

반강접 접합부를 적용한 초대형 부유식 구조물 상부구조체의 2차 탄성해석

송 화 철* · 이 은 숙**

* 한국해양대학교 해양공간건축학부 조교수, ** 한국해양대학교 대학원 해양건축공학과

Second Order Elastic Analysis of Superstructures on Very Large Floating Structure with Semi-Rigid Connections

Hwa-Cheol Song* · Eun-Suk Lee**

* Division of Architecture and Ocean Space, Korea Maritime University

** Graduate Student, Division of Architecture and Ocean Space, Korea Maritime University

요 약 : 초대형 부유식 구조물의 상부구조는 육상 구조물과는 달리 파랑하중의 영향을 받기 때문에 하부부체의 변형에 의해서 상부구조물에는 부가 모멘트가 크게 발생한다. 이와 같은 부가모멘트의 저감을 위하여 보-기둥 접합부에 반강접의 도입에 관한 연구는 시작단계이며 반강접의 비선형 거동을 고려한 상부구조물의 연구는 초기단계이다. 본 논문에서는 초대형 부유식 구조물의 상부구조물에 정적하중과 진폭의 크기가 다른 파랑하중이 동시에 작용할 경우 강접 골조와 부분적으로 반강접 접합부가 사용된 세 가지 접합부 종류에 대한 2차 탄성해석을 수행하였다. 접합부는 웨브에 더블 앵글을 가진 상하 앵글(TSD)접합과 확장 엔드 플레이트 접합 그리고 각형강관 외다이아프램 접합부를 적용하였으며 중고층 구조물에 파랑하중이 작용할 경우 반강접 접합부의 위치에 따른 모멘트와 수평변위의 응답특성에 대하여 연구하였다.

핵심용어 : 반강접 접합부, 파랑하중, 2차 탄성해석, 초대형부유식구조물

Abstract : If semi-rigid connections are used for superstructures of very large floating structures(VLFS), the number of rigid connections can be reduced and more economical construction will be possible. In this study, considering service load and wave load in VLFS, the applicability of mixed use of rigid and semi-rigid connections has been studied using three types of connections for a four-bay eight-story frame. Three types of connections are used; top and seat-angle connections with double web-angle(TSD), extended end plate connections, steel tubular column with square external-diaphragm connections. ABAQUS(Finite element analysis program) is used for conducting second order elastic analysis.

Key words : Semi-Rigid Connections, Wave Load, Second Order Elastic Analysis, Very Large Floating Structures

1. 서 론

일반적으로 구조물에 반강접 접합부를 적용할 경우 강접합에 비해 제작비가 저렴하기 때문에 반강접 접합부에 대한 필요성이 제기되고 있다. 그러나 현재 접합부에 대한 시공의 불확실성 등 여러 가지 문제로 저층구조물에만 적용을 하고 있다. 하지만 최근에는 고층건물에 대한 반강접 접합부에 관한 연구도 진행되고 있으며 그 적용범위를 늘려나가고 있는 추세이다.

초대형 부유식 구조물(Very Large Floating Structure: VLFS)의 상부시설물은 일반건축의 형태와 같지만 기초가 땅이 아닌 대형 부체에 지지되는 구조물이다. 초대형 부유식 구조물의 상부구조는 육상 구조물과는 달리 파랑하중의 영향을 받기 때문에 하부부체의 변형에 의해서 상부구조물에는 부가

모멘트가 크게 발생한다. 이와 같은 부가모멘트의 저감을 위하여 보-기둥 접합부에 반강접의 도입에 관한 연구는 시작단계이며 반강접의 비선형 거동을 고려한 상부구조물의 연구는 초기 단계이다.

본 논문에서는 초대형 부유식 구조물의 상부구조물에 정적하중과 진폭의 크기가 다른 파랑하중이 동시에 작용할 경우 강접 골조와 부분적으로 반강접 접합부가 사용된 세 가지 접합부 종류에 대한 2차 탄성해석을 수행하였다.

접합부는 웨브에 더블 앵글을 가진 상하 앵글(TSD)접합과 확장 엔드 플레이트 접합 그리고 각형강관 외다이아프램 접합부를 적용하였으며 중고층 구조물에 파랑하중이 작용할 경우 반강접 접합부의 위치에 따른 모멘트와 수평변위의 응답특성에 대하여 연구하였다.

* 종신회원, song@mail.hhu.ac.kr (051)410-4582

** chobo20@cricmail.net (051)410-4946

2. 반강접 접합부의 모멘트-회전각 모델

유한요소법을 이용한 접합부 해석에 대한 연구가 많이 시행되어왔다. 그러나 재료 및 기하학적 비선형 관계 때문에 실무에서 직접 사용하기는 어려움이 많이 있다. 가장 많이 사용되는 접합부 해석 모델링 방법은 접합부의 모멘트-회전각 관계의 실험결과를 곡선으로 분석한 해석모델을 이용하는 것이다. 최근 가장 많이 사용되는 실험식은 Richard Power Model과 Kishi-Chen의 Three-Parameter Power Model이며, 아래에 본 연구에 적용한 접합부의 모멘트-회전각 모델에 대해 설명한다.

2.1 Three-Parameter Power Model

식(1)은 TSD 접합부에 적용한 것으로 초기접합부 강성, 접합부 모멘트 극한강도, 형상계수의 세 가지 변수를 포함하고 있다.

$$M = \frac{\theta}{(1 + \theta^n)^{1/n}} M_u \quad (1)$$

여기서 $\theta = \theta_r / \theta_0$, $\theta_r =$ 상대회전각, $\theta_0 =$ 기준소성회전각 ($= M_u / R_{ki}$), $M_u =$ 접합부의 모멘트 극한강도, $R_{ki} =$ 초기 접합부의 강성, $n =$ 형상계수이다. Fig. 1에 나타나듯이 형상계수 n 이 작을 경우 초기 강도에서 최대 모멘트에 이르기까지 완만한 곡선을 나타내며 초기 강성이 큰 경우에는 기울기가 큰 곡선을 나타낸다.

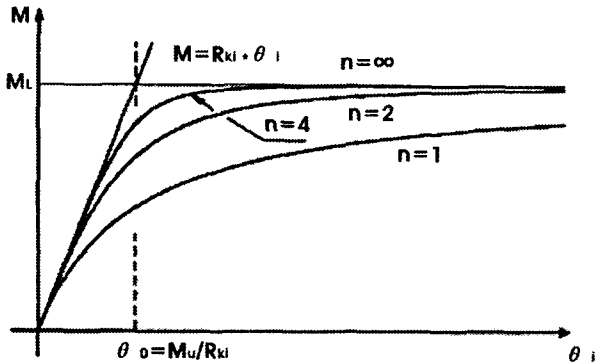


Fig. 1 Three-parameter power model(chen and kishi, 1986)

2.2 Richard Power Model

식(2), (3)은 Richard Power Model을 확장 엔드플레이트 접합부에 적용한 것으로 초기 탄성강성, 소성강성, 기준하중, 곡선추정 매개변수 등의 네 가지 변수로 이루어져있다. 이중 곡선 추정 매개변수는 주어진 하중에서 곡선기울기의 감쇠를 결정하므로 정확한 거동 예측을 위해 가장 중요한 역할을 한다.

여기서 이 네 가지의 변수들을 이용하면 접합부의 힘-변위 관계와 모멘트-회전각 관계를 예측할 수 있으며 그 관계를 Fig. 2에 나타내었다.

$$R(\Delta) = \frac{(K - K_p)}{(1 + \left| \frac{(K - K_p)\Delta}{R_0} \right|^n)^{1/n}} + K_p \Delta \quad (2)$$

$$M(\theta) = \frac{(K - K_p)}{(1 + \left| \frac{(K - K_p)\theta}{M_0} \right|^n)^{1/n}} + K_p \theta \quad (3)$$

여기서, $K =$ 초기 탄성강성, $K_p =$ 소성강성, $M_0 =$ 기준모멘트, $R_0 =$ 기준하중, $n =$ 곡선추정 매개변수이다 (Richard and Gillet, 1980).

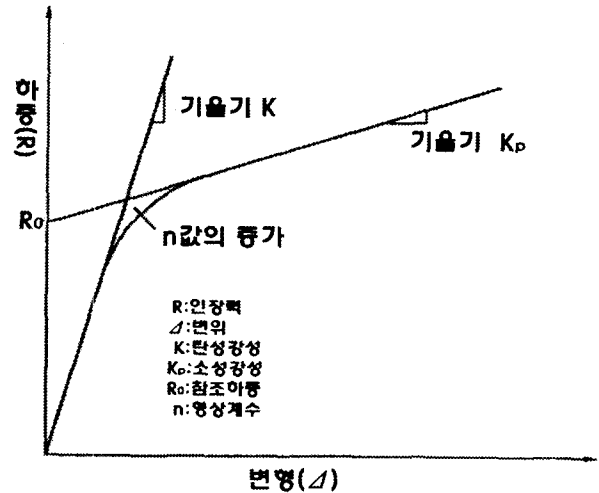


Fig. 2 Richard power model

2.3 변형 Three-Parameter Power Model

본 모델은 각형강관 외다이아프램 접합부에 적용한 것으로서 Three-Parameter Power Model을 기본으로 한 해석결과를 바탕으로 소성강성을 초기강성의 1/50으로 처리하여 접합부의 변형을 표현한 것으로 식(4)에 나타내었다. 이와 같은 곡선함수는 보의 접합위치에 따라 달라지며, Fig. 3에서와 같다. 중앙접합 타입의 비충전형강관에 대한 것은 아래의 식에 나타내었다 (이상훈, 1997).

$$M(\theta) = \frac{R_{ki} \cdot \theta}{(1 + \left| \frac{\theta}{\theta_0} \right|^n)^{1/n}} + R_p \cdot \theta$$

$$= \frac{M_0 \cdot \left| \frac{\theta}{\theta_0} \right|}{(1 + \left| \frac{\theta}{\theta_0} \right|^n)^{1/n}} + \frac{R_{ki}}{50} \cdot \theta \quad (4)$$

모멘트-회전각 곡선식에서 기준모멘트(M_0)는 항복선 이론에서 예측 가능한 값인 종국인장내력(P_{cal})을 이용하여 식(5)와 같이 정의하였다.

$$M_0 = \text{MIN}[1.1 \times M_p, M_{cal}(= P_{cal} \times H_b)] \quad (5)$$

접합부의 초기강성(R_{ki})은 플랜지 폭과 다이아프램 폭의 영향을 가장 크게 받는다. 여기서, M_0 = 기준모멘트, R_{ki} = 초기접합부강성, R_p = 소성강성, M_p = 전소성모멘트, P_{cal} = 종국인장내력, H_b = 보 춤, n = 곡선추정 매개변수이다.

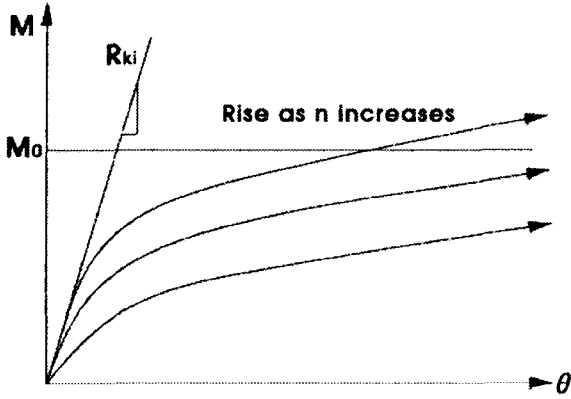
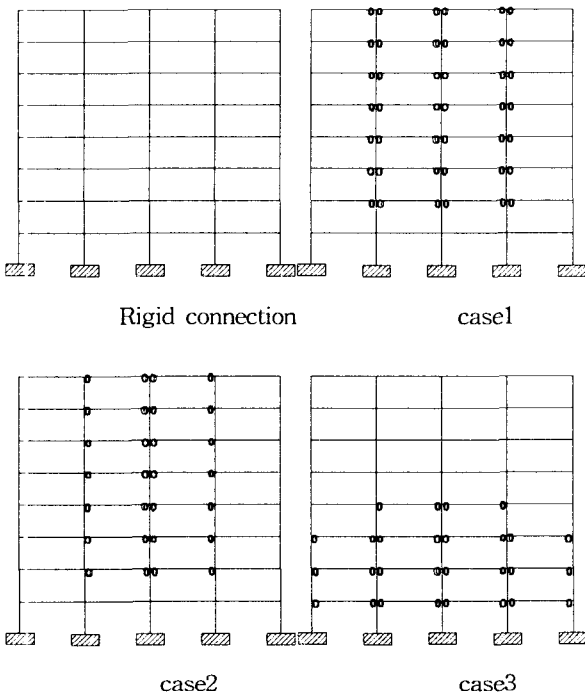


Fig. 3 Three-parameter power model for steel tubal column

3. 적용 예제 구조물 및 반강접 접합부

3.1 적용 예제 구조물

적용예제 구조물은 Kishi와 Chen의 연구에서 적용된 예제를 사용하였다 (Kishi and Chen, 1996). 기본 강접합 모델은 4경간 8층 구조물로 각 기둥 중심 간격은 300in이고 1개 층의 높이는 144in이다. 모델의 형태를 Fig. 4에 나타내었고 해석모델의 보와 기둥의 부재 사이즈를 Table 1에 나타내었다.



o Semi-Rigid Connection

Fig. 4 Example model

Table 1 Member size

	Girder	Column	Steel
Top- and seat-angle connections with double web-angle connections	Floor Girder : W21×57	1~3floor : W14×90 4~6floor : W12×65 7~8floor : W10×33	A36
Extended end plate connections		Roof Girder : W14×30	
Steel tubular column with square external-diaphragm connections		1~3floor : Box14×14×0.625 4~6floor : Box12×12×0.625 7~8floor : Box10×10×0.3125	

Case1은 반강접 접합부의 수가 42개로 가장자리 기둥과 보의 접합부만 강접으로 한 형태이며 Case2는 28개로 가장자리 보의 양쪽 접합부 부분을 강접으로 한 형태이다. Case3는 28개로 하부에 반강접 접합부를 배치한 형태이다. 해석 프로그램은 ABAQUS/Standard Version 6.2를 사용하였으며 접합부 강성을 모멘트-회전각 값을 이용한 비선형의 형태로 입력하여 P-Δ효과를 고려한 탄성해석을 하였다.

3.2 반강접 접합부 특성

(1) TSD(Top- and seat-angle with double web-angle) 접합부

TSD 접합부와 적용한 부재 치수를 Fig. 5와 Table 2에 나타내었다. 모멘트-회전각 거동에 관한 예측 모형식을 구하기 위해 Three-Parameter Power Model을 이용하였으며 각 층의 모멘트-회전각 곡선을 Fig. 6에 나타내었다. Table 3은 TSD 접합부의 적용변수 값을 나타낸다.

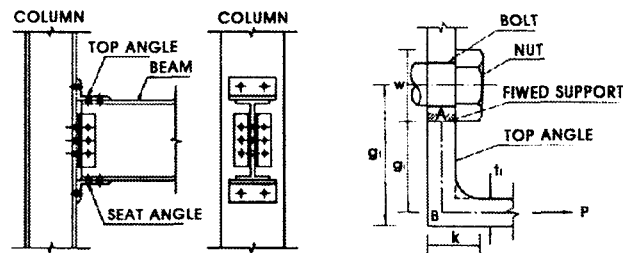


Fig. 5 TSD connections (chan and chui, 2000)

Table 2 Member size of TSD connections

Member	Size (in)
Top angles Seat angles	L4×4×1/2, $t_t = 6''$, $g_t = 2.5''$
Web angles	L3×3×1/2, $l_w = 7.5''$, $g_w = 1.75''$

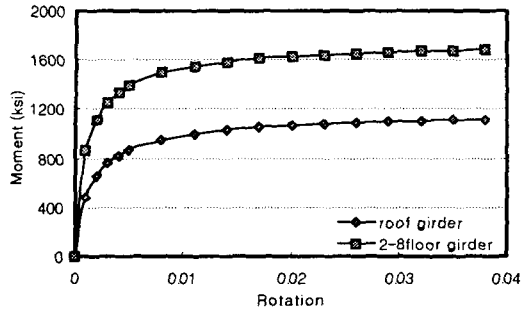


Fig. 6 Moment-rotation curve of TSD connections

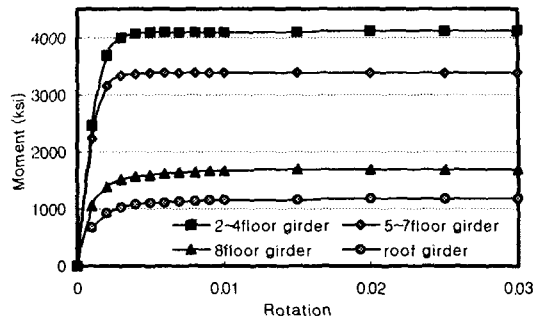


Fig. 8 Moment-rotation curve of extended end plate connections

Table 3 TSD connection parameters

	2~8 floor	roof
M_u	1,773.2 kip-in	1,196.9 kip-in
R_{ki}	2,414,409.5 ksi	1,098,171 ksi
n	0.8	

(2) 확장 엔드 플레이트 접합부

확장 엔드 플레이트 접합부와 적용한 부재 치수를 Fig. 7과 Table 4에 나타내었다. 모멘트-회전각 거동에 관한 예측 모형식은 Richard Power Model을 이용하였으며 각 층의 모멘트-회전각 곡선을 Fig. 8에 나타내었다. Table 5에는 적용 변수값을 나타내었다.

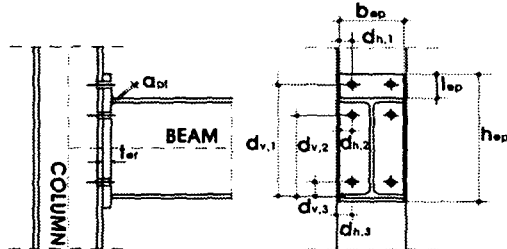


Fig. 7 Extended end plate connections (faella and piluso, 2000)

Table 4 Member size of extended end plate connections

Member(in)	2~8floor	roof	Member(in)	2~8floor	roof
d_h	1.5		d_{v3}	2.625	
b_{ep}	7.5	6	a_{dp}	0.625	
d_{v1}	23.185	15.965	t_{ef}	1	
d_{v2}	11.215	19.534	Bolt diameter	1	

Table 5 Extended end plate connection parameters

	2~4floor	5~7floor	8floor	roof
M_u	4,104.08 kip-in	3,380.37 kip-in	1,697.26 kip-in	1,178.92 kip-in
R_{ki}	6,725,408 ksi	5,539,451 ksi	2,781,322 ksi	1,931,918 ksi
n	3.5			

(3) 각형강관 외다이아프램 접합부

각형강관 외다이아프램 접합부와 적용한 부재 치수를 Fig. 9와 Table 6에 나타내었다.

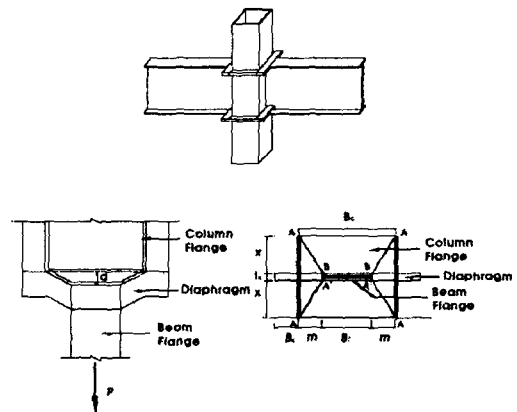


Fig. 9 Steel tubular column with square external-diaphragm connections (Chae et al., 2001)

모멘트-회전각 거동에 관한 예측식은 Three-Parameter Power Model을 이용한 제안식을 사용하였으며 각 층의 모멘트-회전각 곡선을 Fig. 10에 나타내었다. Table 7에는 적용 변수값을 나타내었다.

Table 6 Member size of steel tubular column with square external-diaphragm connections

Member(in)	2~4floor	5~7floor	8~9floor
B_c	14	12	10
t_c	0.625		0.3125
B_r	6.55		
B_s	1.75		1.5
t_d	1		

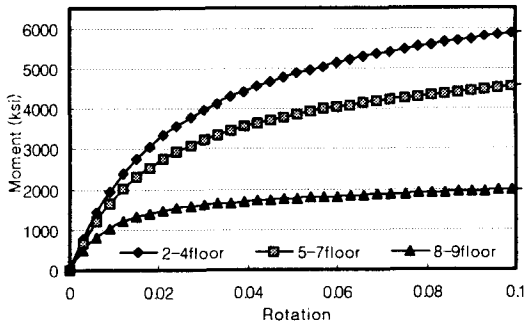


Fig. 10 Moment-rotation curve of Steel tubular column with square external-diaphragm connection

Table 7 Steel tubular column parameters

	2~4floor	5~7floor	8~9floor
M_u	5,796 kip-in	4,176 kip-in	1,540.8 kip-in
R_{ki}	4,646,183 ksi	3,933,632 ksi	2,706,346 ksi
n	1.07	1.18	1.56

4. 하중 산정법

4.1 정적하중

정적하중은 고정하중과 적재하중, 풍하중의 조합으로 나타내었으며 조합된 하중을 Table 8에 나타내었다.

Table 8 Static loads

	Location	Static loads
Dead+Live loads	W_{Roof}	0.0833 kip/in
	W_{Floor}	0.2250 kip/in
Wind loads	P_{Roof}	3.0 kip
	P_{Floor}	6.0 kip

4.2 파랑하중

초대형 부유식 구조물은 Fig. 11과 같이 하부구조물, 상부구조물, 계류시스템으로 구성된다. 본 논문에서는 부체구조물과 상부구조물을 분리하여 해석하는 경우를 전제로 하였으며, 부체의 탄성응답해석의 결과인 변형모드를 상부구조물의 주각부에 강제수직변위로 입력하여 파랑하중을 고려하였다 (송화철, 2001).

부체의 변형은 가상파랑하중(사인함수)으로 적용하였다. 파장은 260m로 가정하고 진폭은 5cm, 10cm, 20cm일 경우로 가정하여 적용하였으며, 5cm, 20cm의 해석결과만 분석하였다. 아래 Fig. 12에 진폭별 파랑하중에 대한 가상변형모드를 나타내었다.

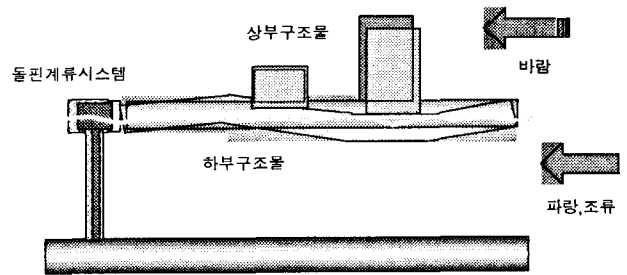


Fig. 11 Behavior of superstructure on VLFS due to wave loads

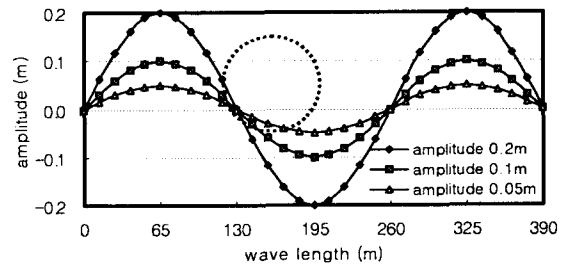


Fig. 12 Deformation of VLFS due to wave loads

상하진폭이 클 경우 상하 강제변위에 의한 상부구조물의 응력 증가가 크다. 가상변형모드의 기울기가 큰 부분의 값을 적용했을 경우 각 기둥에 작용하는 상하변위값 차이가 크기 때문에 부가모멘트가 크게 작용한다. Fig. 13에 지점 강제변위 입력의 예를 나타내었다.

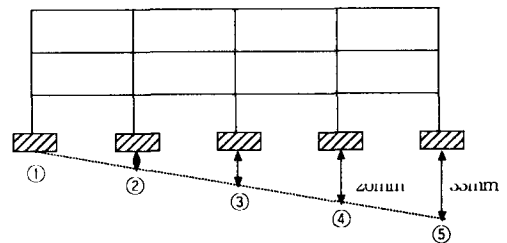


Fig. 13 Input method of wave load

5. 반강접 접합부를 적용한 접합부 종류별 탄성응답분석

5.1 파랑하중별 변위 비교

(1) 진폭 5cm의 부체변형이 작용할 경우

진폭 5cm의 부체변형이 작용할 경우 접합부 종류에 따른 변위를 Fig. 14와 Table 9에 나타내었다. 정적하중이 작용하는 경우 최대 변위가 접합부 종류에 따라 큰 차이가 있었다. 파랑하중에 의한 부체변위(진폭 5cm)만 작용하는 경우는 변위가 비슷한 분포를 보이고 있어 접합부 종류와는 상관없다는 것을 알 수 있었다. 조합하중이 작용했을 경우 강점 끝조가 가장 변위가 적었다. Case3에서 접합부의 종류에 따라 변위가 최고 48%까지 차이가 났다. 일반적으로 반강접 접합부의 수

가 많을수록 변위가 커지지만 Case3은 Case1에 비해 반강접 접합부의 수는 적지만 하부층과 외부기둥에 반강접 접합부를 배치하여 변위가 크게 나타난 것으로 사료된다. 확장 엔드 플레이트 접합은 반강접 접합부의 위치에 따른 변화가 거의 없었으며 변위도 강접 골조와 비슷하였다. 각형강관 외다이아프램 접합은 TSD 접합과 비슷한 양상을 보이며 변위는 10% 정도 적게 나타났다. Table 6에서 정적하중에 의한 변위는 $H/400 (= 2.88 \text{ in})$ 를 충분히 만족하지만 조합하중에서 TSD 접합부의 Case1과 Case3, 각형강관 외다이아프램 접합의 Case3은 $H/400$ 를 만족하지 못하였다.

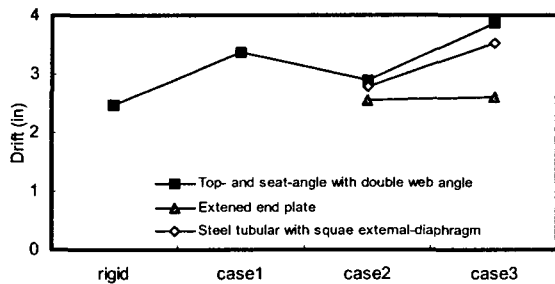


Fig. 14 Max. displacement for combination load(amplitude 5cm)

Table 9 Drift due to wave load(amplitude 5cm), unit: in.

Connections type	Model	Wave Loads	Static Loads	Combination Loads
Rigid connentions		1.163	1.327	2.485
TSD connentions	case1	1.161	2.238	3.367
	case2	1.160	1.759	2.903
	case3	1.151	2.781	3.864
Extended end plate connections	case2	1.161	1.406	2.561
	case3	1.157	1.454	2.605
Steel tubular column with square external-diaphragm connections	case2	1.152	1.637	2.781
	case3	1.116	2.433	3.524

(2) 진폭 20cm의 부체변형이 작용할 경우

진폭 20cm의 부체변형이 작용할 경우 접합부 종류에 따른 변위를 Fig. 15와 Table 10에 나타내었다. 진폭 5cm인 경우와 마찬가지로 접합부 종류와는 상관없이 변위가 비슷한 분포를 보이고 있다. 조합하중이 작용했을 경우 강접 골조가 가장 변위가 적었으며 변위가 가장 큰 TSD 접합의 Case3은 강접 골조에 비해 19.4% 증가하였다. 파랑하중에 의한 영향이 커지면서 상대적으로 접합부 종류별 변위차이가 줄어들었다.

확장 엔드 플레이트 접합은 반강접 접합부의 위치에 따른 변화가 거의 없었으며 변위도 강접 골조와 비슷하였다. 각형강관 외다이아프램 접합은 TSD 접합과 비슷한 양상을 보이며 변위는 5% 정도 적게 나타났다. 파랑하중에 의한 접합부

종류별 변위 차이는 거의 없고 정적하중에 의한 차이가 커 파랑하중의 진폭이 증가할수록 접합부 종류별 격차가 줄어들었다. 파랑하중의 진폭이 20cm인 경우는 수평변위가 과도하므로 변위제어를 위한 방법이 강구되어야 한다.

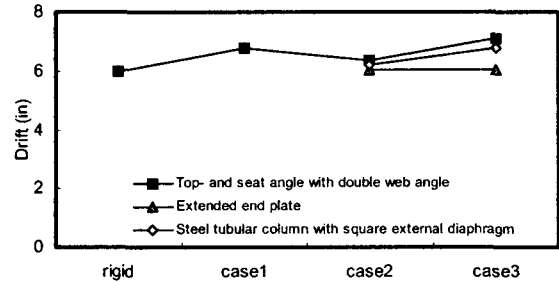


Fig. 15 Max. displacement for combination load(amplitude 20cm)

Table 10 Drift due to wave load(amplitude 20cm), unit:in.

Connections type	Model	Wave Loads	Static Loads	Combination Loads
Rigid connentions		4.659	1.327	5.965
TSD connentions	case1	4.650	2.238	6.760
	case2	4.646	1.759	6.340
	case3	4.610	2.781	7.121
Extended end plate connections	case2	4.651	1.406	6.033
	case3	4.636	1.454	6.063
Steel tubular column with square external-diaphragm connections	case2	4.615	1.637	6.222
	case3	4.468	2.433	6.806

5.2 파랑하중별 모멘트 비교

(1) 진폭 5cm의 부체변형이 작용할 경우

진폭 5cm의 부체변형이 작용할 경우 접합부 종류에 따른 모멘트를 Fig. 16에 나타내었고 조합하중에 의한 모멘트가 가장 큰 부분과 정적하중에 의해 모멘트가 가장 큰 부분을 비교하여 Table 11에 나타내었다. 파랑하중(진폭 5cm)에 의한 영향이 적어 정적하중에 의한 횡변위가 지배적임을 알 수 있었다.

파랑하중에 의한 부체변위(진폭 5cm)에 의해서 2층바닥-4번째보-오른쪽(2-4-R)에 최대모멘트가 발생하였다. 조합하중에 의해 모멘트가 강접 골조에 비해 증가율이 가장 큰 것은 TSD 접합의 Case1으로 24% 증가하였고 확장 엔드 플레이트 접합의 Case3은 9.4% 감소하였다. 확장 엔드 플레이트 접합을 적용한 Case2, Case3은 강접 골조와 비슷하게 값이 나왔다. 전체적으로 Case3은 강접 골조에 비해서 모멘트를 줄일 수 있는 성과를 거둘 수 있었다. 외곽보를 강접 접합한 Case1과 Case2는 강접 골조일 때 보다 큰 모멘트가 크게 작용하였다.

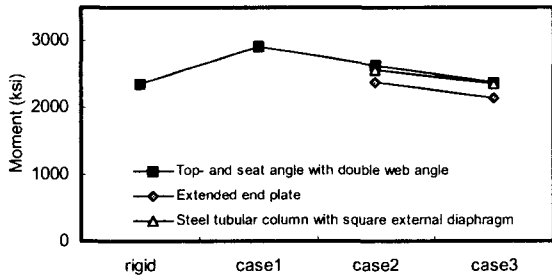


Fig. 16 Max. moment for combination load(amplitude 5cm)

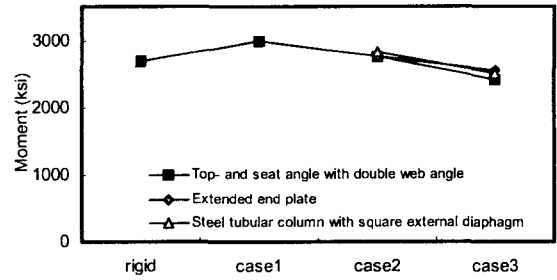


Fig. 17 Max. moment for combination load(amplitude 20cm)

Table 11 Moment due to wave load(amplitude 5cm), unit: ksi

Connections type	Model	Location	Wave Loads	Static Loads	Combination Loads
Rigid connentions		2-4-R	156.3	2,097	2,263
		2-1-R	34.3	2,316	2,359
TSD connentions	case1	2-4-R	156.7	2,267	2,433
		3-4-R	58.7	2,863	2,924
	case2	2-4-R	157.1	2,168	2,336
		3-4-R	64.2	2,556	2,629
	case3	2-4-R	127.2	1,358	1,386
		5-4-R	39.7	2,337	2,381
Extended end plate connections	case2	2-4-R	156.7	2,108	2,274
		2-1-R	34.87	2,330	2,373
	case3	2-4-R	140.8	1,979	1,921
		3-4-R	54.90	2,099	2,138
Steel tubular column with square external-diaphragm connections	case2	2-4-R	162.5	2,138	2,310
		3-4-R	71.34	2,500	2,575
	case3	2-4-R	84.53	1,289	1,370
		5-4-R	45.88	2,314	2,363

Table 12 Moment due to wave load(amplitude 20cm), unit: ksi

Connections type	Model	Location	Wave Loads	Static Loads	Combination Loads
Rigid connentions		2-4-R	631.7	2,055	2,687
		2-1-R	136.3	2,275	2,412
TSD connentions	case1	2-4-R	633.3	2,199	2,829
		3-4-R	236.6	2,748	2,981
	case2	2-4-R	634.6	2,116	2,755
		3-4-R	259.3	2,477	2,758
	case3	2-4-R	509.6	1,331	1,411
		5-4-R	161.1	2,237	2,409
Extended end plate connections	case2	2-4-R	620.1	2,108	2,765
		2-1-R	146.8	2,330	2,510
	case3	2-4-R	557.4	1,979	2,555
		3-4-R	222.7	2,099	2,334
Steel tubular column with square external-diaphragm connections	case2	2-4-R	643.1	2,138	2,820
		3-4-R	288.1	2,500	2,803
	case3	2-4-R	335.2	1,289	1,601
		5-4-R	185.3	2,314	2,511

6. 결 론

(2) 진폭 20cm의 부체변형이 작용할 경우
 진폭 20cm의 부체변형이 작용할 경우 접합부 종류에 따른 모멘트를 Fig. 17에 나타내었고 조합하중에 의한 모멘트가 가장 큰 부분과 정적하중에 의해 모멘트가 가장 큰 부분을 비교하여 Table 12에 나타내었다. 진폭 5cm에 비교하여 모멘트 증가율이 4배정도 커져서 파랑하중의 진폭의 증가와 모멘트의 증가가 비례하는 것을 알 수 있었다.
 진폭 5cm와 마찬가지로 진폭 20cm에서도 2층바닥-4번째보-오른쪽(2-4-R)에 최대모멘트가 발생하였다. 조합하중에 의해 모멘트가 강접 골조에 비해 증가율이 가장 큰 것은 TSD 접합의 Case1으로 10% 증가하였고 확장 엔드 플레이트 접합의 Case3은 16% 감소하였다.
 의뢰보를 강접 접합한 Case1과 Case2는 강접 골조일 때 보다 모멘트가 크게 작용하였고 파랑하중의 진폭이 커질수록 접합부 종류별 모멘트 차이가 줄어들었다.

본 논문에서는 초대형 부유식 구조물의 상부구조체에 정적 하중과 파랑하중이 동시에 작용할 경우 강접 골조와 부분적으로 반강접 접합부가 사용된 구조물에 3가지 반강접 접합부를 적용하여 P-Δ 효과를 고려한 2차 탄성해석을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 파랑하중의 진폭이 작을 경우에는 접합부 종류별 변위 및 모멘트 응답의 차이가 컸지만 진폭이 큰 경우에는 파랑하중에 의한 응답이 지배적이기 때문에 시스템별 차이가 줄어들었다.
2. 부체변형 진폭이 작은 경우에는 강접합이 유리하지만 진폭이 큰 경우에는 변위의 차이가 없어 반강접 접합부를 적용한 것이 모멘트 저감측면에서 유리한 것으로 나타났다.
3. 가장자리 기둥과 보의 접합부만 강접으로 한 Case1의 경우는 강접 접합보다 최대모멘트가 증가하였으며, Case3과 같

이 파랑하중에 의한 부가모멘트가 크게 작용하는 하부 부분을 반강접 접합부로 할 경우 하부층 보에 부가 모멘트는 줄일 수 있었다.

4. Case3과 같이 외곽보에 반강접 접합부를 배치하면 다른 시스템에 비해 변위가 크게 발생하는 것을 알 수 있었으며 확장엔드플레이트 접합부와 같이 강성이 큰 접합부를 적용할 경우에는 변위제어에 유리한 것으로 나타났다.

5. 파랑진폭의 크기에 따라 반강접 접합부의 배치를 달리하여 효율적인 상부구조형태를 선정할 필요가 있으며 향후 동적 해석에 대한 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 2002년 한국해양연구원 연구비 지원으로 이루어진 것으로서, 이에 관계자 여러분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 송화철, 광명하(2001). “초대형 부유식 구조물 상부구조체의 시간이력해석”, 대한건축학회 추계학술발표논문집 제21권 제2호
- [2] 이상훈(1997). “직각 외다이하프램 형식을 이용한 각형 강관 접합부 해석을 위한 실현적 연구”, 서울대학교 석사학위논문
- [3] 채용수, 최성모, 김동규(2001). “직각판 외다이하프램형식 각형강관기둥-H형강보 반강접접합부를 가진 골조의 탄소성 거동에 관한 해석적 연구”, 대한건축학회 논문집(구조계), Vol 17, No 10
- [4] Chan, S. L. and Chui, P. P. T.(2000). “Non-Linear Static and Cyclic Analysis of Steel Frames with Semi-Rigid Connections”, Amsterdam; New York: Elsevier
- [5] Chen, W.F., and Kishi, N.(1986). “Data Base of Steel Beam -to-Column Connections”, Structural Engineering Report No. CE-STR-86-26, Vol 2, West Lafayette, IN: School of Civil Engineering, Purdue University
- [6] Faella, C. and Piluso, V. and Rizzano, G.(2000). “Structural Steel Semirigid Connections”, CRC Press LLC
- [7] Kishi, N. and Chen, W. F. and Goto, Y. and Hasan, R.(1996). “Behavior of Tall Buildings with Mixed Use of Rigid and Semi-Rigid Connections”, Computer & Structures, Vol 61, No 6, pp 1193~1206
- [8] Richard, R.M. and Gillet, P.E. and Kreigh, J.D. and Lewis, B.A.,(1980). “The Analysis and Design of Single Plate Framing Connections”, AISC Engineering Journal, 2nd Quarter, pp 38~52

원고접수일 : 2002년 11월 3일

원고채택일 : 2003년 3월 7일