

Mistuning 유무에 따른 Blade의 진동특성 분석

VIBRATION CHARACTERISTIC ANALYSIS OF BLADE BY MISTUNING

최병근†·임장익*·김효중*·장용석*
 B. K. CHOI, J. I. LIM, H. J. KIM, Y. S. JANG

1. 서 론

풍력 발전기의 blade는 시스템의 효율, 수명 및 안정성 측면에서 아주 중요한 요소이기 때문에 국산화 기술 확보가 절실하다. 현재는 750 kW급과 2 MW급 blade는 개발이 완료 되었고, 해상용 3 MW급 풍력 발전기의 개발도 진행 중이다. 그러나 대부분의 연구가 재료의 강도나 유동 흐름에 의한 효율에 대한 연구로 그치고 있다.

풍력 발전 시스템은 장시간 운전을 하고 일단 고장이 나게 되면 상당한 시간과 비용이 들기 때문에 안정성이 중요하다. 실제로 현재 조성된 풍력 단지에서 유지 보수가 필요한 시스템이 많으나, 운전이 정지된 설비가 증가 하고 있다. 이러한 풍력 발전의 안정성과 효율을 높이기 위해서는 진동에 대한 고려가 필요 하다.

풍력 발전에서 발생하는 진동은 대부분 회전에 의해 발생하게 되는데, 이는 장시간 운전함에 따라 증가하게 된다. 이는 풍력 발전 시스템의 효율, 수명 및 안정성에 큰 영향을 줄 수 있으므로, 이러한 영향을 미리 계산하는 것은 아주 중요하다.

2. TARGET AND PRECESS OF THE ANALYSIS

2.1 Target of analysis

Table 1은 실제 사용되는 750KW wind turbine의 실제 치수이다. wind turbine이 가지고 있는 효율적이고 안정적이게 발전하기 작동하기 위하여 길고 좁은 세 개의 blade를 가지고 있다.

Table 1. Dimention of 750Kw wind turbine blade

2.2 Case of analysis

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| Rotor speed | 15~30rpm |
| Rotor diameter | 48m |
| Number of blade | 3 |
| Type | vertical type |
| Blade length | 23.3m |
| Root chord length | 1.33m |
| Tip chord length | 0.1 |
| Hub diameter | 1.95m |
| Design wind speed | 12.7m/s |
| Material | Uni-directional (UD)E-glass/Epoxy |

Figure 1은 wind turbine의 모델링이고 Table 2는 각 case의 blade 두께이다. wind turbine은 3D CAD 프로그램인 CATIA에 의해 모델링되었다. case 각각의 blade 두께는 Table 2에서처럼 변화되었다.

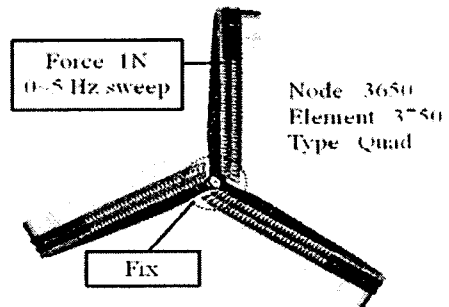


Figure 1. Boundary condition of rotor in forced vibration analysis

† 최병근; 경상대학교 정밀기계공학과
 E-mail : bgchoi@gnu.ac.kr
 Tel : (000) 000-0000, Fax : (000) 000-0000

* 경상대학교

Table 3. pattern of the blade thickness ratio in each case (unit:%)

| Case | Pattern | Case | Pattern | Case | Pattern |
|--------|--|---------|---|---------|--|
| case 0 | blade1-100 blade2-100 blade3-100 | case 11 | blade1-99.4 blade2-99.4 blade3-100 | case 23 | blade1-98.7 blade2-100.6 blade3-100 |
| case 1 | blade1-99.4 blade2-100 blade3-100 | case 12 | blade1-99.4 blade2-98.7 blade3-100 | case 24 | blade1-98.7 blade2-101.3 blade3-100 |
| case 2 | blade1-98.7 blade2-100 blade3-100 | case 13 | blade1-99.4 blade2-100.6 blade3-100 | case 33 | blade1-100.6 blade2-106.6 blade3-100 |
| case 3 | blade1-100.6 blade2-100 blade3-100 | case 14 | blade1-99.4 blade2-101.3 blade3-100 | case 34 | blade1-100.6 blade2-101.3 blade3-100 |
| case 4 | blade1-101.3 blade2-100 blade3-100 | case 22 | blade1-98.7 blade2-98.7 blade3-100 | case 44 | blade1-99.4 blade2-101.3 blade3-100 |

3 Result of the analysis

3.1 Target of analysis

Table 3. Eigenvalue of the case 0

| mode | Freq(Hz) | mode | Freq(Hz) | mode | Freq(Hz) |
|---------|----------|---------|----------|---------|----------|
| mode 1 | 0.01887 | mode 11 | 0.15472 | mode 21 | 0.42285 |
| mode 2 | 0.01898 | mode 12 | 0.17569 | mode 22 | 0.44361 |
| mode 3 | 0.02399 | mode 13 | 0.18044 | mode 23 | 0.44439 |
| mode 4 | 0.04449 | mode 14 | 0.18271 | mode 24 | 0.44542 |
| mode 5 | 0.04487 | mode 15 | 0.19661 | mode 25 | 0.46316 |
| mode 6 | 0.04712 | mode 16 | 0.27993 | mode 26 | 0.536 |
| mode 7 | 0.06670 | mode 17 | 0.28138 | mode 27 | 0.6279 |
| mode 8 | 0.06708 | mode 18 | 0.29164 | mode 28 | 0.6453 |
| mode 9 | 0.08171 | mode 19 | 0.30854 | mode 29 | 0.6497 |
| mode 10 | 0.15356 | mode 20 | 0.41640 | mode 30 | 0.6626 |

case 0에서의 모달 해석이 이루어졌다.

Table 4. Comparison of maximum displacement in each case

| Case | Case 0 | Case 1 | Case 2 | Case 3 | Case 4 | Case 11 | Case 12 | Case 13 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Max Dsip (mm) | 0.00 268 | 0.00 465 | 0.00 146 | 0.02 680 | 0.01 491 | 0.00 453 | 0.00 443 | 0.00 479 |
| Max Dsip blade | Blade 3 | Blade 1 | Blade 3 | Blade 1 | Blade 1 | Blade 1 | Blade 1 | Blade 1 |
| Case | Case 0 | Case 14 | Case 22 | Case 23 | Case 24 | Case 33 | Case 34 | Case 44 |
| Max | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02 | 0.02 | 0.02 |

| Dsip (mm) | 268 | 498 | 583 | 746 | 263 | 686 | 692 | 167 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Max Dsip blade | Blade 1 | Blade 1 | Blade 1 | Blade 1 | Blade 3 | Blade 1 | Blade 1 | Blade 1 |

Table 4는 각 case에서 최대 변위를 가지고 있는 블레이드를 보여준다.

4. 결론

이 논문에서는, wind turbine blade는 Table 2에서 처럼 계획적인 mistuning해서 두께 변화를 줬다. wind turbine blade의 mistuning 효과에 대한 진동 특성을 알아보기 위해 MSC.Nastran으로 수치해석을 수행했다.

거의 모든 case에서의 최대변위는 mistuning에 기인하여 case 0보다 크게 나왔다. wind turbine의 진동은 설계와 조립, 제조에서의 사용되는 패턴에 따라 감소하였다.

후 기

본 연구는 교육과학기술부 및 한국산업 기술재단의 지역혁신인력양성사업, 경상대학교 2단계 BK21 사업으로 수행된 연구결과이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.