

## 전진경계법을 이용한 삼차원 혼합요소망 자동생성

한재녕\*(고려대 대학원 기계공학과), 채수원(고려대 기계공학과),  
권기연(한국과학기술원 기계공학과), 이병채(한국과학기술원 기계공학과)

### Automatic 3-Dimensional Mixed Mesh Generation by Using an Advancing Front Method.

J.N. Han(Mech. Eng. Dept. KU), S. W. Chae(Mech. Eng. Dept., KU),  
K.Y. Kwon(Mech. Eng. Dept., KAIST), B. C. Lee(Mech. Eng. Dept., KAIST)

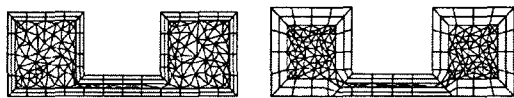
#### ABSTRACT

This paper deals with a hex-dominant mesh generation using an advancing front method for three-dimensional geometries. Hexahedral and prismatic meshes are generated inwardly by offsetting from initial boundary mesh. When the meshes intersect with each other after offsetting, overlapped meshes are improved by node relocation method. In order to generate conforming mesh, pyramid elements are inserted between hexahedral and tetrahedral elements. Sample meshes for several geometries are presented and analyzed to demonstrate the effectiveness of the proposed algorithm.

**Key Words** : Hexahedral element(육면체 요소), Plastering (플래스터링), Pyramid element (피라미드 요소), Offsetting (오프셋)

#### 1. 서론

육면체 요소는 사면체에 비해 계산효율성 및 정확도가 높기 때문에, 육면체 요소의 자동 생성법의 연구가 많은 연구자들에 의해 진행 중에 있다. 플래스터링(plastering) 기법은 전진경계법으로서 곡면의 사각형 요소를 이용하여 육면체 요소를 생성한 후 내부에 사면체 요소를 생성한다.<sup>(1,2)</sup> 최근 플래스터링 기법을 수정한 육면체 요소망 생성기법(full hexahedral mesh generation)이 제안되었으나 적용하는 형상에 제약이 있는 단점이 있다. Fig. 1(a)와 같이 경계면의 사각형 요소를 오프셋 시킬 때 형상의 모든 부분에 균일한 크기를 지정하면 얇은 부분과 두꺼운 부분이 함께 존재하는 모델에 대해서는 얇은 부분에 오프셋 깊이가 정해져 경제적이지 못한 유한요소망이 생성된다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 일정 깊이로 오프셋을 한 후 요소들이 서로 교차하지 않는 범위 내에서 모델의 두께에 따라 오프셋 깊이를 적절히 수정함으로써 두께가 다른 형상에 대해 요소망을 생성할 수 있도록 하였다.



(a) uniform offset depth. (b) different offset depth.  
Fig. 1 Offsetting.

#### 2. 본론

본 논문에서 제안한 요소망 자동생성의 개략적인 순서는 다음과 같은 방법으로 이루어 진다.

- (1) 곡면의 사각형 요소와 삼각형 요소를 오프셋하여 각각 육면체 요소와 프리즘 요소를 생성한다.
- (2) 오프셋 후의 요소가 서로 교차하거나 요소간의 거리가 사면체 요소를 생성할 수 없을 정도로 가까울 경우 요소를 적절히 수정한다.
- (3) 육면체 요소와 사면체 요소 사이에 피라미드 요소를 삽입한 후 남은 영역에 대해서 사면체 요소를 자동 생성 한다.

초기 입력 받는 데이터는 사각형 요소와 삼각형 요소이다. 가능한 한 육면체 요소를 많이 생성시키기 위하여 사각형 요소를 입력한다. 그러나 대상 모델의 표면이 사각형 요소로만 요소망 생성하는 것이 비효율적일 경우 삼각형 요소를 추가로 사용한다.

#### 2.1 육면체 요소 및 프리즘 요소 생성

대상 모델의 표면의 사각형 요소 또는 삼각형 요소의 법선 방향을 고려하여 내부로 오프셋하여 절점을 생성한 후 생성된 절점을 이용하여 육면체 요소 및 프리즘 요소를 생성한다.

#### 2.2 교차 체크 및 절점 이동

모델의 두께보다 오프셋 깊이가 클 경우 오프셋된 요소들끼리 서로 교차하는 문제가 발생한다. Fig. 2

와 같이 요소가 교차하는 경우를 찾고 각 경우에 대해서 요소들의 절점을 서로 밀어내 줌으로써 요소간의 교차의 문제를 해결한다.<sup>(3)</sup>

Fig. 3 은 읍셋 후 교차하는 요소들의 절점을 이 동시킨 것이다.



Fig. 2 Cases to move nodes

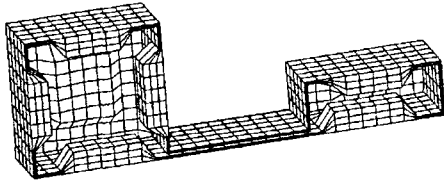


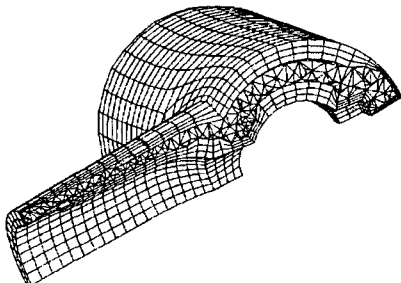
Fig. 3 Example of node relocation

### 2.3 피라미드 요소 생성 및 사면체 요소 생성

육면체 요소의 사각면과 사면체 요소의 삼각면의 연결성을 성립하기 위하여 피라미드 요소가 삽입되어야 한다. 사각면의 중점으로부터 육면체의 법선방향으로 읍셋 하여진 요소들의 중간 거리를 이용하여 새로운 절점을 생성한다. 사각면의 절점과 새로 생성된 절점으로 피라미드 요소를 생성한다. 내부의 남은 영역에 대해서는 생성된 피라미드 요소와 프리즘 요소의 삼각면을 이용하여 자동으로 사면체 요소를 생성한다.<sup>(4)</sup>

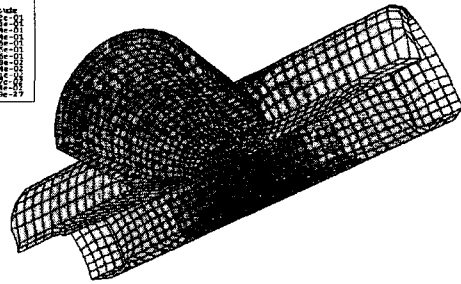
### 3. 적용 예

본 연구에서 제안한 방법으로 실제 해석 모델에 적용해 보았다. Fig. 4(a)는 표면의 사각형 요소 2920 개를 입력 받아 육면체 요소 17520 개, 피라미드 요소 2920 개, 사면체 32502 개를 생성한 것이다. 생성된 요소망에 대해 ABAQUS 를 이용하여 유한요소해석을 수행하였다.[Fig. 4(b)] 예를 통하여 두께에 따라 읍셋깊이를 차등 적용하여 보다 효율적인 요소망 생성을 확인하였다.



(a) Mask view of meshing result  
(Hexa : 17520, Tet : 32502, Pyramids : 2920)

Element Type	Count
Hex	17520
Tet	32502
Pyramid	2920
Total	52942



(b) Analysis by ABAQUS  
Fig. 4 A thin valve model

### 4. 결론

본 논문에서는 유한요소해석시 보다 정확한 결과값과 계산 효율을 높이기 위하여 해석 모델에 육면체 요소망을 생성하고 남은 영역에 대하여 사면체 요소를 생성하는 방법을 제안하였다. 기존의 육면체 요소망 자동생성 방법에는 적용 가능한 모델의 제약이 많은 단점이 있기 때문에 육면체 요소와 사면체 요소를 함께 사용하는 플래스터링 기법을 채택하였고 플래스터링 기법에 읍셋 후 요소들이 서로 교차하지 않게 수정하는 방법을 추가함으로써 보다 효율적인 요소망 생성기법을 제안하였다.

### 후 기

본 연구는 산업자원부 공학용 해석 소프트웨어 기술 개발 사업의 연구비 지원에 의해 수행된 것입니다.

### 참고문헌

1. Ray J. Meyers, Timothy J. Tautges, and Philip M. Tuchinsky, "The Hex-Tet Hex-Dominant Meshing Algorithm as Implemented in CUBIT," Proceedings, 7<sup>th</sup> International Meshing Roundtable, Sandia National Lab, pp.151-158, 1998.
2. Matthew L. Staten, Steven J. Owen, and Ted D. Blacker, "Unconstrained Paving & Plastering : A new Idea for All Hexahedral Mesh Generation," Proceedings, 14<sup>th</sup> International Meshing Roundtable, Sandia National Lab, 2005.
3. 권기연, 이병채, 채수원, "얇은 두께의 3 차원 형상에 경계층 요소 생성," 대한 기계학회 논문집 A 권 제 29 권 5 호, 2005.
4. Y. W. Kim, G. W. Kwon, S. W. Chae, J. K. Shim, "Unstructured Tetrahedral Meshing by an Edge-Based Advancing Front Method," KSME International Journal, Vol. 16, No. 2, pp. 211-218, 2005.