

탄소성 동적해석시 해에 미치는 여러 인자들의 비교연구

정영철*, 박종진**

A Comparative Study on Elastic-Plastic-Dynamic Analysis of Sheet Metal Forming

Y.C.Chung and J.J.Park

Astract

Explicit dynamic finite element analysis has been used widely in the field of sheet metal forming. However, in using the analysis technique, there are some parameters which are not clearly defined so that engineers may obtain inaccurate solutions. In the present study, parameters, such as time step, damping ratio, penalty constant and punch speed, were investigated on their influence to the solution behavior. Considered forming processes are plane stain bending by a punch and axisymmetric deep drawing.

Key Words : sheet metal forming, finite element analysis, explicit dynamic, elastic-plastic

1. 서 론

본 연구에서는 동적-외연적 해석기술의 응용시 가장 문제로 대두되고 있는 여러 입력 인자 -- 펀치속도, 벌칙상수, 감쇄비, 시간스텝 -- 들이 해에 미치는 영향을 비교하여 분석하였다^[1,2]. 이를 위하여 상용 동적-외연적 유한요소 프로그램인 PAM-STAMP를 사용하였으며, 평면변형 가정하의 굽힘과 축대칭 딥드로잉을 해석하고 이들 인자가 해에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 평면변형을 굽힘 해석

평면변형을 가정하의 굽힘에 대한 해석을 수행하였으며, 정적-내연적 해석결과와 비교하였다. Fig.1에 해석모델을 도시하였으며 판재의 두께는 2.5mm, 길이(L2)는 200mm, 펀치의 반경(R2)은 6.25mm, 다이의 반경(R1)은 12.5mm, 다이 중심

사이의 거리(L1)는 101.6mm로 하였다. 해석결과를 비교하기 위하여 참고문헌^[3]의 실험치를 이용하였다. 해석에 사용한 재료는 Al-2024-T3, 탄성계수는 87GPa, 포와송비는 0.33, 항복응력은 281MPa이다. 이 재료의 유동응력은

$$\bar{\sigma} = 879.5 (0.0001 + \bar{\epsilon})^{0.2} \text{ (MPa) 이다.}$$

해석에 사용된 요소는 4절점, 감차적분을 적용한 쉘 요소이며 두께 방향으로 5개의 적분점을 설정하였다. 변형양상이 좌우 대칭이므로 오른쪽 반을 해석하였다. 길이 방향으로 40개의 요소를 분포시켰으며 펀치속도는 1m/s으로 하였다.

감쇄비에 따른 탄성회복각의 변화를 비교하였는데, 거의 차이가 나타나지 않았으나 전반적으로 실험결과보다 4~5도 작게 나타났다. Fig.2에는 펀치속도의 변화에 따른 판재 중앙부의 상단과 하단에서의 응력변화를 나타내었다. 펀치속도가 10m/s로 증가되었을 때에는 관성력의 증가로 인하여 응력진동이 증가하는 것을 볼 수 있다. Fig.3에 판재 중앙부의 상단과 하단에서의 응력변화를 정적-내연적 해석결과와 비교하였는데 정적-내연적 해석결과가 더 크게 나타났다. 따라서 Fig.4에서 볼 수 있듯이 탄성회복각의 예측에서

* 홍익대학교 대학원

** 홍익대학교 기계공학과

는 정적-내연적 해석의 결과가 실험결과와 더 일치하고 있다.

3. 축대칭 딥드로잉 해석

Fig.5에 도시되어 있는 원통형 펀치를 사용한 축대칭 딥드로잉^[4]을 해석하였다. 펀치의 반경(R1)은 30mm, 판재의 반경(R2)은 60mm, 다이 구멍의 반경(R3)은 31.25mm, 펀치 및 다이의 모서리 반경은 5mm, 판재의 두께는 0.8mm로 하였다. 마찰조건은 펀치 측은 0.24, 다이 측은 0.12로 하였으며 블랭크 홀더력은 1/4모델에 9.8KN을 가하였다. 재료는 aluminum-killed steel이고 탄성계수는 200GPa, 포아송비는 0.3, r 값은 1.867이다. 대칭성을 이용하여 1/4을 모델링하였으며, 반경방향으로 50개의 요소를 사용하였다. 4절점, 감차적분을 적용한 쉘 요소를 사용하였으며 두께방향으로 5개의 적분점을 설정하였다. 이 재료의 유동응력은 다음과 같다.

$$\bar{\sigma} = 508.79(0.001 + \bar{\epsilon}_p)^{0.247} (MPa)$$

Fig.6-(a), (b), (c)에 벌칙상수의 변화에 따른 응력, 하중-스트록 곡선, 두께방향 변형률의 변화를 도시하였다. 벌칙상수의 스케일이 커질수록 응력과 하중-스트록 곡선에서의 진동이 커지는 것으로 나타났지만 두께방향 변형률은 큰 차이를 나타내지 않았다. 응력, 하중-스트록 곡선, 두께방향 변형률은 모두 감쇄비의 변화에 영향이 별로 없는 것으로 나타났다. 또한 시간스텝의 변화는 해석결과에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. Fig.7-(a), (b), (c)에는 펀치속도의 변화에 따른 결과의 비교를 나타내었다. 응력과 하중-스트록 곡선의 경우에는 펀치속도가 클수록 진동이 크게 나타나고 있으나, 두께방향 변형률에는 영향이 작음을 알 수 있다.

Fig.8-(a), (b), (c)에는 요소크기에 따른 결과를 비교하였다. 요소길이가 0.73mm, 다이 코너반경에 14개의 요소를 사용한 경우와 요소길이가 1.2mm, 다이 코너반경에 7개의 요소를 사용한 경우로 구분하였다. 하중-스트록 곡선과 두께방향 변형률에서는 요소크기가 큰 영향을 나타내지 않았다. 반면에 응력에서는 요소크기가 작을수록 진동이 작아지며, 스트록 25mm 이후에는 응력완화 현상이 줄어든 것을 볼 수 있다. Fig.9에는 정적-내연적 해석과 동적-외연적 해석의 응력해석 결

과를 비교하였다. 스트록이 25mm 이상에서는 동적-외연적 해석결과에서 진동이 나타나는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

펀치속도의 증가는 관성력을 증가시키기 때문에 응력이나 하중에서 진동을 증가시키는 결과를 보였다. 반면에 변형률에 미치는 영향은 적었으며 전반적으로 5-10m/sec의 펀치속도를 사용한 경우에는 관성의 영향이 크게 나타나지 않았다. 벌칙상수의 증가도 벌칙힘의 증가로 응력과 하중에서 진동이 증가하는 결과를 나타내었으나 변형률에는 영향이 적었다. 감쇄비는 응력, 하중, 변형률에 별 영향을 미치지 않았다. 정적-내연적 해석과의 비교에서는 응력에서 큰 차이를 보였다. 이는 요소의 크기를 작게 하거나 및 코너에 접촉되는 요소의 수를 증가시킬수록 차이를 줄일 수 있었다.

후 기

본 연구는 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터를 통한 한국과학재단의 우수연구센터 지원금에 의하여 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] P. C. Galbreath et al., "Evaluation of an LS-DYNA3D Model for Deep Drawing of Aluminum Sheet," Proceeding of FE Simulation of 3-D Sheet Metal Forming Process in Automotive Industry, VDI-verlag, Zurich, pp 441-466, 1991
- [2] T. Huo and E. Nakamachi, "Evaluation of Danamic Explicit/Elasto Viscoplastic Finite Element Method in Sheet Metal Forming Simulation," Proc. NUMISHHET'93, pp 173-186, 1993
- [3] 부산대학교, ERC/NSDM 최종보고서, "금속 판재를 이용한 정밀성형에 대한 연구," 1997
- [4] D. Y. Yang, W. J. Chung and H. B. Shim, "Rigid-Plastic Finite Element Analysis of Sheet Metal Forming Processes with Initial Guess

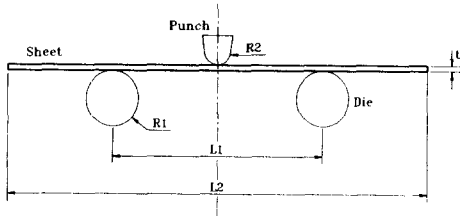


Fig.1 Schematic view of plane strain bending by punch

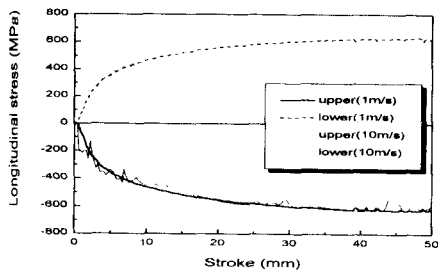


Fig.2 Variations of stress at the upper and lower surfaces for different punch speeds

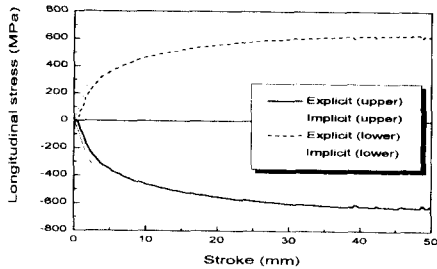


Fig.3 Comparison of predicted stress with that of implicit-static analysis

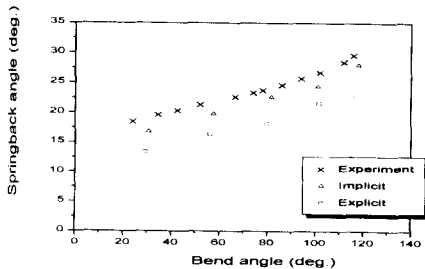


Fig.4 Comparison of predicted springback angles with experiment

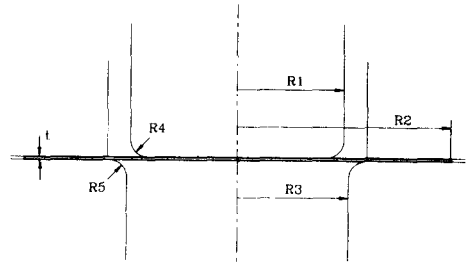
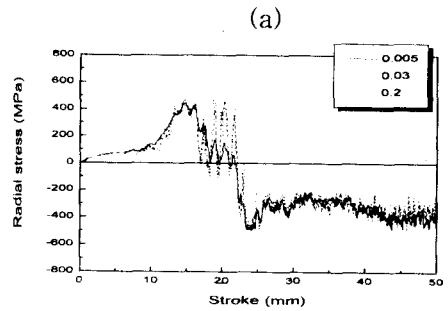
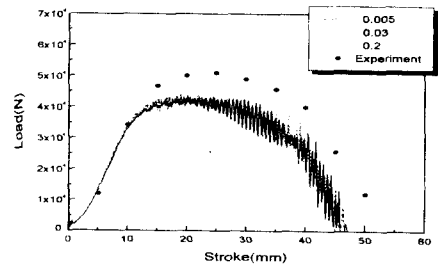


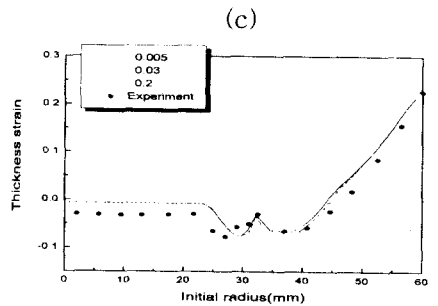
Fig.5 Schematic view of axisymmetric deep drawing



(a)



(b)



(c)

Fig.6 Influences of penalty constant: (a) radial stress, (b) load vs stroke curve, and (c) thickness strain

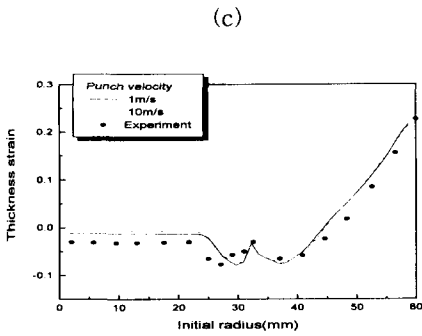
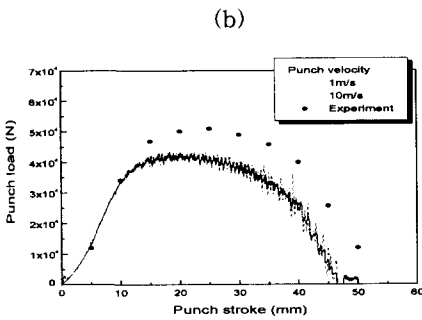
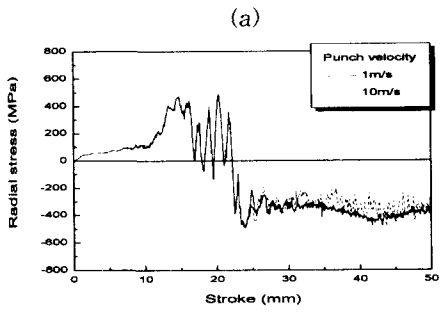


Fig.7 Influences of punch speed:
 (a) radial stress, (b) load vs stroke curve, and
 (c) thickness strain

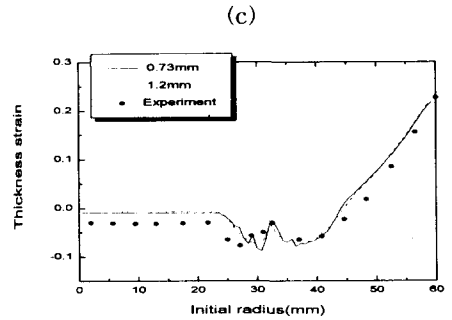
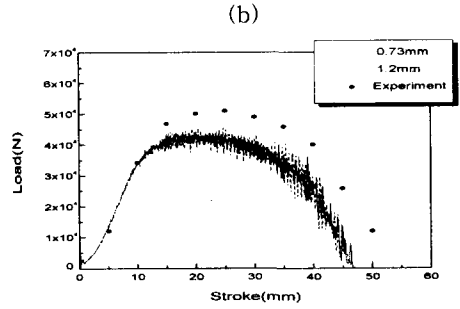
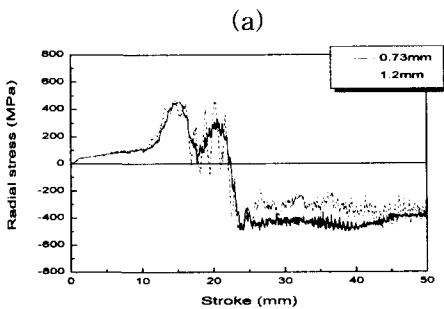


Fig.8 Influences of element size:
 (a) radial stress, (b) load vs stroke curve,
 and (c) thickness strain

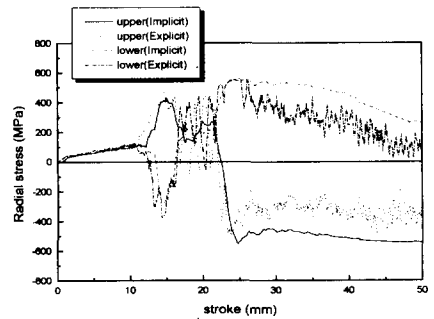


Fig.9 Comparison of predicted stress with that
 of implicit-static analysis