

격자 압축법을 이용한 격자 재구성 알고리즘 개발

홍진태* · 양동열**

Development of Remeshing Algorithm using Mesh Compression Method

J. T. Hong and D. Y. Yang

Abstract

For saving time and cost of experiment, Finite Element Method has been developed for several decades. It's the defect of FEM that when we are in processing of finite element analysis, the material is deformed so much that we can't proceed analysis any more. In this case, the remeshing process should be done on this material. In hot forging process, almost all remeshing process does not consider flash of the material. Because as mesh size become smaller, consuming time become larger. But if mesh size is big, there is the defect that the result of analysis is not so accurate. So, new remeshing algorithm is needed to save time and to get more accurate result.

Key Words : Rigid-Plastic Finite Element Method, Remeshing, Mesh Compression

1. 서론

열간 단조공정에서는 소재의 소성변형 과정에서 플래시가 생성되도록 유도함으로써 압축하중을 줄이거나, 소재의 흐름을 개선할 수 있다. 유한요소 해석에서 플래시가 발생하면 격자의 질(mesh quality)이 나빠져서 더 이상 해석을 수행할 수 없으므로, 격자 재구성 과정을 수행하게 되는데, 이때 플래시의 해석을 위해서 격자의 크기가 작아지면 계산량이 급증하므로 너무 시간 소모적이라 대부분 플래시의 해석을 배제해 왔다. 하지만 플래시

부분을 해석범위에 넣지 않았을 때 하중 및 재료유동 등에 대한 해석이 실제와 상당한 오차가 있으므로 보다 완전한 해석을 위해서는 플래시까지를 모두 해석해야 한다. 본 연구에서는 새로운 격자 세분화 기법을 제안하여 플래시를 고려함으로써 해석 기존의 방법보다 하중과 재료유동을 더 정확하게 해석하면서도 해석 시간도 절감되는 효과를 유도하고자 한다.

2. 격자 압축법

* 한국과학기술원 기계공학과
** 한국과학기술원 기계공학과 교수

2.1 격자 압축법의 개요

본 논문에서 제안하고자 하는 격자압축법은 플래시가 있는 형상의 격자 재구성 시 Fig.1과 같은 과정을 거친다.

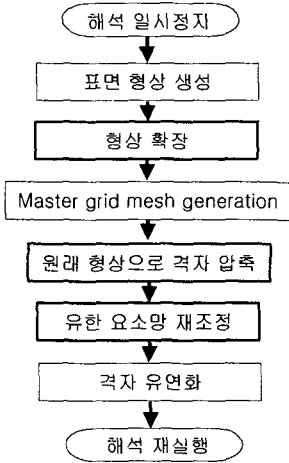


Fig.1 Remeshing algorithm

즉, 격자 압축법은 격자 재구성시 경계면의 기하 (boundary geometry)를 과장해서 표현한 후에 격자를 대입하고 본래의 형상으로 압축함으로써, 작고 세밀한 부분의 기하를 위해 전체적인 격자의 크기를 작게 하여 그다지 세밀한 요소로 해석할 필요가 없는 부위까지 계산하는 master grid 방법의 단점을 해결할 수 있다.

2.2 격자 압축 과정

2.2.1 표면 형상 생성

유한요소 해석도중 격자 재구성 판별 기준에 의해 해석이 일시 중지되었을 때, 격자 재구성을 위하여 그 상태의 표면 형상을 구해야한다. 그 방법은 Fig.2와 같이 한 요소의 각 면에 속하는 절점들이 다른 요소의 면에 속하는 절점들과 일치하는 면은 소재의 표면에서 제외된다. 즉, Fig.2(a)의 색칠된 면은 이웃하는 요소와 접치는 면이 되므로 표면에서 제외되는 것이다. 이렇게 하여 만들어진 Fig.2(b)의 표면형상을 Fig.2(c)와 같이 z축으로 확장하게 된다.

2.2.2 격자 재구성 및 압축

경계면이 확장된 상태의 소재 형상에 격자를 새

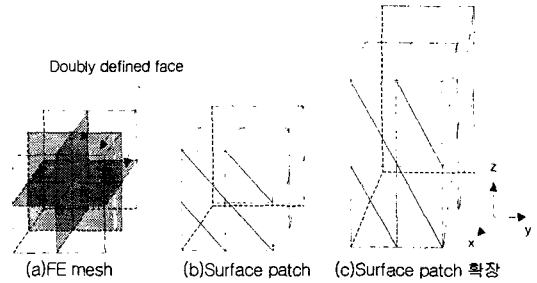


Fig.2 Description of boundary geometry

로 구성하고, 표면 형상을 확장한 길이(L_{exp})만큼 압축하면 플래시 부분의 격자 밀도는 커지면서 격자가 재구성 되게 된다. 형상 내부의 격자들은 Fig.3과 같이 압축되며 그 계산식은 다음과 같다.

$$top = \min((x_b - x_i)^2 + (y_b - y_i)^2)$$

$$base = \min((x_b - x_i)^2 + (y_b - y_i)^2)$$

$$z' = base + \frac{(z - base) * (top - base - L_{exp})}{top - base} \quad (1)$$

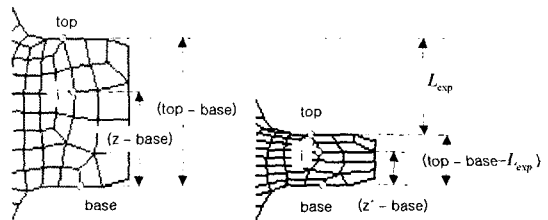


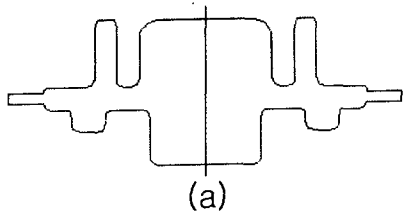
Fig.3 Mesh Compression

2.2.3 요소망 재조정 및 격자 유연화

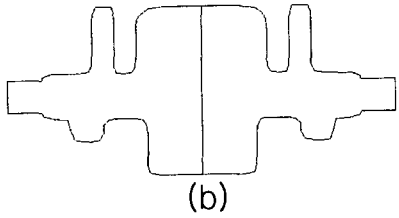
압축한 형상에서는 요소의 질(mesh quality)이 좋지 않으므로 격자 규격화(mesh smoothing)가 필요하다. 본 논문에서는 Hermann이 제안한 방법에서 Laplacian smoothing을 사용하기로 한다. 격자 규격화가 끝나면 기존의 물리값을 새로운 격자계로 전환시켜주는 격자 유연화 과정을 거쳐 중단 상태의 해석을 계속 진행하게 된다.

2.2.4 실행 예제

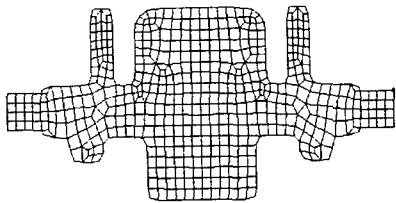
위와같은 과정을 몇가지 2차원 예제와 3차원 예제에 대해 적용시켜 보았다.



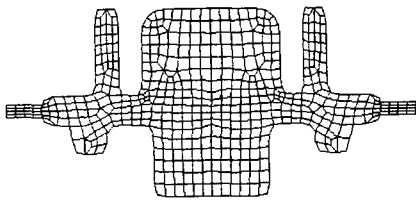
(a)



(b)

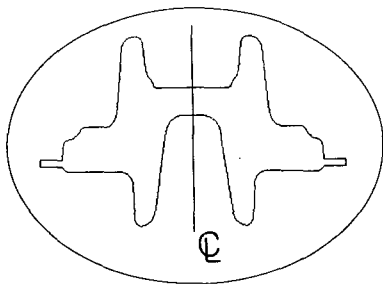


(c)

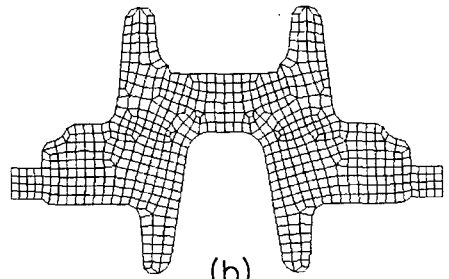


(d)

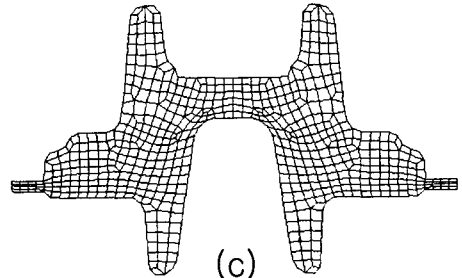
Fig.4 2-D example 1 (rib-web)



(a)



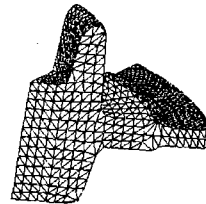
(b)



(c)

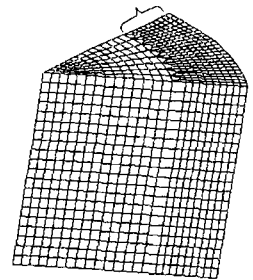
Fig.5 2-D example 2

입축 후 Flash 부분의 요소 형상 개선을
위해 작은 입면적의 요소로 분할



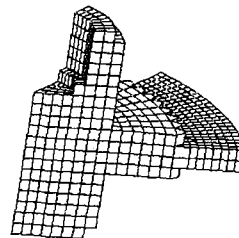
◆ Flash가 확장된 상태에서의
표면 형상

(a)



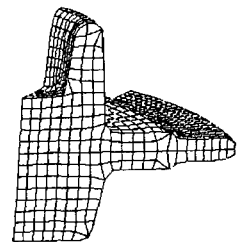
◆ master grid

(b)



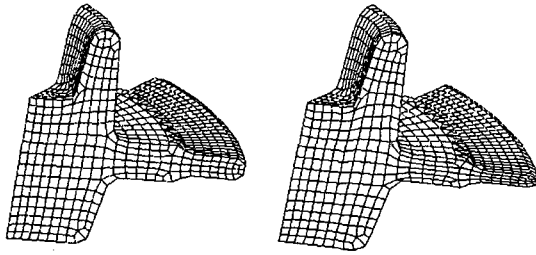
◆ 표면 형상 내부에 있는
요소들만 선택

(c)



◆ 표면 형상의 boundary에 맞게
경계면 요소의 품질을 fitting

(d)



(e)

(f)

Fig. 6 3-D example

3. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 단조공정의 2차원, 3차원 강소성 유한요소해석에서 발생하는 플래시를 해석하기 위한 새로운 격자 세분화 기법을 제안하였다. 이를 이용하여 실제 2-D,

3-D 예제에 적용하여 보았으며, 열간 단조 공정의 유한요소 해석 시, 플래시의 해석 가능성을 확인하였다.

후 기

앞으로 격자 압축법을 이용한 격자 재구성을 이용하여 실제 단조공정 해석에 적용하여 보고, 다른 해석 결과와 비교하여 본 방법의 타당성을 검증해야 한다.

참 고 문 헌

- (1) Y.K.Lee, N.K.Lee and D.Y.Yang, 1993, "An automatic remeshing technique for finite element analysis of metal forming process", *Comp. Eng.*, pp.441~446.
- (2) 이영규, 1998, "소성가공공정의 유한요소해석을 위한 3차원 자동격자 구성 기법", 한국과학기술원 박사학위논문.