SỬ DỤNG MÔ HÌNH TOÁN SIMWAVE TRONG TÍNH TOÁN SÓNG NƯỚC NÔNG TRONG BẾ CẢNG

APPLICATION OF SIMWAVE MATHEMATICAL MODEL FOR ANALYSIS OF SHALLOW WATER WAVE

ThS. HOÀNG HỒNG GIANG
Khoa Công trình thủy, Trường ĐHHH

Tóm tắt :

Bài báo giới thiệu mô hình toán SIMWAVE là một mô hình tính toán sóng nước nông đơn giản, rẻ tiền, có kết quả tính toán chính xác phù hợp với thực tế. Mô hình này rất thích hợp để phục vụ công tác đào tạo, nghiên cứu khoa học.

Abstract :

This paper introduces the SIMWAVE model which is a mathematical model for shallow water wave propagation modeling. The model is very suitable for application in training the students of hydraulic engineering and related science research as its simplicity, flexibility, accuracy and very economical in investment.

1. Cơ sở lý thuyết của mô hình SIMWAVE

Với mục đích linh hoạt, SIMWAVE bao gồm 3 dạng mô hình Boussinesq:

- Phương trình Boussinesq cải tiến của Nwogu (1993)

- Phương trình Boussinesq phi tyến (Wei, Kirby, Grilli và Subramanya, 1995)

- Phương trình Boussinesq mở rộng của DHI (Viện thuỷ lực Đan Mạch) (Madsen, Murray và Sorensen 1991; Madsen và Sørensen 1992; Madsen, Sørensen và Schaffer 1997).

Phương trình Boussinesq của Peregrine và phương trình phi tuyến trong vùng nước nông có thể được áp dụng trong một số trường hợp nhất định do đó chúng cũng được bao gồm trong mô hình SIMWAVE.

Tất cả các phương trình sóng trong SIMWAVE đều có thể được chuyển sang dạng sau sử dụng nghiên cứu của Wei and Kirby (1995):

$$\eta_t = - E - E_s$$

$$U_t = - F – P_t - F_d$$

$$V_t = - G – Q_t - G_d$$

$$U = u + h[b_1 h u_{xx} + b_2 (hu)_{xx} + b_3 h_x u_x]$$

$$V = v + h[b_1 h v_{yy} + b_2 (hv)_{yy} + b_3 h_y v_y]$$

Phương trình đầu tiên là phương trình liên tục, phương trình thứ 2 và thứ 3 là phương trình mômen theo 2 phương x và y. Cao độ bề mặt η là hàm của x, y và thời gian. Các chỉ số t, x, và y thể hiện quá trình đạo hàm. E, F, P, G, Q, U và V là hàm số của η, chiều sâu nước h, u và v. Ý nghĩa vật lý của u và v phụ thuộc vào từng phương trình của các mô hình. Đối với Nwogu và phương trình phi tuyến, u và v là các thành phần nằm ngang của vận tốc tại một độ sâu tham khảo nào đó. Đối với phương trình của DHI, chúng là lưu lượng theo phương ngang và đối với Peregrine và phương trình phi tuyến nước nông, u và v là vận tốc trung bình theo độ sâu. Việc chọn các thông số này phụ thuộc vào việc chọn mô hình nào được sử dụng trong tính toán.E_s là hàm nguồn được sử dụng để tạo ra sóng đầu vào

Mức độ phát tán năng lượng được ký hiệu là F_d và G_d bao gồm các hiệu ứng của lớp hấp thụ sóng (sponge layer) ma sát đáy, hiện tượng sóng vỗ ví dụ như:

$$F_d = F_s + F_f + F_b + F_m$$

$$G_d = G_s + G_f + G_b + G_m$$

Trong đó F_s và G_s đại diện cho lớp hấp thụ sóng theo 2 phương x và y, F_f và G_f đại diện cho ma sát đáy, F_b và G_b đại diện cho hiện tượng sóng vỡ, F_m và G_m đại diện cho các yếu tố sai khác do nội suy địa hình.

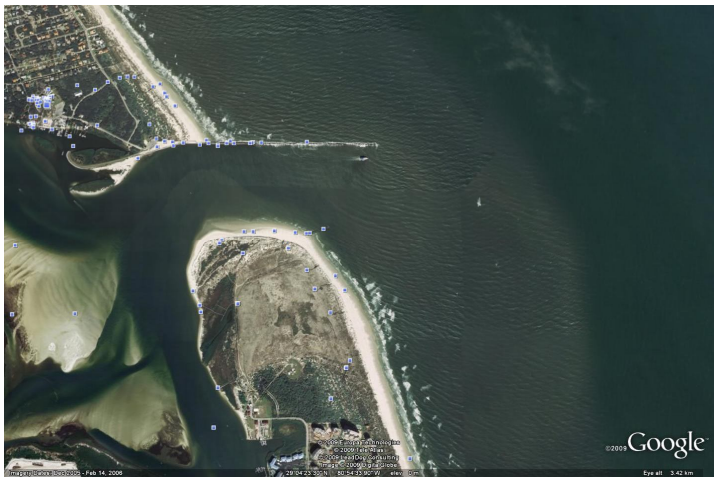
Các phương trình Boussinesq đầu tiên trong các vùng nước có độ sâu khác nhau được đề xuất bởi Peregrime (1967) sử dụng đại lượng vận tốc trung bình theo chiều sâu như một biến độc lập. Nhiều mô hình toán dựa trên nghiên cứu của Peregrine đã được phát triển. Các kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình dạng phương trình Boussinesq đủ độ chính xác cần thiết để mô phỏng quá trình lan truyền, biến đổi của sóng trong vùng nước nông tính đến các yếu tố như khúc xạ, nhiều xạ (Peregrine, 1967; Abbott, 1978; Madsen và Warren, 1984). Tuy nhiên, tại vùng nước có độ sâu trung bình giả thuyết sự phụ thuộc bậc 2 giữa vận tốc ngang và chiều sâu không còn đúng đắn nữa và do đó phương trình Boussinesq cho kết quả không chính xác về pha sóng (phase) và vận tốc nhóm (group celerity). Đối với các bài toán liên quan đến sự lan truyền của sóng trong vùng nước ven bờ (coastal), thường ta có các thông số sóng đầu vào ở vùng nước sâu trung bình là kết quả của các mô hình sóng tại vùng nước sâu hoặc các mô hình phổ sóng. Do đó, cần thiết phải kết hợp các mô hình sóng ở vùng nước có độ sâu trung bình với mô hình sóng theo phương trình Boussinesq để tính toán các thông số sóng cho các công trình ở vùng nước ven bờ.

Các công trình nghiên cứu trong thời gian gần đây của Madsen (1991), Nwogu (1993) và Wei (1995) đã mở rộng khả năng ứng dụng của mô hình Boussinesq ở vùng nước có độ sâu trung bình. Mặc dù phương pháp lập phương trình và dạng của phương trình là khác so với phương trình Boussinesq truyền thống song kết quả là gần như tương đồng. So sánh với phương trình Bousinesq phi tuyến cơ bản, phương trình Bousinesq mở rộng có đặc tính phân tán tuyến tính tốt hơn ở vùng nước có độ sâu trung bình. Do đó, không cần thiết phải sử dụng các mô hình khác để chuyển thông số sóng từ vùng nước sâu trung bình về vùng nước nông như khi áp dụng mô hình cơ bản Boussinesq.

Tính chất vật lý của sóng gió vùng ven biển có chiều sâu nước hạn chế và vùng sóng vỡ trở lên rất phức tạp do sự hiện diện của hiện tượng sóng vỡ, sóng leo và vận tải bùn cát …. Do đó, thực hiện mô hình hoá vùng sóng vỡ sẽ phải bao gồm nhiều giả thuyết đơn giản hoá quá trình vật lý rất phức tạp đó. SIMWAVE sử dụng các kỹ thuật phát triển gần đây phục vụ mô hình hoá hiện tượng sóng vỡ, sóng leo của Kennedy (1999), Chen (1999) do đó mô hình SIMWAVE rất thích hợp cho việc mô phỏng quá trình lan truyền và thay đổi của sóng trên toàn bộ vùng nước ven bờ (coastal) từ vùng nước có độ sâu trung bình đến đường bờ.

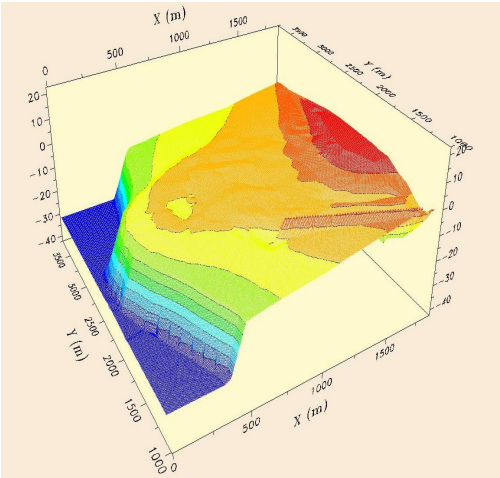
2. Bài toán mẫu thực hiện bằng SIMWAVE: Mô phỏng sóng trong bể cảng có sự hiện diện của đê chắn sóng

Khu vực mô phỏng là khu vực cửa 1 con sông, ảnh vệ tinh qua Google Earth của khu vực như sau:

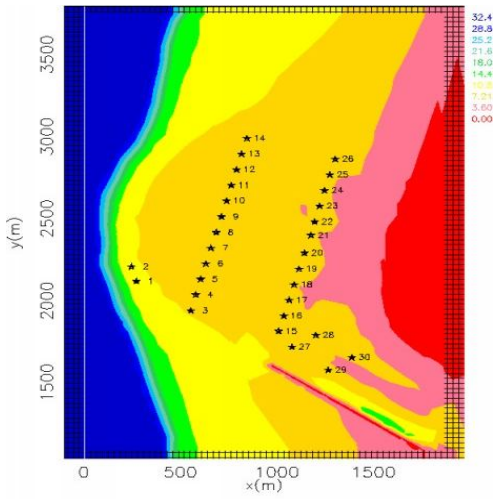


Hình 1: Khu vực mô phỏng

Dựa vào số liệu địa hình từ google earth và google terrain, xây dựng file số liệu địa hình dạng x, y, z cho Simwave. Địa hình sau khi xây dựng trong Simwave và quan sát qua mô đun B2Dinput có dạng như sau:



Hình 2: Địa hình đáy biển của khu vực mô phỏng



Hình 3: Vị trí các điểm trích đo số liệu

Các thông số đầu của lưới địa hình đáy tóm lược như sau:

N_x = 415 N_y = 552 N_t = 38000

dx = 5.0m dy = 5.0m dt = 0.05s

Kích thước theo phương X : 1870m, kích thước theo phương Y : 2655m, thời gian mô phỏng: 1900s

Để có thể lấy số liệu từ kết quả mô phỏng, ta xác định vị trí 30 điểm trích rút chiều cao sóng được thể hiện trên hình vẽ số 5. Chúng ta sẽ tiến hành chạy mô phỏng cho 3 trường hợp sau:

a. Trường hợp điều kiện sóng khởi điểm là sóng tuyến tính

b. Trường hợp sóng khởi điểm là sóng phi tuyến có phổ sóng theo dạng phổ TMA, chiều cao sóng lớn, góc tới bằng 0

c. Trường hợp sóng khởi điểm là sóng phi tuyến có phổ sóng theo dạng TMA và góc tới khác 0

2.1 Trường hợp 1: Điều kiện sóng khởi điểm là sóng tuyến tính

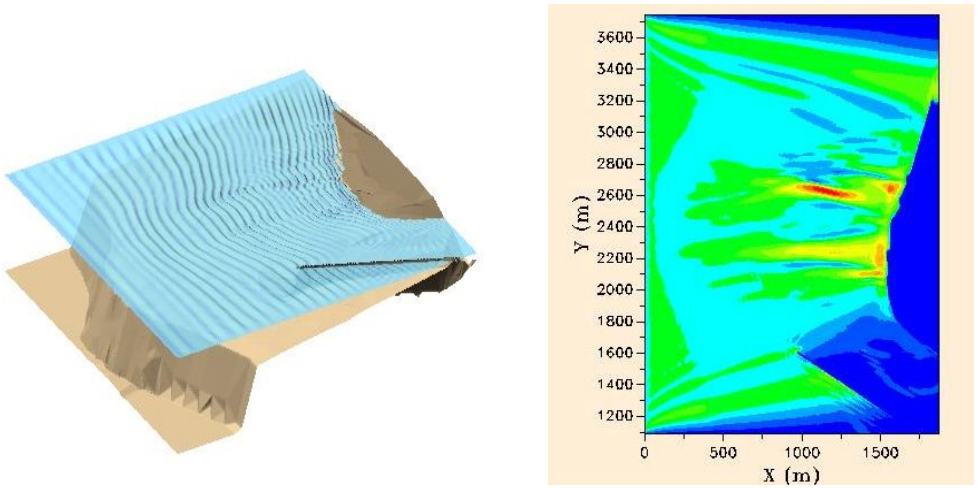
Theo số liệu công bố về điều kiện sóng nước sâu tại khu vực, ta giả sử rằng sóng nước sâu có phổ tuân theo dạng phổ TMA hẹp với các tham số sau:

Tγ = 8s, Hs = 0.95 m , $\gamma = 500$, σm = 0 ,θm = 0

Ta tiến hành mô phỏng với thời gian mô phỏng 1900 giây tương ứng với 200 chu kỳ sóng.

Kết quả mô phỏng cho thấy:

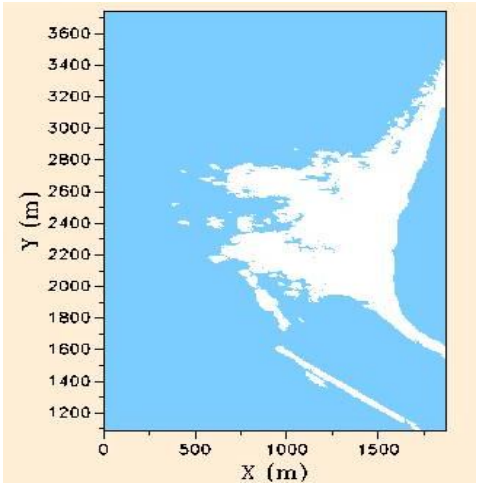
Đồ thị chiều cao sóng có nghĩa cho thấy mức độ ảnh hưởng rõ rệt của địa hình đáy. Hiệu quả của đê chắn sóng cũng được thể hiện rõ rang. Tại biên trên và dưới của hình vẽ ta thấy chiều cao sóng nhỏ là do tác dụng của việc sử dụng kỹ thuật lớp hấp thụ năng lượng của mô hình Simwave.



Hình 4: Trường sóng tại thời điểm 1900 giây

2.2 Trường hợp 2: Sóng khởi điểm là sóng phi tuyến có phổ sóng theo dạng phổ TMA, chiều cao sóng lớn, góc tới bằng 0.

Hình 5: Trường sóng tại thời điểm 2300 giây



Hình 6: Vị trí sóng vỡ

Điều kiện sóng khởi điểm cho trường hợp này có thông số như sau: Phổ sóng TMA có các thông số lan truyền theo hướng:

$$T_\gamma = 10s,\ H_s = 1.92\ m\ ,\ \gamma = 5,\ \sigma_m = 20\ ,\theta_m = 0$$

Thời gian mô phỏng là 2300s, tương ứng với 200 chu kỳ sóng (thời gian sóng hình thành ổn định 300 giây), Ta có các kết quả sau:

So sánh với trường hợp sóng khởi điểm tuyến tính, chiều cao sóng có nghĩa phân bố đều và trơn hơn. Hình vẽ 7 cho thấy hiện tượng sóng vỡ xảy ra khi sóng có chiều cao lớn và ở vùng nước cạn, hiện tượng sóng vỡ xảy ra chủ yếu ở khu vực nước nông.

2.3 Trường hợp 3: Trường hợp sóng khởi điểm là sóng phi tuyến có phổ sóng theo dạng TMA và góc tới khác 0

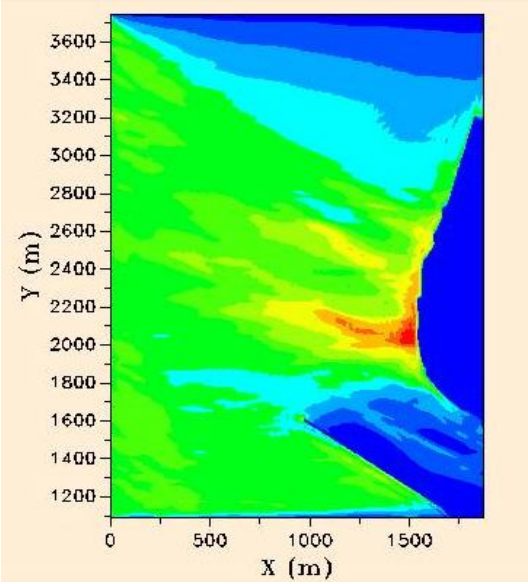
Thông số sóng khởi điểm như sau: Phổ sóng TMA truyền có hướng với các thông số sau:

T_γ = 10s, H_s = 0.93 m , $\gamma = 5$, σ_m = 20 ,θ_m = -30

Thời gian mô phỏng là 2300 giây tương ứng với 200 chu kỳ sóng. Kết quả mô phỏng như sau:

3.Kết luận

Hình 7: Trường sóng tại thời điểm 2300 giây



Hình 8: Chiều cao sóng có nghĩa

Mô hình SIMWAVE dựa trên cơ sở là các công thức của Boussinesq phù hợp với công tác mô phỏng quá trình lan truyền của sóng từ vùng nước sâu vào vùng nước gần bờ. Mô hình cho kết quả hợp lý, gần với thực tế. Mô hình dễ sử dụng, đơn giản phù hợp với công tác đào tạo, nghiên cứu khoa học và lao động sản xuất trong trường đại học.

Để mô hình SIMWAVE phát huy được tác dụng, cần triển khai các nghiên cứu sâu hơn, đánh giá toàn diện của mô hình này, tìm ra điểm mạnh và điểm yếu của mô hình. Đồng thời nghiên cứu sử dụng mô hình trong điều kiện khí tượng thuỷ hải văn ven biển Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

[1] Nghiên cứu ứng dụng mô hình toán SIMWAVE tính toán thông số sóng trong bể cảng, Đề tài NCKH Cấp trường năm 2008-2009, Hoàng Hồng Giang, Khoa Công trình, Đại học Hàng hải

[2] SIMWAVE manual, CMS Consulting Inc.

[3] *Modeling of penetration wave in Osstende Harbour extension project*, Julien De Rouck, Peter Troch, Gent University, Belgium.

[4] *Giáo trình sóng – gió,* Vũ Thanh Ca, Đại học Thuỷ Lợi Hà Nội.

Người phản biện: PGS. TS. Phạm Ngọc Tiệp