

S 3 D

소프트웨어 센터

건축구조물의 삼차원 거동을 해석하기 위한 S3D는 한국과학기술원 이동근 교수에 의하여 개발되었으며 소프트웨어 센터를 통하여 보급되고 있다. 보와 기둥 및 전단벽 등으로 구성된 건축 구조물의 삼차원 거동을 효율적으로 해석하기 위하여 S3D에는 여러가지의 특수한 기법이 사용되고 있으며 개인용 전자계산기를 사용하여 사무소건물, 아파트 호텔, 병원 및 학교 건물 등과 같이 규칙적인 형태를 대형 건축 구조물에 대한 삼차원 거동을 짧은 시간내에 해석 할 수 있도록 개발되었다. 우리나라의 내진설계 기준에 의한 지진하중 산정 및 층간변위, 우발비틀림 모멘트 등이 손쉽게 계산될 수 있으며 풍하중 등의 횡력에 대한 해석도 가능하다.

1. 입력 방식

구조해석을 위하여 준비하여야 할 입력 데이터는 가능한 범위내에서 단순하고 양이 적어야 사용자가 입력과정에 실수할 확률이 낮으며 사용하기에 간편하게 된다. 이러한 원칙에 따라 S3D의 입력 데이터는 삼차원 구조물을 여러개의 이차원 프레임의 조합으로 받아들이도록 되어 있으며 이차원 프레임은 미리 입력된 보, 기둥 및 전단벽의 특성을 선택하여 배치 시킴으로서 매우 적은 량의 데이터로서 입력을 할 수 있도록 구성되어 있는 점은 SWAN과 비슷하다. 우리나라의 내진설계 기준에 관한 여러가지 자료가 미리 입력되어 있으므로 기본적인 몇가지의 데이터에 의해 지진하중의 산정이 가능하도록 되어

있어 내진설계에 S3D를 활용하면 대단히 편리하다. 대부분의 고층건물에 대해서 S3D는 SAP IV에 비해 수십분의 일에 해당되는 량의 입력 데이터만을 요구하며 입력데이터의 내용이 단순하므로 매우 쉽게 입력 데이터를 작성할 수가 있게된다. 그러나 SAP IV등과 같은 범용 소프트웨어에만 익숙한 사용자는 S3D의 간편성을 익혀 실제로 연구와 업무에 활용하기 위해서는 약간의 숙달과정을 거칠 필요가 있다.

2. 특징 및 정확성

입력 방식이 간단하고 특수한 전단벽 요소를 사용하는 등의 특징 이외에도 S3D는 해석 방법이 매우 특이하여 소형 전자계산기로도 대형 구조물의 삼차원 해석이 가능하도록 개발되었다. 삼차원 구조물을 이차원 구조물의 조합으로 받아들이는 과정에서 행렬응축기법(Matrix Condensation Technique)을 사용하며 응축된 행렬을 조합하여 층당 두개의 수평변위 자유도와 하나의 회전(비틀림)자유도를 가지는 단순화된 삼차원 해석 모델을 작성하게 되므로 해석에 사용되는 실제 자유도의 수는 층수의 3배가 된다. 예를들면 30층 건물의 해석을 위해서는 90개의 자유도를 가진 강성행렬을 사용하게 되며 연립 방정식의 해를 구하는 과정에서 Hard Disk를 사용하지 않으므로 인하여 계산에 소요되는 시간이 대폭 단축된다. 일반적인 삼차원 해석 소프트웨어가 삼차원 구조물을 직접 해석하기 때문에 계산에 소요되는 기억 용량이나 계산시간이 엄청

나게 늘어나는 문제점을 해결하기 위하여 S3D는 삼차원 해석모델을 사용하여 구한 각층의 변위를 이용하여 각 이차원 프레임이 저항하는 수평하중을 분배하고 이것을 이용하여 SWAN에 입력시킬 입력 데이터를 자동적으로 생산하는 기능이 있다. 따라서 구조물의 삼차원 거동뿐만 아니라 구조물 각부의 응력을 알아내어 설계에 활용하고자 할 때에는 S3D를 사용하여 구조물의 삼차원 거동을 파악하고 결과적으로 얻어진 각각의 이차원 프레임에 대한 횡력분배의 결과를 포함하는 출력 파일들을 SWAN에 입력시킴으로써 예제 해석에서 얻어지는 바와 같은 정도의 정확성을 가지는 삼차원 해석을 수행할 수 있다. 해석 결과의 정확성을 확인하기 위하여 각각의 이차원 프레임으로 분배된 하중들의 각층의 질량 중심에 대한 합력으로 나타내고 이것을 해당층의 작용하중과 비교하는 내용이 출력되므로 사용자는 횡력분배의 정확성을 직접 확인할 수 있게된다.

3. 적용 범위

일반적인 건축구조물의 기하학적인 특성을 최대한으로 활용하여 해석에 필요한 기억용량을 최소화하고 효율적인 삼차원 해석이 가능하도록 개발된 S3D는 모든 보, 기둥 및 전단벽이 삼차원 직교좌표계의 좌표축에 평행한 경우에만 적용이 가능하다. 그러므로 직사각형 또는 L, C형등의 평면을 가진 구조물은 대부분 S3D에 의해 해석이 가능하나 좌표축과 일정한 각을 이루는 부재가 있는 경우에는 S3D의 사용이 제한된다. 구조물의 일부에 좌표축에 평행하지 않은 부재가 있을 때는 사용자의 판단에 의해 등가의 부재로 치환하여 근사적으로 해석 할 수도 있을 것이다.

4. 해석 예

그림1과 같은 10층 구조물의 해석을 통하여 S3D에 의한 해석결과와 SAPIV에 의한 해석결과를 비교하여 보기로 한다. 구조물의 각 부에

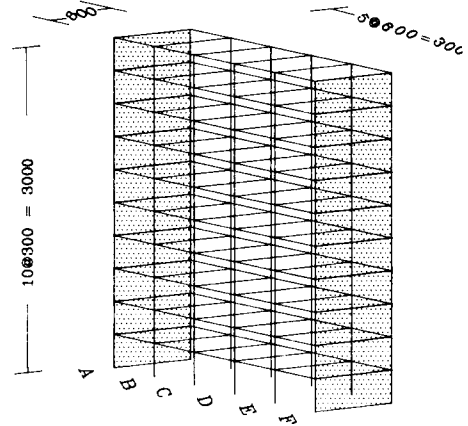


그림 1 예제구조물

표1. S3D 및 SWAN에 의한 해석 결과의 정확성

해석 결과		SAP IV	S 3 D SWAN	오차(%)	
수평변위 (cm)	10층	8.578	8.543	0.41	
	5층	3.159	3.130	0.92	
	1층	0.264	0.259	1.93	
보의 휨 모멘트 (t-cm)	10층	18.71	17.94	4.29	
	5층	161.79	160.24	0.96	
	1층	266.02	267.32	0.49	
기둥의 휨 모멘트 (t-cm)	10층	상단	391.99	394.02	0.76
		하단	433.47	437.21	0.87
	5층	상단	264.90	267.21	0.86
		하단	22.52	21.76	3.37
	1층	상단	1852.83	185.02	0.17
		하단	189.31	190.04	0.38

표2. 프레임별 하중의 층별 분배

층	전체하중	프레임별 저항 하중	
		A 프레임	B 프레임
10	100.0	25.89	12.06
9	90.0	50.63	12.06
8	80.0	41.79	-0.90
7	70.0	26.33	4.34
6	60.0	34.35	-2.17
5	50.0	28.01	-1.51
4	40.0	16.42	1.79
3	30.0	21.00	-3.00
2	20.0	15.55	-2.78
1	10.0	-1.79	

대해서 S3D와 SWAN이 제공한 변위 및 부재력은 SAPIV에 의한 결과와 거의 일치하며 여기서는 지면을 절약하기 위하여 10층, 5층 및 1층의 변위, 보의 휨 모멘트 및 기둥의 축력만을 표 1에 나타내었다. 전단벽이 있는 A프레임과 전단벽이 없는 B프레임이 분담하는 횡력은 표2에 나타난 바와 같이 전체 하중의 층별 분포와는 전혀 다른 분포를 나타내고 있으며 이것은 변형특

성이 서로 다른 이차원 프레임들간의 상호작용에 의한 것으로서 각각의 이차원 구조물의 해석을 독립적으로 수행할 때에는 알아낼 수 없는 삼차원 현상이다. 그러므로 변형특성이 서로 다른 이차원 프레임들로 구성된 구조물의 거동은 삼차원 해석을 수행함으로써 정확히 알아낼 수 있으며 이러한 목적으로는 S3D와 자매 소프트웨어인 SWAN을 사용하는 것이 대단히 효율적임을 알 수 있다.