

# 동강성계수의 조합 및 전달에 의한 보형 구조물의 강제진동 해석

문 덕 홍\* · 최 명 수\*\*

## Forced Vibration Analysis of Beam-like Structures by the Combination and Transfer of Dynamic Stiffness Coefficient

D. H. Moon · M. S. Choi

### Abstract

The authors have developed the transfer dynamic stiffness coefficient method(TDSCM) which is based on the concepts of the substructure synthesis method and transfer influence coefficient method. As a result, we suggested the algorithm for free vibration analysis of beam-like structures which are mainly found in mechanical design by applying the TDSCM in the previous reports.

In this paper, we extend this algorithm to the forced vibration analysis for them. And we also confirmed the merits of this method.

### 1. 서 론

저자들은 고속, 고정도의 진동해석기법인 전달 영향계수법을 개발하고, 직선형 구조물, 판 구조물, 셸 구조물 등 공학적으로 중요한 여러 구조물에 적용하여 그 유효성을 입증해 왔다<sup>(1-6)</sup>. 그러나 이 기법은 페루프 구조물에 적용할 수 없다는 점과 복잡하고 거대한 구조물에 대해서는 이 기법 역시 계산량이 상당히 요구되므로 좀 더 빠른 새로운 계산기법의 개발이 요망되었다. 따라서, 저자들은 내부 자유도를 소거하는 부분구조합성법<sup>(7)</sup>의 개념과 동강성계수의 전달영향계수법<sup>(1-6)</sup>적 전달의 개념을 도입한 전달동강성계수법을 제안하고, 자유진동 해석시에 그 유효성을 확인한 바 있다<sup>(6)</sup>. 그러나 해석기법으로서 널리 사용되기 위해서는 자유진

동 뿐만 아니라 강제진동에 대한 적용이 꼭 필요하므로, 본 연구에서는 전달동강성계수법을 강제진동 해석으로 확장하여 회전축과 같은 일정단면 직선형 구조물에 대한 굽힘 강제진동 해석 알고리즘을 정식화한다. 그리고 간단한 수치계산 모델에 대한 수치실험을 수행한 결과의 고찰을 통하여 본 해석기법의 유효성을 제시한다.

### 2. 전달동강성계수법에 의한 강제진동 해석

본 장에서는 일정단면 직선형 구조물을 해석 대상으로 하여, 전달동강성계수법으로 면내 굽힘 선형 강제진동을 해석하기 위한 알고리즘을 정식화한다.

\* 부경대 제어기계공학과 (원고접수일 : 97년 5월)  
\*\* 부경대 대학원 제어기계공학과

2.1 해석모델

Fig. 1과 같은 다수의 일정단면 직선 보로 구성된 구조물에 조화 강제외력 및 조화 강제변위가 작용하는 경우의 면내 굽힘 선형 강제진동을 해석한다.

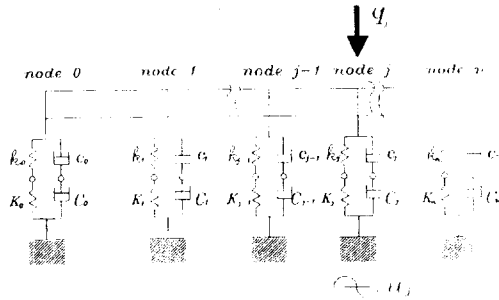


Fig. 1 Analytical model

해석모델은 좌단, 우단 그리고 임의의 위치에서 병진 및 회전스프링과 감쇠요소로 기초로부터 지지되어 있고, 강제력 및 강제변위가 작용하는 것으로 가정한다. 여기서 기초 지지요소가 존재하는 위치, 강제력 혹은 강제변위가 주어지는 위치, 그리고 응답을 구하고자 하는 위치를 모두 절점이라고 하고, 좌단에서 우단으로 순차적으로 절점 0, 절점 1, ..., 절점 n 이라고 부른다.

또 절점 j-1과 절점 j 사이의 일정단면 직선 보를 j 번째 부분구조(substructure)라 하고, 각각의 부분구조를 임의의 분할수로 분할 한 최소의 요소를 기본요소(fundamental element)라 한다(Fig. 2 참조). 기본요소는 내부에 보 요소 자체의 구조감쇠를 고려하고, 일정단면의 분포계로 모델링하며, 기본요소 좌우의 상태량을 첨자 "L", "R" 로 구별한다.

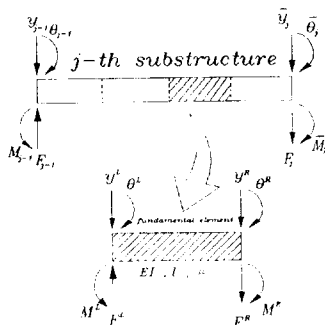


Fig. 2 Substructure and fundamental element

그리고 조화강제외력 및 조화강제변위는 절점에만 집중적으로 작용하는 것으로 하고, 분포강제외력 및 분포강제변위는 고려하지 않는다. 또한, 보와 기초 사이에 지지스프링을 삽입하고, 강제변위는 그 기초에 작용시킨다.

2.2 자체 및 상대 동강성계수행렬의 조합

2.2.1 자체 및 상대 동강성계수행렬의 정의

기본요소 좌우의 횡변위( $y^L, y^R$ ), 각변위( $\theta^L, \theta^R$ ), 전단력( $F^L, F^R$ ) 및 모멘트( $M^L, M^R$ )의 정방향향을 Fig. 2와 같이 정의한다. 이 상태량들은 모두 복소상태량이다. 구조물이 각진동수  $\omega$ 로 강제진동을 할 때, 기본요소 좌우에 관한 상태량 벡터 사이의 관계는 전달행렬(transfer matrix)<sup>(9)</sup>로부터 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{f} \end{bmatrix}^R = \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{B} \\ \mathbf{C} & \mathbf{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{f} \end{bmatrix}^L \quad (1)$$

여기서, 기본요소 좌우의 변위벡터와 힘벡터는,  $\mathbf{d}^L = (y, \theta)^L$ ,  $\mathbf{d}^R = (y, \theta)^R$ ,  $\mathbf{f}^L = (F, M)^L$ ,  $\mathbf{f}^R = (F, M)^R$  이고, 첨자 "t"는 행렬의 전치를 뜻한다. 또한  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{C}$  및  $\mathbf{D}$ 는 일정한 등분포질량을 갖는 오일러 보(Euler beam)를 해석할 경우에 해당하는 부분행렬( $2 \times 2$ )이며, 아래 식과 같다.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &= \begin{bmatrix} C_0 & lC_1 \\ \beta^*C_3/l & C_0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{B} = \begin{bmatrix} -alC_3 & aC_2 \\ -aC_2 & aC_1/l \end{bmatrix} \\ \mathbf{C} &= \begin{bmatrix} -\beta^*C_1/a & -\beta^*C_2/a \\ \beta^*C_2/a & \beta^*lC_3/a \end{bmatrix}, \\ \mathbf{D} &= \begin{bmatrix} C_0 & -\beta^*C_3/l \\ -lC_1 & C_0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} C_0 &= (\cosh \beta + \cos \beta)/2 \\ C_1 &= (\sinh \beta + \sin \beta)/2\beta \\ C_2 &= (\cosh \beta - \cos \beta)/2\beta^2 \\ C_3 &= (\sinh \beta - \sin \beta)/2\beta^3 \\ a &= l^2/E(1+i\eta)l, \quad \beta^* = \mu\alpha^2 l^4/E(1+i\eta)l \end{aligned}$$

여기서  $l$ 은 기본요소의 길이,  $\mu$ 는 선밀도,  $E$ 는 종탄성계수,  $\eta$ 는 손실계수 그리고  $I$ 는 단면 2차 모멘트이다.

식(1)의 역의 관계로부터 다음식이 성립한다.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{f} \end{bmatrix}^L = \begin{bmatrix} \mathbf{D} & -\mathbf{B} \\ -\mathbf{C} & \mathbf{A} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{f} \end{bmatrix}^R \quad (3)$$

식(1), (3)으로부터 기본요소 좌우의 힘벡터를 다음식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{f}^R = \mathbf{S}^s \mathbf{d}^R + \mathbf{S}^c \mathbf{d}^L, \mathbf{f}^L = \mathbf{s}^c \mathbf{d}^R + \mathbf{s}^s \mathbf{d}^L \quad (4)$$

$$\mathbf{S}^s = \mathbf{D} \mathbf{B}^{-1}, \mathbf{s}^s = -\mathbf{B}^{-1} \mathbf{A} \quad (5)$$

$$\mathbf{S}^c = -\mathbf{C}^{-1}, \mathbf{s}^c = -(\mathbf{B}^{-1} \mathbf{C})^{-1}$$

앞으로는  $\mathbf{S}^s, \mathbf{s}^s$ 를 자체 동강성계수행렬,  $\mathbf{S}^c, \mathbf{s}^c$ 를 상대 동강성계수행렬이라고 한다.

### 2.2.2 자체 및 상대 동강성계수행렬의 조합

기본요소를 하나의 부분구조로 결합하는 과정을 직렬결합이라 하며, 결합 과정 중에 필요한 하위의 부분계를 분계라고 한다. 먼저 분계 A의 우단에 분계 B를 결합해서 새로운 분계 C를 구성해 보자. 우선 분계 A와 분계 B의 자체 및 상대 동강성계수행렬을 이미 알고 있을 때, 분계 A, B의 좌우에 걸쳐서 상태량 벡터의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_A^R &= \mathbf{S}_A^s \mathbf{d}_A^R + \mathbf{S}_A^c \mathbf{d}_A^L, \mathbf{f}_A^L = \mathbf{s}_A^c \mathbf{d}_A^R + \mathbf{s}_A^s \mathbf{d}_A^L \\ \mathbf{f}_B^R &= \mathbf{S}_B^s \mathbf{d}_B^R + \mathbf{S}_B^c \mathbf{d}_B^L, \mathbf{f}_B^L = \mathbf{s}_B^c \mathbf{d}_B^R + \mathbf{s}_B^s \mathbf{d}_B^L \end{aligned} \quad (6)$$

여기서 하첨자 "A, B, C"는 각 분계에 관한 물리량을 뜻한다. 분계 A, B의 결합은 연속이므로, 결합부에 있어서 상태량 벡터 사이의 관계는  $\mathbf{d}_A^R = \mathbf{d}_B^L$  및  $\mathbf{f}_A^R = \mathbf{f}_B^L$ 이다. 또 분계 A, B와 두 분계를 결합한 분계 C의 상태량 벡터 사이의 관계는, 명확히  $\mathbf{d}_C^L = \mathbf{d}_A^L, \mathbf{d}_C^R = \mathbf{d}_B^R$  및  $\mathbf{f}_C^L = \mathbf{f}_A^L, \mathbf{f}_C^R = \mathbf{f}_B^R$ 이다. 이들의 관계를 이용해서 식(6)으로부터 결합부의 상태량( $\mathbf{d}_A^R = \mathbf{d}_B^L$  및  $\mathbf{f}_A^R = \mathbf{f}_B^L$ )을 소거하므로써 분계 C의 자체 및 상대 동강성계수행렬인 아래 식을 얻는다.

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_C^R &= \mathbf{S}_C^s \mathbf{d}_C^R + \mathbf{S}_C^c \mathbf{d}_C^L, \mathbf{f}_C^L = \mathbf{s}_C^c \mathbf{d}_C^R + \mathbf{s}_C^s \mathbf{d}_C^L \\ \mathbf{S}_C^s &= \mathbf{S}_B^s + \mathbf{S}_B^c \mathbf{T}_{AB} \mathbf{s}_B^c, \mathbf{S}_C^c = -\mathbf{S}_B^c \mathbf{T}_{AB} \mathbf{S}_A^s \\ \mathbf{s}_C^s &= \mathbf{s}_A^s - \mathbf{s}_A^c \mathbf{T}_{AB} \mathbf{S}_A^s, \mathbf{s}_C^c = \mathbf{s}_A^c \mathbf{T}_{AB} \mathbf{s}_B^c \\ \mathbf{T}_{AB} &= (\mathbf{S}_A^s - \mathbf{s}_B^s)^{-1} \end{aligned} \quad (7)$$

기본요소로부터 부분구조를 재구성할 때, 분계 A, B를 직렬결합해서 얻어진 분계 C와 이 분계 C와 새로이 결합할 분계 C'를 다시 분계 A, B로 보

고, 앞서 설명한 방법과 동일하게 결합할 수 있다. 따라서 이 과정을 반복적으로 적용하면 최종적으로, j번째 및 j+1번째 일정단면 보(부분구조) 좌우간에 있어서의 자체 및 상대 동강성계수행렬이 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{f}}_j &= \mathbf{S}_j^s \mathbf{d}_j + \mathbf{S}_j^c \mathbf{d}_{j-1}, \mathbf{f}_{j-1} = \mathbf{s}_j^c \mathbf{d}_j + \mathbf{s}_j^s \mathbf{d}_{j-1} \\ \bar{\mathbf{f}}_{j+1} &= \mathbf{S}_{j+1}^s \mathbf{d}_{j+1} + \mathbf{S}_{j+1}^c \mathbf{d}_j, \mathbf{f}_j = \mathbf{s}_{j+1}^c \mathbf{d}_{j+1} + \mathbf{s}_{j+1}^s \mathbf{d}_j \\ \mathbf{S}_j^s &= \mathbf{S}_j^s, \mathbf{s}_j^s = \mathbf{s}_j^s, \mathbf{S}_j^c = -\mathbf{s}_j^c, \mathbf{S}_{j+1}^s = \mathbf{S}_{j+1}^s \\ \mathbf{s}_{j+1}^s &= \mathbf{s}_{j+1}^s, \mathbf{S}_{j+1}^c = -\mathbf{s}_{j+1}^c \end{aligned} \quad (8)$$

여기서 하첨자 "j"는 절점 j 또는 j번째 일정단면 보의 물리량을 나타내고, 동일 기호 위에 "-"를 붙인 것은 절점 좌측의 물리량, 붙이지 않은 것은 절점 우측의 물리량을 나타낸다.

참고로, 일정단면 보의 기본요소를 2의 멱수로 분할하면 자체 및 상대 동강성계수행렬의 계산 효율을 상당히 높일 수 있다.

## 2.3 절점 동강성계수행렬의 전달

### 2.3.1 절점 j에 있어서의 힘의 평형

절점 j에 복소진폭벡터가  $\mathbf{q}_j$ 인 강제외력  $\mathbf{q}_j e^{i\omega t}$  또는 절점 j의 기초에 복소진폭벡터가  $\mathbf{u}_j$ 인 강제변위  $\mathbf{u}_j e^{i\omega t}$ 가 각각 작용하고 있다고 할 때, 절점 j에 있어서 동적인 힘의 평형으로부터 다음식이 유도된다.

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_j \mathbf{d}_j &= \bar{\mathbf{f}}_j - \mathbf{f}_j + \mathbf{r}_j \\ \mathbf{r}_j &= \mathbf{q}_j + \mathbf{P}_j \mathbf{u}_j \\ \mathbf{P}_j &= \text{diag}[k_j + i\omega c_j, K_j + i\omega C_j] \end{aligned} \quad (9)$$

여기서  $k_j$  및  $K_j$ 는 절점 j의 기초지지 병진 및 회전 스프링상수이고,  $c_j$  및  $C_j$ 는 기초지지 병진 및 회전 감쇠상수이다.

### 2.3.2 절점 동강성계수행렬의 정의 및 전달

전달동강성계수법에서 강제진동을 해석할 경우에는, 우선 절점 j에 있어서 변위진폭벡터와 힘진폭벡터 사이의 관계를 다음과 같이 나타낸다.

$$\bar{\mathbf{f}}_j = \bar{\mathbf{S}}_j \mathbf{d}_j + \bar{\mathbf{e}}_j, \mathbf{f}_j = \mathbf{S}_j \mathbf{d}_j + \mathbf{e}_j \quad (10)$$

여기서,  $\bar{\mathbf{S}}_j$  및  $\mathbf{S}_j$ 는 절점 j 좌우의 절점 동강성계

수행렬이고,  $\bar{e}_j$  및  $e_j$  는 강제진동해석을 위해 새롭게 도입된 힘보정벡터이다.

식(8)과 식(10)으로부터, 이들의 필드(field) 전달식은 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} \bar{S}_j &= S_j^s + S_j^c V_j \\ \bar{e}_j &= -S_j^c G_j^{-1} e_{j-1} = V_j e_{j-1} \\ V_j &= G_j^{-1} s_j^c \\ G_j &= G_j = S_{j-1} - s_j^s \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \tag{11}$$

다만,  $j=1$ 에 대한 전달계산의 초기치는 계의 좌단의 경계조건으로부터 다음과 같이 된다.

$$S_0 = P_0, \quad e_0 = -r_0 \tag{12}$$

또한, 절점  $j$  양측에 있어서의 동적강성계수행렬 사이의 포인트(point) 전달식은, 식(9)와 식(10)으로부터 다음식과 같게 된다.

$$\begin{aligned} S_j &= \bar{S}_j + P_j \\ e_j &= \bar{e}_j - r_j \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \tag{13}$$

그리고 식(11)과 (13)으로부터, 필드-포인트 전달식을 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} S_j &= S_j^s + S_j^c V_j + P_j \\ e_j &= V_j e_{j-1} - r_j \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned} \tag{14}$$

이상과 같이, 식(12)를 시작으로 식(14)를 반복 계산하므로써, 절점 동강성계수행렬과 힘보정벡터를 계의 좌단에서 계의 우단으로 연속적으로 계산할 수 있다.

### 2.4 상태량 벡터의 계산

절점  $n$ 의 우측에서는,  $f_n = 0$ 이므로, 식(10)으로부터 우단의 변위벡터는 다음식과 같이 구할 수 있다.

$$d_n = -S_n^{-1} e_n \tag{15}$$

그리고  $d_{j-1}$ 과  $d_j$ 사이의 관계식은 식(8), 식(9), 및 식(10)으로부터 다음식과 같이 구해진다.

$$d_{j-1} = V_j d_j - G_j^{-1} e_{j-1} \quad (j=1, 2, \dots, n) \tag{16}$$

따라서, 각 절점의 변위진폭벡터는, 식(15)에서

구해진  $d_n$ 을 시작으로, 식(16)에 의해 계의 우단에서 좌단으로 연속적으로 계산할 수 있다. 그리고, 각 절점 좌우측의 힘진폭벡터도 식(10)으로부터 구할 수 있다.

마지막으로, 부분구조 내부의 자유도를 감소해 가는 계산과정에서 소거했던, 기본요소 좌우의 상대량 벡터도 식(4)와 각 절점의  $d_j$  및  $f_j$ 를 이용하여 계산할 수 있다. 계산법의 일례는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} d_j^0 &= d_{j-1}, \quad f_j^0 = f_{j-1} \\ d_j^k &= d_j, \quad f_j^k = f_j \\ d_j^k &= A_j d_j^{k-1} + B_j f_j^{k-1} \\ f_j^k &= S_j^s d_j^k + S_j^c d_j^{k-1} \\ &(k=1, \dots, n_{j-1}) \end{aligned} \tag{17}$$

여기서,  $n_j$ 는  $j$ 번째 부분구조를 이루는 기본요소의 분할수이고,  $d_j^k, f_j^k$  ( $k=0, \dots, n_j$ )는 내부절점의 변위 및 힘벡터이다.  $A_j, B_j$ 는 식(2)에서 정의된 격간 행렬(field matrix)내의 부분행렬이고,  $S_j^s, S_j^c$ 는 식(5)에서 정의된 자체 및 상대 동강성계수행렬이다.

## 3. 수치계산 결과 및 고찰

2장에서 정식화한 전달동강성계수법의 유효성을 수치실험을 통해 확인한다. 퍼스널 컴퓨터(Pentium-75 기종)에서 MS-FORTRAN의 배열도 변수(실수부 및 허수부 각각 8 Byte)를 사용하여 계산했다.

### 3.1 양단 고정 직선보

Fig. 3은 면내 굽힘 강제진동을 해석하기 위한 수치계산 모델 I이다. 이 모델은 경계가 양단 고정이고, 길이가 960mm, 직경 20mm인 鋼製 중실축이다. 이 모델의 절점 1에 가진주파수가 2Hz 간격으로 1에서 1000Hz 범위이고, 진폭이 1N인 강제력을 가했을 때, 절점 2에서의 가진주파수에 대한 응답을 Fig. 4에 나타낸다. 이 그림의 횡축에는 가진주파수, 종축에는 절점 2의 횡변위의 크기를 나타낸다. 그리고 Fig. 5는 공진 주파수 부근(99Hz, 273Hz, 534Hz)에서의 강제진동모드이다. 좌우단의 화살표는 경계조건(고정)을 뜻한다. Table 1은 모델 I에 대한 4차까지의 고유진동수를 엄밀해법

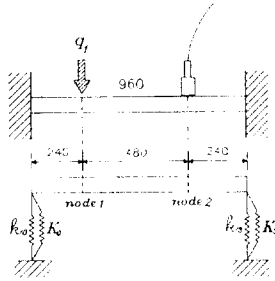


Fig. 3 Numerical model I

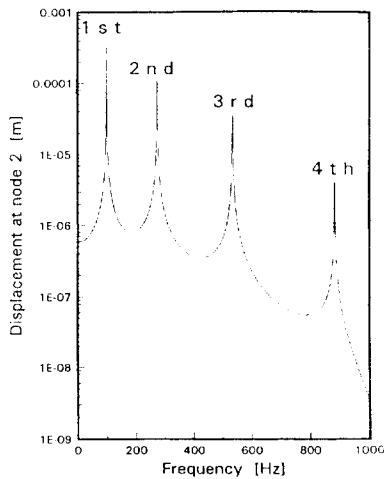


Fig. 4 Frequency-response curve of model I

과 전달동강성계수법에 의해 계산한 결과를 나타낸 것으로, Fig. 4의 공진점과 잘 일치함을 알 수 있다<sup>8)</sup>.

본 해석기법의 장점중의 하나는 경계조건을 스프링상수의 적절한 대입으로 쉽게 처리할 수 있다는 것이다. 실제 수치계산상에서는 좌우단의 기초 지지 전달 및 회전 스프링상수 값에 수치상의 무한대에 해당하는  $10^{20}$ 을 대입했다.

### 3.2 구조물 중간에 경탄성지지가 존재하는 경우

수치계산 모델 II는 직경 20mm, 길이 500mm인 鋼製 중실축이 2개 직렬로 결합된 구조물이다. 절점 0, 1, 2의 기초지지 전달 스프링상수는 각각  $k_0 = 10^6 \text{N/m}$ ,  $k_1 = 10^{12} \text{N/m}$ ,  $k_2 = 10^6 \text{N/m}$ 이고, 회전 스프링상수 (K)는 모두 0Nm/rad으로 두었다. 절점 0(좌단)에 가진주파수가 1Hz 간격으로 1에서

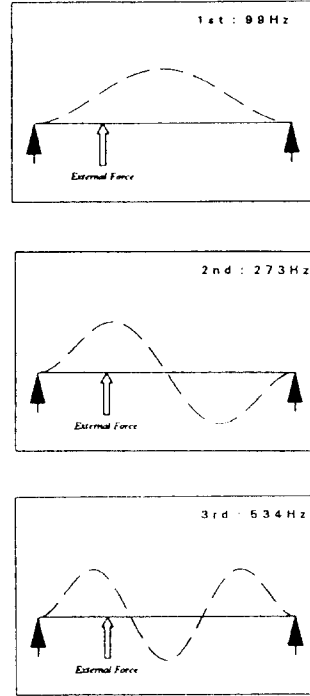


Fig. 5 Vibration modes of model I

Table 1 Natural frequencies for model I [Hz]

No.	Exact Solution	TDSCM
1	98.90	98.90
2	272.62	272.62
3	534.45	534.45
4	883.48	883.48

500Hz 사이에 있어서, 진폭이 1N인 강제력을 가했을 때, 절점 2(우단)의 주파수응답을 Fig. 6에 나타낸다. 모델 II를 자유진동 해석한 결과(Table 2 참조)와 잘 대응하고 있다.

### 3.3 강제변위가 작용하는 경우

수치계산 모델 III는 모델 I의 절점 1에 강제력 대신 강제변위가 작용하는 모델이다. 본 해석기법에서 강제변위는 구조물과 기초사이에 경탄성스프링 ( $k^1 = 10^{20} \text{N/m}$ )을 개입하고, 기초에 강제변위가 주어지는 것으로 모델링한다. 강제변위가 진폭이 1mm이고, 가진주파수가 2Hz 간격으로 1에서 1000Hz 사이에 있어서, 절점 2에서의 가진주파수에 대한 응

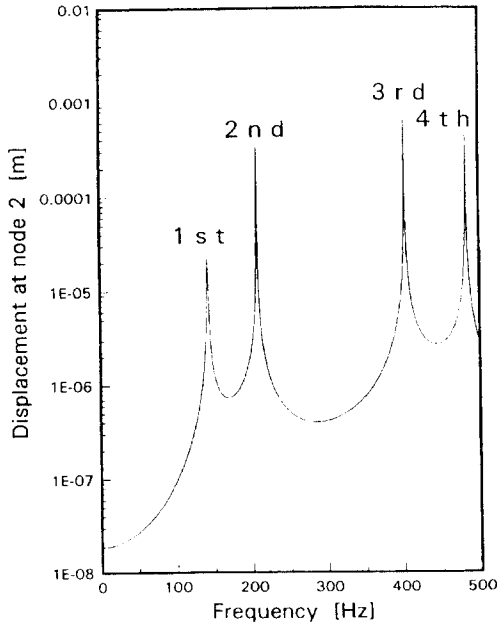


Fig. 6 Frequency-response curve of model II

Table 2 Natural frequencies for model II [Hz]

No.	TDSCM	TICM
1	141.4011	141.4011
2	206.9441	206.9441
3	402.0853	402.0853
4	482.8723	482.8723

\* TICM : Transfer Influence Coefficient Method

답을 Fig. 7에 나타낸다. 이 경우에도 자유진동 해석 결과(Table 3 참조)와 잘 대응하고 있다.

일반적으로 사용되는 전달행렬법으로는 모델 II 나 모델 III와 같은 구조물의 계산은 매우 곤란하다. 따라서 상기 문제를 전달행렬법으로 취급하기 위해서는 알고리즘이 상당히 복잡해질 수밖에 없다. 반면에 전달동강성계수법은 이러한 문제를 스프링상수 값의 적절한 대입만으로도 쉽게 처리할 수 있고, 전달행렬보다 행렬크기가 반 이하로 줄어들므로 계산속도면에서도 훨씬 우수하다.

#### 4. 결 론

개인용 컴퓨터에 적합한 진동해석기법인 전달영향계수법에 부분구조합성법의 개념을 도입한

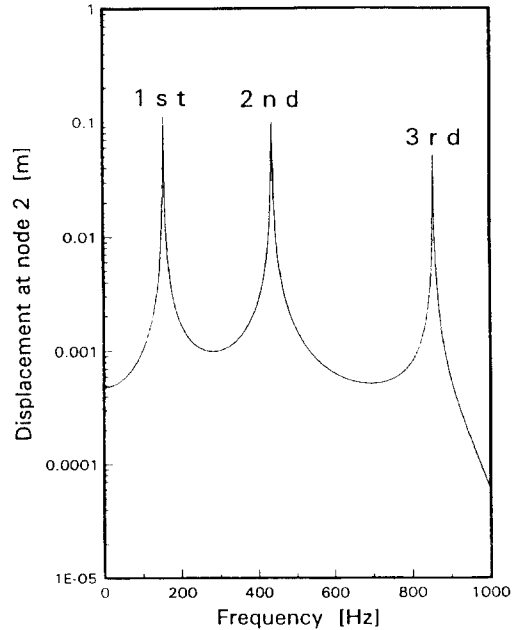


Fig. 7 Frequency-response curve of model III

Table 3 Natural frequencies for model III [Hz]

No.	TDSCM	TICM
1	156.4398	156.4398
2	438.0321	438.0321
3	856.3672	856.3672

새로운 진동해석 기법인 전달동강성계수법으로 직선형 구조물의 강제진동 해석을 정식화했다. 간단한 수치계산 모델에 대하여 수치실험을 행한 후, 엄밀해 및 자유진동해석 결과와 비교하여 본 해석 기법의 신뢰성을 입증했다. 그리고 구조물의 중간에 경탄성지지가 존재하더라도 계산상 무리가 없고, 강제변위로 가진될 경우에도 스프링상수 값의 적절한 대입만으로도 쉽게 처리할 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) A. Sueoka, T. Kondou, D. H. Moon, and K. Yamashita, 1988, "A method of Vibrational Analysis Using a Personal Computer - A Suggested Transfer Influence Coefficient Method", The Memoirs of the Faculty of Engineering Kyushu University, 48 (1), 31~ 46.

- 2) 近藤, 末岡, 文, 綾部, 1990, “變形傳達影響係數法による可變パラメータ系の自由振動解析(變斷面ばりに對する定式化)”, 日本機械學會論文集, 56卷, 522号(C編), pp.284~291.
- 3) 近藤, 末岡, 安田, 文, 1991, “傳達影響係數法による樹狀構造物の自由振動解析(第1報, 二次元樹狀構造物に對する定式化)”, 日本機械學會論文集, 57卷, 536号(C編), pp.1091~ 1098.
- 4) 文, 末岡, 近藤, 呂, 1991, “傳達影響係數法에 의한 원판구조물의 自由振動解析”, 대한기계학회논문집, 15(5), 1439~1446
- 5) 문, 여, 1993, “傳達影響係數法에 의한 사각형 평판 구조물의 自由振動解析”, 대한기계학회논문집, 17(3), 559~567
- 6) 문, 여, 1994, “傳達影響係數法에 의한 彈性支持를 갖는 원통형 셸구조물의 自由振動解析”, 한국소음진동공학회지, 4(4), 469~ 478
- 7) 長松, 大熊, 1991, “부분구조합성법”, 培風館
- 8) 문, 최, 홍, 1996, “강성계수의 전달에 의한 보형 구조물의 진동해석기법”, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, 316~321
- 9) E. C. Pestel and F. A. Leckie, 1963, “Matrix Methods in Elastomechanics”, McGraw-hill