

이종재 V-노치 균열의 대수응력특이성과 계수벡터에 관한 연구

조상봉[#], 김우진^{*}

A Study on Logarithmic Stress Singularities and Coefficient Vectors for V-notched Cracks in Dissimilar Materials

Sang-Bong Cho[#] and Woo-Jin Kim^{*}

ABSTRACT

Most engineers interested in stress singularities have focused mainly on the research of power stress singularities for v-notched cracks in dissimilar materials. The logarithmic stress singularity was discussed a little in Bogy's paper. The power-logarithmic stress singularity was reported by Dempsey and Sinclair. It was indicated that the logarithmic singularity is only a special case of power-logarithmic stress singularities. Then, Dempsey reported specific cases which have power-logarithmic singularities even for homogeneous boundary conditions.

It was known that logarithmic stress singularities for v-notched cracks in dissimilar materials occurs when the surfaces of a v-notched crack have constant tractions. In this paper, using the complex potential method, the stresses and displacements having logarithmic stress singularities were obtained and the coefficients vectors were calculated by a numerical program code: Mathematica. It was shown that our analysis models don't have logarithmic stress singularities under the constant tractions, although the coefficient vectors are existing.

Key Words : Logarithmic stress singularity(대수응력특이성), Dissimilar materials(이종재료), V-notched cracks (V-노치 균열), Constant traction(일정 표면력), Coefficients vector(계수벡터)

1. 서론

이종재료 간의 접합구조물이 날로 증가하여 이에 대한 파괴역학적 연구가 요구되고 있으나 아직 미흡한 상태이다. 이종재료 간의 접합구조물에는 V-노치 부가 있게 되고 V-노치 선단에서 응력의 특이성으로 인한 접합계면 균열이 발생하여 파괴가 일어나게 된다.

이종재료 내의 V-노치 선단 부근의 응력성분은 선형파괴역학적인 관점에서 $\sigma_{ij} = Kr^{\lambda-1} f_{ij}(r, \theta)$ 로 표현되고 V-노치 선단에서 거리 $r \rightarrow 0$ 로 되면 응력 $\sigma_{ij} \rightarrow \infty$ 로 되는 성질을 응력특이성이라 하고 이는 잘 알려진 사실이다. 여기서 $\lambda=1$ 은 응력특이성지수이고, K 는 응력강도계수이다. 등방성 균질재료 혹은 이방성 균질재료 내의 균열에 대한 응력특이

· 접수일: 2003년 2월 1일; 게재승인일: 2003년 7월 11일
교신저자: 경남대학교 기계자동화공학부
E-mail: sbcho@kyungnam.ac.kr, Tel: (055) 249-2620
* 경남대학교 대학원

성지수는 -0.5로 일정하다. 따라서 응력강도계수 만으로 파괴법칙을 세우는 것이 가능하였지만 이종재료 내의 V-노치 균열의 경우는 응력특이성이 나타나는 응력특이성지수, $\lambda-1$ 은 $-0.5 \leq \text{Re}(\lambda-1) < 0$ 의 범위에서 실수 혹은 복소수의 값이 될 수도 있고, 큰 λ 의 중복성에 따라 멱대수 응력특이성(power-logarithmic stress singularity)의 응력장을 가질 수도 있으므로 새로운 파괴법칙이 요구되어진다. 따라서 많은 공학자에게 이종재료 내의 V-노치 균열에 대한 응력특이성지수와 응력강도계수 문제는 관심의 대상이다.

Bogy^{1,2}가 처음으로 이종재료 내의 V-노치 균열 문제에 대한 응력특이성에 관하여 연구하였다. 그 후 많은 연구자들, 예를 들면, Hein과 Erodogan³, Carpenter와 Byers⁴ 등이 연구하였고, 관심은 멱응력 특이성에 맞추어져 있었다. Bogy^{1,2}의 논문에서 대수응력특이성에 관한 것이 약간 언급되어 있다. 일정한 표면력이 이종재 V-노치 균열의 표면에 작용할 때에 대수응력특이성(logarithmic stress singularity)이 발생한다고 알려져 있다.

멱대수 응력특이성에 관해서는 Dempsey와 Sinclair^{5,6}에 의해 연구 발표된 바 있고, 대수 응력특이성은 멱대수 응력특이성의 한 예에 불과한 경우라고 지적하고 있다. 그 후, Dempsey⁷가 V-노치 균열의 표면에 표면력이 작용하지 않는 경우(제차형 경계조건)조차도 멱대수 응력특이성이 존재하는 구체적인 예를 발표한 바 있다.

응력특이성 해석에는 몇 가지 방법이 이용되며 각 방법은 장단점을 가지고 있다. 멜린 변환법(Mellin transform method)은 우수한 방법이나 복잡하고 어렵다. 에어리의 응력함수법(Airy stress function method)은 간단하나 복소응력특이성을 취급하기 곤란하다. 복소포텐셜법(complex potential method)은 간단하면서도 복소응력특이성을 취급할 수 있다. Bogy^{1,2} 및 Hein과 Erodogan³은 멜린변환법을, Carpenter와 Byers⁴는 복소포텐셜법을, Dempsey와 Sinclair^{5,6}는 에어리의 응력함수법을 각각 사용하였다.

본 논문에서는 일정한 표면력이 이종재 V-노치 균열의 표면에 작용할 때의 이종재 V-노치 균열의 대수응력특이성에 대해 복소포텐셜법을 사용하여 이론적으로 구하고 상용수치해석 프로그램의 하나인 메스메티카(mathematica)를 이용하여 계수벡터를

구하여 대수응력특이성의 영향을 밝히고자 한다.

2. 이종재 V-노치 균열의 특성방정식

Fig. 1에서 보는 바와 같이 등방성 이종재료의 2차원 탄성문제에서 체적력이 없다고 가정하면, 응력과 변위는 복소포텐셜 $\phi_j(z)$ 와 $\psi_j(z)$ 로 다음과 같이 표현할 수 있다.⁴

$$u_{jr} + iu_{j\theta} = (2\mu_j)^{-1} e^{-i\theta} [\chi_j \phi_j(z) - z \overline{\phi_j'(z)} - \overline{\psi_j(z)}] \quad (1)$$

$$\sigma_{jrr} + i\sigma_{jr\theta} = \phi_j'(z) + \overline{\phi_j'(z)} - z \overline{\phi_j''(z)} - \overline{z z^{-1} \phi_j'(z)} \quad (2)$$

$$\sigma_{j\theta\theta} - i\sigma_{jr\theta} = \phi_j'(z) + \overline{\phi_j'(z)} + z \overline{\phi_j''(z)} + \overline{z z^{-1} \phi_j'(z)} \quad (3)$$

여기서 $z = r e^{i\theta}$, μ_j 는 전단 탄성계수, ν_j 는 푸아송 비이다. 또한,

$$\begin{cases} \chi_j = 3 - 4\nu_j & (\text{plane strain}), \\ \chi_j = \frac{3 - \nu_j}{1 + \nu_j} & (\text{plane stress}) \end{cases} \quad (4)$$

이고, (-)는 공액 복소수를 의미하며, 첨자 j 는 재료 j 를 의미한다.

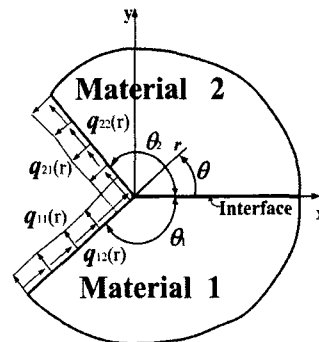


Fig. 1 V-notched crack in isotropic dissimilar materials

복소포텐셜은 다음과 같이 가정하고 이중재료 내의 V-노치 균열에 대한 응력장과 변위장을 구할 수 있다.⁴

$$\phi_f(z) = A_j z^\lambda + a_j z^{\bar{\lambda}} \quad (5)$$

$$\psi_f(z) = B_j z^\lambda + b_j z^{\bar{\lambda}} \quad (6)$$

여기서, A_j, a_j, B_j 와 b_j 는 복소수이다.

앞에서 구한 응력장과 변위장을 이용하여 Fig. 1의 다음과 같은 비제차형 경계조건(즉, 균열면에 표면력이 있는 경계조건)에 대입한다.

$$\sigma_{1\theta\theta} - i\sigma_{1r\theta} = q_{11}(r) + iq_{12}(r) \quad \text{at } \theta = -\theta_1 \quad (7)$$

$$\sigma_{1\theta\theta} - i\sigma_{1r\theta} = \sigma_{2\theta\theta} - i\sigma_{2r\theta} \quad \text{at } \theta = 0 \quad (8)$$

$$u_{1r} + iu_{1\theta} = u_{2r} + iu_{2\theta} \quad \text{at } \theta = 0 \quad (9)$$

$$\sigma_{2\theta\theta} - i\sigma_{2r\theta} = q_{21}(r) + iq_{22}(r) \quad \text{at } \theta = \theta_2 \quad (10)$$

식 (7)~(10)에서 다음과 같은 개념적으로 표현한 비제차형 연립방정식을 얻을 수 있다.

$$[B(\lambda)]\{A\} = \{f\} \quad (11)$$

제차형 경계조건(즉, 표면력이 없는 경계조건)이 되면 식 (11)은 다음과 같은 제차형 연립방정식이 된다.

$$[B(\lambda)]\{A\} = \{0\} \quad (12)$$

제차형 연립방정식이 비자명해를 가질 조건은 행렬 $[B]$ 의 행렬식이 영(0)인 경우이며 이 행렬식을 특성방정식이라 부르고 다음과 같다.

$$|B(\lambda)| = D(\lambda) = 0 \quad (13)$$

제차형 연립방정식에 대한 특성방정식 (13)의 고유치 λ 는 단근과 중복근을 가질 수 있다. 또한, 복소수 근은 단근 만이 있을 수 있고, 실수 근은 중복근이 될 수 있다. 고유치 λ 가 중복근이 되는 경우는 고유치 λ 가 실수인 경우뿐이라는 것은 Dempsey⁷에 의해 알려진 사실이다.

고유치 λ 가 실수인 경우에 대한 식 (12)의 벡터와 행렬은 다음과 같다.

$$\{A\} = [Re[A_1] \quad Im[A_1] \quad Re[B_1] \quad Im[B_1] \quad Re[A_2] \quad Im[A_2] \quad Re[B_2] \quad Im[B_2]]^T \quad (14)$$

$$\{0\} = [0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]^T \quad (15)$$

$$[B(\lambda)] = \begin{bmatrix} [t_1] & [0] \\ [s_1] & -[s_2] \\ [u_1] & -[u_2] \\ [0] & [t_2] \end{bmatrix} \quad (16)$$

여기서

$$[t_j] = \begin{bmatrix} d_{j1} & d_{j2} & d_{j3} & d_{j4} \\ d_{j5} & d_{j6} & d_{j7} & d_{j8} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} d_{j1} &= \lambda(\lambda+1) \cos[(\lambda-1)(e_j)] \\ d_{j2} &= -\lambda(\lambda+1) \sin[(\lambda-1)(e_j)] \\ d_{j3} &= \lambda \cos[(\lambda+1)(e_j)] \\ d_{j4} &= -\lambda \sin[(\lambda+1)(e_j)] \\ d_{j5} &= \lambda(\lambda-1) \sin[(\lambda-1)(e_j)] \\ d_{j6} &= \lambda(\lambda-1) \cos[(\lambda-1)(e_j)] \\ d_{j7} &= \lambda \sin[(\lambda+1)(e_j)] \\ d_{j8} &= \lambda \cos[(\lambda+1)(e_j)] \end{aligned}$$

이고, $e_1 = -\theta_1, e_2 = \theta_2$ 이다.

$$[0] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$[s_j] = \begin{bmatrix} \lambda(\lambda+1) & 0 & \lambda & 0 \\ 0 & \lambda(\lambda-1) & 0 & \lambda \end{bmatrix}$$

이고, 또한

$$[u_j] = \begin{bmatrix} \frac{x_j - \lambda}{2\mu_j} & 0 & -\frac{1}{2\mu_j} & 0 \\ 0 & \frac{x_j + \lambda}{2\mu_j} & 0 & \frac{1}{2\mu_j} \end{bmatrix}$$

이다.

식 (11)의 비제차형 연립방정식의 일반해는 제차형 연립방정식의 해와 특수해(particular solution)의 합으로 이루어진다. 일반해에 중복근이 존재한다면 식 (5)와 (6)의 복소포텐셜은 재고려되어야 한다.

3. 일정한 표면력이 작용하는 이중재 V-노치 균열의 계수벡터

고유치가 이중근이라면 복소포텐셜, $\phi_j(z)$ 와 $\psi_j(z)$ 는 재고려되어야 하고, 이중근에 대한 부가 복소포텐셜은 복소포텐셜을 λ 로 미분하여 다음과 같이 구할 수 있다.⁹

$$\widehat{\phi}_j(z) = \widehat{A}_j z^\lambda \ln z \quad (17)$$

$$\widehat{\psi}_j(z) = \widehat{B}_j z^\lambda \ln z \quad (18)$$

여기서, \widehat{A}_j 와 \widehat{B}_j 는 복소수이다.

식 (17)과 (18)을 변위식 (1)과 응력식 (2)와 (3)에 대입하여 정리하면 이중근에 대한 대수항을 포함하는 응력과 변위를 다음과 같이 구할 수 있고, 이는 Sinclair⁸의 결과와 일치한다.

$$\begin{Bmatrix} \widehat{\sigma}_{jrr} \\ \widehat{\sigma}_{j\theta\theta} \\ \widehat{\sigma}_{jr\theta} \end{Bmatrix} = r^{\lambda-1} \{ \lambda \ln r [R] + \lambda \theta [T] + [K] \} \{ \widehat{A} \} \quad (19)$$

여기서

$$[R] = \begin{bmatrix} (3-\lambda)Cm & (\lambda-3)Sm & -Cp & Sp \\ (\lambda+1)Cm & -(\lambda+1)Sm & Cp & -Sp \\ (\lambda-1)Sm & (\lambda-1)Cm & Sp & Cp \end{bmatrix}$$

$$[T] = \begin{bmatrix} (\lambda-3)Sm & (\lambda-3)Cm & Sp & Cp \\ -(\lambda+1)Sm & -(\lambda+1)Cm & -Sp & -Cp \\ (\lambda-1)Cm & (1-\lambda)Sm & Sp & -Cp \end{bmatrix}$$

$$[K] = \begin{bmatrix} (3-2\lambda)Cm & (2\lambda-3)Sm & Cp & -Sp \\ (2\lambda+1)Cm & -(2\lambda+1)Sm & Cp & -Sp \\ (2\lambda-1)Sm & (2\lambda-1)Cm & Sp & Cp \end{bmatrix}$$

이고, $Cm = \cos[(\lambda-1)\theta]$, $Cp = \cos[(\lambda+1)\theta]$, $Sm = \sin[(\lambda-1)\theta]$, $Sp = \sin[(\lambda+1)\theta]$ 이다.

일반해가 이중근을 가진다면 복소포텐셜은 $\phi_j(z)$ 와 $\widehat{\phi}_j(z)$ 을 합한 것과 $\psi_j(z)$ 와 $\widehat{\psi}_j(z)$ 을 합한 것을 사용하여야 한다.

일정한 표면력이 작용하는 이중재 V-노치 균열 문제는 $\lambda=1$ 인 특수해와 제차형 해가 이중근이 되는 경우이다. 합한 복소포텐셜로 구한 응력과 변위를 이중재 V-노치 균열문제의 비제차형 경계조건에 대입하여 정리하면 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\ln r [B] \{ \widehat{A} \} + [G] \{ \widehat{A} \} + [B] \{ A \} = \{ f \} \quad (20)$$

여기서

$$\{ \widehat{A} \} = [Re[\widehat{A}_1] \quad Im[\widehat{A}_1] \quad Re[\widehat{B}_1] \quad Im[\widehat{B}_1] \quad Re[\widehat{A}_2] \quad Im[\widehat{A}_2] \quad Re[\widehat{B}_2] \quad Im[\widehat{B}_2]]^T \quad (21)$$

이고, 행렬 $[B]$ 는 식 (4)의 행렬과 같으며

$$[G] = \frac{d[B]}{d\lambda} \quad (22)$$

$$\{ f \} = [a_{11} \quad a_{12} \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad a_{21} \quad a_{22}]^T \quad (23)$$

이고, a_{11} , a_{12} , a_{21} 와 a_{22} 는 상수이다.

식 (20)에서 다음의 관계식을 얻을 수 있다.

$$[B] \{ \widehat{A} \} = 0 \quad (24)$$

$$[G] \{ \widehat{A} \} + [B] \{ A \} = \{ f \} \quad (25)$$

식 (25)에서 $|G| \neq 0$ 이면 다음의 식을 얻을 수 있다.

$$\{ \widehat{A} \} = [G]^{-1} \{ f \} - [G]^{-1} [B] \{ A \} \quad (26)$$

식 (24)에 대입하여 계수벡터 $\{A\}$ 를 구한 후에 식 (26)으로부터 계수벡터 $\{\widehat{A}\}$ 을 구할 수 있다.

4. 수치해석 결과 및 검토

Fig. 1에서 V-노치 균열의 표면에 일정한 표면력 즉, $q_{11}(r)=q_{11}$, $q_{12}(r)=q_{12}$, $q_{21}(r)=q_{21}$, $q_{22}(r)=q_{22}$ 로 위치 r 의 함수가 아닌 상수로서 일정한 값을 가지는 경우가 고유치 $\lambda=1$ 인 이중근에 해당한다. 이와 같이 표면력이 일정한 경우에 대하여 상용수치해석 프로그램인 메스메티카(mathematica)를 이용하여 계수벡터를 구하고자 한다.

이중재 V-노치 균열의 썩기각도를 여러 가지로 바꾸어 가면서 식 (24)~(25)로부터 평면변형률상태에 대한 계수벡터를 구하고자 한다. 재료의 물성치는 Table 1과 같다.

먼저, 한 가지의 예로 V-노치 균열의 썩기각도 $\theta_1=180^\circ$, $\theta_2=90^\circ$ 인 경우에 대한 계수벡터를 구하여 Table 2에 나타내었다. Table 2의 계수벡터를 식 (20)에 다시 대입하여 만족하는지를 검토하였고

Table 1 Property of materials

Material property	Material 1	Material 2
Poisson's ratio	0.4	0.3
Modulus of elasticity	1.4 MPa	6.5 MPa

Table 2 Coefficient vectors for $\theta_1=180^\circ$, $\theta_2=90^\circ$

Coefficient vector, $\{A\}$		Coefficient vector, $\{\widehat{A}\}$	
$Re[A_1]$	$0.391667 q_{11}-0.195477 q_{12}$ $+0.0583333 q_{21}-0.195477 q_{22}$	$Re[\widehat{A}_1]$	0
$Im[A_1]$	$0.0145833 q_{11}-0.333333 q_{12}$ $-0.0291667 q_{21}+0.116667 q_{22}$	$Im[\widehat{A}_1]$	$0.116667 q_{12}+0.116667 q_{22}$
$Re[B_1]$	$0.216667 q_{11}-0.342085 q_{12}$ $-0.116667 q_{21}-0.342085 q_{22}$	$Re[\widehat{B}_1]$	0
$Im[B_1]$	$0.883333 q_{12}-0.116667 q_{22}$	$Im[\widehat{B}_1]$	0
$Re[A_2]$	$0.25 q_{11}+0.20944 q_{12}$ $+0.25 q_{21}+0.20944 q_{22}$	$Re[\widehat{A}_2]$	0
$Im[A_2]$	$0.0625 q_{11}-0.125 q_{21}+0.5 q_{22}$	$Im[\widehat{A}_2]$	$0.5 q_{12}+0.5 q_{22}$
$Re[B_2]$	$0.5 q_{11}-1.15192 q_{12}$ $-0.5 q_{21}-1.15192 q_{22}$	$Re[\widehat{B}_2]$	0
$Im[B_2]$	$0.5 q_{12}-0.5 q_{22}$	$Im[\widehat{B}_2]$	0

Table 3 Coefficient vectors for $\theta_1=\theta_2=140^\circ$

Coefficient vector, $\{A\}$		Coefficient vector, $\{\widehat{A}\}$	
$Re[A_1]$	-0.15417	$Re[\widehat{A}_1]$	0
$Im[A_1]$	-0.207194	$Im[\widehat{A}_1]$	-0.0534391
$Re[B_1]$	0.151519	$Re[\widehat{B}_1]$	0
$Im[B_1]$	-0.551561	$Im[\widehat{B}_1]$	0
$Re[A_2]$	-0.436698	$Re[\widehat{A}_2]$	0
$Im[A_2]$	-1.75226	$Im[\widehat{A}_2]$	-0.229025
$Re[B_2]$	0.716574	$Re[\widehat{B}_2]$	0
$Im[B_2]$	-0.375975	$Im[\widehat{B}_2]$	0

Table 4 Coefficient vectors for $\theta_1=\theta_2=100^\circ$

Coefficient vector, $\{A\}$		Coefficient vector, $\{\widehat{A}\}$	
$Re[A_1]$	0.313638	$Re[\widehat{A}_1]$	0
$Im[A_1]$	1.85867	$Im[\widehat{A}_1]$	-0.0755419
$Re[B_1]$	0.367494	$Re[\widehat{B}_1]$	0
$Im[B_1]$	0.0533669	$Im[\widehat{B}_1]$	0
$Re[A_2]$	-0.076938	$Re[\widehat{A}_2]$	0
$Im[A_2]$	7.93406	$Im[\widehat{A}_2]$	-0.323751
$Re[B_2]$	1.14865	$Re[\widehat{B}_2]$	0
$Im[B_2]$	0.301576	$Im[\widehat{B}_2]$	0

잘 만족하는 것을 확인하였다. 계수벡터가 식 (20)을 만족한다는 것은 모든 주어진 경계조건을 만족하는 계수벡터가 구해진 것을 의미한다.

Table 2의 계수벡터 \widehat{A} 가 모두 영이 아닐지라도 $\lambda=1$ 일 때의 식 (19)에 대입하여 결과를 분석해보면 대수응력특이성을 나타내는 대수항, $\ln[r]$ 이 사라져 대수응력특이성이 없어지는 것을 확인할 수 있다.

Table 3~4도 Table 1의 물성치로 V-노치 균열의 썸기각도를 여러 가지로 바꾸어 해석한 결과 중에서 몇 가지의 예를 나타낸 것이고, 또한 $q_{11}=0$, $q_{12}=0$, $q_{21}=0$, $q_{22}=-1$ Pa로 해석하였다.

Table 3~4의 계수벡터 \hat{A} 가 모두 영이 아닐지라도 $\lambda=1$ 일 때의 식 (19)에 대입하여 결과를 분석해보면 대수응력특이성이 없어짐을 알 수 있다.

결과를 제시하지 않은 여러 가지의 해석 결과에서도 대수응력특이성의 영향이 없다는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 2의 모델 1에서 보는 바와 같이 V-노치 균열면에 표면력이 작용하는 모델을 유한요소 해석하여 상반일 경로적분법(RWCIM)¹⁰으로 계수(응력강도계수)를 구하고자 하며 중첩법에 의해 모델 2와 모델 3의 합으로 표현할 수 있다.

Fig. 3은 모델 1~3을 유한요소해석할 때에 사용한 요소분할 형태를 나타낸 것이고, 경계조건으로는 $\sigma_{11}=\sigma_{22}=1$ Pa이고 $q_{22}=-1$ Pa이다. 모델 2의 경우는 Table 2의 해석결과에서 대수응력특이성이

Table 5 Coefficients by RWCIM (plane strain)

Eigenvector (λ)	Coefficients	Model 1	Model 2	Model 3
0.504926	A_1	0.3991	0.0179	0.3812
0.708965	A_2	0.2483	-0.0694	0.3177
1.52825	$R_e(A_3)$	0.2725E+3	0.1704E+2	0.2555E+3
+0.104144i	$I_m(A_3)$	0.4916E+3	0.3030E+2	0.4613E+3

없다는 것을 알 수 있다. 그러므로, 모델 1에서도 대수응력특이성은 없다. 모델 1과 2의 응력특이성은 모델 3의 응력특이성과 같다. 따라서, 응력강도계수는 중첩원리에 의해 모델 2와 모델 3의 응력강도계수를 합한 것이 모델 1의 응력강도계수와 같아야 한다. Table 5는 이를 보여주고 있다.

5. 결론

이종재 V-노치 균열문제에서 균열표면에 일정한 표면력이 작용하는 경우에는 대수응력특이성이 발생하는 것으로 알려져 있다.

1) 대수응력특이성과 관련된 계수벡터를 해석할 수 있게 하였고, 해석 예를 보였다.

2) 이종재 V-노치 균열문제에서 균열표면에 일정한 표면력이 작용하는 경우에 여러 가지의 썸기각도 및 물성치를 변화시켜 계수벡터를 구하여 보았다. 적어도 본 연구에서 선택한 해석 모델의 결과에서는 대수응력특이성의 영향이 없다는 것을 알았다.

후 기

본 연구는 2003년도 경남대학교 교내학술조성연구비에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Bogy, D. B., "On the Problem of Edge-bonded Elastic Quarter-planes Loaded at the Boundary,"

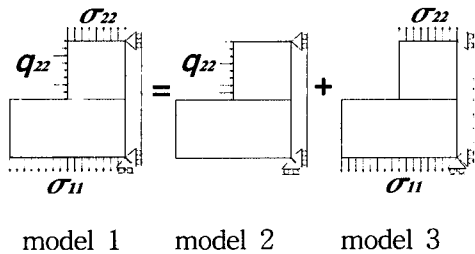


Fig. 2 Analysis model and superposition principle

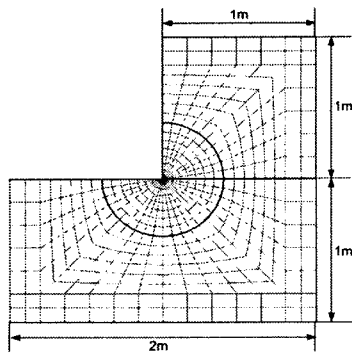


Fig. 3 FEM model

- Int. J. Solids Structures, Vol. 6, pp. 1287-1313, 1970.
2. Bogy, D. B., "Two Edge-Bonded Elastic Wedges of Different Materials and Wedge Angles under Surface Traction," J. Applied Mechanics, Vol. 38, pp. 377-386, 1971.
 3. Hein, V. L. and Erdogan, F., "Stress Singularities in a Two-material Wedge," Int. J. Fract. Mechanics, Vol. 7, pp. 317-330, 1971.
 4. Carpenter, W. C. and Byers, C., "A Path Independent Integral for Computing Stress Intensities for V-notched Cracks in a Bi-material," Int. J. Fract, Vol. 35, pp. 245-268, 1987.
 5. Dempsey, J. P. and Sinclair, G. B. "On the stress Singularities in the plane Elasticity of the Composite Wedge", Journal of Elasticity, Vol. 9, pp. 373-391, 1979.
 6. Dempsey, J. P. and Sinclair, G. B. "On the Singularities Behavior at the Vertex of a Bi-material Wedge," Journal of Elasticity, Vol. 11, pp. 317-327, 1981.
 7. Dempsey, J. P., "Power-logarithmic Stress Singularities at Bi-material Corners and Interface Cracks," J. Adhesive Sci. Technl., Vol. 9, pp. 253-265, 1995.
 8. Sinclair, G. B., "Development of a New Approach to Fracture Mechanics," Final Report on Task #36, pp. 1-41, 1996.
 9. Cho, S. B. and Carpenter, W. C., "The Complex Potential Approach to Power-Logarithmic Stress Singularities for V-Notched Cracks in a Bi-material," KSME Int. J., Vol. 13, No. 1, pp. 19-25, 1999.
 10. Cho, S. B., Jeong, H. W. and Kim, J. K., "Determination of Stress Intensity Factors for Interface Cracks in Dissimilar Materials using the RWCIM," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 5, pp. 180-185, 2000.