

## NGHIÊN CỨU DỰ BÁO VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CỦA KHOẢNG TÍNH KHÔNG ĐỐI VỚI CÁC CÔNG TRÌNH BIỂN NỔI CÓ KỂ ĐẾN HIỆU ỨNG PHI TUYẾN BẬC HAI CỦA TẢI TRỌNG SÓNG

Phạm Hiền Hậu<sup>1</sup>, Phạm Hồng Đức<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** Các phương pháp tính toán dự báo khoảng tính không và ảnh hưởng của nó đối với các công trình biển nổi trong các tiêu chuẩn quy phạm hiện nay chủ yếu dựa vào các mô hình tuyến tính còn bộc lộ nhiều sai số và chưa cho những kết quả dự báo tin cậy.

Trong bài báo này nhóm tác giả đã nghiên cứu dự báo và đánh giá ảnh hưởng của khoảng tính không đối với các công trình biển nổi (Semi-submersible, TLP, ...) bằng cách thực hiện tính toán tuyến tính trong miền tần số sử dụng phần mềm HydroStar (Research Department –Bureau Veritas, 2014) và áp dụng phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” đề xuất bởi (Bert Sweetman, 2002) là một phương pháp hiệu chỉnh kể đến ảnh hưởng của những hiệu ứng phi tuyến bậc hai. Mô hình Hermite đề xuất bởi (Winterstein, 1994) cũng được ứng dụng để xác định cực trị của các phản ứng phi tuyến bậc hai.

Các kết quả tính toán đã được so sánh với tính toán của (Bert Sweetman, 2002) và thí nghiệm mô hình vật lý giàn Veslefrikk B thực hiện bởi MARINTEK Trondheim, Norway (1995).

**Từ khóa:** Khoảng tính không, độ dâng bề mặt sóng, HydroStar, WAMIT, Semi-submersible, TLP, hàm truyền bậc nhất, hàm truyền bậc hai, mô hình vật lý, mô hình Hermite.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong thiết kế các công trình biển nổi như giàn khoan bán chìm (Semi-submersible), giàn neo đứng (TLP), việc xác định khoảng tính không là hết sức phức tạp và gây nhiều khó khăn cho người thiết kế vì đây là một giá trị rất nhạy cảm, ảnh hưởng trực tiếp đến ổn định, khả năng mang tải và các yêu cầu chức năng của công trình. Cụ thể, một sự lựa chọn khoảng tính

không nhỏ có thể đặt kết cấu nổi trong một trạng thái chịu tải trọng tác động của sóng biển lớn hơn, làm tăng lực căng trong hệ thống dây neo, làm ngưng trệ hoạt động khoan... Mặt khác, một sự lựa chọn khoảng tính không lớn sẽ làm tăng đáng kể giá thành kết cấu, giảm ổn định và khả năng mang tải, đồng thời ảnh hưởng đến những yêu cầu khác như các chuyển vị và gia tốc của kết cấu.



Hình 1. Shell Mars TLP trước và sau khi bị hư hại bởi bão Katrina (Photo: Wikipedia)

Trước thực trạng nhiều công trình bị hư hại

bởi những cơn sóng cực hạn, những giải pháp cho vấn đề về khoảng tính không trở nên khẩn cấp và cần thiết hơn bao giờ hết. Giàn Mars, một giàn khoan và khai thác dạng neo đứng

---

<sup>1</sup> Khoa Xây dựng Công trình biển & Dầu Khí, Trường Đại học Xây dựng.

(TLP) (Hình 1) là một ví dụ. Hoạt động ở độ sâu 896m ở khu vực vịnh Mexico, giàn Mars đã bị hư hại lớn trên sàn thượng tầng bởi những cơn sóng bất thường trong cơn bão Katrina. Cùng với giàn Mars, tổng cộng 113 giàn khác đã bị phá hủy hoặc hư hại nặng bởi những cơn sóng trong cơn bão Katrina & Rita. Trong các quy trình thiết kế hiện hành, mô hình vật lý thường là bắt buộc để đánh giá yêu cầu về khoảng tĩnh không cho các giàn Semi-submersible hoặc TLP xây dựng mới trong trường hợp không có dữ liệu tham khảo từ bất cứ một công trình tương tự nào đã được xây dựng trước đó. Tuy nhiên, việc thực hiện mô hình vật lý này là rất tốn kém và chỉ có thể được thực hiện ở giai đoạn cuối cùng của thiết kế. Chính vì vậy, một công cụ dự báo nhanh yêu cầu về khoảng tĩnh không là rất cần thiết trong giai đoạn thiết kế cơ sở, góp phần quan trọng làm tăng tính cạnh tranh của thiết kế. Hơn nữa từ các kết quả dự báo đó, có thể thiết kế gia cường cho kết cấu tại các vị trí có thể xuất hiện khoảng tĩnh không âm, tránh hư hại đến các kết cấu sàn thượng tầng.

Các phương pháp hiện tại để mô hình hóa chuyển vị và dự báo khoảng tĩnh không cho giàn bán chìm chủ yếu dựa vào các phương pháp đơn giản hóa sử dụng các tính toán nhiễu xạ và bức xạ bậc nhất cộng thêm một số dự trữ an toàn để kể đến tính không chính xác của phân tích tuyến tính. Phương pháp của (Saeid Kazemi và Atilla Incecik, 2005) mang tên “phương pháp phân tử biên trực tiếp – direct BEM” xem nguồn phi tuyến chính nằm ở sóng tới, trong khi các hiệu ứng nhiễu xạ và bức xạ bậc 2 được bỏ qua. Phương pháp này đã đưa ra một mô phỏng rất tốt giá trị khuếch đại của bề mặt sóng (nguyên nhân làm giảm khoảng tĩnh không của công trình) trong trường hợp độ dốc của sóng tới là nhỏ, khoảng 1/40. Tuy nhiên, trong những trạng thái biển khắc nghiệt (khi độ dốc của sóng rất lớn) phương pháp này tỏ ra không chính xác và thường không hữu dụng trong dự báo khoảng tĩnh không và tác động của sóng lên đáy của sàn kết cấu. Gần đây, nhiều

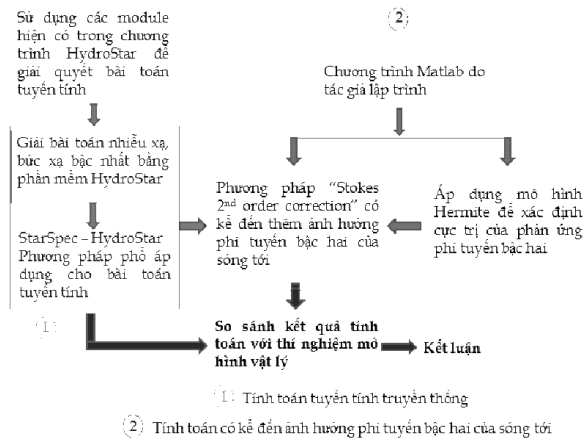
nghiên cứu trên thế giới của B. Molin và X.B Chen hay MIT đã thành lập được các hàm truyền bậc hai tần số thấp và tần số cao cho phản ứng (chuyển vị, lực, độ dâng bề mặt sóng...) của kết cấu nổi và đã được xây dựng trong các phần mềm số như: WAMIT của MIT, LAMP của SAIC, HydroStar của Bureau Veritas... và các tính toán dựa trên những phương pháp sử dụng mô hình bậc hai đầy đủ đã được thực hiện. Tuy nhiên nhược điểm của những phương pháp này là khó áp dụng và vẫn tồn tại sai số so với mô hình vật lý. Ngược lại với mô hình tuyến tính, mô hình bậc hai đầy đủ thường cho những kết quả dự báo độ dâng bề mặt sóng lớn hơn bất thường so với thí nghiệm mô hình vật lý (Bert Sweetman et al, 2002). Những nghiên cứu của (Bert Sweetman, 2001, 2002) lại đưa ra một cách tiếp cận để nắm bắt được tính chất phi tuyến của sóng bằng cách sử dụng mô hình thống kê Hermite đề xuất bởi (Winterstein, 1994) kết hợp với các tính toán nhiễu xạ, bức xạ tuyến tính và phi tuyến bằng phần mềm số WAMIT để xác định các giá trị cực trị của độ dâng bề mặt sóng phi tuyến. Trong bài báo này nhóm tác giả sẽ thực hiện tính toán tuyến tính trong miền tần số bằng chương trình HydroStar (Research Department – Bureau Veritas, 2014) để dự báo khoảng tĩnh không cho công trình biển nổi. Tiếp đến, phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” đề xuất bởi (Bert Sweetman, 2002) sẽ được nhóm tác giả ứng dụng để lập trình bằng Matlab nhằm xử lý các kết quả từ tính toán nhiễu xạ, bức xạ tuyến tính và kể đến sự hiệu chỉnh do ảnh hưởng của những hiệu ứng phi tuyến bậc hai. Các kết quả tính toán sẽ được so sánh với mô hình vật lý của giàn Semi-submersible Veslefrikk B thực hiện bởi Maritek Trondheim, Norway (1995).

## **2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

### **2.1. Phương pháp nghiên cứu**

Trong bài báo này, phương pháp nghiên cứu trong sơ đồ hình 2 được nhóm tác giả sử dụng

để dự báo khoảng tĩnh không đối với những công trình biển nổi:



Hình 2. Các bước nghiên cứu để xác định khoảng tĩnh không đối với công trình biển nổi

## 2.2. Cơ sở lý thuyết áp dụng trong dự báo khoảng tĩnh không của công trình biển nổi

Giả thiết rằng kết cấu nổi dao động với biên độ nhỏ dưới sự tác động của sóng tới là sóng ngẫu nhiên (tập hợp của N con sóng đơn Airy) với giả thiết độ sâu nước vô hạn (bỏ qua ảnh hưởng của đáy). Trong lý thuyết nhiễu xạ tuyến tính, bài toán giá trị biên tổng quát có thể giả sử là tổ hợp tuyến tính của các bài toán sau:

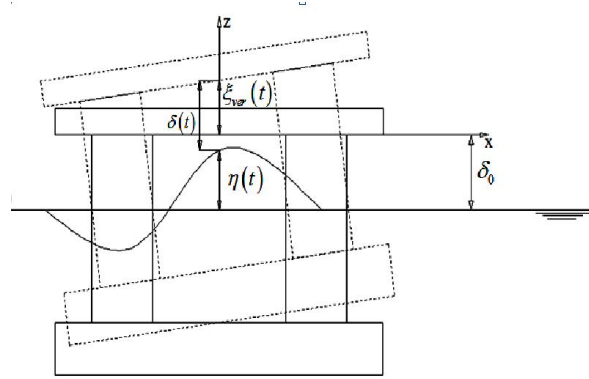
(i) Sóng tới đập vào kết cấu nổi (được giữ đứng yên – bỏ qua các chuyển vị của kết cấu) sẽ bị nhiễu xạ do ảnh hưởng của sự có mặt của kết cấu. Bài toán này được gọi là bài toán nhiễu xạ.

(ii) Kết cấu nổi được cho dao động cưỡng bức trong môi trường nước lặng (không có sóng tới) và gây ra trường sóng bức xạ xung quanh kết cấu. Bài toán này được gọi là bài toán bức xạ.

Giả sử chất lỏng nghiên cứu là chất lỏng lý tưởng có chuyển động không xoáy, thể vận tốc tổng thể của dòng chất lỏng ở độ sâu nước vô hạn có thể viết dưới dạng hàm số phụ thuộc vào thời gian,  $\Phi$ :

$$\Phi(x, y, z) = \Phi_I + \Phi_D + \Phi_R \quad (2.1)$$

Trong đó  $\Phi_I, \Phi_D, \Phi_R$  tương ứng là hàm thế của sóng tới, sóng nhiễu xạ và bức xạ.



Hình 3. Định nghĩa khoảng tĩnh không

Khoảng tĩnh không tức thời tại một điểm -  $\delta(t)$  được xác định bằng khoảng cách giữa vị trí của điểm đó tại đáy của sàn công tác so với độ dâng bề mặt sóng cục bộ  $\eta(t)$  là một đại lượng ngẫu nhiên thay đổi theo thời gian.

$$\delta(t) = \delta_0 + \xi_{ver}(t) - \eta(t) = \delta_0 - \eta_{rel}(t) \quad (2.2)$$

$\delta_0$  - Khoảng tĩnh không trong điều kiện mặt nước tĩnh;

$\xi_{ver}(t)$  - Chuyển vị theo phương đứng của sàn;

$$\xi_{ver} = \xi_3 + y \sin \xi_4(t) - x \sin \xi_5(t) \quad (2.3)$$

$\eta_{rel}(t)$  - Độ dâng bề mặt sóng tương đối

$$\eta_{rel}(t) = \eta(t) - \xi_{ver}(t) \quad (2.4)$$

Các dạng dao động của một công trình nổi bao gồm:

-  $\xi_1, \xi_2, \xi_3$ : tương ứng là 3 chuyển vị tịnh tiến theo các phương x, y, z;

-  $\xi_4, \xi_5, \xi_6$ : 3 chuyển vị xoay quanh các trục x, y, z.

Độ dâng bề mặt sóng  $\eta(t)$  với sự có mặt kết cấu nổi là tổng hợp của các thành phần sóng tới  $\eta_I(t)$ , sóng nhiễu xạ  $\eta_D(t)$  và sóng bức xạ  $\eta_R(t)$  theo phương trình (2.5):

$$\eta(t) = \eta_I(t) + \eta_D(t) + \eta_R(t) \quad (2.5)$$

Trong khi đó các thành phần sóng lại là tổng hợp của các thành phần bậc nhất và bậc hai:

$$\eta(t) = \eta_1(t) + \eta_2(t) \quad (2.6)$$

$$\eta_1(t) = \eta_{1,I}(t) + \eta_{1,D}(t) + \eta_{1,R}(t) \quad (2.7)$$

$$\eta_2(t) = \eta_{2,I}(t) + \eta_{2,D}(t) + \eta_{2,R}(t) \quad (2.8)$$

Trong các tính toán sử dụng mô hình tuyến tính chỉ các thành phần sóng bậc nhất được tính đến như trong phương trình (2.7).

Đối với tính toán bậc hai đầy đủ, tất cả các thành phần sóng bậc nhất và bậc hai được tính đến như trong phương trình (2.6).

Phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> ordre correction” đề xuất bởi (Bert Sweetman, 2002) là một phương pháp lai giữa phương pháp tính toán tuyến tính và tính toán bậc hai đầy đủ. Ở đây các thành phần sóng tới, sóng nhiễu xạ và bức xạ bậc nhất được tính toán bằng phần mềm số, thành phần bậc hai của sóng tới sẽ được tính đến bằng cách sử dụng hàm truyền bậc hai theo lý thuyết sóng Stokes, thành phần sóng nhiễu xạ và bức xạ bậc hai được bỏ qua. Khi đó độ dâng bề mặt sóng là tổng hợp của:

$$\eta(t) = \eta_{1,I}(t) + \eta_{1,D}(t) + \eta_{1,R}(t) + \eta_{2,I}(t) \quad (2.9)$$

$$\eta_1(t) = q \operatorname{Re} \sum_{k=1}^n A_k H_k^{(1)} e^{i\omega_k t};$$

$$\eta_{2,I}(t) = \eta_{2+}(t) + \eta_{2-}(t) \quad (2.10) \text{ \& } (2.11)$$

$$\eta_{2+}(t) = q \operatorname{Re} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n A_k A_l H_{kl}^{(2+)} e^{i(\omega_k + \omega_l)t} \quad (2.12)$$

$$\eta_{2-}(t) = q \operatorname{Re} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n A_k A_l H_{kl}^{(2-)} e^{i(\omega_k - \omega_l)t} \quad (2.13)$$

Trong đó:

$H_k^{(1)}$  là hàm truyền bậc nhất của phản ứng độ dâng bề mặt sóng xác định bằng phần mềm HydroStar (Research Department – Bureau Veritas, 2014).

$H_{kl}^{(2+)}$  và  $H_{kl}^{(2-)}$  là hàm truyền bậc hai tần số cao và tần số thấp được tính toán theo lý thuyết Stokes bậc hai.

Theo (Bernard Molin, 2002) với  $q=1/2$ :

$$H_{kl}^{(2+)} = \frac{1}{2} \frac{\omega_k^2 + \omega_l^2}{g}; H_{kl}^{(2-)} = \frac{1}{2} \left| \frac{\omega_k^2 - \omega_l^2}{g} \right| \quad (2.14) \text{ \& } (2.15)$$

### 2.3. Xác định cực trị độ dâng bề mặt sóng

#### a. Cực trị của phản ứng tuyến tính

Kì vọng của cực trị (Mean maximum) của quá trình chuẩn (Gaussian process)  $u(t)$  được xác định theo (Bert Sweetman, 2002) bởi biểu thức:

$$E[u_{\max}] \approx \sqrt{2 \ln N} + \frac{0.577}{\sqrt{2 \ln N}} \quad (2.16)$$

Kì vọng của cực trị của phản ứng độ dâng bề mặt sóng (thành phần bậc nhất):

$$E[\eta_{1,\max}] = \sigma_{\eta_1} E[u_{\max}] \quad (2.17)$$

Trong đó:  $N$ : số chu trình trong một trạng thái biển (3 – 6 giờ);  $\sigma_{\eta_1}$  - Độ lệch chuẩn của độ dâng bề mặt sóng (thành phần bậc nhất).

#### b. Cực trị của phản ứng phi tuyến

Cực trị của phản ứng phi tuyến bậc hai được xác định bằng mô hình Hermite đề xuất bởi (Winterstein, 1994). Mô hình Hermite được sử dụng để chuyển một quá trình ngẫu nhiên chuẩn (Gaussian) bất kì thành một quá trình ngẫu nhiên thực tế (phi tuyến) mà chỉ dựa vào 4 moment thống kê đầu tiên: giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, độ bất đối xứng và độ nhọn. Nhóm tác giả đã ứng dụng mô hình Hermite và lập trình trên chương trình Matlab để giải quyết bài toán xác định cực trị của phản ứng phi tuyến bậc hai (bổ sung vào tính toán tuyến tính bằng phần mềm HydroStar). Phản ứng phi tuyến (non-Gaussian) ở đây là độ dâng bề mặt sóng  $\eta(t)$  có quan hệ hàm số với một quá trình chuẩn (Gaussian process)  $u(t)$  như sau đây:

$$\eta = g(u) = m_{\eta} + k\sigma_{\eta}[u + c_{3H}(u^2 - 1) + c_{4H}(u^3 - 3u)] \quad (2.18)$$

Trong đó:  $m_{\eta}$  - giá trị trung bình;  $\sigma_{\eta}$  - độ lệch chuẩn

Trường hợp quá trình phi tuyến có độ lệch nhỏ so với quá trình chuẩn:

$$c_{3H} \approx \alpha_3 / 6; c_{4H} \approx (\alpha_4 - 3) / 24 \quad (2.19) \text{ \& } (2.20)$$

Trường hợp quá trình phi tuyến có độ lệch lớn so với quá trình chuẩn:

$$c_{3H} = \frac{\alpha_3}{6} \left[ \frac{1 - 0.015|\alpha_3| + 0.2\alpha_3^2}{1 + 0.2(\alpha_4 - 3)} \right];$$

$$c_{4H} = c_{40} \left[ 1 - \frac{1.43\alpha_3^2}{\alpha_4 - 3} \right]^{1 - 0.1\alpha_4^{0.8}} \quad (2.21) \text{ \& } (2.22)$$

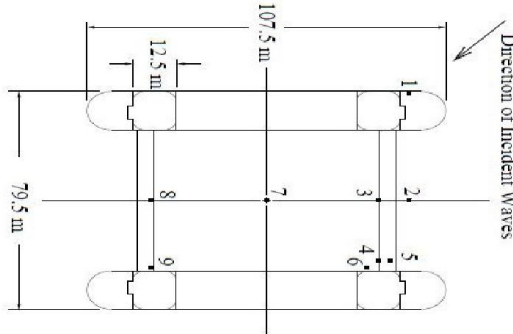
$$c_{40} = \left[ \frac{[1 + 1.25(\alpha_4 - 3)]^{1/3} - 1}{10} \right];$$

$$k = \left[ 1 + 2c_{3H}^2 + 6c_{4H}^2 \right] \quad (2.23) \text{ \& } (2.24)$$

$\alpha_3$ - độ bất đối xứng (skewness);  $\alpha_4$ - độ nhọn (kurtosis)

Bốn moment thống kê này được tính toán bằng cách giải bài toán trị riêng, vector riêng.

Người ta đã chứng minh được rằng chỉ cần 4 moment thống kê đầu tiên, không hơn là đủ để nắm bắt được tính chất phi tuyến của cực trị (Winterstein, 1994). Giả thiết rằng sự biến đổi theo phương trình (2.18) là đúng với mọi điểm thời gian bao gồm cả điểm cực trị, ta có:



Hình 4. Mặt bằng và vị trí các ống đo sóng giàn bán chìm Veslefrikk B (Bert Sweetman, 2002)

Bảng 1. Các thông số về giàn bán chìm Veslefrikk B (Bert Sweetman, 2002)

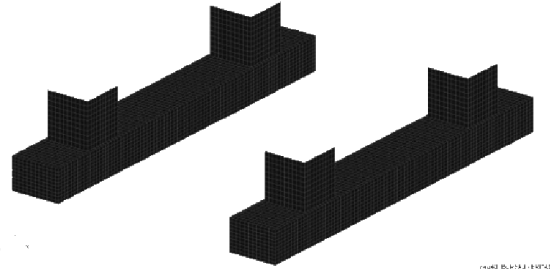
Kích thước chi tiết giàn	
Chiều dài tổng thể (LOA)	107.5 m
Khoảng cách các cột (dọc)	68 m
Khoảng cách các cột (ngang)	67 m
Chiều dài tiết diện cột	12.50 m
Chiều rộng tiết diện cột	12.50 m
Chiều rộng tiết diện pontoon	14.25 m
Chiều cao pontoon	9.50 m
Trạng thái làm việc của công trình	
Mớn nước, D	23 m
Lượng chiếm nước	40692 T
Khoảng tĩnh không trong điều kiện mặt nước tĩnh	17.50 m
Trọng tâm quán tính	24.13 m
Bán kính xoay (lắc ngang - Pitch)	33.76 m
Bán kính xoay (lắc dọc - Roll)	34.26 m
Chiều cao khuynh tâm (GM)	2.36 m
Độ sâu nước	175 m

$$E[\eta_{\max}] = g(E[u_{\max}]) \quad (2.25)$$

### 3. SO SÁNH KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VỚI THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ

#### 3.1. Số liệu mô hình vật lý và mô hình hóa bằng HydroStar

Mô hình được xây dựng với tỉ lệ 1:45 so với kích thước thực tế giàn bán chìm Veslefrikk B, mô hình được đặt trong bể thử sóng tại Marintek với mô hình tạo sóng ngẫu nhiên.



Hình 5. Mô hình HydroStar

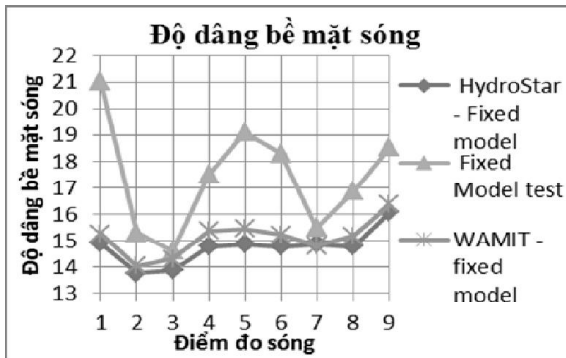
Bảng 2. Các thông số của phổ sóng áp dụng trong thí nghiệm (Bert Sweetman, 2002)

Thông số phổ sóng	
Hs (m)	14 m
Tp (s)	13.5 s
Gamma	3
Phổ sóng	JONSWAP
Độ dốc của sóng	1./20

#### 3.2. So sánh các kết quả tính toán

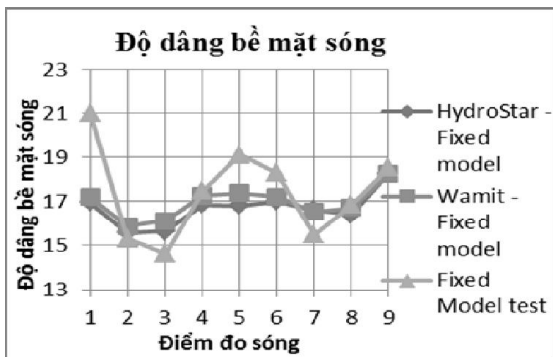
Kết quả so sánh giữa tính toán tuyến tính bằng phần mềm HydroStar, phần mềm WAMIT (tính toán của Sweetman) và thí nghiệm mô hình vật lý được thể hiện trên hai hình vẽ 6 và 7 dưới đây cho hai trường hợp mô hình: mô hình neo cứng (fixed model) – kết cấu được giữ đứng yên do đó không kể đến các chuyển vị của kết cấu và mô hình kết cấu nổi (floating model) – có kể đến các chuyển vị của kết cấu. So sánh cho thấy tính toán tuyến tính bằng hai phần mềm số HydroStar và WAMIT cho kết quả tương tự nhau và đều cho kết quả dự báo độ dâng bề mặt sóng nhỏ hơn đáng kể so với thí nghiệm mô hình vật lý. Quan sát điểm 1 trên

Hình 6 ta thấy kết quả dự báo độ dâng bề mặt sóng là 14.92m trong khi trên thực tế độ dâng bề mặt sóng tại điểm này là 21.02m (theo thí nghiệm mô hình vật lý). Do vậy nếu ta chọn khoảng tính không thiết kế là 15m thì trên thực



Hình 6. Độ dâng bề mặt sóng, mô hình neo cố định (không kể đến chuyển vị đứng của kết cấu), tính toán tuyến tính.

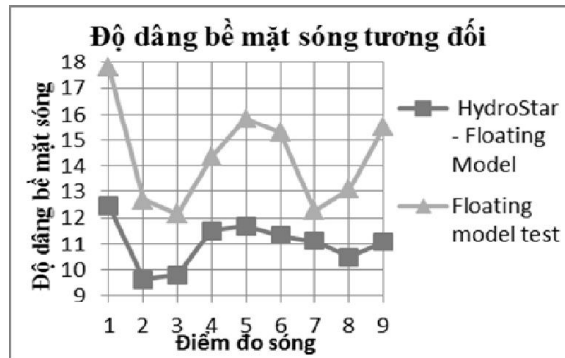
So sánh giữa tính toán sử dụng phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” của (Bert Sweetman, 2002) để xử lý kết quả tính toán tuyến tính từ phần mềm HydroStar (Research Department –Bureau Veritas, 2014) và kể đến ảnh hưởng phi tuyến bậc hai của sóng tới; tính toán của Sweetman xử lý kết quả từ phần mềm WAMIT và thí nghiệm mô hình vật lý được thể hiện trên hai hình vẽ 8 và 9 dưới đây cho hai trường hợp: mô hình neo cứng (fixed



Hình 8. Độ dâng bề mặt sóng, mô hình kết cấu neo cố định, phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction”

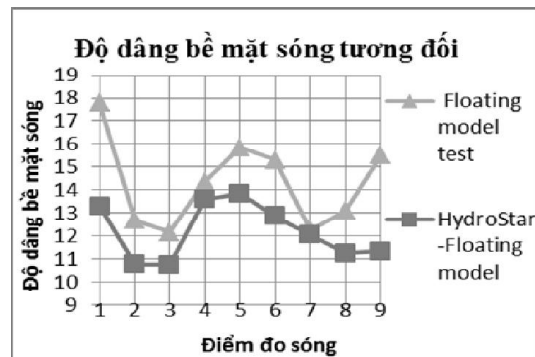
Các kết quả cho thấy phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” đưa ra được dự báo độ dâng bề mặt sóng chính xác hơn so với phương pháp sử dụng mô hình tuyến tính thuần túy và khá gần với kết quả từ thí nghiệm mô hình vật

tế tại vị trí điểm 1 sàn kết cấu sẽ phải chịu một áp lực đẩy lên do một cột nước cao 6m (với gia tốc phân tử nước là rất lớn), vị trí này rất có thể sẽ bị phá hủy cục bộ nếu không được gia cường đặc biệt.



Hình 7. Độ dâng bề mặt sóng tương đối, mô hình kết cấu nổi (có kể đến chuyển vị của kết cấu), tính toán tuyến tính.

model) và mô hình kết cấu nổi (floating model). Quan sát điểm 1 trên hình 9 ta thấy kết quả dự báo độ dâng bề mặt sóng tương đối là 13.31m trong khi đó độ dâng bề mặt sóng tương đối trên thực tế là 17.79m. Với một tính toán nhanh, nếu ta thiết kế khoảng tính không là 13.5m thì vị trí điểm 1 sẽ chịu một áp lực tức thời hướng lên xấp xỉ với 3.5m cột nước tĩnh (chưa kể đến gia tốc tức thời của khối nước này là rất lớn).



Hình 9. Độ dâng bề mặt sóng tương đối, mô hình kết cấu nổi, phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction”

lý, tuy nhiên vẫn còn những sai số, đặc biệt là các vị trí gần với các cột.

#### 4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này các tác giả đã thực hiện hai phương pháp tính toán để dự báo độ dâng bề

mặt sóng và ảnh hưởng của khoảng tĩnh không đối với an toàn của các công trình biển nổi: phương pháp tính toán bằng mô hình tuyến tính thuần túy bằng sử dụng phần mềm HydroStar (Research Department –Bureau Veritas, 2014) và phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” đề xuất bởi Bert Sweetman (Bert Sweetman, 2002). Mô hình Hermite đề xuất bởi (Winterstein, 1994) được áp dụng để xác định cực trị của bài toán phi tuyến. Các kết quả một lần nữa khẳng định mô hình tính toán tuyến tính thuần túy là chưa phù hợp đối với những điều kiện biển khắc nghiệt khi tính chất phi tuyến của

sóng là đáng kể (ở đây độ dốc của sóng là 5%). Kết quả tính toán theo phương pháp “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” của Bert Sweetman cho dự báo độ dâng bề mặt sóng tốt hơn tính toán tuyến tính thuần túy và khá gần với thí nghiệm mô hình vật lý. Tuy nhiên phương pháp này vẫn còn một số hạn chế: chưa kể đến ảnh hưởng phi tuyến của các thành phần sóng nhiễu xạ, bức xạ; chưa kể đến ảnh hưởng của hiệu ứng sóng leo tại các vị trí gần các cột; chưa kể đến ảnh hưởng phi tuyến do độ cứng của hệ dây neo. Các hạn chế này sẽ được các tác giả tập trung làm sáng tỏ trong những nghiên cứu tiếp theo.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Research Department – Bureau Veritas, (2014), *HydroStar manual*.
- Bert Sweetman, Steven R. Winterstein and Trond Stokka Meling (2002), *Air gap prediction from second-order diffraction and Stokes theory*, Vol 12, No. 3, September 2002, Intl. Offshore Polar Eng.
- Bernard Molin, (2002), *Hydrodynamic des structures offshore*, Edition Technip.
- Bert Sweetman, (2001), *Airgap analysis of floating structures subject to random seas: prediction of extremes using diffraction analysis versus model test results*.
- Bert Sweetman (2002), *Practical airgap prediction for offshore structures*, Preprint submitted to Elsevier Science.
- Steven R. Winterstein, Todd C. Ude, and Gudmund Kleiven, (1994), *Springing and slow-drift responses: predicted extremes and fatigue vs. simulation*.
- Saeid Kazemi, Atilla Incecik (2005), *Numerical prediction of air gap response of floating offshore structures using direct boundary element method*, “Proceeding of 24th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering (OMAE2005).

### Abstract:

#### ESTIMATION OF AIRGAP'S IMPACTS ON FLOATING STRUCTURES TAKING INTO ACCOUNT OF SECOND ORDER NON-LINEAR CORRECTIONS

*Actual standard methods of predicting airgap demands for floating structures in early design stages which are mostly based on linear models still yield uncertainties and lack required reliability.*

*This paper presents a research on the prediction of airgap responses and its impacts on floating structures (Semi-submersible, TLP...) based on the first order analysis in frequency domain using HydroStar (Research Department –Bureau Veritas, 2014). The “Stokes 2<sup>nd</sup> order correction” method proposed by (Bert Sweetman, 2002) is applied as a correction method to consider second-order non-linear behaviors. The Hermite model of Steven R. (Winterstein, 1994) is also applied by programming in Matlab to determine the extreme values of second order responses (in addition to the conservative linear analysis by HydroStar software).*

*All of the results are compared with Bert Sweetman's results (Bert Sweetman, 2002) and the model test data of the Veslefrikk B Semi-submersible by MARINTEK Trondheim, Norway (1995).*

**Keyword:** Airgap, wave elevations, Semi-submersible, TLP, HydroStar, WAMIT, linear transfer functions, quadratic transfer functions, model test, the Hermite model.

---

*BBT nhận bài: 26/11/2015*

*Phản biện xong: 02/3/2016*