

# 2014 구조물 내진설계 경진대회 요강

## ■ 2014년 대회 주제 : 풍력발전구조물은 안녕하십니까?

풍력발전기는 풍력발전을 위하여 구조물의 상부에 Nacell(풍력발전장치)이 설치되는 형태로 해당 구조물은 높은 세장비를 가지고 있으면서, 하중중심이 높은 곳에 위치하는 구조물로 지진에 취약하다. 풍력발전기는 풍력을 이용하기 위하여 주로 바다에 설치되며, 국내에서 큰 지진은 주로 바닷가 또는 바다에서 발생하고, 일본등지에서 발생하는 지진의 영향이 남부해안까지 영향을 미칠 수도 있다. 이러한 지진이 발생한다면, 풍력발전구조물은 안녕하겠습니까?

여러분들이 각 지역에서 지진에 대비한 구조물을 설계, 시공, 관리할 미래의 전문가라 하자. 이제, 해안가에 설치해 둔 풍력발전구조물 인근으로 지진이 발생할 것에 대비하여 풍력발전구조물을 설계하고 시공하라. 여러분이 이번 대회에서 제작해야하는 구조물은 높은 세장비를 가지면서, 구조물의 무게중심이 높은 pole 구조물이다. 주어진 재료를 이용하여 조건을 만족시킬 수 있는 pole형 구조를 설계, 시공하여 지진으로부터 풍력발전구조물을 보호하라.

## ■ 구조물 제작 및 심사기준의 착안점

금번 대회의 목표 구조물은 세장비가 높은 pole형 구조물입니다. 특히, 풍력발전구조물의 경우 높은 세장비뿐만 아니라, 발전을 위한 Nacell의 위치로 인하여 하중 중심이 상부에 위치하므로, 더욱 지진에 취약한 구조를 가지고 있습니다.

비교적 강진이 많이 발생하는 해안지역에 설치된 풍력발전구조물의 내진성능에 대하여 생각해 본적이 있습니까?

출전하는 각 팀에서는 각자의 거주 지역 인근에 이러한 pole형 구조물이 설치된다고 가정하고, 작품 제작규정에 맞도록 내진(제진/면진)으로 설계하신 후, 시공(제작)하십시오.

본 대회는 학부생을 대상으로 하는 대회입니다.

우리가 요구하는 것은 복잡한 구조해석(유한요소해석)과 도안(CAD)이 아닙니다.

기본적인 구조역학, 동역학, 설계개념, 상사비 개념이면 충분합니다.

참가하는 대학생들의 우수하고 참신한 아이디어에 높은 점수를 주고자 합니다.

좋은 아이디어로 고민하고 대회를 즐겨라!

## ■ 작품 제작 규정

1. **[원칙]** 작품은 2층 이상으로 제작되어야 하며, 각 층은 규정된 하중을 정적으로 지지할 수 있어야 한다.
2. **[구조]** 작품의 구조는 다음 각 항의 조건을 모두 만족해야 한다.
  - ① 기초 바닥의 윗면은 1층이 되며, 2층 바닥면은 1층 바닥면으로부터 800mm 이상에 위치하여야 한다.
  - ② 1층 바닥의 장축(임의의 부재에서 가장 멀리 떨어진 부재까지의 거리)은 200mm 이상, 250mm 이하이어야 하고, 2층과 연결되는 기둥면의 장축은 100mm 이상, 150mm 이하이어야 한다.
  - ③ 2층은 확연하게 1층과 분리되어야 하며, 2층 바닥의 장축은 200mm 이상, 250mm 이하이어야 한다.
  - ④ 2층에는 하중 블록의 낙하를 방지하기 위한 시설이 설치되어야 한다.
  - ⑤ 구조부재의 연결은 제공되는 제작 재료만을 사용하여야 한다.
  - ⑥ MDF plate는 절단 및 가공이 가능하나, plate를 절단하여 Strip과 같은 형태로 제작, 시공하는 것은 불가하다.
3. **[하중]** 하중은 2층 높이 이상의 위치에 10kg 이상의 강재 하중블록(개당 0.5kg)을 설치하여야 하며, 하중블록의 설치는 다음의 규정을 만족하여야 한다.
  - ① 하중블록의 규격은 26mm × 50mm × 50mm(높이×가로×세로)이며, 2층과 연결되는 기둥 단면이 2층에 투영되는 바닥 구역 안쪽에 4kg의 하중블록이 설치되어야 하며, 해당 구역 바깥쪽에 6kg의 하중블록이 설치되어야 한다.
  - ② 하중블록은 작품 제작이 완료되고 진동대 상부에 고정된 후에 각 팀에서 선정한 2인의 팀원이 한 조로 직접 설치해야 한다. 팀에서 원하는 경우 제작 중 하중블록을 지급하고 설치할 수도 있다.
  - ③ 하중블록은 접착제를 이용하여 상호간 또는 구조물에 직접 고정할 수도 있다.
  - ④ 하중블록을 고정하기 위한 용도로는 모든 지급재료를 사용할 수 있다.
4. **[기초]** 기초판은 MDF 판재로 제공되며, 제작되는 작품은 기초판 내에 설치되어야 한다.
  - ① 기초판의 크기는 400mm × 400mm × 6mm 이며, 구조물과 기초, 기초와 진동대를 연결(목재용 screw 볼트)하기 위한 용도로만 사용된다.
  - ② 각 팀에서는 기초를 진동대와 연결하기 위한 최소한의 공간(최외각으로부터 20mm)을 확보하여야 한다.
  - ③ 구조물과 기초를 연결하기 위한 용도로 기초판을 천공할 수 있다.
  - ④ 기초판을 절단 및 가공하여 작품 제작에 활용할 수 없다.
5. **[제작비용]** 작품 제작에 필요한 비용에는 2,400 백만원을 기준 금액으로 한다.
  - ① 기준금액을 초과하는 팀은 진동대 시험 전 감점 대상이 되며, 감점은 10백만원 당 5점으로 한다.

6. **[제작시간]** 작품 제작에 소요되는 시간은 하중블록을 설치하는 시간을 포함하여 총 5시간을 초과할 수 없다.
7. **[가진파]** 구조물에 작용하는 힘은 진동대의 가진에 의해서 결정된다. 각 팀 작품의 내진성능을 평가하기 위하여 인공지진파형 가진(실제와 유사하게 제작된 지진파)과 Sine Sweeping 가진(일정한 진동수 범위에서 동일한 가속도를 갖는 정현파를 연속적으로 상승 또는 하강시키면서 가진하는 방법)을 실시한다.
- ① 인공지진파 가진은 발전소 내진설계 국제규격(IEEE 693-2005)의 high performance with 2% damping의 스펙트럼을 대상으로 인공지진파형을 제작하여 진동대에 입력, 가진하게 된다. (지진파형은 엑셀파일 또는 txt 파일 형태로 제공됨, 홈페이지 참조)
  - ② 인공지진파는 상관관계(Coherence)가 0.3 이하인 두 개의 지진파를 수평 양방향으로 동시에 가진한다. 즉, 수평된 두 방향의 지진파의 상관성이 크지 않다. (수직방향 가진은 없음)
  - ③ Sine Sweeping 가진은 일정한 Peak의 정현파를 1~15 Hz의 대역에서 주파수를 임의 속도로 증가 또는 하강시키면서 가진한다.
  - ④ Sine Sweeping 가진은 X축으로 가진한 후, Y축으로 가진하는 순서로 한다.
  - ⑤ 인공지진파 가진과 Sine Sweeping 가진은 최대 가속도를 기준으로, 낮은 수준(최대 가속도의 10 %)에서 높은 수준(최대 가속도의 200 %)으로 입력되는 가속도 수준을 10~20% 씩 증가시키면서 가진한다.
  - ⑥ 가진 순서는 인공지진파를 가진한 후, 작품이 파괴되지 않은 팀에 한해서 Sine Sweeping 가진을 실시한다.

## ■ 작품 제작 재료

1. 제작 재료는 지정된 장소에서만 구입이 가능하며, 각 팀의 팀장만이 구입할 수 있다. 현장에서 구입할 수 있는 제작 재료는 다음과 같다.

| 재료명       | 단위 | 규격              | 단위수량<br>[개] | 단가<br>[백만원] | 비고   |
|-----------|----|-----------------|-------------|-------------|------|
| 기초판       | 개  | 400mm×400mm×6mm | 1           | -           | 기본제공 |
| MDF Strip | 개  | 6mm×4mm×600mm   | 1           | 10          |      |
| MDF Plate | 개  | 200mm×200mm×6mm | 1           | 100         |      |
| 면줄        | 식  | 600mm           | 1           | 10          |      |
| A4지       | 장  | A4              | 1           | 10          |      |
| 접착제       | 개  | 20g             | 1           | 200         |      |

2. 재료를 가공하기 위한 공구는 각 팀에서 지참하여야 한다. 단, 현장에서는 전기 공급이 지원되지 않으므로 전원연결이 필요한 전동공구는 사용이 불가하다. 충전방식인 경우에는 지정된 장소에서 충전하여 사용할 수 있다.
3. 각 재료의 구입수량에는 제한이 없으나, 총 비용 2,400 백만원을 초과할 수 있으나, 기준금액 초과시 감점 대상이 된다.
4. 지급된 재료를 반납하는 경우, 단위수량만 가능하다. 예로, 면줄을 1/2만(300mm) 사용하고 남은 1/2을 반납할 수는 없다.
5. MDF plate는 절단, 가공하여 다양한 용도로 활용할 수 있다.
6. MDF base(기초)는 기본 자재로 지급되며, 1회에 한하여 교환이 가능하다. MDF Base를 절취, 가공하여 작품에 적용할 수 없다.
7. 상기 6항의 제한 사항을 제외하고는 가공방법에 특별한 제한이 없다.
8. 지급되는 MDF Strip, MDF Plate, 면줄, 한지 이외에 구조물의 장식을 목적으로 하는 재료는 대회장에 반입하여 구조물에 설치하는 것이 허용된다. 단, 이러한 장식물이 구조물의 내진성능 향상에 기여하지 않아야 한다. 예) MDF 도색을 위한 유성팬, 옥상에 설치되는 교기, 팀깃발 등

## ■ 작품 평가 기준

1. 대회 진행은 1단계로 설계안을 접수하고, 모든 설계안에 대해 심사위원의 정성적 평가를 실시한다. 이 중에서 상위 24개 팀을 최종 결선 진출팀으로 선발한다. 상위 24위 인근에 동점을 받은 팀이 다수인 경우, 동점을 받은 팀 중 진출 팀은 다음의 요건들을 순서대로 검토하여 정한다. 단, 등수는 변하지 않는다.

- ① 다양한 학교 참여를 위하여 동일 학교 팀이 상위에 없는 팀
- ② 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력의 점수 획득이 높은 팀
- ③ 구조물 설계 예산이 적은 팀

2. 2단계에서는 1단계에서 선발된 24개 팀의 설계제안 프리젠테이션과 진동대 시험평가를 부산대학교 지진방재연구센터에서 실시한다.

| 구성                              | 대상                    | 제출형식   | 접수                 |
|---------------------------------|-----------------------|--|--------------------|
| 1단계 : 설계제안서 평가                  | 접수된 모든 작품             | 전산파일형태*로 제출하며, 제출형식은 PDF로 한정한다.<br>(필수 기재사항 : 팀명, 팀원(구성 및 역할) 설계 및 디자인 개요, 구조, 디자인 특징, 예산대비효율 등) | 이메일 혹은 홈페이지 (추후공지) |
| 2단계 : PPT 발표 및 Shaking Table 평가 | 1단계의 접수 작품 중 상위 24개 팀 | PPT**, PDF(심사위원출력용) 모형작품   | 발표 현장제작 및 검증       |

\* 제출파일형식 : PDF (제작 양식에는 제한이 없음)

\*\* 2단계 PPT는 사전에 제작된 것을 현장에서 발표

3. 각 평가 단계에서의 배점 기준은 다음과 같다.

| 구성        | 평가내용                    | 배점 (100)  | 심사위원구성                               |    |
|-----------|-------------------------|-----------|--------------------------------------|----|
| 1단계       | 제안형식의 기능성, 독창성, 디자인 우수성 | 15        | 지진방재연구센터 1인<br>전국 내진전문가 4인<br>= 총 5인 |    |
|           | 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력     | 15        |                                      |    |
| 2단계       | 설계안 설명(Presentation)    | 10        | 지진방재연구센터 1인<br>전국 내진전문가 4인<br>= 총 5인 |    |
|           | 모형제작 및 Shaking Table 실험 | 시공성 : 10  |                                      | 60 |
|           |                         | 경제성 : 15  |                                      |    |
|           |                         | 구조성A : 15 |                                      |    |
| 구조성B : 20 |                         |           |                                      |    |

○ 1단계 : 전문가 5인에 의한 정성적 평가

- 각 팀에서 제한한 작품의 기능 및 디자인, 독창성과 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력에 대한 평가를

받는다.

- 1단계 평가결과, 최종 결선 진출 팀에 대한 점수배분은 다음 표와 같다.

○ 2단계 : 전문가 5인에 의한 정성적 평가, 모형제작 및 실험에 의한 정량적 평가

- 설계안 설명(PPT발표) : 제안내용설명(연관성), 전체적인 PPT의 내용, 발표능력, 참관태도, 청중호응도 등 평가(정성적 평가)

- 모형제작 및 Shake Table 실험 :

① 시공성 : 시공속도 50% (정량적-시공성A), 시공방법 및 적절성 50% (정성적-시공성B), 시공속도에 순위에 따라 배분되는 점수는 완공순서에 따라 배분하며 배분 점수는 다음의 표와 같다.

| 등수   | 1 | 2 - 5 | 6 - 10 | 11 - 15 | 16 - 20 | 21 - 24 |
|------|---|-------|--------|---------|---------|---------|
| 시공성A | 5 | 4     | 3      | 2       | 1       | 0       |

② 경제성 : 시공비용의 정량적 절대평가

③ 구조성 : 지진력에 대한 구조의 거동을 정성적으로 평가 (50%) - 구조성A

실험결과에 의한 구조물의 내진성능 (잔존순위에 의한 절대평가) - 구조성B

- 구조성B의 점수배분은 다음과 같다.

| 등수   | 1  | 2 3 | 3 4 | 5 6 | 7, 8 | 9, 10 | 11, 12 | 13, 14 | 15, 16 | 17, 18 | 19, 20 | 21~24 |
|------|----|-----|-----|-----|------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 구조성B | 20 | 18  | 17  | 16  | 15   | 14    | 13     | 12     | 11     | 10     | 9      | 8     |

○ 각 단계별 감점사항 : 다음의 경우에 감점되며, 2단계까지의 득점 점수에서 다음의 사항으로 인하여 감점된 점수가 합계가 0점 미만 시 진동대 실험에 참여가 제한됨.

- 각 층의 하중블록 설치 수량 부족 (0.5 kg 당 20점 감점)
- 바닥의 장축 기준을 만족하지 않는 경우 (10 mm 당 10점 감점)
- 층고 기준을 만족하지 않는 경우 (10 mm 당 10점 감점)
- 작품이 기초면적이 기초 바닥판 크기 이상을 초과하는 경우 (50점)
- 주어진 제작시간을 초과하는 경우 (최초 10분 당 10점, 30분 초과 시 진동대 실험 참여 제한)
- 재료의 구입비용이 제한된 금액을 초과한 경우(10백만원 당 5점)
- 지급된 재료 이외의 반입한 재료를 사용하여 작품을 제작하는 경우 (100점)
  - \* 단 작품의 장식 또는 치장을 하기 위한 도색, 기타 비구조 부재 설치는 허용함. 예1) 작품 최상부에 빨대 등을 설치하고 각 출전 팀의 소속 학교 교기를 설치하는 경우, 예2) Strip을 꾸미기 위한 도색, 예3) 작품 전면에 팀을 알리기 위한 종이 표시 설치 (부착은 풀을 사용하고 단일 부재에만 풀로 연결) 등.
- 운영진의 요청/지시사항 거부 (1회당 20점 감점)
- 기타 제작규정에서 제한하고 있는 사항 위반 (1회당 10점)

○ 파괴의 판단 : 다음의 경우에 작품이 파괴된 것으로 간주한다.

① 구조물이 완전히 붕괴되는 경우

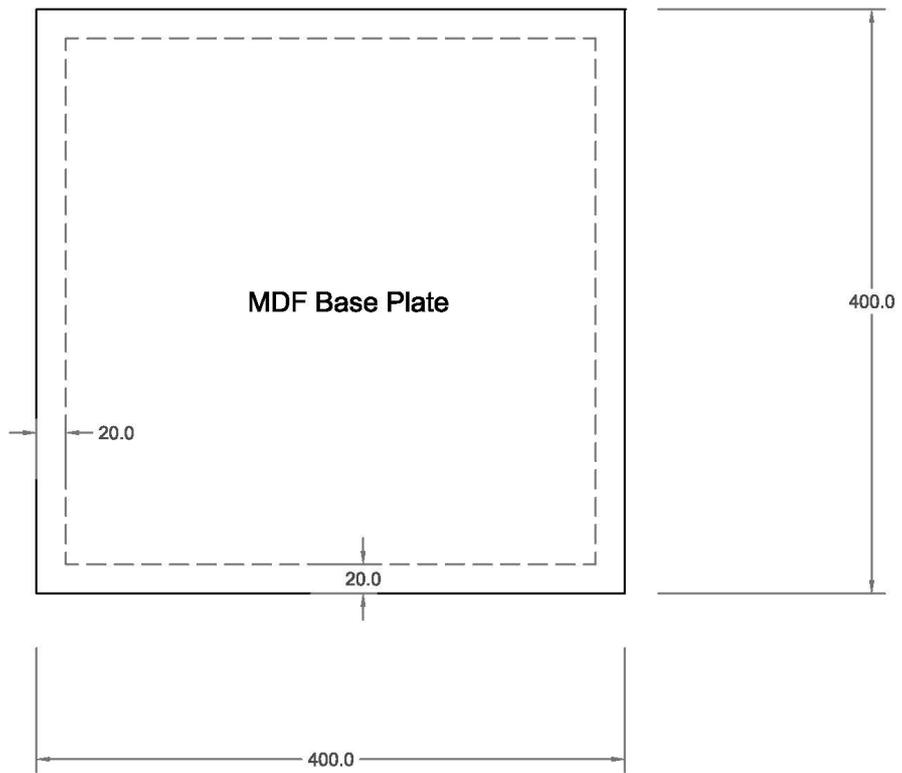
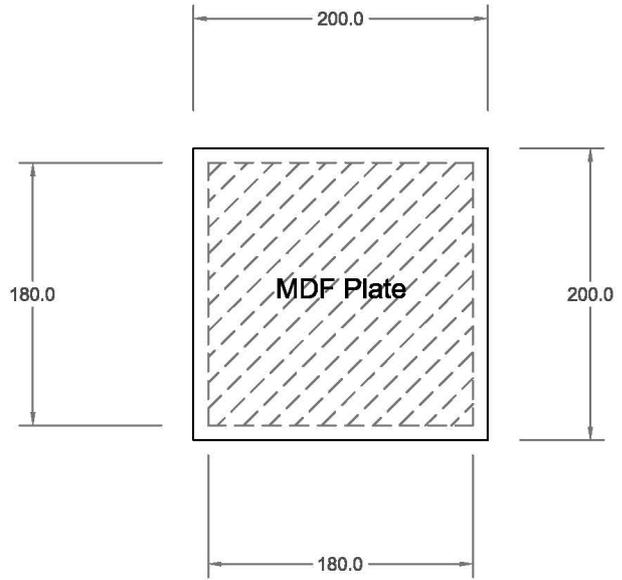
- ② 하중블록이 추락하는 경우
- ③ 작품이 바닥판을 이탈하는 경우
- ④ 심사위원 2인 이상이 파괴되었다고 판단의견을 제시하는 경우

○ 결과정리 :

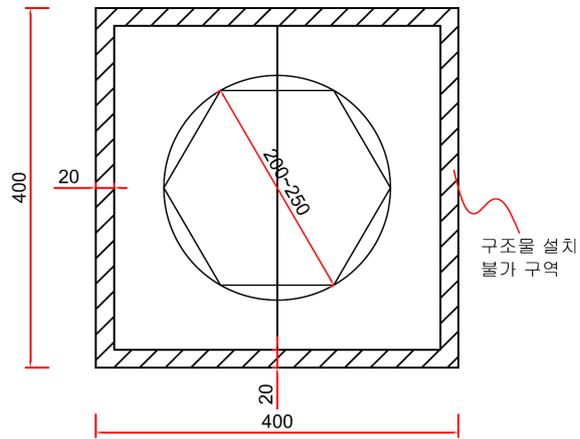
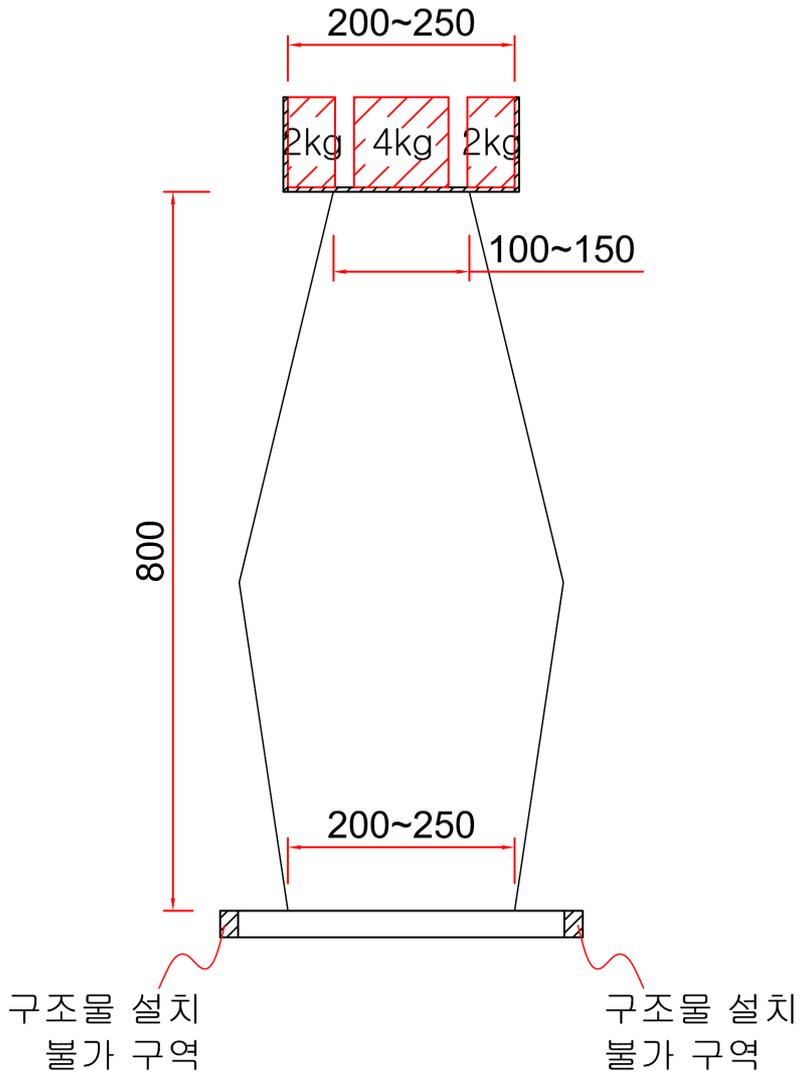
- 각 단계의 점수와 감정사항을 합산하여 많은 점수를 득한 팀의 순서로 순위 결정
- 동점이 발생할 경우, 다음의 순서에 의하여 순위를 결정함.
  - ① 구조성 B의 점수가 높은 팀
  - ② 구조성 A의 점수가 높은 팀
  - ③ 경제성 점수가 높은 팀
  - ④ 시공성 점수가 높은 팀
  - ⑤ 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력의 점수 획득이 높은 팀
  - ⑥ 구조물 설계 예산(1단계)이 적은 팀
  - ⑦ 내진구조에 대한 이해 및 설계 능력(1단계) 점수가 높은 팀
- \* ③항은 2단계 모형제작에서 사용된 금액을 기준으로 하며, ⑥항은 1단계에서 작성된 예산을 기준으로 한다.
- 점수는 100점을 만점으로 함.
- 각 단계의 점수는 다음 단계에서 공개 함.

○ 참고사항 :

- 본 대회에 출품, 제작한 작품 및 PPT, 본선 대회 등에서 촬영된 영상물 등의 소유권은 부산대학교 지진방재연구센터에 있음.



[MDF plate와 Base Plate 규격]



[구조물 제작예]