

## ANSYS를 이용한 실대재의 휨특성에 대한 연구

김 광 철<sup>†</sup>

전북대학교 생활과학대학 주거환경학과

### A Study on the Bending Performance of Structural Size Lumbers Using the ANSYS

Gwang-Chul Kim<sup>†</sup>

Department of Housing Environmental Design, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea

**Abstract:** In our country, domestic species can not be used as a structural member because we have not yet grading system. So, to utilize as a basic data of grading system, bending test and numerical modelling on structural member were conducted in this study. 35 of Douglas-fir, 2" × 6", span 2.4 m were tested for the bending properties, and Ansys software was used to analyze the numerical modelling on the structural members. The data of knots were inspected and applied in numerical modelling. To obtain the accuracy of analysis, nonlinear numerical analysis was carried out instead of linear numerical analysis. Ultimate load had a wide range from 4883N to 11,738 N, and maximum deformation also had a range from 26 mm to 68 mm. Average of ultimate load was 8,616 N, and that of maximum deformation was 48 mm. The distinctive features of failure types were simple tension type and cross-grain tension type. Ultimate load and maximum deformation from numerical modelling were 7,504 N and 37 mm. The numerical modelling drawn by this study is available to all species, and reasonable prediction on the bending performance is possible with only some material properties.

**Keywords:** structural member, grading system, bending test, nonlinear numerical modelling

#### 1. 서 론

저탄소 녹색성장의 실천 수단으로 목구조물에 대한 관심과 수요가 증대하고 있다. 이에 발맞추어 국산재를 구조용재로 활용하기 위한 다양한 시도가 되고 있지만 국산재의 경우 아직 등급구분이 제대로 실시되지 않아 구조용재로 활용을 못하고 있는 실정이다. 가까운 일본의 경우만 해도 MSR (machine stress rating) 등의 방법을 활용하여 등

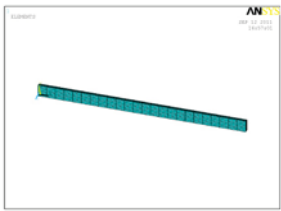


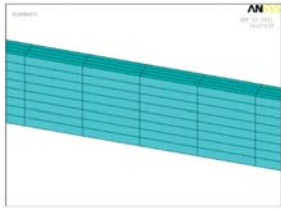
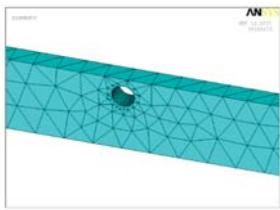
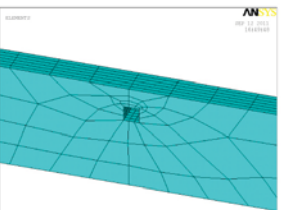
급구분을 거친 자료를 구조용재로 활용하고 있는 상황이며, 국내에서도 이러한 등급 구분을 위한 기초 연구를 충분히 할 필요가 있을 것이다. 본 연구에서는 이러한 기초 자료로 활용하기 위하여 실대재의 휨성능 실험과 함께, 다양한 사례의 실대재 성능 평가를 효율적으로 하기 위해 실제 실험을 실시하지 않고도 수치해석법을 활용하여 실대재 성능 파악을 할 수 있는 수치해석 모델링을 실시하였다.

2011년 9월 15일 접수; 2011년 10월 4일 수정; 2011년 10월 10일 게재확정

<sup>†</sup> 교신저자 : 김 광 철 (gckim@jbnu.ac.kr)



Table 2. Each numerical model for the knot data

	No consideration of the knot	Cylinder shape	Rectangular shape
Entire model*			
Detail view**			

\*휨시험의 전체 모델링/\*\*이해를 돕기 위한 휨시험의 중앙부위 확대 모습.

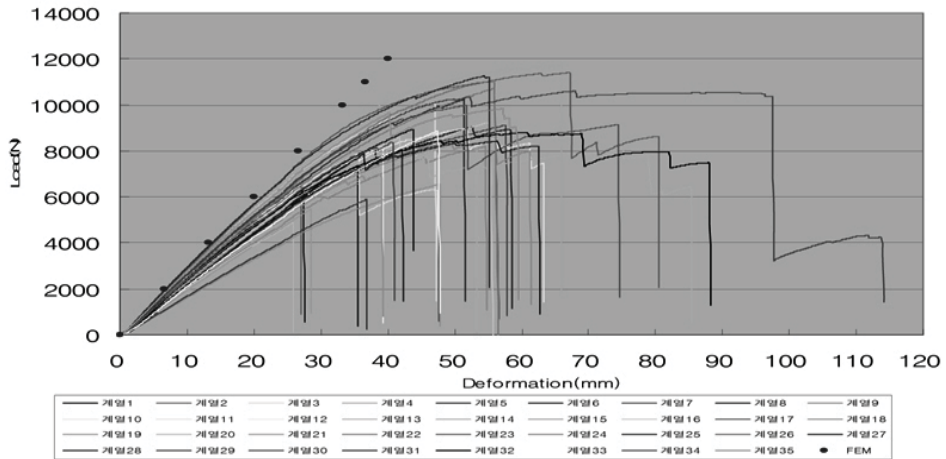


Fig. 3. Load-deformation curves.

중-변형 그래프로 결과를 제시하였다. 곡선 이외에 점으로 표시된 결과는 수치해석 결과를 각 하중단계에서의 변형량으로 표현한 것이다. 최대 하중은 Table 4에 제시된 바와 같이 4,883~1,1738 N의 범위를 보였으며 최대 변형량은 26~68 mm으로 넓은 범위를 보였다. 최대하중과 최대변형량의 평균값은 8,616 N, 48 mm였다.

실대재에 휨 실험을 실시한 시험의 파괴 모드는 Table 3과 같다. 파괴모드 분석은 ASTM의 분류 기준을 따랐다. 파괴모드는 일반적으로 휨 실험에

서 주로 나타나는 simple tension의 형태가 두드러지게 많이 나타났으며 이어서 cross-grain tension의 파괴 모드를 보였다. 본 연구에서 얻어진 대표적인 simple tension 파괴와 cross-grain tension 파괴 모드 시험을 Fig. 4에 나타내었다.

### 3.2. 수치해석 모델링

용이자료를 반영하지 않은 소재(solid member)에 대한 수치해석모델을 사용하여 얻어진 최대하중은 7503.7 N, 최대변형량은 36.8 mm였다(Fig.

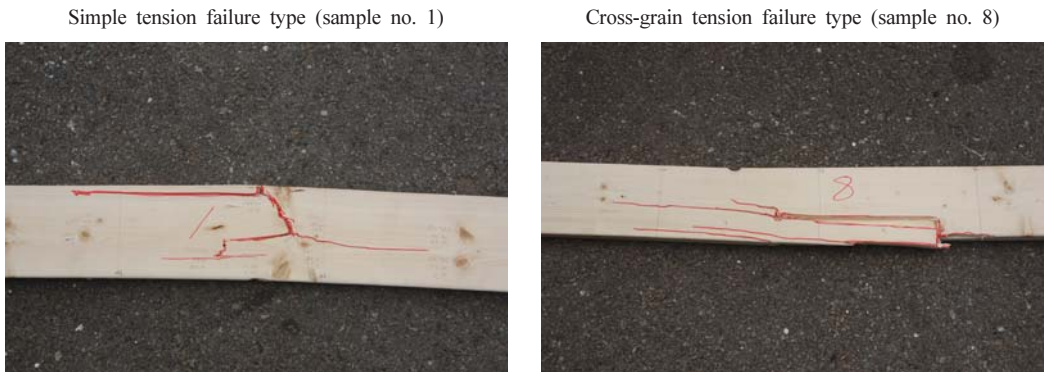
**Table 3.** Failure types of Douglas-fir dimension lumbers.

No.	Failure types	No.	Failure types	No.	Failure types	No.	Failure types
1	ST	11	ST & SPT	21	ST & CGT	31	ST
2	ST & CGT	12	ST	22	ST & BT	32	ST
3	ST	13	ST	23	ST & SPT	33	ST
4	ST & BT	14	ST & CGT	24	ST & BT	34	ST & CGT
5	ST	15	ST	25	ST	35	ST & SPT
6	CGT	16	ST	26	ST		
7	ST	17	ST	27	ST & CGT		
8	CGT	18	ST	28	ST		
9	ST	19	CGT	29	CGT		
10	ST	20	CGT	30	ST		

\*: Simple tension: ST, cross-grain tension: CGT, splintering tension: SPT, brash tension: BT, compression: C, horizontal shear: HS.

**Table 4.** Comparison of experimental values and numerical values

	Experimental value		Numerical value	
	Maximum load (N)	Maximum deflection (mm)	Maximum load (N)	Maximum deflection (mm)
Range	4,883~11,738	26~68	7,504	37
Avg.	8,616	48		

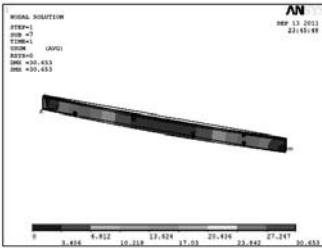
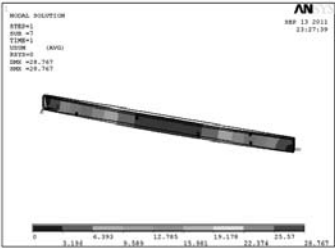






**Fig. 4.** Failure types of Douglas-fir dimension lumbers.

5). 최대하중과 변형량 모두 실제 실험값의 평균치 보다는 낮게 나타났다(Table 4). 하지만 실제 실험 시편의 변이가 최대하중의 경우 4,883~11,738 N의 범위를 나타내고, 변형량의 경우 26~68 mm의 범위를 보임을 고려한다면 수치해석의 결과가 상당히 정확하다고 할 수 있다. 특히 허용응력설계법(ASD)의 경우 실제 강도분포의 5% 하한치를 사용하는 예를 고려한다면 본 수치해석의 결과는 구조재 분류의 참고자료로의 사용 가능성을 보여준다고 판단된다.

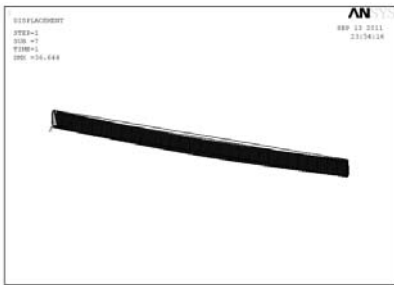
수치해석의 정확도를 높이기 위해서는 모델링 과정에서 요소 분할을 아주 정밀하게 증가시키면 상당한 수준의 정확도 상승을 기대할 수 있다. 본 연구는 2,400 mm의 휨 시편 길이에 대해 30조각으로 즉 한 요소의 길이를 80 mm 단위로 분할한 경우이다. 여기서 요소의 길이를 조절하면 실제 실험값의 평균치에 근사한 값을 얻을 수도 있었다. 하지만 수치해석 모델링의 효율 기준은 정확도와 동시에 시간이다. 즉 아주 고도의 안전성이나 정밀도가 요구되는 경우라면 시간 소모에 상관없이 미

**Table 5.** Comparison of results with cylinder shape model and rectangular shape model

	cylinder shape	rectangular shape
Deformation*		
1st principal stress**		
Von-mises stress***		

\*최대변형량 비교/\*\*1차 주응력/\*\* 폰미세스응력.

```
***** INDEX OF DATA SETS ON RESULTS FILE *****
SET  TIME/FREQ  LOAD STEP  SUBSTEP  CUMULATIVE
1     7503.7      1           1           1
```



**Fig. 5.** Maximum capacity of Douglas-fir using the numerical method.

제한 요소분할을 진행하여 근사해를 얻어야 하지만 그런 경우가 아니라면 어느 정도의 정확도는

손실되더라도 시간의 효율성을 위해 요소분할을 조절할 수 있을 것으로 판단된다.

### 3.3. 요소에 따른 수치해석 모델링

13번 실험시편의 응이 자료를 반영하고 이 시편과의 최대하중을 동일하게 부하했다고 가정할 때, 응이를 원통형으로 모델링한 것과 정각형으로 모델링한 것의 차이는 Table 5와 같다. 동일한 최대하중을 가정하였을 때 원통형 모델의 경우 최대 변형량이 30.7 mm인데 반하여 정각형 모델의 경우 28.8 mm로 차이를 보인다. 변형량의 값과 마찬가지로 1차 주응력이나 von-mises 응력 역시 차이를 보이지만 보다 중요한 것은 국부적인 응력의 분포이다. 실제 구조부재의 파괴는 어느 곳에서 응력이 집중되는지가 좌우한다. 실질적인 부재의 응

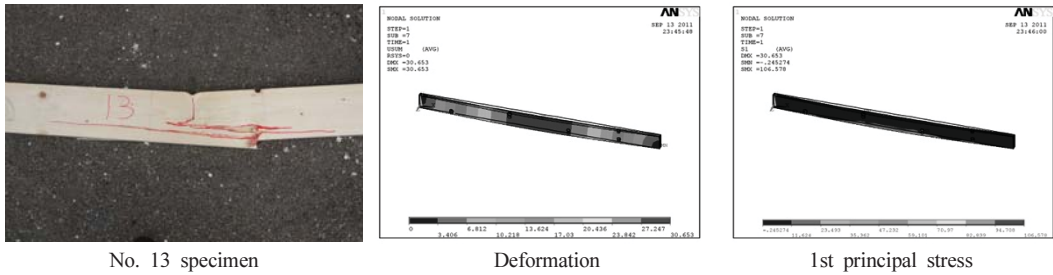


Fig. 6. Comparison of experimental results and numerical results.

력분포를 휨 실험한 시편의 파괴결과에 대해 좀더 유사하게 제시할 수 있는 것이 원통형 모델이었다.

### 3.4. 실험과 수치모델링의 비교

Simple tension 파괴를 보여준 실제 실험 시편 번호 13의 파괴 모드와 이 시편의 응이를 모델링하여 반영한 수치해석 결과(Fig. 6)를 보면 상당히 일치함을 알 수 있다. 실제 시편에서 파괴가 일어난 곳 주변에서 수치해석의 결과 역시 응력의 집중 현상이 나타나고 변형량이 다른 부위에 비해 과도하게 발생함을 알 수 있다.

응이 자료를 반영하지 않고 직교이방성에 따른 입력변수만 사용하여 수치해석 모델링을 할 경우 최대 성능과 최대 변형량의 크기는 근사적으로 실험값과 유사하게 얻어지지만 어느 부위에 응력이 집중되어 어느 곳에서 파괴가 진행되는지는 알 수가 없다. 이를 보완하기 위하여 시편의 응이 자료를 목측으로 측정하여 입력변수로 활용하고 이미 알려져 있는 목재의 탄성계수, 전단계수, 포아송비를 함께 입력변수로 사용한다면 근사적인 최대 성능과 변형량 그리고 응력 분포까지도 사전에 파괴 실험 없이 예측할 수 있어 다용도로 활용이 가능할 것이다. 물론 실험 시편군의 몇몇 개체를 파괴 실험을 실시하여 직접 측정된 탄성계수 등을 사용하면 정확도는 더욱 증가할 것이다. 따라서, 최종목적과 용도에 따라 정확성이 요구될 경우와 대략적인 성능과파악이 요구되는 경우에 따라 편하게 선택하여 적용하면 최대의 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

본 연구에서 얻어진 수치해석 모델은 모든 수준에 적용 가능하며 사용 수준에 대한 기초값의 적용만으로 상당한 수준의 정확도 있는 휨성능 예측이 가능하였다. 따라서 이러한 모델링 기법의 활용을 기초로 하여 구조용목의 사용 가능성이 높은 국산재에 대한 실대재 기초 성질 조사를 거쳐 등급 구분에 적용한다면 효과적으로 강도적 성질을 파악할 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 국립산림과학원 지원연구 “강도설계법에 의한 목구조설계기준 및 매뉴얼 개발”의 일부이다.

## 참 고 문 헌

김광철. 2010. 응이형태별 소재의 압축강도 예측에 관한 연구. 목재공학 38(3): 170-177.  
 김광철. 2010. 수치해석법을 활용한 압축부재 성능 해석의 가능성에 대한 연구. 한국 가구학회지 21(1): 26-39.  
 김광철. 2011. 백합나무 스킨티버의 압축 성능에 대한 연구. 목재공학 39(4): 333-343.  
 김광철. 2011. 수치해석법을 활용한 실대재의 휨특성에 대한 연구. 한국목재공학회 학술발표.  
 김광철. 2011. 유한요소법을 적용한 전통 접합부의 휨 특성에 대한 연구. 한국목재공학회 학술발표.  
 김광철. 2011. 제2회 국제 공업화 목조건축 심포지엄. A Study on the 2D Thermal Analysis of Wood



- Frame System and Concrete-Brick Frame System. 197-202.
- ASTM D 143. 2007. Standard test methods for small clear specimens of timber.
- Kim, G. C. et al. 2011. Numerical analysis of compressive performance for the Korean traditional joints. 제 61회 일본목재학회대회.
- FPL. 1999. Woodhandbook. UDSA.