

해양구조물이 주변 바람에 미치는 영향에 대한 연구 A Study on the Influence of a Marine Structure on the Ambient Wind

심재설¹, 오병철¹, 전인식², 황종국³
Jae-seol Sim¹, Byung-cheol Oh¹, In-sik Chun², Jong-Kook Hwang³

1. 서 론

21세기 해양시대를 앞두고 있는 시점에서 해양자원의 탐사 및 개발과 해양환경 보존 및 해·기상예측에 대한 기술의 확보는 매우 중요한 사항으로 대두되고 있다. 이를 위해서는 해양자원 및 환경에 관련된 정보를 상시 관측할 수 있는 시설이 확보되어야만 한다. 이러한 관점에서 볼 때 이어도 해양과학기지가 가지는 위상은 매우 중요하다. 해양환경은 시간과 공간적으로 매우 다양하게 변화하므로 많은 지점에서 다량의 관측자료가 수집되어야 한다. 이를 위해서는 많은 예산과 인력이 필요하게 된다. 그러나, 최근에는 해양수치모델 및 원격탐사기술의 발달로 인해 넓은 범위의 해양에 대한 간접적인 정보제공이 가능해짐에 따라 선진국에서는 최소한의 핵심지점에서 효과적인 실시간 관측 시스템을 구축하고 있다. 이와 같은 추세에 따라 우리나라에서는 1995년도부터 이어도 해역에 해상 및 기상관측의 필요성이 대두됨에 따라 이어도 해양과학기지의 건설을 추진해오고 있다(심 등, 1998; 한국해양연구원, 1998, 1999, 2000, 2001).

이어도 종합해양과학기지의 하부구조는 설계기준선을 기준으로 수심 40m에 설치되는 고정식 자켓구조 형식이며, 상부구조는 약 400평 규모로서 장비설치를 위한 하부 데크(cellar deck)와 주거지 및 실험실을 위한 주 데크(main deck), 해난구조와 장비 및 인력의 수송을 위한 헬기 이·착륙장(helideck)등으로 구성

되어 있다.

이 과학기지에는 관측실험실, 회의실 침실, 발전실, 헬기 이·착륙장, 등대시설, 선박 계류시설, 오페수처리 시설, 화재진압 시설, 식수 및 연료 탱크 등을 갖추고 있으며, 7인이 14일간 임시 거주할 수 있는 모든 시설을 갖추고 있다. 과학기지는 내구성, 과학기지의 기능 및 활용성, 시공의 용이성 및 미적인 우수성과 장비 배치의 효율성, 거주구의 경제성 및 헬리콥터의 이·착륙시의 안전성을 고려하여 헬리데크를 거주구와 구분된 캔틸레버 형식으로 최종 선정하였다(Fig. 1).

한편 해양과학기지에 설치될 관측장비는 관측자료의 사용 목적별로 기상관측장비(14종), 해양관측장비(21종), 구조물 계측장비(5종), 환경관측 및 기타 장비(6종)로 구분할 수 있으며, 이어도 해양과학기지에서 관측된 자료는 무궁화위성과 글로벌스타를 통하여 한국해양연구원에 송·수신되도록 설계되어 있다(한국해양연구원, 2001).

해양과학기지 계획시 가장 우선 고려해야 할 사항은 옥지, 섬, 암초 등에 의해 해양기상요소가 영향을 받지 않는 지점을 선택하는 것이며, 그런 장소에 과학기지를 설치해야 그 해역의 대표성 있는 관측자료를 얻을 수 있다. 파랑, 유속, 수온, 바람 등의 요소는 다른 요소에 비해 지형적인 영향을 많이 받는데, 특히 바람은 지형적인 영향뿐만 아니라 구조물 형상 및 규모의 영향을 가장 많이 받는다. 따라서 이에 대한 철저한 사전 연구 및 실험을 통해 구조물에 의한 영향을

¹ 한국해양연구원 연안·항만공학연구본부 (Coastal and Harbor Engineering Laboratory, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, Seoul 425-600, Korea)

² 건국대학교 토목공학과 (Department of Civil Engineering, Konkuk University, 1 Hwayng-dong, Kwangjin-ku, Seoul 143-701, Korea)

³ 한국전통문화대학교 전통건축학과 (Department of Traditional Architecture, Korean National University of Cultural Heritage)

과악함으로써 과학기지에서 관측한 바람자료를 보정하여 좀 더 정확한 자료를 제공할 수 있다(Cavaleri, 1984). 본 연구에서는 이어도 과학기지의 설치예정인 풍속계의 각 위치에서의 풍향별 접근풍속에 대한 풍속비를 계측하고 계측한 결과를 이용하여 각 지점에서의 접근풍속에 대한 풍속비, 상부 Deck 에서의 3 차원 기류측정을 산출하고, 이 결과를 수치해석결과와 비교 검토하였다.

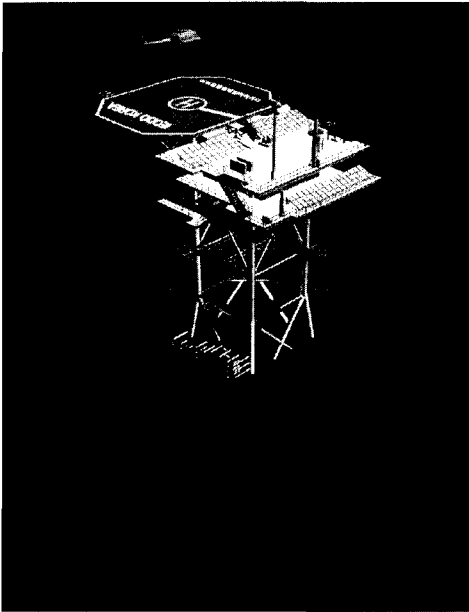


Fig. 1. 이어도 종합해양과학기지.

2. 풍속계측실험

2.1 실험개요

본 풍동실험은 구조물에 의한 바람의 변화를 파악하기 위하여 1/80의 축소 모델을 현대건설기술연구소 풍동(Fig. 2.)에 설치한 후 풍동풍속 U_H 를 3.0m/s, 6.0m/s, 9.0m/s, 12.0m/s, 15.0m/s 5 개의 접근풍속에 대해 실험을 하였고, 풍향은 $0^\circ \sim 350^\circ$ 까지 10° 간격으로 36 개의 풍향에 대해 실험하였다. 본 연구에서 풍향에 대한 정의는 헬리데크(helideck) 정면으로 불어오는 바람을 0° 로 하여 시계방향으로 증가한다(설치시 헬리데크가 정북이 됨으로 방위각과 같음).

좀더 실제에 가까운 풍속비를 나타내고자 일반 아크릴로 제작된 풍압모형보다 정밀한 발사모형을 사용하였다. 실험모형 및 풍속측정 방법은 Fig. 3.과 같다.

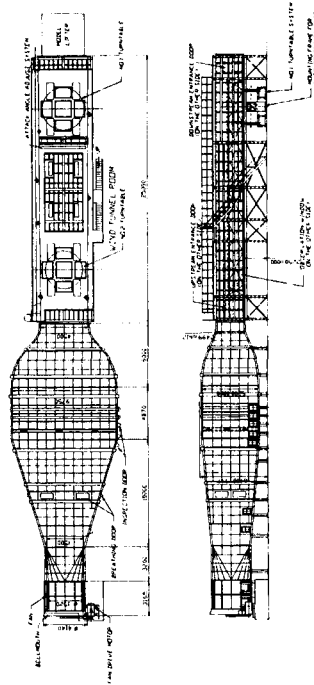
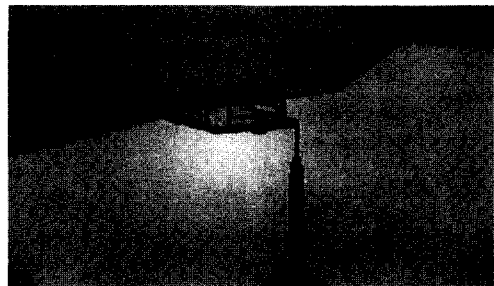


Fig. 2. HICT 풍동.



(a) 풍속 측정기



(b) 3 차원 풍속관측기

Fig. 3. 풍속실험 모형.

측정위치는 Fig. 4.에서 보는 바와 같이 총 6개의 위치에서 풍속을 계속하였다. Point 1~5는 열선방식인 다점풍속계를 이용하여 계속하였고, Point 6에서는 초음파방식인 3차원풍속계를 사용하였다. 3차원풍속계의 축의 방향과 수평각, 수직각의 정의는 Fig. 5.와 같다. 단, 설치시 접근풍속의 방향과 3차원 풍속계의 y축 방향이 동일하게 설치 하였다.

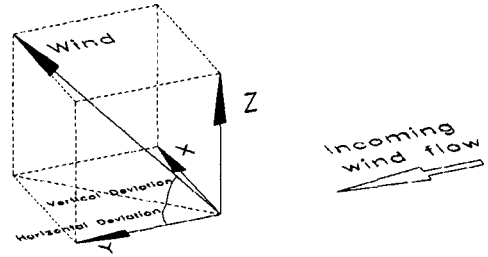
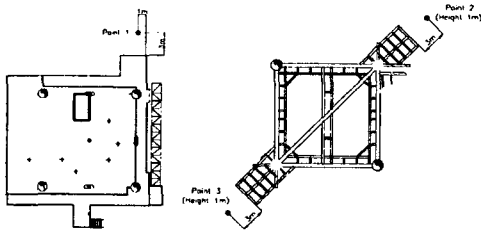
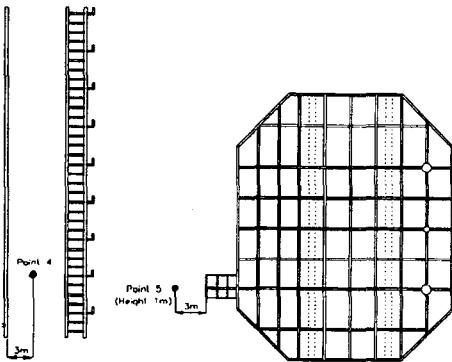


Fig. 5. 좌표체계.



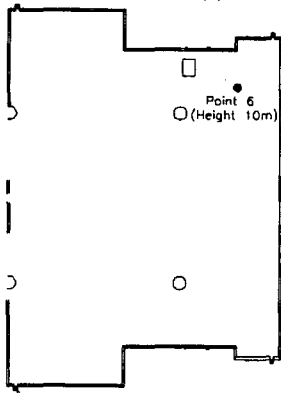
(a) Point 1

(b) Point 2, Point 3



(c) Point 4

(d) Point 5



(e) Point 6

Fig. 4. 풍속관측위치.

2.2 실험조건

과학기지 구조물이 주변의 풍속장에 미치는 영향을 검토하기 위하여 본 연구에서는 풍동내의 기류를 가능한 한 등류(Uniform Flow)로 발생시켜 실험을 수행하였다. 등류상태 확인을 위하여 풍속측정 결과를 풍속비로 나타내면 Fig. 6.과 같다.

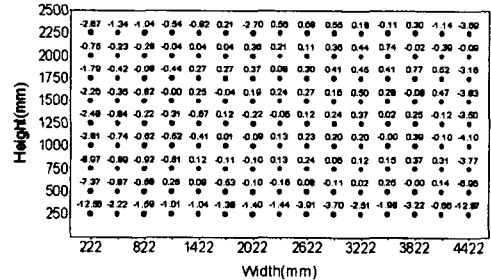


Fig. 6. 풍동의 풍속비(%).

위 그림에서 Test Section의 모서리부분에서만 풍속이 증가하는 것을 알 수 있다. 본 실험에서는 Test Section 중앙에서 수행하였기 때문에 중앙부분의 측정에서 약 0.1~0.3%의 오차를 보이고 있다.

2.3 풍속측정결과 및 분석

15m/s의 접근풍속이 불었을 때 point 2, 6에서계측한 결과를 시계열로 도시하면 각각 Fig. 7., Fig. 8.와 같다.

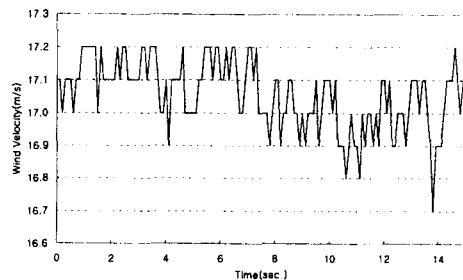


Fig. 7. Point 2(40 Deg.) 풍속 시계열.

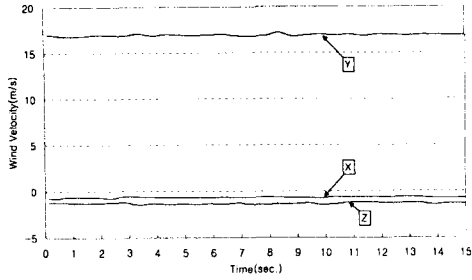


Fig. 8. Point 6(310 Deg..) 풍속 시계열.

이어도 과학기지가 건설된 후 현지에서 관측한 바람자료는 과학기지의 구조물에 의해 풍속 및 풍향이 원래의 바람과 약간 왜곡되어 있으므로 원래의 바람으로 변환하기 위하여 다음과 같은 풍속비, 수평각왜곡도, 수직각왜곡도의 식을 사용한다.

$$V_{Ratio} = \frac{\overline{V_p}}{\overline{V_{Ref}}} \quad (1)$$

$$\text{수평각왜곡도} = \tan^{-1} \frac{\overline{V_x}}{\overline{V_y}} \quad (2)$$

$$\text{수직각왜곡도} = \tan^{-1} \frac{\overline{V_z}}{\overline{V_y}} \quad (3)$$

여기서, V_{Ratio} 는 풍속비, $\overline{V_p}$ 는 측정점 P에서의 평균풍속(m/s), $\overline{V_{Ref}}$ 는 기준평균풍속(m/s)이고, $\overline{V_x}$, $\overline{V_y}$, $\overline{V_z}$ 는 각각 x, y, z 방향의 평균풍속(m/s)를 나타낸다.

측정위치 point 2 에서 접근풍속 9m/s, 12m/s, 15m/s 로 각각 불었을 때 풍속비를 Fig. 9.에 나타내었고, 또한 그 외의 측정위치에서는 15m/s에 대하여 Fig. 10.과 Fig. 11.에 표시하였다.

그림에서 보는 바와 같이 풍향별 풍속비는 접근풍속의 크기에 관계없이 거의 일정한 값을 보였으며, 주 관측탑에서의 풍속은 모든 방향에서 접근풍속보다 크게 관측되었고, 풍향의 왜곡도는 $\pm 6^\circ$ 이하로 나타났다.

3. 수치실험

3.1 수치해석조건

수치해석 프로그램은 유체의 유동을 해석할 때 사용되는 FLUENT ver. 5.4 를 사용하였으며 수치해석의 입력조건과 목적은 Table 1.과 같다.

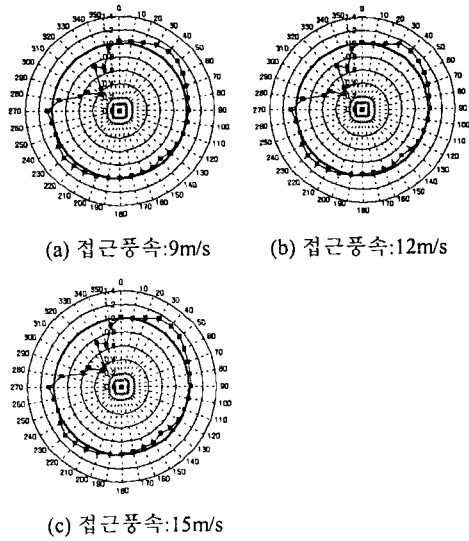


Fig. 9. Point 2에서의 풍속비.

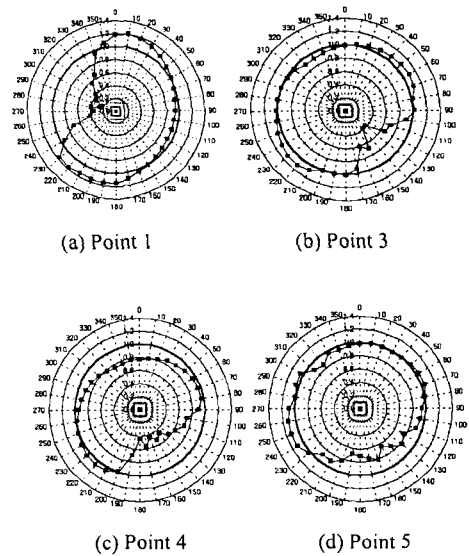


Fig. 10. Point 1, 3, 4, 5에서의 풍속비(접근풍속:15m/s).

Table 1. 수치해석 목적과 입력조건

대상 구조물	10m 해상점 근풍속(m/s)	방위	주목적
원형	30	8방향	실 구조물에서의 풍성분계산

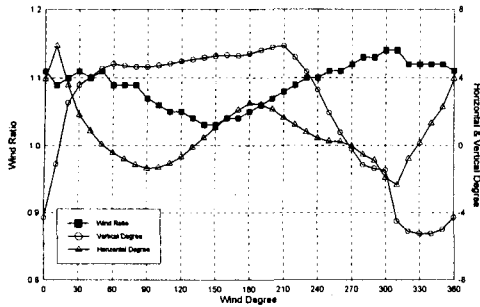


Fig. 11. 풍속비, 수평각왜곡도, 수직각왜곡도 (Point 6).

여기서, 8 방향은 0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , 315° 를 나타낸다. 풍향의 정의는 앞의 풍동실험과 같다.

생성된 3 차원 모델을 GridGen ver. 13.3 에서 읽어들이어 Fig. 12.과 같은 표면격자를 생성하였다. Deck 에 수직방향으로 격자의 최소두께는 경계층 두께를 충분히 반영하기 위하여 대상 구조물 원형의 경우 10mm로 충분히 작게 취하였다.

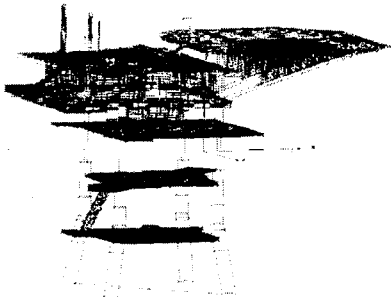


Fig. 12. 표면격자.

3.2 지배방정식

모형에 작용하는 힘으로 압력 외에 점성력까지 고려하기 위하여 지배방정식은 3 차원 비압축성 Navier-Stokes 방정식을 사용하였다. 원형크기의 모델의 경우에는 레이놀즈 수가 크게 증가(10^7 정도)되어 유동은 난류영역이 된다. 따라서 위의 Navier-Stokes 방정식을 이용한 질량보존식과 모멘텀 방정식 외에 추가적인 난류 모델이 필요하다. 일반적으로 많이 쓰이는 난류모델인 표준 $k-\epsilon$ 모델을 사용하였다.

3.3 수치해석 결과

건물자체가 주위 유동장에 미치는 영향을 가시적을 파악하기 위해 풍향에 따른 속도분포도(velocity

contour) 를 제시하였다.

이중 풍향이 0° 인 경우의 풍속 분포도는 Fig. 13. 과 같다. 이상의 수치해석 결과, 구조물의 영향을 최소화 하기 위해서 풍속계의 위치가 헬리데크 보다 약 1~2m 이상 높은 곳에 설치하여야 하는 것으로 나타났다.

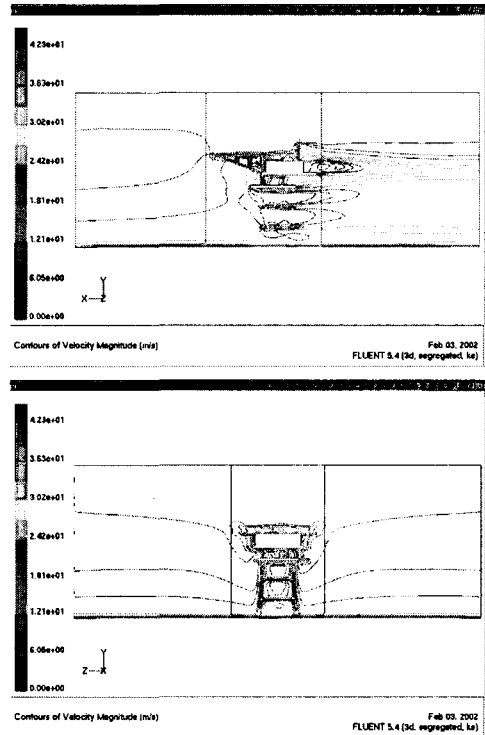


Fig. 13. 풍속분포도(풍향 : 0°).

4. 결 론

이러도 해양과학기지에서 관측한 바람자료는 해양구조물의 영향을 받아 어느 정도 왜곡된 자료이기 때문에 이에 대한 보정을 위해 풍동실험을 수행하였고, 또한 구조물 주변의 바람에 대한 공간적 분포 특성을 파악함으로써 관측센서의 위치를 결정하는데 활용하기 위하여 수치실험을 수행하였다. 따라서 본 연구 결과는 이어도 해양과학기지 설계시 풍속센서의 위치 결정에 활용은 물론 관측한 바람자료를 연구 업무 및 현업 활용시 정확한 자료를 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구의 결론을 정리하면 다음과 같다.

- 옥상에 설치된 주 관측탑의 풍향풍속계 위치는 구조물의 영향을 어느 정도 받지만 과학기지 내에서 적합한 지점으로 구조물의 영향을 덜 받는 높이(옥상 바닥으로부터 10m 지점)에 센서가 설치하는 것이 합당하다고 생각된다.
- 측정지 지점에서의 풍향별 풍속비는 접근 풍속의 크기에 관계없이 거의 일정하다.
- 풍향이 구조물에 의해 차폐된 방향을 제외하고 그 외의 방향에서 풍속비가 약 110%로 접근 풍속보다 크게 나타났다.
- 주 관측탑에서의 관측풍속은 모든 방향에서 접근 풍속보다 크게 관측되고 (320° 일대 최대 풍속비 약 114%), 풍향 왜곡도는 $\pm 6^\circ$ 이내이다.

5. 참고문헌

- 심재설, 이동영, 박광순, 전인식, 1998. 이어도 종합해양과학기지 건설에 대한 고찰, 대한토목학회 학술발표회 논문집(III), 431-434.
- 한국해양연구원, 1998. '98 이어도 종합해양과학기지 구축사업보고서, 해양수산부, BSPM 98004-00-1118-2.
- 한국해양연구원, 1999. '98 이어도 종합해양과학기지 구축사업보고서, 해양수산부, BSPM 99020-00-1209-2.
- 한국해양연구원, 2000. '98 이어도 종합해양과학기지 구축사업보고서, 해양수산부, BSPM 00049-00-1276-2.
- 한국해양연구원, 2001. '98 이어도 종합해양과학기지 구축사업보고서, 해양수산부, BSPM 09600-1403-2.
- Cavaleri, L., Pianta, P. and Iuso, G., 1984. Influence of a Sea Structure on the Surrounding Wind Field, *Il Nuovo Cimento*, Vol. 7, No. 4, pp. 440-446.