

XÁC ĐỊNH ĐỘ TIN CẬY CỦA TẢI TRỌNG SÓNG TÁC DỤNG LÊN CÔNG TRÌNH THUỶ KÍCH THƯỚC LỚN (CTTKTL) DẠNG KHỐI TRÒN XOAY BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ BIÊN

PGS.TS Đỗ Văn Đệ

Khoa Xây dựng Công trình thủy

Trường Đại học Xây dựng

Tóm tắt: Đề tài đi vào nghiên cứu xác định độ tin cậy của tải trọng sóng ngẫu nhiên tác dụng lên công trình thủy kích thước lớn dạng khối tròn xoay bằng phương pháp phần tử biên. Cụ thể bài toán đặt ra là "Với diện tích xung quanh mặt ướt kết cấu CTTKTL (diện tích bề mặt kết cấu tiếp giáp với môi trường nước) không đổi, tự động hoá chọn các thông số hình học (hình dáng và tiết diện) CTTKTL hợp lý để tải trọng sóng tổng cộng tác dụng lên CTTKTL là bé nhất. Ứng với tải trọng bé nhất này, tính xác suất và các đặc trưng số của tải trọng sóng ngẫu nhiên tác dụng lên công trình".

Summary: This study defines the reliability of random wave load on great hydro-structural (perfectly round shape) by boundary element method. The concrete problem: Area of cross wet section of great hydro-structural (contact area of structure to water environment) is constant, automating to select the most sensible of geometrical parameters (shape and section) of great hydro-structural so that the total wave load on great hydro-structural is the lowest, corresponding to this lowest load. We can calculate probabilities and numerical characteristics of random wave load on structure.

1. TỔNG QUAN VỀ CÁC LOẠI CÔNG TRÌNH THUỶ KÍCH THƯỚC LỚN (CTTKTL)

CTTKTL là một trong những kết cấu thích ứng cho công trình bến cảng nước sâu nói riêng và các công trình biển trọng lực nói chung, ví dụ như: bến trụ ống đường kính lớn, dạng cừ vây ô, dàn khoan biển, CTBTL, CTB nổi... Các dạng kết cấu này có các ưu điểm sau:

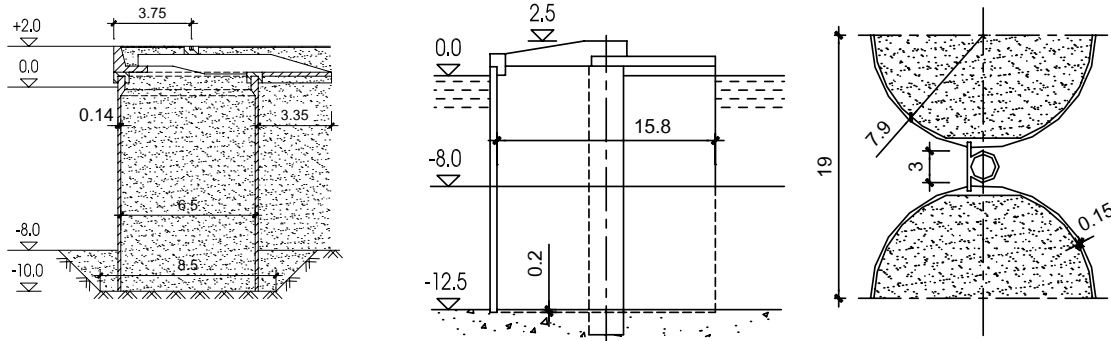
- Có độ ổn định cao (tự ổn định bằng trọng lượng bản thân);
- Có tác dụng giảm cường độ áp lực sóng;
- Hình dạng, kích thước khối lớn, có khả năng hình thành tuyến bến hay đê chắn sóng tương đối dài với các phân đoạn riêng;
- Đối với các khối đặt chìm vào đất nền có thể giảm khối lượng nạo vét hố móng, thi công lớp đệm, không những giảm được kinh phí xây dựng mà còn giảm thời gian thi công.
- CTTKTL thường làm bằng bê tông hoặc BTCT có khả năng chống xâm thực tốt, tuổi thọ công trình cao.

1.1 Công trình biển trọng lực

Trên thế giới hiện nay có nhiều công trình biển trọng lực bê tông được xây dựng trên biển để khai thác dầu khí, như các vùng: Biển Hà Lan, Brasil, Biển Bắc, Vịnh Mexico... Công cuộc khai thác biển và đại dương ngày càng được chú ý phát triển. Qua nhiều cuộc hội thảo đã khẳng định Việt Nam có đủ điều kiện để xây dựng loại công trình biển này.

1.2 Bến trụ ống đường kính lớn

Bến trụ ống đường kính lớn đã được sử dụng rất nhiều ở các nước như: Nga, Nhật Bản (Hình 1). Ở cảng Sêvastopol đã đưa vào khai thác 700m bến làm bằng các ống đường kính lớn lắp ghép. Các ống có đường kính 10,5m ghép từ 10 tấm bê tông cốt thép phẳng [2].



Hình 1. Bến trụ ống

Hình 2. ĐCS ở cảng Khantskholm

Hình 3. ĐCS ở Kobe-Nhật Bản

Tại Việt Nam, trụ ống bê tông cốt thép được xây dựng nhiều ở các công trình cầu đường bộ. Tại các nước trên thế giới, kết cấu đê chắn sóng bằng trụ ống đường kính lớn tương đối phổ biến: Đan Mạch (Hình 2), ở Kôbê - Nhật Bản (Hình 3). Trụ ống đường kính lớn mở ra nhiều triển vọng cho công trình đê chắn sóng. Ngoài ra, tuổi thọ công trình cao cũng như thích nghi được với độ xâm thực mạnh của nước biển cũng là một ưu thế khiến cho kết cấu này được sử dụng nhiều.

1.3 Cừ vây ô

Cừ vây ô được sử dụng nhiều trong công trình đê chắn sóng. Cừ có thể là cừ thép hoặc cừ bê tông cốt thép nhưng cừ thép được sử dụng phổ biến hơn. Cừ được đóng vây lại thành các ô có các hình dạng khác nhau như: tròn, bát giác, lục lăng [2]. Tại Việt Nam đã xây dựng được 11 bến tường cừ ở cảng Hải Phòng nên việc thi công cừ vây ô cũng không gặp nhiều khó khăn.

2. NHỮNG BẤT CẬP

- Các loại kết cấu trụ ống đường kính lớn, cừ vây ô, dàn khoan biển trọng lực... mặc dù có hiệu quả kinh tế - kỹ thuật cao, song ở Việt Nam chưa được phát triển. Vì vậy việc nghiên cứu chúng để áp dụng trong điều kiện Việt Nam là rất cần thiết.

- Các loại hình kết cấu CTTKTL không chỉ đòi hỏi công nghệ thi công cao, thiết bị hiện đại mà còn phức tạp cả về mặt thiết kế. Chính vì vậy cần phải đặt ra vấn đề nghiên cứu các mô hình số hiện đại để giải trên máy tính cho các chủng loại bài toán này.

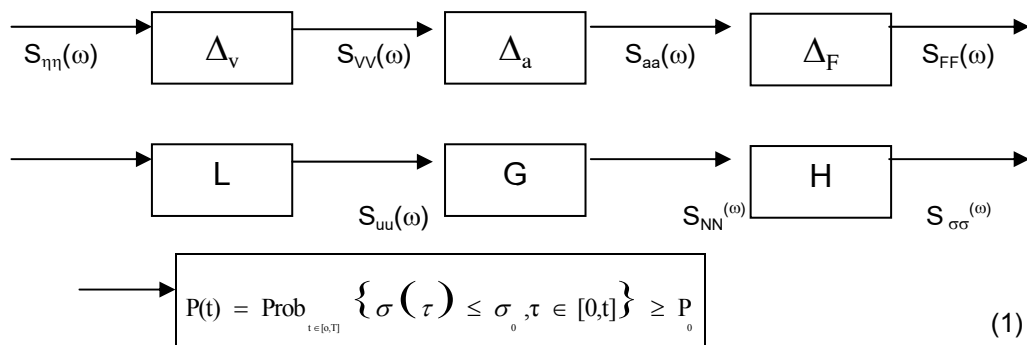
- Hiện nay, tiêu chuẩn thiết kế công trình bến cảng biển của Việt Nam đang qui định sử dụng tiêu chuẩn 22TCN-222-95 để tính toán xác định tải trọng do sóng tác động lên công trình thủy [5]. Tiêu chuẩn này chỉ đề cập đến tính toán tải trọng sóng tác dụng lên vật cản cục bộ thẳng đứng với $D \leq 0, 4\lambda$ (trong đó D là kích thước ngang đặc trưng của tiết diện, λ là chiều dài sóng) dùng chung cho cả kết cấu cọc và trụ có xét đến hệ số lân cận.

3. ĐẶT VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

"Với diện tích xung quanh mặt ướt kết cấu CTTKTL (diện tích bề mặt kết cấu tiếp giáp với môi trường nước) không đổi, tự động hoá chọn các thông số hình học (hình dáng và tiết diện) CTTKTL hợp lý để tải trọng sóng tổng cộng tác dụng lên CTTKTL là bé nhất. Ứng với tải trọng bé nhất này, hãy tính xác suất và các đặc trưng số của tải trọng sóng ngẫu nhiên tác dụng lên công trình".

4. CƠ SỞ ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY VỀ ĐỘ BỀN KẾT CẤU CÔNG TRÌNH DƯỚI TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG SÓNG NGẪU NHIÊN

Đường lối chung để đánh giá ĐTC về độ bền kết cấu công trình dưới tác dụng của tải trọng sóng ngẫu nhiên được biểu diễn tóm tắt theo sơ đồ sau:

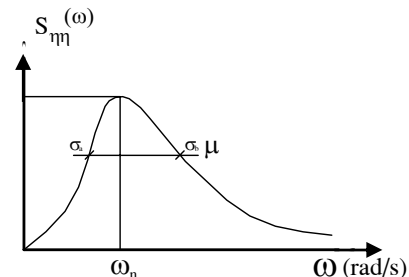
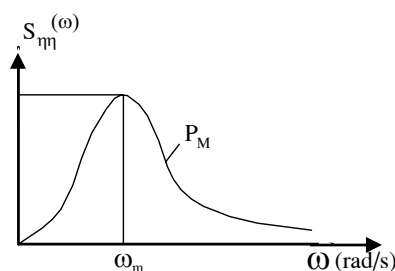


5. CÁC PHỔ SÓNG ỨNG DỤNG TRONG TÍNH TOÁN CÔNG TRÌNH BIỂN

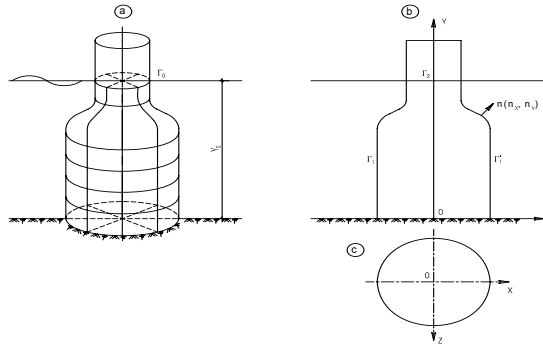
Phổ Pierson - Moskowitz P - M; phổ Jonswap; phổ Breschneider; các phổ này có dạng chung:

$$S_{\eta\eta}(\omega) = (A/\omega^2) \cdot \exp(-B \cdot \omega^{-4}) \quad (2)$$

trong đó: A, B là các thông số của phổ.

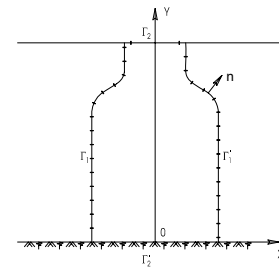


6. XÁC ĐỊNH TẢI TRỌNG SÓNG TÁC DỤNG LÊN CTTKTL KHỐI TRÒN XOAY



Hình 4. CTTKTL dạng khối tròn xoay

a. Công trình thực; b. Mặt cắt đứng; c. Mặt cắt ngang



Hình 5. Sơ đồ bài toán phẳng

Thế sóng tổng cộng (nhiều xạ) được xác định theo công thức sau:

$$\phi(x, y, z, t) = [\phi_l(x, y, z) + \phi_d(x, y, z)] \cdot e^{i\omega t} \quad (3)$$

Trong đó:

- Thế sóng tới: $\phi_l(x, y, z) = i \cdot \frac{\omega \cdot H}{2k} \cdot \frac{ch(k \cdot y)}{sh(k - y_0)} \exp(-ikx) \quad (4)$

- Thế sóng phản xạ là nghiệm của phương trình Laplace: $\nabla^2 \phi_d(x, y, z) = 0 \quad (5)$

• Áp lực sóng lên biên vật thể theo phương pháp tuyến được xác định theo công thức:

$$F(x, y, z, t) = -\rho \frac{\partial \phi}{\partial t}(x, y, z, t) \quad (6)$$

Thay (3) vào (6) và biến đổi ta được:

$$F(x, y, z, t) = -i\omega\rho [\phi_l(x, y, z) + \phi_d(x, y, z)] \cdot e^{i\omega t} = F_0(x, y, z) \cdot \eta(x, t) \quad (7)$$

Trong đó: $F_0(x, y, z) = -i\omega\rho [\phi_l(x, y, z) + \phi_d(x, y, z)] \cdot 2/H \cdot e^{ik \cdot x} \quad (8)$

Hàm sóng bề mặt: $\eta(x, t) = H/2 \cdot e^{-i(k \cdot x - \omega t)} \quad (9)$

Sau khi rời rạc hoá bề mặt ướt của vật thể thành lưới các phần tử ta qui tải trọng sóng về các nút phần tử. Áp lực sóng theo phương pháp tuyến n_j của phần tử j có dạng:

$$F_{0j} = \Delta S_j \cdot [F_0(x_j^B, y_j^B, z_j^B)] \quad (10)$$

Thành phần của $F_{0j}(t)$ trong hệ toạ độ Đề các được viết dưới dạng hàm phức:

$$\begin{aligned} F_{0j}^x(t) &= F_{0j} \cdot n_{xj} \cdot \eta(x, t) = (A_j x + i B_j x) \cdot \eta(x, t) \\ F_{0j}^y(t) &= F_{0j} \cdot n_{yj} \cdot \eta(x, t) = (A_j y + i B_j y) \cdot \eta(x, t) ; j = \overline{1, n_B} \\ F_{0j}^z(t) &= F_{0j} \cdot n_{zj} \cdot \eta(x, t) = (A_j z + i B_j z) \cdot \eta(x, t) \end{aligned} \quad (11)$$

7. BIỂU DIỄN PHỔ TẢI TRỌNG SÓNG $S_{FF}(\omega)$ QUA PHỔ MẶT SÓNG $S_{\eta\eta}(\omega)$

$$\begin{aligned} S_{F_x F_x}(\omega) &= [A_j x^2 + B_j x^2] \cdot S_{\eta\eta}(\omega) = S_{ox} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) \\ S_{F_y F_y}(\omega) &= [A_j y^2 + B_j y^2] \cdot S_{\eta\eta}(\omega) = S_{oy} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) \\ S_{F_z F_z}(\omega) &= [A_j z^2 + B_j z^2] \cdot S_{\eta\eta}(\omega) = S_{oz} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) \\ S_{FF}(\omega) &= [S_{F_x F_x}(\omega)^2 + S_{F_y F_y}(\omega)^2 + S_{F_z F_z}(\omega)^2]^{1/2} = S_o \cdot S_{\eta\eta}(\omega) \\ S_o &= [S_{ox}^2 + S_{oy}^2 + S_{oz}^2]^{1/2} \end{aligned} \quad (12)$$

8. XÁC ĐỊNH CÁC ĐẶC TRƯNG SỐ CỦA PHỔ TẢI TRỌNG SÓNG

- Phương sai của phổ tải trọng sóng:

$$\begin{aligned} D_x &= \int S_{F_x F_x}(\omega) d\omega = \int S_{ox} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \\ D_z &= \int S_{F_z F_z}(\omega) d\omega = \int S_{oz} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \\ D_F &= \int S_{FF}(\omega) d\omega = \int S_o \cdot S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \end{aligned} \quad (13)$$

- Độ lệch của phổ tải trọng sóng:

$$\sigma_x = (D_x)^{1/2}, \sigma_z = (D_z)^{1/2}, \sigma_F = (D_F)^{1/2} \quad (14)$$

- Xác định xác suất của phổ tải trọng sóng:

$$\begin{aligned} P_x(F_x < F_o) &= \int_{-\infty}^{F_o} S_{ox} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \\ P_z(F_z < F_o) &= \int_{-\infty}^{F_o} S_{oz} \cdot S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \\ P_F(F < F_o) &= \int_{-\infty}^{F_o} S_o \cdot S_{\eta\eta}(\omega) d\omega \end{aligned} \quad (15)$$

9. XÂY DỰNG THUẬT TOÁN VÀ LẬP TRÌNH

9.1 Xây dựng thuật toán

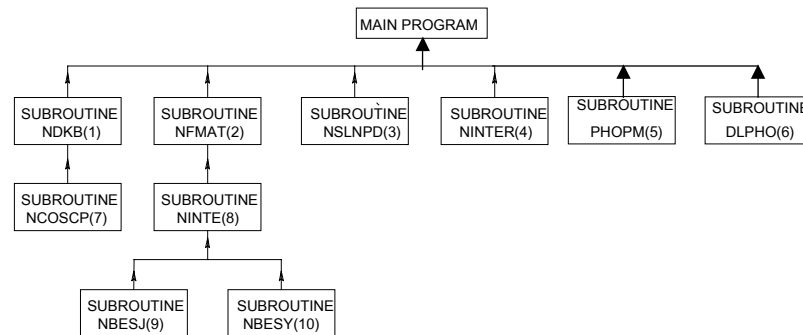
Giả sử công trình dạng khối tròn xoay (đặt trong môi trường biển có độ sâu nước là d_o) tiết diện bất kỳ, ta chia công trình theo chiều cao thành n đoạn, mỗi đoạn i có thể coi là một trụ tròn đặc trưng bởi hai thông số hình học: H_i (chiều cao đoạn i) và D_i (đường kính đoạn thứ i). Ta xây dựng được bài toán tối ưu sau đây:

Cho trước độ sâu nước d_0 [m] và diện tích xung quanh mặt ướn kết cấu $DTXQ_0$ [m²]. Xác định các thông số H_i , D_i và n (số đoạn) thỏa mãn điều kiện:

$H_1 + H_2 + \dots + H_i + \dots + H_n = < d_0$ và $(D_1.H_1 + D_2.H_2 + \dots + D_i.H_i + \dots + D_n.H_n). \pi = < DTXQ_0$ để cho tổng tải trọng sóng tác dụng lên mặt ướn: $F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n = F_{tc}$ là bé nhất. Từ đó xác định xác suất và các đặc trưng số của phổ tải trọng sóng.

9.2 Xây dựng chương trình phần mềm

Trên cơ sở nghiên cứu lý thuyết, chúng tôi đã xây dựng được thuật toán và viết được bộ chương trình phần mềm (mang tên **ĐTCPTTSKTX**) chuyên dụng tự động hoá "**Xác định phổ và ĐTC tải trọng sóng nhiều xạ tác dụng lên CTTKTL có hình dạng khối tròn xoay tiết diện bất kỳ bằng phương pháp PTB**" theo ngôn ngữ FORTRAN 77. Bộ chương trình gồm 1 chương trình chính và 10 chương trình con. Sơ đồ tổ chức chương trình đưa trên hình 6:



Hình 6. Sơ đồ tổ chức chương trình

Để kiểm tra phương pháp và độ tin cậy của chương trình **ĐTCPTTSKTX** chúng tôi đã tính toán cho một số trường hợp đặc biệt để so sánh với kết quả tính theo các phương pháp khác đã có.

10. ÁP DỤNG BỘ CHƯƠNG TRÌNH ĐTCPTTSKTX ĐỂ TÍNH CÔNG TRÌNH TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

10.1 Đặt bài toán khảo sát (Hình 7): CTTKTL dạng khối tròn xoay đặt ở vùng đảo chìm thềm lục địa Việt Nam với:

- Các số liệu về môi trường biển: Vận tốc gió: 50 m/s; Chiều cao sóng: 13 m; Chiều dài sóng: 120 m;

Độ sâu nước đặt công trình: $d_0 = 21$ m;

- Số liệu về kết cấu như sau: Diện tích xung quanh mặt ướn: $DTXQ_0 = 3300\text{m}^2$; Chia thành 3 đoạn bằng nhau $n = 3$: $H_1 = H_2 = H_3 = 7$ m; Đoạn 1 có đường kính: $D_1 = 75$ m;

- Tìm các thông số D_2 và D_3 để cho $F_{tc} = F_1 + F_2 + F_3$ là bé nhất; Xác định tổng tải trọng sóng bé nhất; Xác định xác suất và các đặc trưng số của tải trọng sóng ứng với tải trọng bé nhất.

10.2 Kết quả tính phổ và xác suất tải trọng sóng tính bằng phần mềm ĐTCPTTSKTX:

BAI TOAN TUONG TAC GIUA SONG NHIEU XA VOI CTTKTL

I. SO LIEU TINH:

- BAI TOAN CTTKTL khối tròn xoay
- Chiều cao sóng $H = 13.000$ m
- Chiều dài sóng $L = 120.000$ m
- Độ sâu nước $d = 21.000$ m
- Khối lượng riêng nước $\rho = 1.02$ T/m³
- Góc tạo bởi phương sóng với trục kết cấu $\alpha = 0.000$ độ
- Số điểm chia trên vành $N_v = 12$
- Số phần tử trên vành $N_{pt} = 12$
- Số đoạn chia chiều cao để tính $N_d = 10$
- Số phần đoạn $N_{pd} = 3$; $H_1 = H_2 = H_3 = 7.000$ m
- Đường kính phần đoạn 1; $D_1 = 75.000$ m
- Diện tích xung quanh mặt uot $DTXQ_0 = 3300.000$ m²

II. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

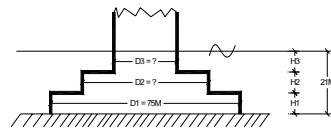
II.1. Kích thước kết cấu:

- Đường kính phần đoạn 2; $D_2 = 50.000$ m
- Đường kính phần đoạn 3; $D_3 = 25.079$ m

II.2. Tổng tải trọng sóng bé nhất:

PIXT[T] PIZT[T]

|T/C |.427E+04|.000E+00|



Hình 7. CTTLKTL dạng khối tròn xoay

II.3. Biên độ phổ sóng:

Biên độ phổ tại trọng sóng tổng cộng:

Soxtc[T2] Soztc[T2]

|T/C |.438E+06|.000E+00|

II.4. Xác suất và các đặc trưng số của tải trọng sóng:

- Xác suất tin cậy của phổ tải trọng sóng: $P = 0.976$
- Phương sai: $D = 0.147$ m²
- Độ lệch: $S_{ima} = 0.383$ m

11. KẾT LUẬN CHUNG: Có thể dùng bộ chương trình ĐTCPTTSKTX để xác định biên độ phổ tải trọng sóng tác dụng lên các công trình: trụ ống, cừ vây ô, công trình trọng lực, phương tiện nổi...

Tài liệu tham khảo

1. *Phạm Văn Giáp, Nguyễn Ngọc Huệ, Nguyễn Hữu Đẩu, Đinh Đình Trường* (2000), *Bể cảng và đê chắn sóng*, Nxb Xây dựng, Hà Nội.
2. *Phạm Văn Giáp, Nguyễn Hữu Đẩu, Nguyễn Ngọc Huệ*. *Công trình bến cảng*, Nxb Xây dựng, Hà Nội, 1998.
3. *22TCN - 222 - 95*, *Tải trọng và tác động (do sóng và do tàu) lên công trình thuỷ*, Hà Nội, 1995.
4. *T.H.Dawson* - *Offshore Structural Engineering*, USA 1984.
5. *C.A.Brebbia, J.C.F.Telles, L.C.Wrobel* - *The Boundary Element Techniques*, M.1987.
6. *T. Karamanxki* - *Phương pháp số trong cơ học kết cấu* - Nxb Khoa học kỹ thuật, 1988.