剥離長が変化する場合を同様に表している。各剥離状態における接合端C, DでのN値の大小に着目することにより、各接合端からの剥離進展の起こりやすさを比較することができる。fig. 2より、いずれの場合においても接合部の長さが短くなるにつれてN値が大きくなり、剥離が進展しやすくなることがわかる。なお、剥離状態が左右対称であることと荷重の作用方向を考慮すれば、接合端E, Fからの剥離進展は、接合端C, Dからの剥離進展に比べると起こりにくいと思われるので、ここでは接合端E, FでのN値は省略する。

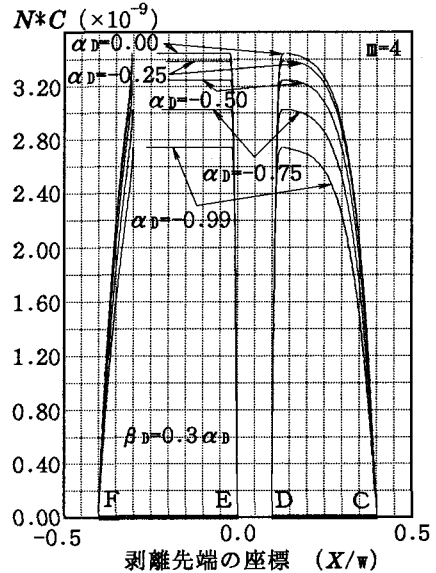
破壊現象の1つとして、疲労による剥離進展が挙げられる。均質材中のクラックに対しては疲労破壊に関する研究が多数行われており、疲労によるクラック進展速度 da/dN を応力拡大係数の変動幅 ΔK を用いて次式(Paris則)のように表すことが広く行われている。

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad (2)$$

C, m は各材料に対する材料定数で、実験値より求められる。本報告では、応力拡大係数の代わりにS I Dを用いることによって、疲労による剥離進展速度をParis則で表すことができると仮定して、解析を行った。fig. 3では $\Delta P=100$ の荷重幅を持つ集中引張力を繰返し載荷させた場合の各接合端(C, D, E, F)からの剥離進展の挙動を、繰返し数と各接合端の座標との関係を表示することによって表現している。fig. 2の解析結果からわかるように、剥離進展が進むにつれて各接合端でのS I Dが大きくなるので、剥離進展速度が速くなっている。また、最初の剥離状態(初期剥離状態)が左右非対称であるので、剥離進展が進むにつれて偏心の影響がみられる。この初期剥離状態においては、両端からの剥離進展が顕著であり、中間からはあまり剥離が進展しない。

【3.まとめ】異種材料接合問題として、接合界面での剥離進展によって生じる破壊現象に着目し、この解析を行った。剥離先端での接合強度の指標としてS I Dを用い、これによって剥離進展に対する考察を行った。また、疲労による剥離進展の挙動は未だ明らかにされていないが、本報告では、クラック進展と同様の挙動を示すと仮定して、応力拡大係数の代わりにS I Dを用いて、疲労による剥離進展に対する解析を試みた。

【参考文献】 1)加藤ら, 第47回年次学術講演会講演概要集CS1-4[I](1992) 2)長谷部ら, 材料, 39, 445, 1405. (1990) 3)長谷部ら, 日本機械学会[No. 920-71]シンポジウム講演論文集, 57. (1992)



初期剥離状態(左右非対称剥離)
 $b_1/w=b_3/w=0.10, c_1/w=0.30, c_2/w=0.40$
 集中引張力 $\Delta P=100$ ($P_{max}=110, P_{min}=10$)

fig. 3 疲労による剥離進展の挙動