

파랑 입사각이 장방형 플로팅 합체와 상부 골조에 미치는 효과

† 이영욱 · 김보람*

† 군산대학교 건축공학과 교수, * 군산대학교 대학원

Effect of Incident Angle of Wave on Floating Pontoon and Moment Resisting Frame

† Young-Wook Lee · Bo-Ram Kim*

†, * Department of Architecture and Building Engineering, Kunsan National University, Gunsan 573-701, Korea

요 약 : 파랑하중의 입사각의 변화가 직사각형 콘크리트 플로팅 합체 위에 있는 3층 철골 모멘트 연성골조의 모멘트에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 파도 주기 5초부터 15초까지 2초 간격으로 동적 유체해석을 수행하였다. 길이방향에 대하여 입사각이 0°, 30°, 60°, 90°로 증가함에 따라 RAO-Roll에 의한 영향이 증가하는 것으로 나타났다. 파압에 의하여 입사각이 0°인 경우 길이방향의 골조 모멘트가 크게 증가하였으며, 입사각이 증가함에 따라 파압에 의한 모멘트가 감소하는 것으로 나타났다. 또한 합체의 피칭과 롤링에 의하여 발생하는 가속도 성분에 의하여 상부 철골 모멘트 연성 골조의 모멘트를 산정하였으며, 입사각이 90°로 작용한 경우에 모멘트의 증가량이 입사각 0°의 경우보다 크게 나타났다.

핵심용어 : 콘크리트, 직사각형 플로팅 합체, 파랑 입사각, 철골 모멘트 연성골조, 피칭, 롤링

Abstract : To find the influence of incident angle of wave on the moment of 3 storied steel moment resisting frame which is placed on the concrete rectangular pontoon, the fluid dynamic analysis is carried out, varying the period of wave from 5 to 15 second by 2 seconds. As increasing incident angle of wave to longitudinal axis, the influence of RAO-rolling is increased. The moment of longitudinal frame is increased apparently by the wave pressure when the incident angle is 0°. And the moment of the frame due to the wave pressure is decreased as the incident angle is increased. But the moment of frame due to acceleration caused from pitching and rolling is increased. It is shown that the increased moment when incident angle is 90° is much greater than that of incident angle 0°.

Key words : concrete, rectangular floating pontoon, incident angle, steel moment resisting frame, pitching, rolling

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

플로팅 구조물은 고정하중과 활하중 등의 일반하중과 함께 바람, 조류, 온도, 변형하중 등을 포함하는 환경하중이 작용되며 계류력, 접안, 충돌력 등의 특수하중이 적용되어야 한다. 이 가운데 환경 하중의 주된 파랑하중은 플로팅 구조물이 설치되는 위치에 의존적이며 플로팅 구조물의 견인에 의한 이동 중에도 작용하므로 파랑하중에 대한 해석은 플로팅 구조물의 설계에서 필수적으로 수행되어야 한다.

플로팅 구조물의 파랑하중에 의한 해석에 있어서 구조물이 소규모일 경우 탄성변형이 미미하므로 강체(rigid body)로 가정하여도 무방한 반면 구조물이 대형화될 경우 유연성(flexibility)에 의한 탄성변형도 무시할 수 없게 된다. 즉, 플로팅 구조물의 규모는 그 거동을 해석함에 있어서 강체와 탄

성체를 구분하는 주요 인자 중 하나로 볼 수 있다(Kim, 2006).

일반적으로 플로팅 건축에 사용되는 합체의 길이가 100m 이내이므로 합체의 거동은 강체거동이라고 할 수 있다. 이러한 플로팅 건물에 대하여 기존 연구에서는 파랑하중의 입사각이 0°인 경우 플로팅 합체의 강성 변화를 검토하였다(Lee, 2012). 그러나 파랑하중은 합체의 길이 방향에 입사각을 가지고 작용되게 되므로 다양한 입사각에 따른 파랑하중의 영향을 고려할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 다양한 입사각을 가진 파랑하중에 따른 플로팅 합체의 변형 특성을 확인하고 이러한 변형이 상부골조에 미치는 응답 특성을 검토하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서의 플로팅 합체는 직사각형 콘크리트 폰톤(pontoon)이고 상부 골조는 3층 규모의 철골조인 경우를 대

† 교신저자 : 연희원, leeyu@kunsan.ac.kr 063)469-4784

* 연희원, boram7377@naver.com 063)469-1956

상으로 한다. 플로팅 합체는 변장비가 1 : 2인 직사각형의 형태이고 좌우 대칭으로 가정하였다. 파랑하중은 길이 방향으로 0°, 30°, 60°, 90°로 작용하는 경우만을 고려한다.

2. 해석대상 모델

2.1 모델 형상

플로팅 합체 해석 모델은 Fig. 1과 같이 길이 96m, 폭 48m, 높이 2.5m인 콘크리트 구조물이며 가로와 세로의 경간 길이를 8m로 설계하였다. 상부구조물인 철골 모멘트 연성골조의 경간은 합체의 것과 동일하게 8m이고 층고는 3.5m인 3층 규모의 구조물이다. 설계된 기둥은 H-310×305×15×20, 보는 H-480×300×11×15 이다. 보에 작용하는 등분포 고정하중을 25kN/m, 등분포 활하중 15kN/m을 적용하였다. 파도의 주기는 5초에서 15초까지 2초씩 증가시켰고, 입사각은 0°, 30°, 60°, 90°로 변화시켰다. 해석에서 수심은 10m로 가정하였다.

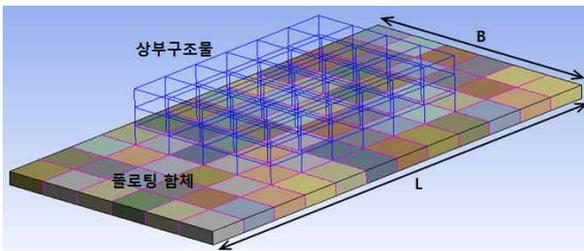


Fig. 1 Analysis model

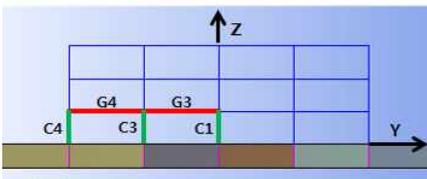


Fig. 2 Positions of column and girder of superstructure for design

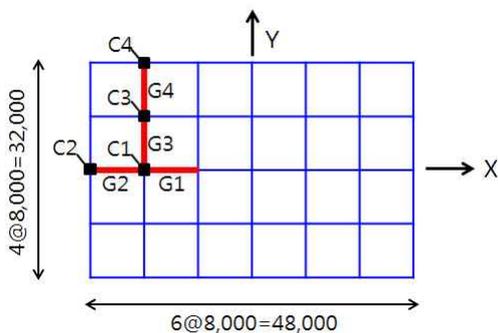


Fig. 3 Positions of column and girder of superstructure for design

Table 1 Analysis data

길이, L(m)	96
폭, B(m)	48
흘수, d(m)	2.0
합체 높이, D(m)	2.5
주기, (sec)	5~15 (2초 간격)
입사각	0°, 30°, 60°, 90°

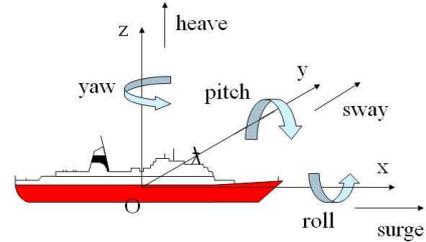


Fig. 4 axis of coordinates and behavior of 6-DOF

2.2 해석방법

본 연구에서는 3장에서 동수역학 해석을 선행하여 플로팅 건물의 기본적인 거동을 먼저 확인하였다. 또한 파압에 의한 효과를 고려하기 위하여 4장에서 동수역학-구조 연계해석을 수행하였다. 이를 위하여 ANSYS와 AQWA 범용 해석 프로그램을 사용하였으며 절차는 다음과 같이 하였다. 연계해석을 위하여 구조물을 모델링하고, 이로부터 동수역학 해석을 위한 모델을 추출한다. 일반적으로 동수역학 모델에서 구조물의 무게중심에 대한 관성모멘트와 수선면적의 정보를 입력한다. 해석하고자 하는 파랑의 주기영역에 대하여 동수역학 해석을 수행하고 이에 대한 파압을 다시 구조물로 맵핑하여 구조물에 작용하는 하중으로 변환하고 구조물의 해석을 수행하여 응력을 산정한다.

그러나 동수역학-구조 연계해석에서는 상부골조의 진동특성이 고려되지 않으므로 동수역학 해석에서 구한 합체의 가속도를 건물의 지반에 가속도로 작용하는 모델로 치환하여 상부골조 동적해석을 5장에서 수행하였다.

합체의 가속도 성분을 건물의 지반가속도로 치환하는 예로서, Fig. 4에서 파랑하중이 x 방향(길이방향)으로 작용하는 경우 수평성분(Surge)과 y 방향에 대한 회전성분 θ (Pitch), z 방향 수직성분(Heave)이 유효하다. 중심축 y로부터 r의 거리만큼 떨어진 곳에서의 수평과 수직방향의 가속도는 식(1)과 (2)와 같다.

$$\text{등가 수평 가속도} = \ddot{x} + r\ddot{\theta} \quad (1)$$

$$\text{등가 수직 가속도} = \ddot{z} \quad (2)$$

파랑하중이 y 방향으로 작용하는 경우는 y 방향의 수평성분(Sway)과 x 방향의 회전성분(Roll)을 사용하여 x 방향의 경우와 동일한 방법으로 가속도를 치환하면 된다.

3. 동수역학 해석

3.1 RAO 결과

동수역학 해석에서 구조물 외부 면에 작용하는 유체 압력은 각 절점에 작용하는 힘과 모멘트를 결합함으로써 식 (3)과 같이 구조 전체에 대한 운동 방정식으로 구할 수 있다.

$$M(s)\ddot{X} + M(a)\dot{X} + C\dot{X} + K(s)X = F^I + F^D \quad (3)$$

- 여기서, $M(s)$: 질량행렬
- $M(a)$: 부가질량행렬
- C : 구조감쇠행렬
- $K(s)$: 정수압에 의한 복원력 행렬
- F^I : 가진력(Froude-krylov force)
- F^D : 가진력(Diffraction force)

앞에서 언급된 플로팅 구조 모델에 대한 해석 결과로 입사각 0° , 30° , 60° , 90° 의 Roll(RX 방향), Pitch(RY 방향) RAO(Response Amplitude Operator) 결과는 Fig. 5와 Fig. 6과 같다.

Fig. 5는 RAO-Roll의 값을 5초에서 15초주기 까지 도시한 것이다. 해석결과는 AQWA와 MLINHYDH의 결과를 도시하였으며 고려하는 전 주기 영역에서 거의 일치하는 결과를 보여 주었다. 입사각이 30° 에서 60° , 90° 로 증가함에 따라 RAO-Roll의 최대값이 증가하는 양상을 보인다. 이것으로 보아, 입사각이 0° 에서 90° 까지 증가할수록 RX 방향인 RAO-Roll에 대한 영향이 커진다는 것을 확인할 수 있다.

또한 Fig. 6은 RAO-Pitch의 값을 5초에서 15초주기 까지 도시한 것이다. 그림에서 입사각이 0° 에서 30° , 60° 로 증가함에 따라 RY 방향인 RAO-Pitch의 최대값이 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 입사각이 커짐에 따라 Pitch에 대한 영향이 감소한다는 것을 의미한다.

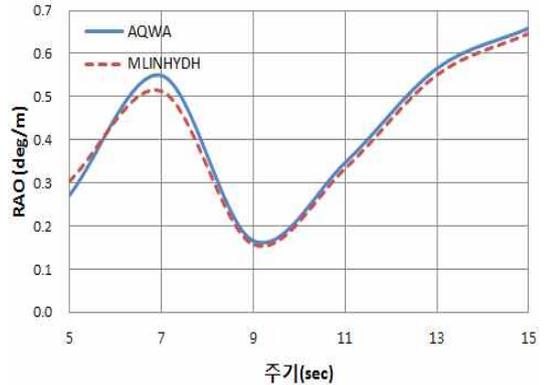
4. 파압에 의한 상부골조의 모멘트

4.1 파압에 의한 보의 모멘트

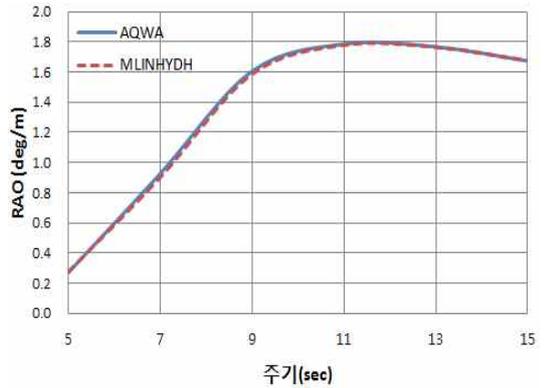
함체의 강성과 파도 주기에 따른 모멘트 증가량을 확인하기 위하여 Fig. 3과 같이 길이방향의 보 G1, G2와 단변방향의 보 G3, G4를 해석 결과로부터 추출하였으며 이것을 Table 2에 정리하였다.



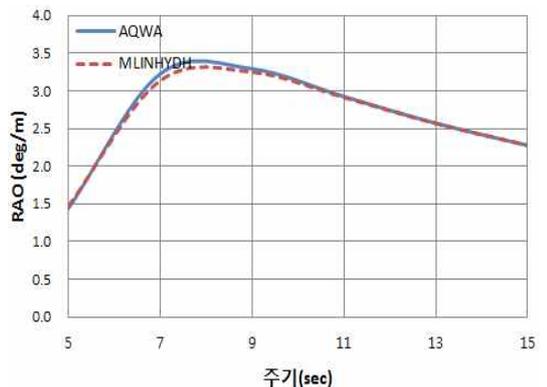
(a) Incident angle= 0°



(b) Incident angle= 30°

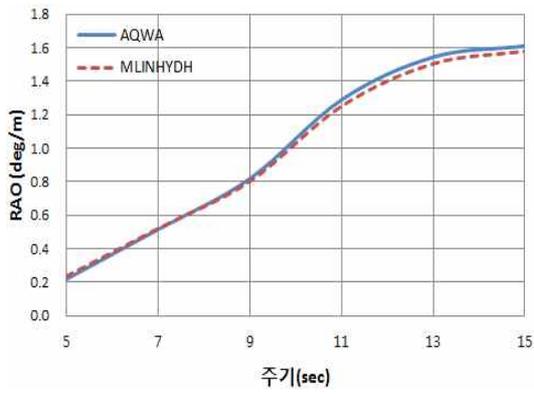


(c) Incident angle= 60°

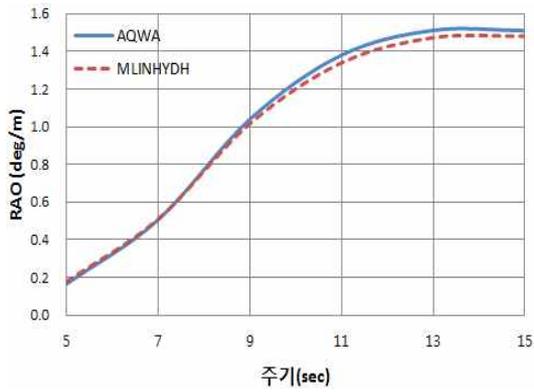


(d) Incident angle= 90°

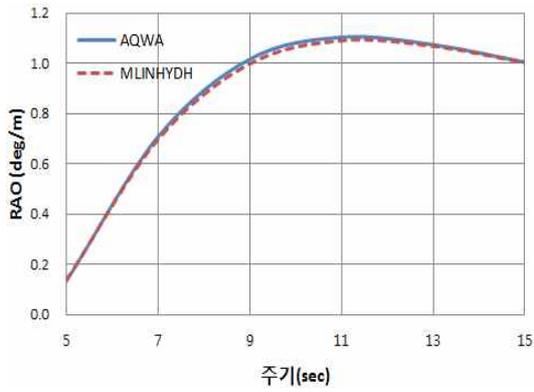
Fig. 5 RAO-Roll graph



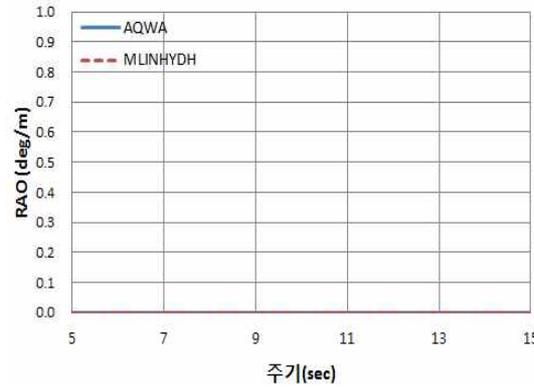
(a) Incident angle=0°



(b) Incident angle=30°

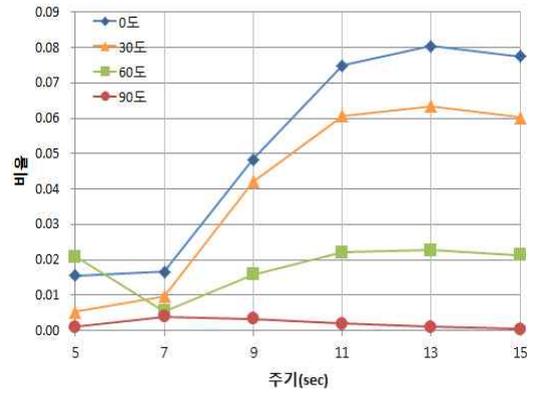


(c) Incident angle=60°

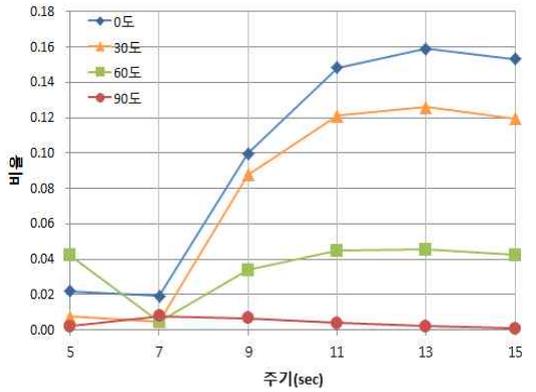


(d) Incident angle=90°

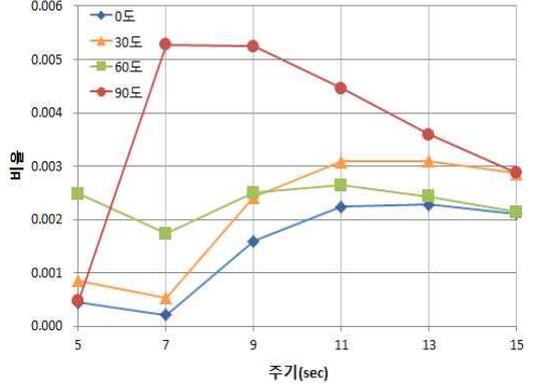
Fig. 6 RAO-Pitch graph



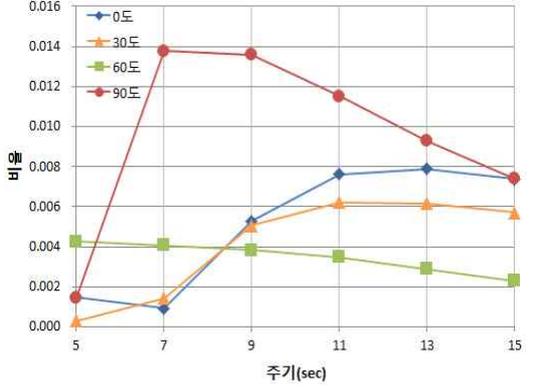
(a) G1



(b) G2



(c) G3



(d) G4

Fig. 7 Moment ratio of girders by the wave pressure

Table 2 Moment of G1, G2, G3 and G4 according to the wave pressure with incident angle of wave

구분	입사각 주기(sec)	0°	30°	60°	90°
		모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)
G1	5	3.6	1.2	4.8	0.2
	7	3.8	2.2	1.3	0.9
	9	11.1	9.7	3.7	0.8
	11	17.2	14.0	5.1	0.5
	13	18.5	14.6	5.2	0.2
	15	17.8	13.9	4.9	0.1
G2	5	5.1	1.8	9.7	0.5
	7	4.4	1.1	1.1	1.8
	9	22.9	20.2	7.8	1.5
	11	34.1	27.9	10.3	0.9
	13	36.6	29.0	10.5	0.5
	15	35.2	27.5	9.8	0.2
G3	5	0.1	0.2	0.6	0.1
	7	0.0	0.1	0.4	1.2
	9	0.4	0.6	0.6	1.2
	11	0.5	0.7	0.6	1.0
	13	0.5	0.7	0.6	0.8
	15	0.5	0.7	0.5	0.7
G4	5	0.3	0.1	1.0	0.3
	7	0.2	0.3	0.9	3.2
	9	1.2	1.2	0.9	3.1
	11	1.8	1.4	0.8	2.6
	13	1.8	1.4	0.7	2.1
	15	1.7	1.3	0.5	1.7

Fig. 7의 (a)부터 (d)까지의 그래프는 Table 2의 결과를 도시화 한 것으로서, 연직하중(DL+LL)에 의한 최대 모멘트 230 kN·m에 대한 각 부재의 모멘트 비율을 나타낸 것이다. 함체의 길이 방향의 부재인 G1, G2의 경우 입사각이 90°에 가까워질수록 파압이 모멘트 증가량에 크게 영향을 주지 않는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7에서 입사각이 0°일 때, 함체의 길이방향 부재 G1, G2의 모멘트 변화량은 RAO-Pitch와 관계가 있음을 볼 수 있다.

반면 입사각이 90°일 경우에 함체 단변 방향의 부재인 G3, G4의 경우 모멘트 증가량이 가장 크며, 이는 RAO-Roll과 밀접한 관계가 있음을 Fig. 7에서 확인할 수 있다.

4.2 파압에 의한 기둥의 모멘트

기둥 부재인 C1, C2, C3, C4의 경우 Fig. 8에 모멘트의 변화율을 도시하였고 이것을 Table 3에 정리하였다. 길이방향의 경우 보 G1, G2와 마찬가지로 입사각이 0°에 가까울수록 C1, C2의 모멘트 증가량이 더 큰 것을 확인할 수 있다. 단변 방향 부재인 C3, C4의 경우 또한 입사각이 0°에 가까울수록 모멘트 증가량이 더 큰 것으로 나타났다.

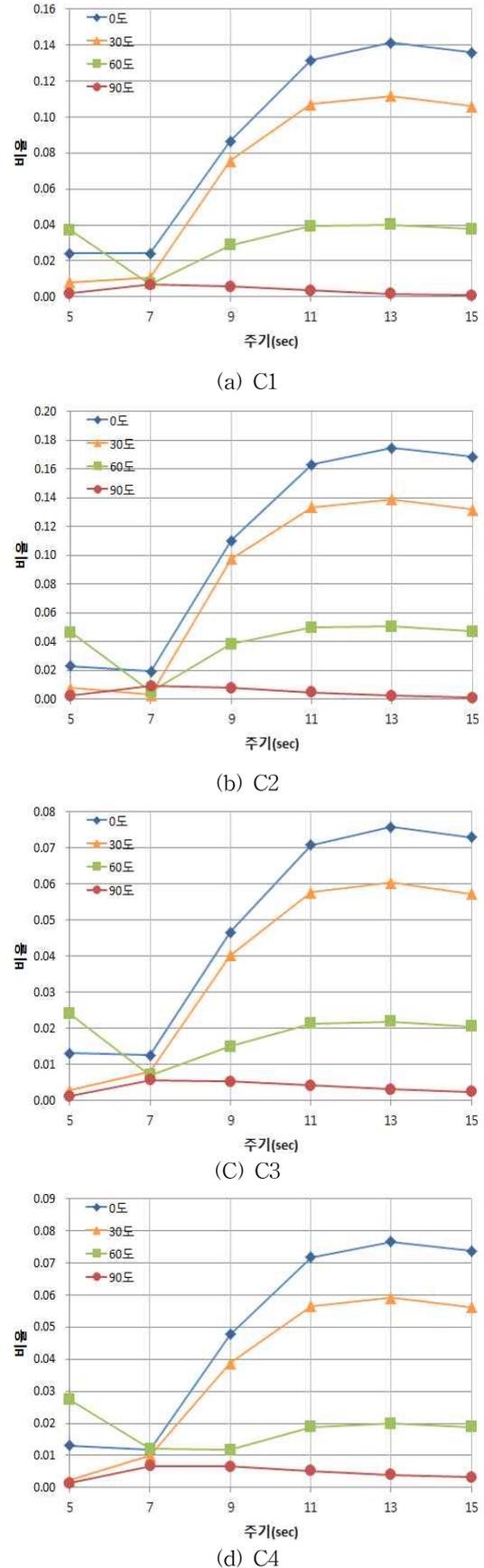


Fig. 8 Moment ratio of columns by the wave pressure

Table 3 Moment of C1, C2, C3 and C4 according to the wave pressure with incident angle of wave

구분	입사각 주기(sec)	0°	30°	60°	90°
		모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)
C1	5	5.6	1.9	8.6	0.4
	7	5.5	2.5	1.6	1.6
	9	19.9	17.5	6.6	1.3
	11	30.3	24.6	9.0	0.8
	13	32.5	25.7	9.3	0.4
	15	31.3	24.4	8.7	0.2
C2	5	5.3	1.8	10.7	0.5
	7	4.4	0.7	1.2	2.1
	9	25.3	22.5	8.8	1.8
	11	37.5	30.8	11.4	1.1
	13	40.2	32.0	11.6	0.6
	15	38.8	30.3	10.8	0.3
C3	5	3.0	0.7	5.5	0.3
	7	2.9	1.8	1.6	1.3
	9	10.7	9.3	3.5	1.2
	11	16.3	13.3	4.9	1.0
	13	17.5	13.9	5.0	0.7
	15	16.8	13.2	4.7	0.6
C4	5	3.0	0.5	6.3	0.3
	7	2.7	2.3	2.8	1.5
	9	11.0	8.9	2.7	1.5
	11	16.5	13.0	4.3	1.2
	13	17.6	13.6	4.6	0.9
	15	17.0	12.9	4.3	0.7

5. 가속도 효과에 의한 모멘트 증가량

5.1 가속도 성분에 의한 보 모멘트

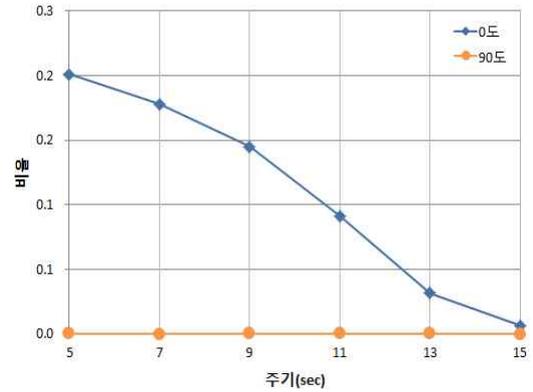
상부 철골 모멘트 연성골조에 작용하는 가속도의 영향을 고려하기 위하여 동수역학 해석에서 나온 합체의 가속도를 식(1)과 (2)에 따라 지반의 가속도로 치환하여 해석을 수행하였으며 이것을 Table 4에 정리하였다.

Fig. 9는 가속도에 대한 보 부재의 모멘트비의 증가를 도시한 것이다. 입사각이 0° 일 때 G1, G2의 모멘트비의 증가가 두드러지게 나타났다. 특히 주기 5초에서 가속도에 의한 영향이 가장 컸으며, 그 이후 주기 15초 까지 감소하는 것을 확인할 수 있다.

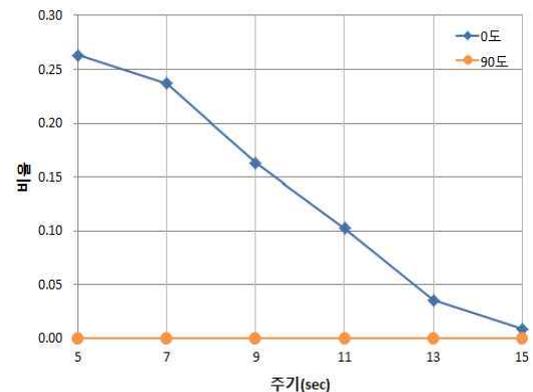
입사각이 90°인 경우, 합체 단변 방향 부재인 G3, G4에서 주기가 7초일 때 가속도에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타났고, 그 이후 주기 15초까지 감소하는 것을 알 수 있다.

5.2 가속도 성분에 의한 기둥 모멘트

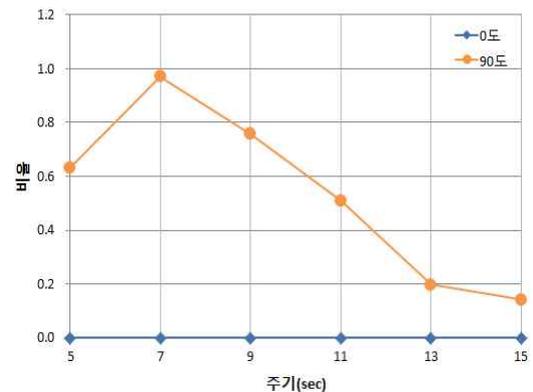
상부 철골 모멘트 연성골조에 작용하는 가속도의 영향을 고려하기 위하여 동수역학 해석에서 나온 합체의 가속도를 식(1)과 (2)에 따라 지반의 가속도로 치환하여 해석을 수행하였으며 이것을 Table 5에 정리하였다.



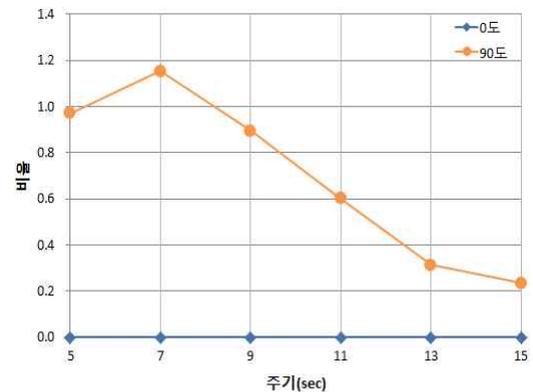
(a) G1



(b) G2



(c) G3



(d) G4

Fig. 9 Moment ratio of girders by acceleration

Table 4 Moment of girders by acceleration

구분	입사각 주기(sec)	0°	90°
		모멘트 (kN·m)	모멘트 (kN·m)
G1	5	46.3	0.1
	7	40.9	0
	9	33.4	0.1
	11	21.1	0.1
	13	7.3	0.1
	15	1.6	0
G2	5	60.5	0.1
	7	54.5	0
	9	37.5	0
	11	23.6	0.1
	13	8.2	0
	15	2.1	0
G3	5	0	145.8
	7	0	223.5
	9	0	174.4
	11	0	117.2
	13	0	45.3
	15	0	32.6
G4	5	0	223.4
	7	0	265.7
	9	0	206.2
	11	0	138.5
	13	0	72.6
	15	0	54.1

Fig. 10은 가속도에 대한 기둥 부재의 모멘트비의 증가를 도시한 것이다. 입사각이 0° 일 때 기둥부재 C1, C2, C3, C4의 모멘트비의 증가는 주기 5초에서 가장 크게 나타났고 그 이후 주기 15초까지는 감소하는 것을 알 수 있다.

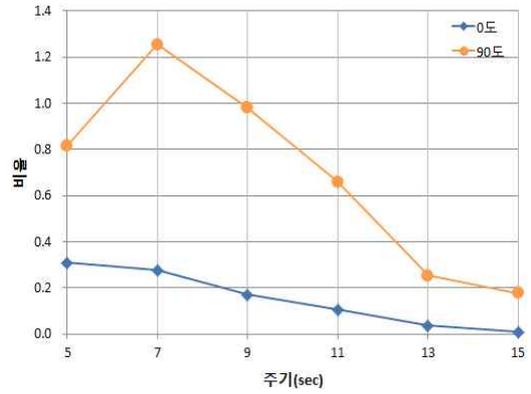
입사각이 90° 일 때 기둥부재 C1, C2, C3, C4 모멘트비의 증가는 주기 7초에서 가장 크게 나타났고 그 이후 15초까지 감소하였다.

입사각이 0° 일 때와 90°인 경우를 비교하여 보면, 입사각이 90°로 작용한 경우에 가속도에 의한 기둥 부재의 모멘트 증가량이 입사각이 0° 일 때 보다 더 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.

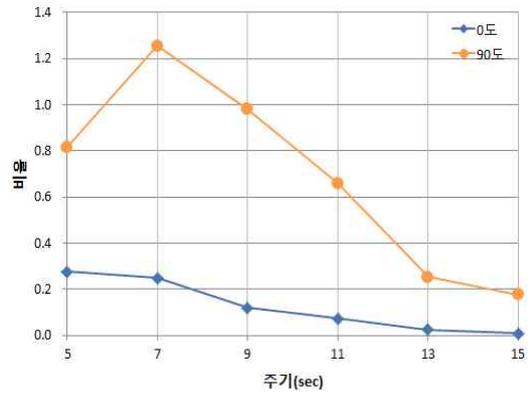
5.3 파압에 의한 모멘트와 가속도 성분에 의한 모멘트 비교

부재 방향별, 입사각별로 영향을 주는 성분을 알아내기 위하여 파압에 의한 모멘트와 가속도에 의한 모멘트를 Fig. 11과 Fig. 12에 나타내었다.

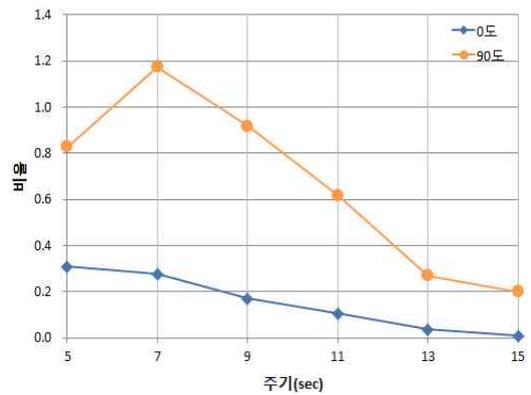
Fig. 11의 (a)와 (b)는 파랑 입사각이 0° 일 때 함체 길이 방향 부재인 G1, G2의 파압 및 가속도 성분에 의한 모멘트를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 보여 지는 것과 같이, 입사각이 0° 일 때 길이 방향 부재 G1과 G2에서 파압에 의한 모멘트 증가가 가속도 성분에 의한 것 보다 크게 나타나는 것을 확인할 수 있다.



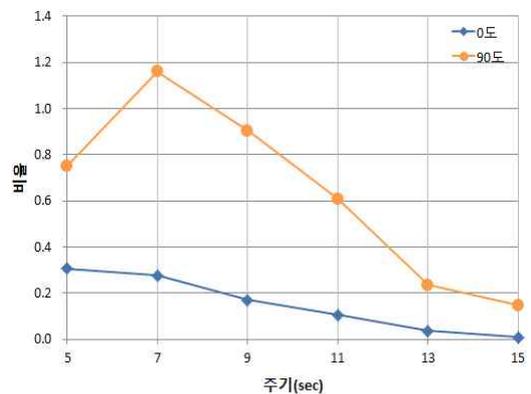
(a) C1



(b) C2



(c) C3



(d) C4

Fig. 10 Moment ratio of columns by acceleration

Table 5 Moment of columns by acceleration

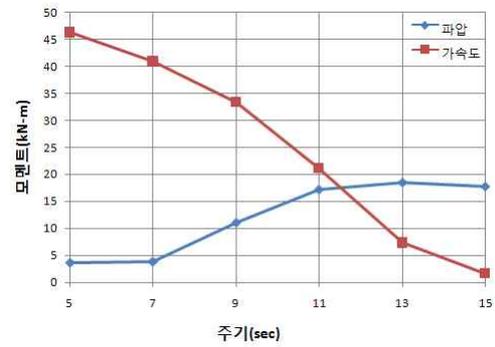
구분	입사각 주기(sec)	0°	90°
		모멘트(My) (kN·m)	모멘트(Mz) (kN·m)
C1	5	70.9	187.9
	7	64.0	289.0
	9	39.2	225.7
	11	24.8	151.8
	13	8.6	58.7
	15	2.5	40.8
C2	5	63.6	187.9
	7	57.4	289.0
	9	27.4	225.7
	11	17.3	151.8
	13	6.1	58.7
	15	2.3	40.8
C3	5	70.9	190.7
	7	64.0	270.2
	9	39.2	211.1
	11	24.8	142.0
	13	8.6	62.2
	15	2.5	46.3
C4	5	70.8	173.4
	7	64.0	266.8
	9	39.2	208.4
	11	24.7	140.2
	13	8.6	54.2
	15	2.5	33.7

또한, Fig. 12의 (a), (b)에서 보여 지는 것과 같이 파랑 입사각이 90° 일 때 합체 단변 방향 부재 G3와 G4에서는 가속도 성분에 의해서만 모멘트 증가가 나타나는 것을 알 수 있다.

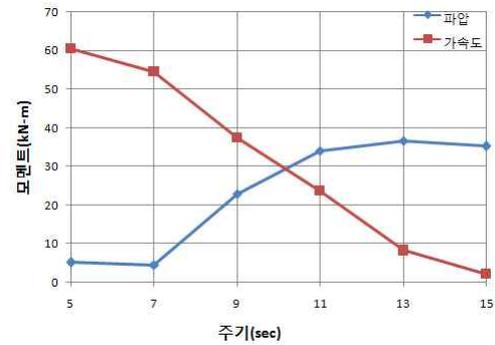
종합적으로 보았을 때, 합체 길이 방향의 상부골조는 가속도에 비하여 파압의 효과를 크게 받고, 단변 방향의 상부골조는 파압의 효과는 거의 없으나 가속도의 영향은 크게 받는 것을 확인할 수 있다.

6. 결 론

본 연구는 파랑하중의 입사각의 변화가 장방향 플로팅 합체 상부위에 설치된 철골 모멘트 연성골조에 미치는 영향을 알아보기 위한 것으로서, 파도 주기 5초부터 15초까지 2초 간격으로 동적 유체해석을 수행하고 상부구조 부재에 발생하는 모멘트 변화량을 산정하였으며 그 결과는 다음과 같다.

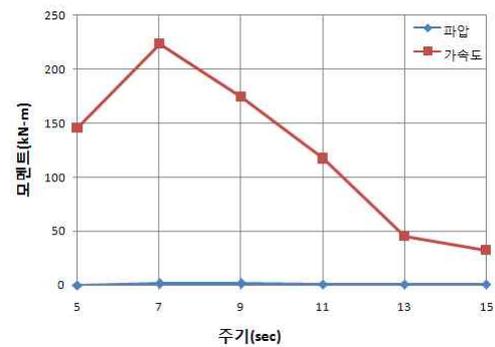


(a) G1

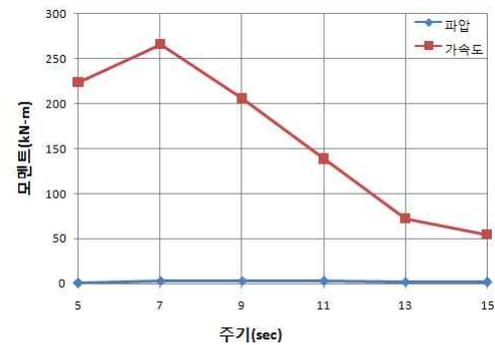


(b) G2

Fig. 11 Comparison of moment by wave pressure and acceleration Incident angle=0°



(a) G3



(b) G4

Fig. 12 Comparison of moment by wave pressure and acceleration Incident angle=90°

길이방향에 대하여 입사각이 0°, 30°, 60°, 90°으로 증가함에 따라 RAO-Roll에 의한 영향이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 파압에 의한 모멘트의 증가가 함체 길이방향에서는 설계 시 고려할 만큼 크게 나타났으나, 단변 방향의 경우에는 미소하게 나타났다.

함체의 피칭과 롤링에 의하여 발생하는 가속도 성분에 의하여 상부 철골 모멘트 연성 골조의 모멘트가 증가하는 것을 확인하기 위하여 입사각 0°와 90°의 경우에 대하여 해석을 수행하였으며, 단변방향의 경우는 길이방향에 비하여 설계 시 고려하여야 할 정도로 모멘트가 크게 나타났다.

강체의 경우 일반적으로 부유체의 가속도에 의해 영향을 받게 되고 유연할수록 파압의 영향이 커지는데, 본 연구에서 길이 방향의 상부골조는 함체에 작용하는 파압의 효과를 크게 받으나 가속도의 영향은 작게 받으며, 단변 방향 골조는 파압의 영향은 적게 받으나 롤링에 의한 가속도의 영향을 크게 받음을 알 수 있었다. 따라서 강체거동에 가까운 함체 상부 구조물 설계 시 함체의 길이 방향의 골조는 파압에 의한 효과를 고려하여야 하고 단변 방향의 골조는 롤링에 의한 가속도 효과를 고려하여야 한다고 판단된다.

본 연구는 함체의 형상비와 길이 및 강성이 제한된 경우에 대한 연구이므로 다양한 함체와 상부구조 모델에 대한 연구를 수행하여 일반적인 경향에 대한 결과에 대한 추가 연구가 필요하다.

후 기

본 논문은 2010년 국토해양부 기술연구개발의 지역기술 혁신 사업 (과제번호 : 10 지역기술혁신 B01)의 일환으로 수행된 연구임을 밝히며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Lee, H. S., Moon, C. H. and Kang, Y. H.(2009), "An Analysis of Market Situation and Industry Trend in Floating Architecture ", Journal of Proceedings of the Korean Institute of Navigation and Port Research Conference, 2009, pp. 141-144.
- [2] Lee, Y. W., Park, J. A., Chae, J. Y. and Choi, J. H.(2012), "Response Characteristics of the Steel Moment Resisting Frame According to the Stiffness Variation of Pontoon", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 36, No. 3, pp. 215-224.
- [3] Lee, Y. W. and Chae, J. Y.(2012), "Analysis method of the Superstructure on Floating Pontoon Considering the Construction Sequences ", Journal of Navigation and Port Research, Vol. 36, No. 3, pp.

225-232.

- [4] Ministry Of Maritime Affairs & Fisheries(2008), Resaerch of Development of Design Technology of Very Large Floating Structures, pp. 21-24.
- [5] Suzuki, H. and Yoshida, K.(1996), "Design flow and strategy for safety of very large floating structure", VLFS '96, pp. 21-27.
- [6] Zi, G. S., Kim, J. G., Lee, S. O. and Lee, P. S.(2010), "Development of a Design Chart for the Initial Design Stage of Very Large Floating Structures," Journal of the Korean Society of Civil Engineers, Vol. 30, No.3B, pp. 315-324.

원고접수일 : 2013년 03월 05일
 심사완료일 : 2013년 04월 24일
 원고채택일 : 2013년 04월 25일