

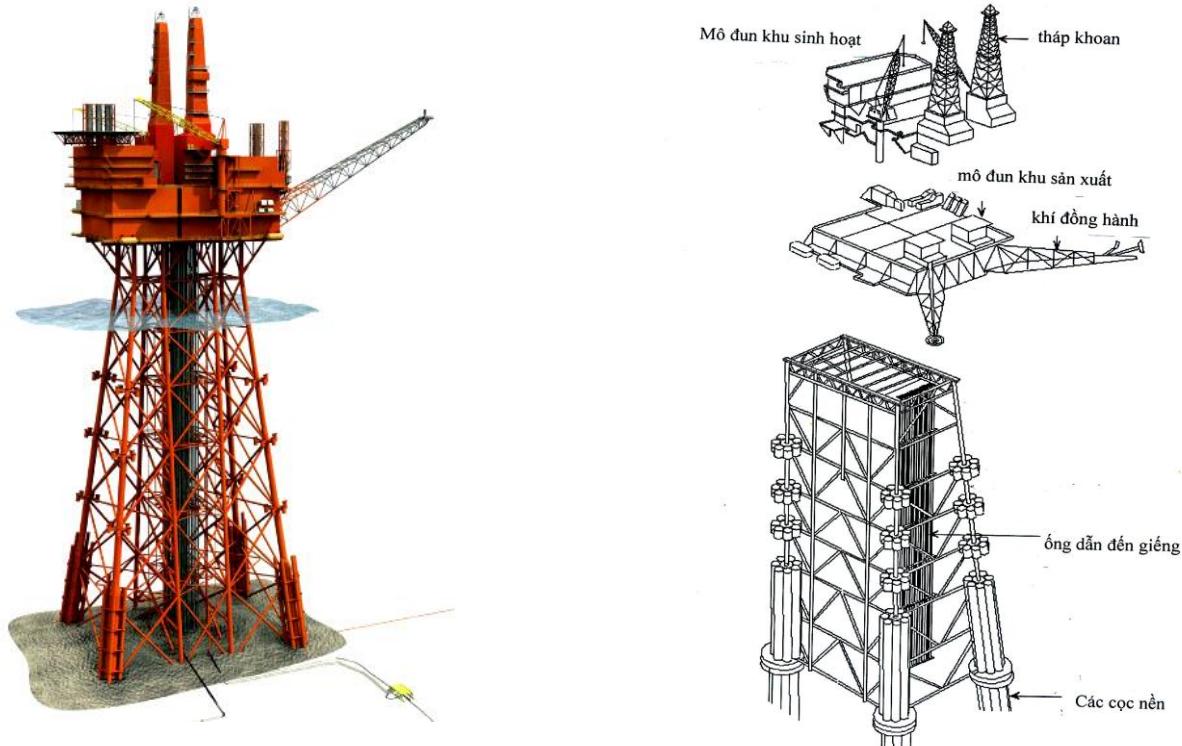
## THIẾT KẾ GIÀN KHOAN NGOÀI KHƠI

### 1 Giàn khoan cố định

Giàn cố định ngoài khơi, hình 1.1, gồm hai phần chính: chân đế và thượng tầng.

**Chân đế giàn (Jacket)** gồm các kết cấu thép bằng ống, các chân (*legs*) cắm vào đáy biển bằng cọc. Các chân liên kết với nhau nhờ các thanh giằng (*braces*). Các nút liên kết là nơi tập trung các đầu nối, kết cấu đa dạng. Chân đế đỡ toàn bộ thượng tầng giàn

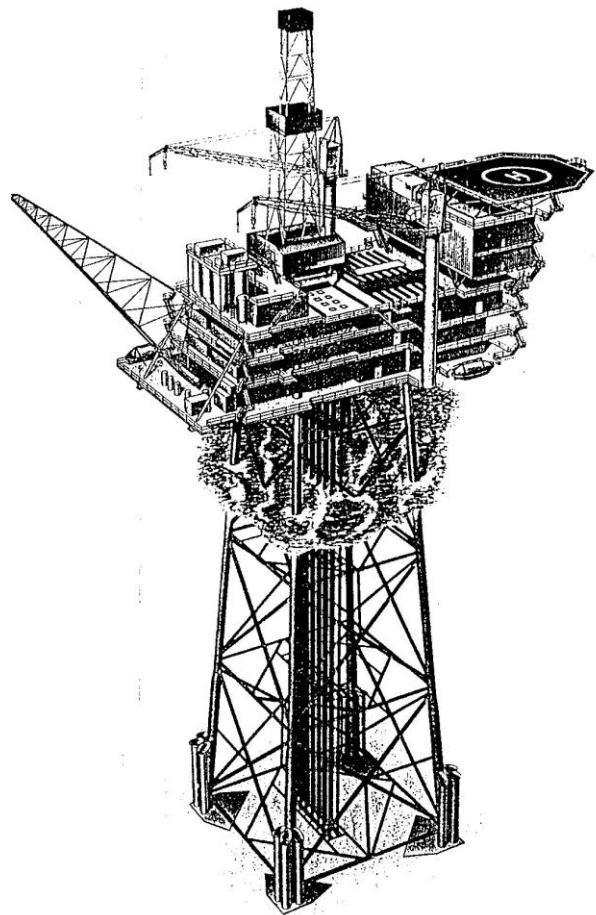
Những thiết bị có mặt tại **thượng tầng (topside)** thông thường là: **tháp khoan (drilling derrick)** và những cần **cầu cẩu quay (pedestrian crane)** phục vụ cho công việc khoan và nâng hạ thiết bị. Tháp ăng ten (*radio mast*) bố trí trên các giàn đóng vào những năm giữa thế kỷ XX trên đó gắn các đĩa parabol thu phát sóng và ăng ten vô tuyến. Ngày nay người ta thay các tháp cao bằng giàn đĩa parabol đặt ngay trên boong thượng. Giàn **dẫn khí đồng hành (flare stack, flare boom)** đưa khí ra khá xa so với mép boong, tránh cho ngọn lửa đốt khí đồng hành có thể gây bất trắc cho giàn. **Khu chế biến (process area)** thường cách khu sinh hoạt đoạn cần thiết. Trong khu vực này bố trí các bình áp suất cùng các thiết bị liên quan chuyên tách vật bẩn, vật lạ, khói sản phẩm trước khi nạp chúng vào **ống dẫn ngầm (subsea pipeline)**. Trên boong (*deck*) người ta còn bố trí **thiết bị cứu sinh** gồm các xuồng cứu sinh chịu lửa (*lifeboats*), phao. **Sân làm nơi đỗ máy bay trực thăng (helideck)** bố trí chỗ thoáng, không quá sát với các tháp hoặc cầu cẩu. Nơi đây là nơi tiếp nhận người, vật tư cần thiết từ bờ ra, đưa người và vật tư vào bờ. Nơi đây còn là nơi tập kết người trong trường hợp có nạn để tìm cách thoát nạn.



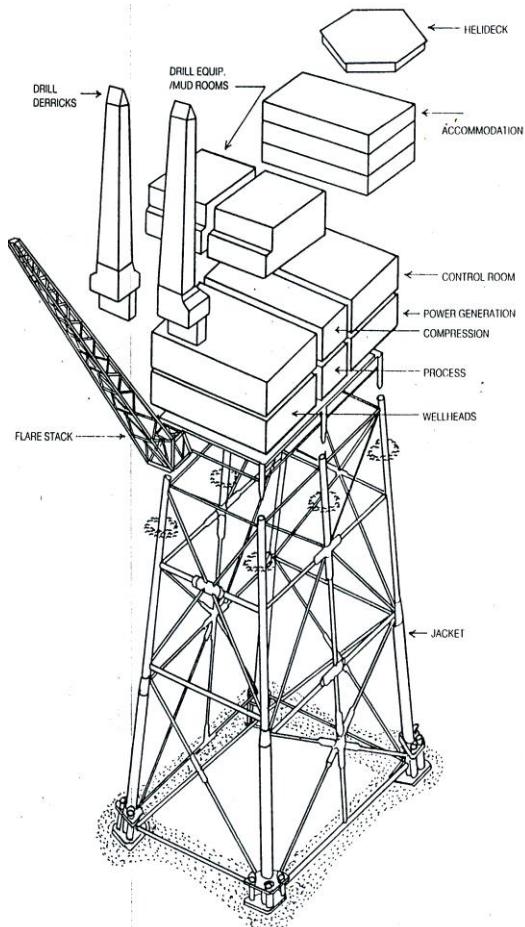
Hình 1.1 Giàn cố định tiêu biểu

Các ống dẫn đến miệng giếng khoan (*conductors*) bắt đầu từ sàn khoan kéo đến tận bệ (*well template*). Hệ thống ống mềm (*riser*) dẫn sản phẩm từ hệ thống ống nằm tại đáy (*subsea pipe line*) lên cao, đến khu vực chế biến, được giữ tại các mốc khóa (*riser clamp*), áp vào chân để giàn.

Hình 1.2 trình bày bố trí thượng tầng tiêu biểu trên một giàn cố định cỡ trung bình. Trên hình vẽ này người viết xin phép giữ nguyên những tên gọi bằng tiếng Anh mong tạo thuận lợi hơn cho người đọc khi sử dụng tài liệu tương tự của nước ngoài. Các mô đun không thể thiếu cho việc chính: các buồng sinh hoạt làm nơi nghỉ của công nhân làm việc tại giàn, thiết bị khoan, tháp khoan, cầu khoan, thiết bị năng lượng, thiết bị tạo khí nén, thiết bị sản xuất, giàn dẫn khí đồng hành vv...



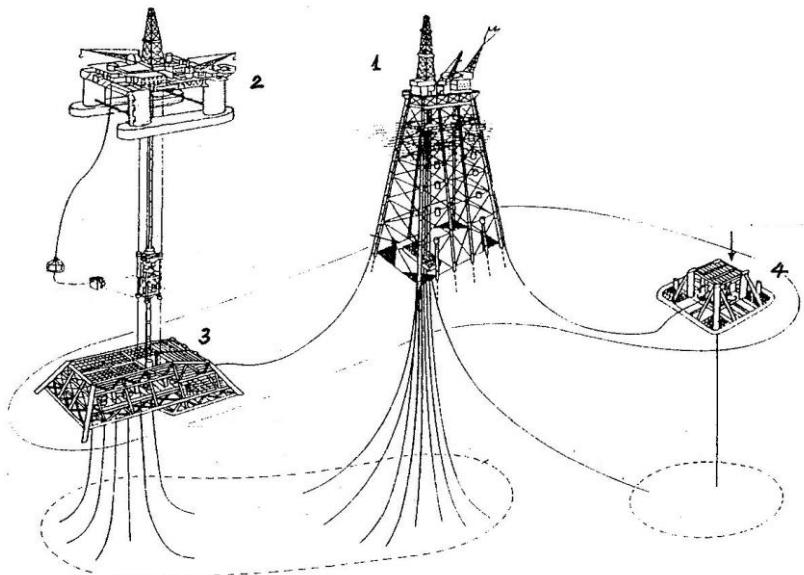
Hình 1.2a *Giàn khoan cố định*



Hình 1.2b *Các mô đun thượng tầng*

Giàn khoan cố định làm việc ngoài khơi chịu tác động từ phía môi trường và trọng lượng bản thân. Giàn phải đủ khả năng chịu những cơn cuồng phong sức mạnh ngoài dự tính thông thường, chịu tác động những cơn sóng lớn. Giàn cố định được chôn chặt vào lòng đất tại đáy biển, các kết cấu của phần cuối chân, ở độ sâu lớn phải làm việc trong điều kiện áp lực do môi trường tác động quá lớn. Trong những điều kiện thực tế của mỗi vùng biển, các kết cấu thép giàn cố định còn phải chịu tác động mang tính chu kỳ và dễ gây hư hỏng do mỏi. Ánh hưởng động đất đến độ bền kết cấu giàn cố định là thực tế song là vấn đề khó giải quyết. Tuy gấp nhiều khó khăn kỹ thuật song họ *giàn cố định* vẫn là số đông trong ngành khoan dầu khí.

Công trình ngoài khơi đặc trưng kết hợp với các công trình phụ trợ tại đáy biển trong khai thác dầu khí miêu tả tại hình 1.3. **Giàn cố định** 1 cùng tháp khoan bố trí tại khu vực có via khai thác. Cùng tham gia khoan khai thác còn có **giàn nửa chìm** đánh dầu bằng sô 2 (*semi-submersible*). Kết cấu bệ trên giếng khoan tại đáy biển (*well template*) bố trí tại đầu mối các giếng khoan 3, kề cả giếng đơn lẻ 4 trên hình 1.3.



Hình 1.3 Khai thác dầu, khí nhờ giàn cố định và giàn di động

Giàn cố định wellhead kết hợp với giàn tự nâng trong khai thác giới thiệu bên phải hình 1.3.

Giàn cố định cắm vùng nước sâu nhất có tiếng một thời giới thiệu tại hình 1.4a, giàn ở biển Bắc giới thiệu tại hình 1.4b.



Hình 1.4a Bullwinkle tại vịnh Mexico



Hình 1.4b Giàn khoan thuộc Norway



Hình 1.5a Cấu hình giàn cố định ngoài khơi

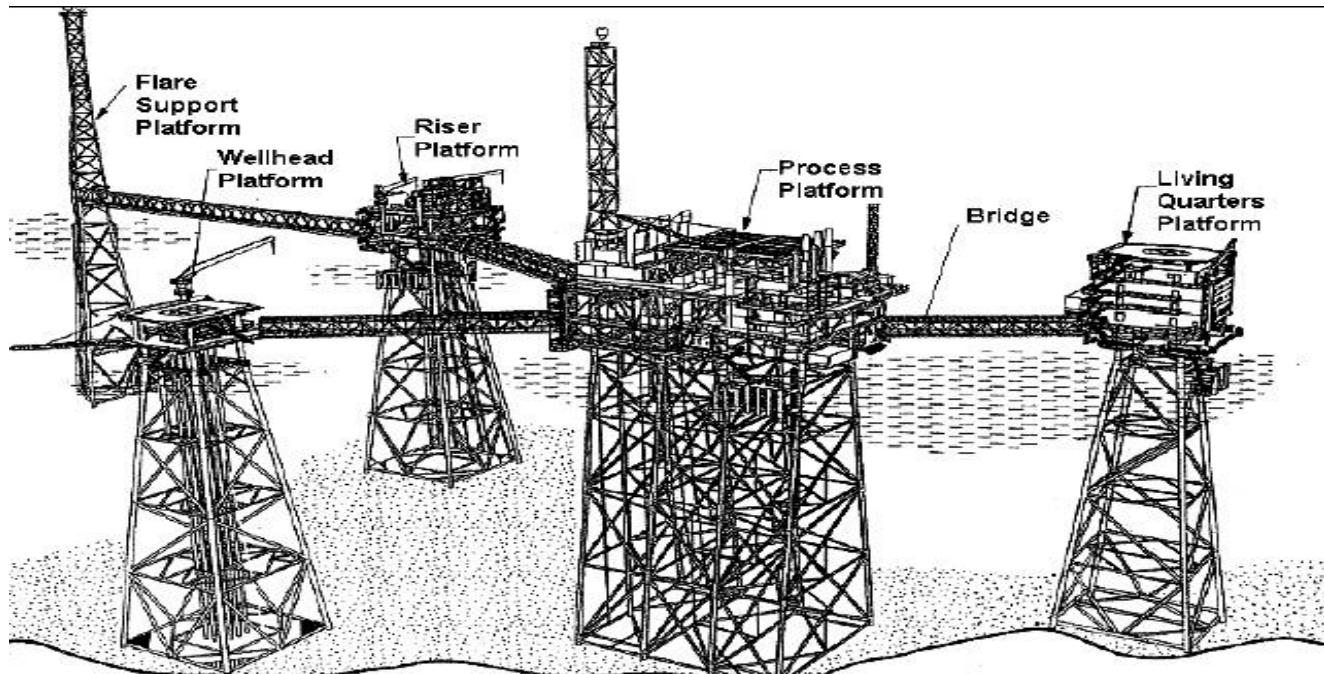


Hình 1.5b Giàn đặc trưng ở biển Bắc

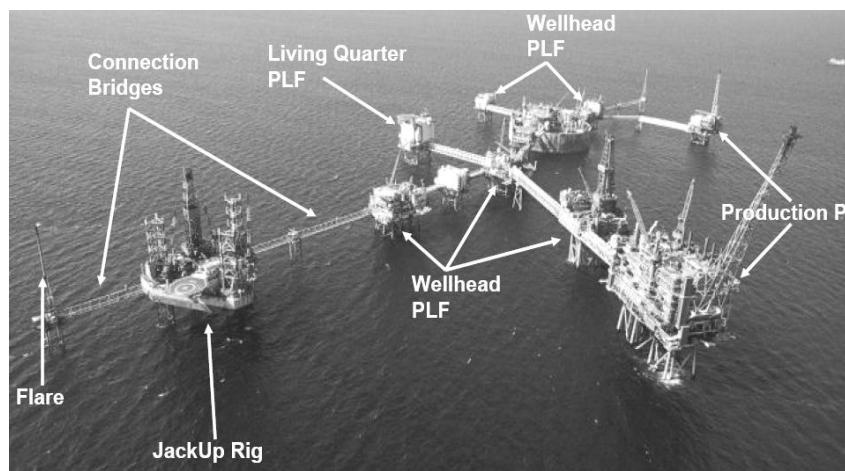
## 2 Thiết kế giàn cố định

Có thể phân biệt các nhóm giàn cùng tên giàn cố định ngoài khơi.

- Giàn dầu giếng (*Wellhead platform*) đỡ các thiết bị đầu giếng, phục vụ khoan khai thác nhờ trợ giúp giàn khoan nổi, cụ thể là giàn jack-up, xem hình 1.3 phía phải. Có thể có sân bay trực thăng trên giàn.
- Giàn công nghệ (*Process platform*) là cơ sở sơ chế biển trên biển, thượng tầng đủ chỗ chứa thiết bị sản xuất, trạm phát điện, kho, khu sinh hoạt.
- Giàn đỡ ống mềm (*Riser platform*) làm chức năng đỡ các ống mềm (risers) dẫn sản phẩm từ các giếng đến giàn công nghệ hoặc các vị trí chỉ định khác.
- Giàn chứa blocks sinh hoạt (*Living quarter platform*) là những khu sinh hoạt cho những người làm việc tại các giàn.
- Nối các giàn là hệ thống cầu dẫn (*Bridge*).



Hình 1.6 Khu liên hợp



Hình 1.7a Khu liên hợp tại Biển Bắc



Hình 1.7b Mỏ dầu tại Quatar

## Các dạng thiết kế

Thiết kế giàn cô định trải qua các giai đoạn:

1. Thiết kế sơ bộ
2. Thiết kế cơ bản
3. Thiết kế chi tiết

Trong **thiết kế sơ bộ** tiến hành các việc:

- Xác định nhiệm vụ thiết kế:

Xác định phạm vi qui mô, trữ lượng mỏ. Cần thiết để ý đến thực tế, thông thường chúng ta khai thác chừng 1/3 đến ½ trữ lượng, để khai thác tiếp phải dùng biện pháp thứ cấp.

Từ trữ lượng mỏ tính toán, xác định số lượng giàn khoan, kiểu giàn, số giếng khoan. Các mỏ của chúng ta đang sử dụng giàn khoan với 16 giếng khoan.

Vị trí và số lượng giàn khoan là cơ sở lên qui hoạch tổng thể của mỏ tương lai.

Từ kết quả trên tiến hành xây dựng dự án tiền khả thi, dự án khả thi.

- Xác định các thông số chính của mỏ và các giàn: đặc trưng chính của mỏ, điều kiện môi trường, điều kiện khai thác, điều kiện nền, móng cọc, cấu hình giàn, vật liệu làm giàn, hệ thống ống.
- Xác lập qui trình sản xuất, xác định những đòi hỏi thiết yếu, thiết bị của các qui trình đó
- Sơ bộ xác định kích thước giàn, thiết bị và diện tích chiếm chỗ giàn khoan
- Dựa vào dữ liệu thông kê xác định sơ bộ trọng lượng giàn, thiết bị
- Xác định trong giai đoạn này phương pháp chế tạo jacket, cách chuyển jacket xuống sà lan hạ thủy, phương pháp hạ thủy chân đế và lắp ráp giàn ngoài khơi
- Phương pháp chế tạo thượng tầng và lắp ráp thượng tầng lên giàn.

**Thiết kế cơ bản** đòi hỏi phân tích chi tiết tất cả vấn đề vừa đặt ra trong giai đoạn đầu.

### **Qui trình công nghệ**

Xác định qui trình công nghệ áp dụng cho giàn đang xây dựng.

### **Các thiết bị cơ khí**

Thiết bị cơ khí trang bị cho giàn phụ thuộc vào yêu cầu sản xuất mà qui trình công nghệ đặt ra

### **Điện**

Xác định lượng điện đòi hỏi cho công việc trên giàn, cho sinh hoạt. Sơ bộ xác định nguồn điện, hệ thống truyền dẫn, hệ thống điều khiển lưới điện.

### **Hệ thống điều khiển giàn**

Xác định nguyên lý điều khiển, điều khiển tự động các hoạt động giàn, thiết bị phù hợp cho hệ thống đó.

### **Đường ống**

Những yêu cầu về áp suất hệ thống đường ống, kích thước ống và hệ thống van điều khiển.

### **Thông tin thuộc meta-ocean**

Tập hợp và nghiên cứu đầy đủ thông tin liên quan sóng, gió, thủy triều vùng biển đặt giàn

### **Kết cấu chân đế, thượng tầng, cọc**

Chuẩn bị đủ cơ sở để thực hiện thiết kế chi tiết. Trong các công việc chuẩn bị quan tâm đến những phần việc cụ thể:

- Cấu hình giàn khoan,
- Các dữ liệu liên quan điều kiện môi trường tại vùng đặt giàn: sóng, gió, thủy triều, bão, động đất,

- Dữ liệu chính xác về vùng biển: độ sâu, nhiệt độ trong năm, cơ tính đất, hiện tượng trượt bùn,
- Yêu cầu tuổi thọ, bao gồm thời hạn làm việc của giàn, tuổi thọ mới,
- Tài va chạm do tàu thuyền, vật lạ, cháy, nổ,
- Khẳng định vật liệu sử dụng làm thân giàn, thượng tầng, ống,
- Tiêu chuẩn áp dụng, qui trình và qui phạm,
- Phương án thoát hiểm,
- Phương pháp chống ăn mòn kim loại,
- Phương án chế tạo jacket, topside, hạ thủy và phương tiện hạ thủy.

**Thiết kế chi tiết** bao gồm các phân tích kỹ thuật liên quan kết cấu, các qui trình công nghệ, qui trình hạ thủy, vận chuyển và hạ thủy tại vị trí lắp giàn .

*Những phân tích kỹ thuật:*

- Phân tích điều kiện môi trường,
- Chế tạo: chế tạo chân đế, các mô đun sản xuất, mô đun thượng tầng,
- Hạ thủy: hạ thủy lần thứ nhất (*load-out*) tại bến của nhà máy,
- Vận chuyển chân đế, thượng tầng trên biển,
- Hạ thủy lần 2 tại vị trí đặt giàn, dựng giàn tại vị trí lắp đặt (*up-ending*),
- Đóng cọc,
- Lắp thượng tầng,
- Độ bền và ổn định kết cấu,
- Phân tích môi,
- Phân tích độ bền va chạm,
- Phân tích nền móng công trình: các đặc trưng cơ lý đất nền, khả năng chịu tải móng cọc, khả năng chịu động đất

Những thiết kế chi tiết.

### ***Jacket***

Các khung kết cấu phẳng 2D mặt đứng, mặt ngang

Các khung kết cấu 3D,

Chi tiết các nút kết cấu,

Chi tiết mối nối,

Bảng hàn,

Kết cấu bệ hạ thủy,

Các bộ phận thuộc hệ thống kê, đỡ và hệ thống chằng buộc chân đế trên sà lan hạ thủy,

Bến cập tàu ở jacket,

Kết cấu cho các ống từ giếng đi qua,

Kết cấu kẹp ống mềm,

Các “tai” để móc cầu,

Kết cấu chống va đụng cho mạn cập tàu

Biện pháp tránh ăn mòn kim loại

### ***Thượng tầng***

Các khung kết cấu phẳng 2D,

Các khung kết cấu 3D,

Chi tiết các nút kết cầu,  
Bảng hàn,  
Kết cầu các boong,  
Cầu thang, lối đi,  
Các “tai” để móc cầu,  
Kết cầu giàn dẫn khí đồng hành,  
Bệ cầu

*Bản vẽ kỹ thuật:*

- Các boong thượng tầng, boong chính,
- Cọc chống,
- Các nút kết cầu, các nẹp cứng,
- Các chỉ dẫn hàn,
- Cọc (pile), các ống dẫn từ giếng,
- Chi tiết phục vụ chằng buộc khi vận tải trên biển,

### **Thành phần kết cấu chính**

Tổng thể giàn có định gồm 3 cụm chính: các boong (topside - thượng tầng), chân đế (jacket), cọc nền. *Boong tích hợp* là nơi đỗ của các thiết bị khoan, sản xuất cùng khu sinh hoạt toàn giàn.

*Qui cách thượng tầng* do các yêu cầu công việc của giàn qui định. Các yêu cầu này quyết định kích cỡ thượng tầng, số tầng, bố trí nội thất vv...

Những mô đun có thể gấp trong thượng tầng:

- Mô đun các buồng sinh hoạt, bao gồm phòng ở, nhà ăn, văn phòng, các buồng vui chơi, giải trí
- Mô đun các buồng điều khiển, thiết bị năng lượng như các buồng điều khiển các hệ thống, các buồng máy phát
- Mô đun thiết bị khoan gồm tháp khoan, kho hàng phục vụ khoan, chứa ống khoan, phòng điều khiển khoan,
- Mô đun các cơ sở sản xuất

Kết cấu boong gồm: cọc đỡ (chân chống boong), xà ngang boong, xà dọc, lớp tôn boong.

*Chân đế giàn* bao gồm các thành phần kết cấu:

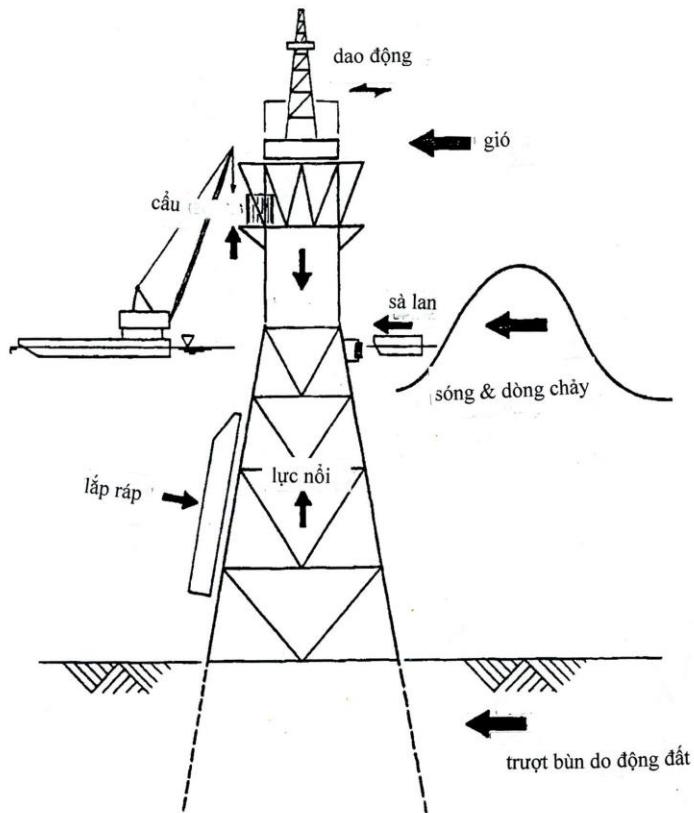
- Các chân làm từ thép ống,
- Các thanh giằng ngang, giằng chéo
- Các nút kết cầu, nơi gấp của các thanh giằng ngang, chéo với chân giàn
- Ống dẫn, kẹp ống mềm
- Các tấm chặn bùn

*Cọc và bó cọc*

- Áo bao cọc giàn,
- Nền

Phần này của giàn gồm các cụm áo bao cọc, theo đó cọc sẽ được đóng xuống nền thuộc đáy biển. Thông thường các cọc đóng sâu vào đáy biển 60 – 80 m. Trong những trường hợp cần thiết chiều sâu cọc trong lòng đáy biển đạt 120 m. Trường hợp hiếm gặp, các cọc giàn Cognac cắm sâu 150m vào lòng đất.

### **3 Tải tác động lên giàn**



Hình 1.8 *Tải bên ngoài*

Tải do tự trọng: tải từ các thiết bị khoan, tháp khoan, sản phẩm và vật liệu hỗ trợ khoan, trọng lượng thượng tầng vv...

Tải từ môi trường: sóng, gió, dòng chảy

Tải từ nền

Tải do va đập

### **Sóng và tải sóng tĩnh**

Chọn sóng tác động lên giàn cố định là thủ tục bắt buộc với người thiết kế. Tính toán tải tĩnh của sóng tiến hành theo các bước:

Xác định chu kỳ biểu kiến của sóng, để ý đến ảnh hưởng thủy triều đến sóng trong vùng đang xem xét.

Phân tích động học sóng 2D theo lý thuyết sóng thích hợp nhằm xác định chiều cao sóng, chiều sâu vùng nước trong cơn bão, chu kỳ biểu kiến.

Dánh giá các thành phần vận tốc, gia tốc ngang các phần tử nước của sóng đang xem xét.

Xác định các hệ số cản và hệ số lực quán tính là hàm của sóng, dòng chảy, hình dáng kết cấu chân đế, độ nhám bề mặt, kích thước, hướng ...

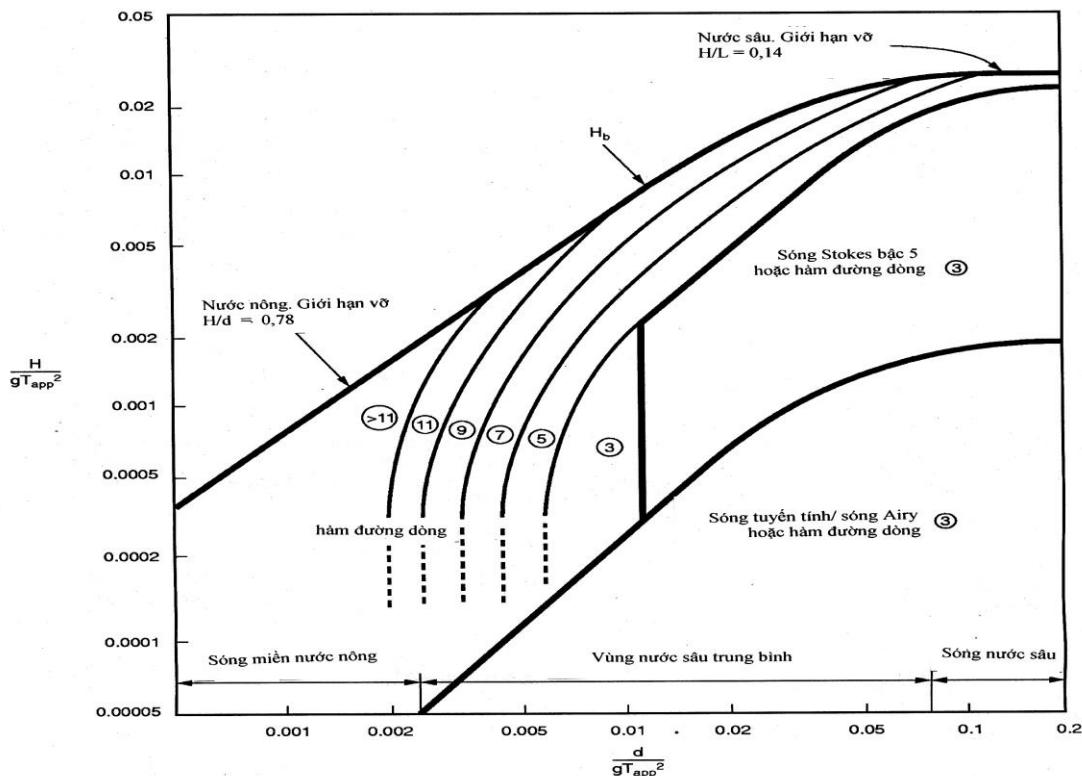
Xác định hệ số lực quán tính, lực cản với các đường ống dẫn từ giếng

Mô hình thủy động lực cho các ống mềm

Áp dụng công thức Morison tính tải tác động lên tất cả thành phần kết cấu có mặt tại giàn gồm các thanh, cột chân đế, ống dẫn từ giếng, ống mềm vv...

Các lý thuyết sóng hiện hành thực tế có thể dùng trong thiết kế, tính toán cho các kết cấu (xem sách “Động lực học các công trình ngoài khơi” NXB Đại học quốc gia Tp HCM, tái bản 2012). Tuy vậy mỗi lý thuyết chỉ có phạm vi áp dụng không lớn. Chọn lựa lý thuyết cụ thể cho công trình cụ thể luôn là công việc không dễ, nhiều khi phải giải quyết bằng đường dung hòa giữa độ chính xác đòi hỏi và khả năng tính toán thực tế.

Lý thuyết tuyến tính chỉ phù hợp cho sóng biên độ nhỏ, hay còn có thể nói theo kiểu dân dã là sóng nhỏ, thường phù hợp cho trường hợp biển lặng, hoặc sóng biển ở cấp biển thấp. Bản thân sóng được viết bằng các phép tuyến tính nên khi tập hợp sóng người ta được phép dùng phương pháp cộng chồng để thực hiện. Sóng phức tạp như sóng biển trong tự nhiên ngày nay được miêu tả như một tập hợp vô vàn sóng điều hòa, biên độ thấp, tần suất, chu kỳ, biên độ khác nhau. Tuy nhiên khi cần thiết kế công trình có sức chịu đựng những cơn thịnh nộ của trời đất, của sóng biển, chúng ta phải đụng đến sóng cao hoặc rất cao.



Hình 1.9 Phạm vi sử dụng các lý thuyết sóng nước

Các sóng thường dùng khi áp đặt các lực từ môi trường cho những công trình quan trọng trên biển thường là sóng “thế kỷ”, có nghĩa, chu kỳ xuất hiện phải cỡ 100 năm mới có con sóng như vậy. Với sóng cao, lý thuyết tuyến tính không thích hợp khi miêu tả cấu hình và tiếp đó phân bố áp lực. Các lý thuyết sóng phi tuyến, hay sóng biên độ hữu hạn được dùng cho những trường hợp kể sau. Lý thuyết sóng được đánh giá miêu tả sóng sát nhất thuộc về sóng Stokes bậc năm. Ngoài sóng Stokes hiện nay sóng theo lý thuyết dòng được coi là sóng gần thực tế.

Trong thiết kế công trình trên biển, độ sâu vùng biển có ảnh hưởng lớn đến việc đánh giá lực do sóng tác động lên công trình. Đầy đủ hơn, hai thông số chiều sâu nước và chiều cao sóng ảnh hưởng rất lớn đến giới hạn áp dụng lý thuyết sóng vào công trình. Như lý thuyết tuyến tính không phù hợp cho sóng biên độ hữu hạn thì lý thuyết sóng Stokes bậc năm, tuy rất thích hợp cho sóng cao lại không chính xác khi xét đến sóng vùng nước cạn.

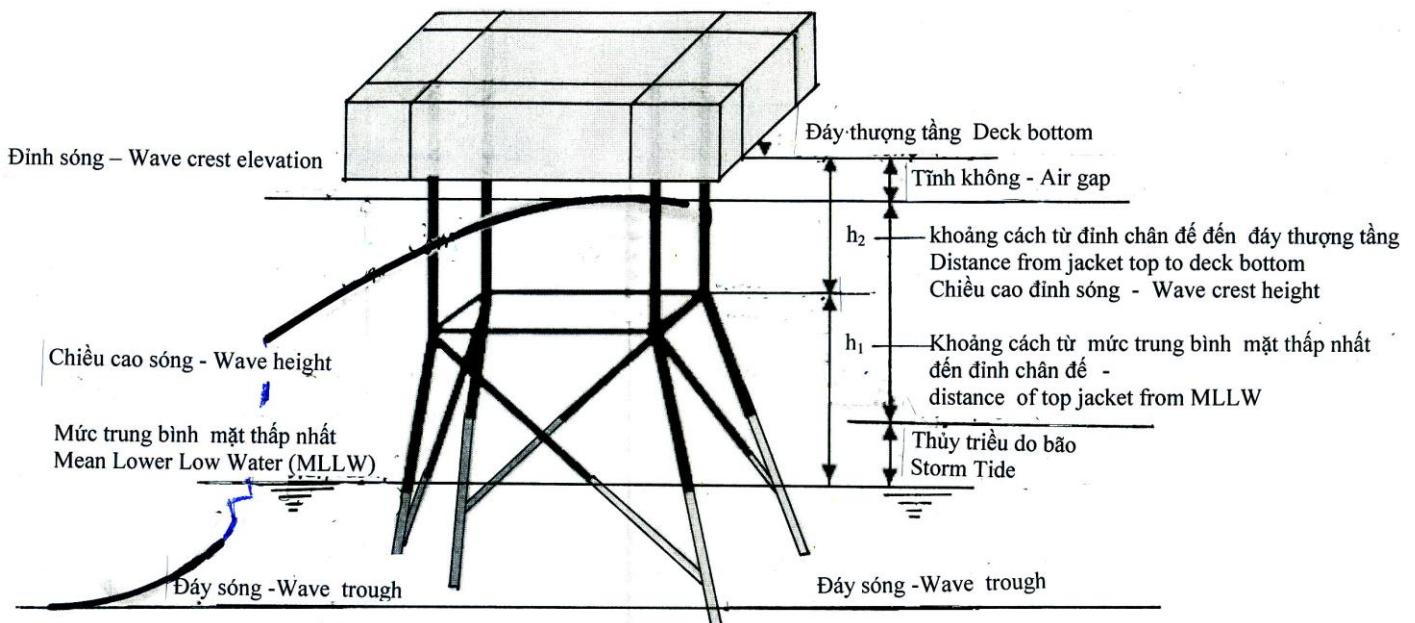
Ngày nay khi chọn sóng cho thiết kế có thể sử dụng cách làm dung hòa, trong phạm vi các đề xuất của Dean (1970) và đồng sự. Đồ thị giúp người dùng chọn sóng được giới thiệu tại hình 1.9. Trong đồ thị

trình bày các tỷ lệ  $H/gT^2$  là hàm của  $d/gT^2$ , thay cho chiều cao sóng  $H$  và chiều sâu nước  $d$ .  $T$  trong đồ thị đóng vai trò chu kỳ sóng.

Khu vực trái, trên đường giới hạn trên chỉ vùng của các sóng không ổn định, có nhiều khả năng vỡ (gọi là *Breaking limit*). Khu vực này được khuyến cáo không áp dụng khi thiết kế công trình trên biển. Ngược lại vùng dưới đường giới hạn dưới, nằm về phía phải, là khu vực giành cho lý thuyết sóng tuyến tính. Trường hợp các thông số tính toán bị kẹt giữa hai đường kẻ trên, nhất thiết phải cân nhắc kỹ càng giữa sóng Stokes bậc năm hay sóng cnoidal để đưa ra quyết định hợp lý nhất khi đương đầu với nước sâu hay nước cạn. Lý thuyết dòng cho phép tính với độ chính xác cao, trong phạm vi rộng của chiều sâu nước, song là sóng dễ vỡ cho nước cạn.

### Xác định chiều cao sàn công tác

Chiều cao nhỏ nhất sàn công tác tính từ mặt biển lặng đảm bảo toàn bộ thượng tầng làm việc trong các điều kiện không bị sóng phủ. Chiều cao sàn công tác (đáy thượng tầng) tính từ mức trung bình mặt thấp nhất MLLW, xem hình 1.10, bằng tổng các chiều cao: chiều cao thủy triều do bão (*storm tide*) + chiều cao đỉnh sóng (*wave crest height*) + tĩnh không (*air gap*).



Hình 1.10 Chiều cao sàn công tác

Độ dâng thủy triều do bão (*storm tide*), hiểu gọn hơn là *thủy triều*, gồm hai thành phần: thủy triều thiên văn (*astronomical tide*) và thủy triều do sóng cồn trong bão (*storm surge*). Thành phần thứ hai này là tập hợp của thủy triều do gió cùng với thủy triều sinh ra do khác biệt áp suất.

Chiều cao  $h_2$  ghi tại hình 1.10 hiểu là khoảng cách từ đỉnh chân đế đến đáy thượng tầng hay là sàn làm việc. Chiều cao  $h_1$  chỉ khoảng cách theo phương thẳng đứng từ mức trung bình mặt thấp nhất (*mean lower low water – MLLW*) đến đỉnh chân đế.

Từ dữ liệu thống kê có thể nhận mức trung bình mặt thấp nhất tại vùng biển thuộc mỏ Rạng Đông 0,34 m so với mức thủy triều thiên văn thấp nhất (*lowest astronomical tide – LAT*). Trong khi đó mức trung bình mặt cao nhất (*mean higher high water – MHHW*) là 2,84 m. Cũng theo dữ liệu đo mức thủy triều thiên văn cao nhất (*highest astronomical tide – HAT*) của vùng biển này 2,84 so với LAT.

Thủy triều do sóng cồn trong bão (*storm surges*) trong điều kiện vùng biển đang đê cập mang giá trị tính toán sau:

Chu kỳ xuất hiện 1 năm: gió mùa đông bắc 0,51m; gió mùa tây nam: 0,21m; bão: 0,1m.

Tính cho chu kỳ xuất hiện 100 năm, 3 giá trị tương ứng là: 0,83m; 0,64m; 0,60m.

Chiều cao sóng cao nhất  $H_{max}$  xác định từ đo và thống kê tại vùng biển này mang giá trị 15,77m tính theo điều kiện bão cực đại miền nhiệt đới.

Tính không xác định theo hướng dẫn tại API RP 2A-WSD, theo văn bản này chiều cao *air gap* không bé hơn 5 ft.

### Phân tích tải động của sóng

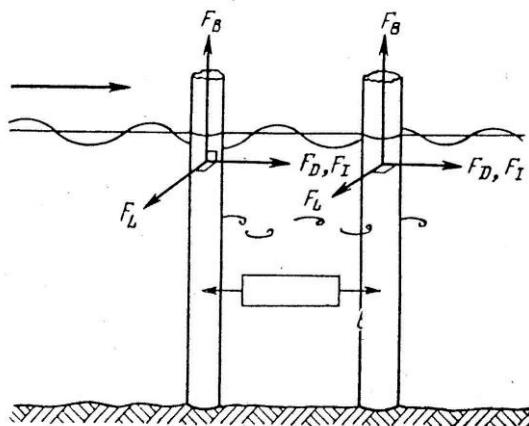
Phân tích động lực học giàn trong điều kiện bị sóng có tần số quay gần với tần số riêng của giàn.

Trong trường hợp này sử dụng sóng tính toán theo lý thuyết tuyến tính của quá trình ngẫu nhiên với hiệu chỉnh nhất định cho đỉnh sóng. Sóng 3D thích hợp cho trường hợp này. Ảnh hưởng nhóm sóng đóng vai trò không nhỏ.

### Công thức Morison

Tách riêng tác động sóng đến kết cấu công trình trên biển có thể thấy rằng, sóng biển gây ra các lực khác nhau trong quá trình tác động. Lực nâng vật thể bị chìm trong nước luôn có hướng ngược với chiều tác động lực trọng trường. Lực nâng thay đổi theo thay đổi thể tích phần chìm của kết cấu, tính bằng công thức  $V(t)\gamma$ , còn thể tích phần chìm kết cấu  $V(t)$  phụ thuộc vào chiều cao sóng đang dìm vật thể. Với vật thể tiết diện hình vuông cạnh  $b$ , dựng vuông góc với mặt nước tĩnh, dưới tác động của sóng sinus biên độ  $\zeta_a$ , tần suất góc  $\omega$ , số sóng  $k$ , lực tác động theo hướng trục Oz có dạng:

$$F = \frac{b\rho g \zeta_a}{k} [\sin(kb - \omega t) + \sin \omega t] \quad (a)$$



Hình 1.11 Lực thủy động

Lực nâng (*lift*) tác động cùng trong mặt phẳng với lực cản và quán tính, vuông góc với hướng sóng. Lực nâng tính bằng công thức quen thuộc trong cơ học lưu tốc:

$$F_L = C_L \cdot \frac{1}{2} \rho U^2 S, \quad (b)$$

trong đó  $C_L$  – hệ số lực nâng,  $U$  – vận tốc dòng chảy và  $S$  – diện tích mặt chiếu, với các profil  $S$  tính bằng diện tích mặt cắt ngang cánh.

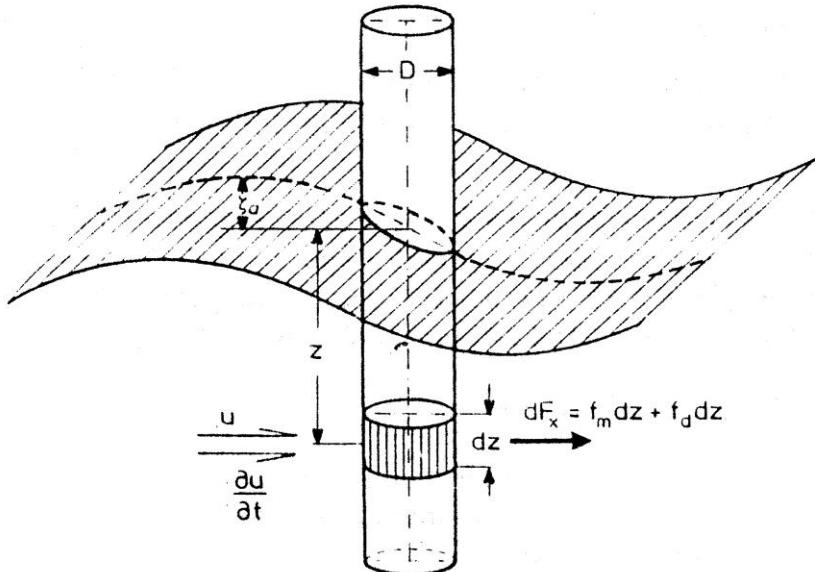
### Lực Morison

Lực thủy động tác động trên hướng tác động của sóng gồm hai thành phần, lực cản và lực quán tính.

Thành phần lực cản chủ yếu là sức cản nhót của nước chảy bao kết cấu, trong khi thành phần lực quán tính tùy thuộc lượng nước kèm trong chuyển động.

Lực quán tính do gia tốc dòng chất lỏng gây và lực cản gắn liền với vận tốc của dòng chất lỏng. Xét lực Morison tác động lên một kết cấu dạng ống trụ đặt đứng từ đáy biển, có thể thấy như trên hình 1.12

$$dF = C_M \rho dV \dot{\mathbf{u}} + C_D \frac{1}{2} \rho dS |\mathbf{u}| \mathbf{u} \quad (c)$$



Hình 1.12 Lực Morison

Thành phần thứ nhất chỉ lực quán tính, thành phần sau là lực cản.. Trong công thức  $dF$  – lực thủy động tác động lên phần ống thể tích  $dV$ , diện tích mặt chịu lực  $dS$ .  $\mathbf{u}$  và đạo hàm theo thời gian của nó chỉ vận tốc và gia tốc chất lỏng trong sóng,  $\rho$  - khối lượng riêng chất lỏng và  $C_M$ ,  $C_D$  – hệ số lực quán tính và lực cản. Hệ số này mang ký hiệu  $f_m$ ,  $f_d$  tại hình vẽ. Trong thành phần lực quán tính ngoài khối lượng kết cấu trực tiếp chịu ảnh hưởng còn tính cả lượng nước kèm tham gia tất cả chuyển động của kết cấu ngâm trong nó. Thành phần lực Froude-Krylov được đưa vào lực quán tính khi tính.

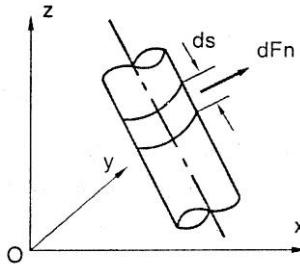
Công thức Morison dành cho ống trụ cắm đứng trong nước cạn, tuy nhiên công thức có thể mở rộng cho các kết cấu dạng ống trụ, mặt cắt ngang có thể mang cấu hình không tròn, cọc được đặt thẳng đứng hoặc xiên, trong nước cạn và cả trong nước sâu. Trong mỗi hoàn cảnh cụ thể, với mỗi ống trụ có cấu hình khác nhau các hệ số  $C_M$  và  $C_D$  sẽ mang giá trị nhất định. Ngày nay chúng ta có thể sử dụng các công thức kinh nghiệm hoặc các bảng liệt kê các hệ số này đã được rút ra từ thực nghiệm.

Công thức Morison khi áp dụng cho ống đặt đứng hoặc nằm xiên, nằm ngang sẽ có dáng riêng. Giả sử ống trụ đường kính  $D = 2r$  đặt đứng trong nước cạn, chiều sâu vùng nước  $d$ . Tổng các lực thành phần  $dF$ , cùng chiều với hướng tác động sóng, tác động lên phần tử ống dy được viết dưới dạng thành phần lực quán tính và lực cản như diễn tả tại hình 1.13. Sau khi tích phân dọc chiều cao ống, từ đáy biển với  $y = -d$  đến mặt thoáng  $y = 0$  kết quả sẽ được:

$$\mathbf{F} = C_M \rho \pi r^2 \int_{-d}^0 \dot{\mathbf{u}} dy + C_D \rho r \int_{-d}^0 |\mathbf{u}| \mathbf{u} dy \quad (d)$$

và momen:

$$\mathbf{M} = C_M \rho \pi r^2 \int_{-d}^0 \dot{\mathbf{u}} (d + y) dy + C_D \rho r \int_{-d}^0 (d + y) |\mathbf{u}| \mathbf{u} dy \quad (e)$$



Hình 1.13

Trong công thức  $\mathbf{u}$  và đạo hàm của nó là thành phần ngang của vận tốc, gia tốc sóng. Vận tốc và gia tốc có thể xác định căn cứ vào lý thuyết sóng, như đã trình bày tại chương bàn về sóng biển, có thể tính lực và momen do sóng gây tại  $x = 0$  và thời khắc  $\theta = \omega t$  như sau.

$$\mathbf{F} = -\frac{2\pi\rho r H^2 \lambda}{T^2} (K_2 C_M \cos \theta + K_1 C_D |\sin \theta| \sin \theta) \quad (f)$$

$$\mathbf{M} = -\frac{2\pi\rho r H^2 \lambda^2}{T^2} (K_4 C_M \cos \theta + K_3 C_D |\sin \theta| \sin \theta) \quad (g)$$

trong đó:

$$K_1 = \frac{1}{16 \sinh^2 kd} (2kd + \sinh 2kd)$$

$$K_2 = \frac{\pi r}{2H}$$

$$K_3 = -\frac{1}{64 \sinh^2 kd} (2k^2 d^2 + \sinh 2kd + 1 - \cosh 2kd)$$

$$K_4 = \frac{1}{4H \sinh kd} (1 + kd \sinh kd - \cosh kd)$$

Trường hợp ống trụ nằm ngang, hay nói cách khác nằm song song với đáy biển, tâm ống cách đáy khoảng cách  $s$ , công thức tính lực và momen tác động lên ống nằm vuông góc với hướng sóng, sau tích phân hết chiều dài ống  $L$  có dạng:

$$\mathbf{F}_H = C_M \rho \pi r^2 L \dot{\mathbf{u}} + C_D \rho r L |\mathbf{u}| \mathbf{u} \quad (h)$$

$$\mathbf{F}_V = C_M \rho \pi r^2 L \mathbf{u} + C_D \rho r L |\mathbf{u}| \mathbf{u} \quad (i)$$

Cần nói thêm rằng trường hợp ống nam đồi đầu với hướng sóng, các công thức trên không dùng được. Công thức tính lực nâng ống trong trường hợp này được viết thành:

$$\mathbf{F}_V = \int_{x1}^{x2} (\rho C_D r |\mathbf{u}| \mathbf{u} dx + \rho C_M \pi r^2 \dot{\mathbf{u}} dx) \quad (k)$$

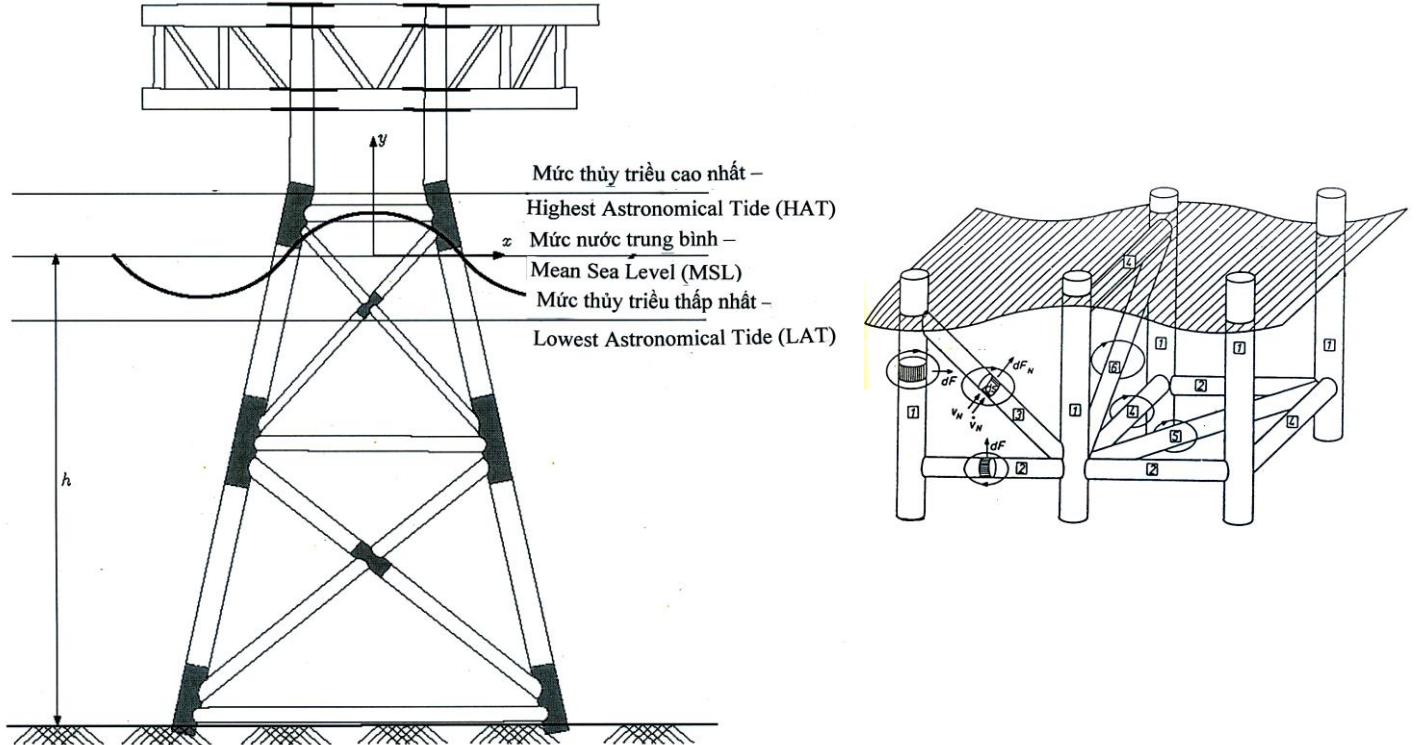
Công thức trên đây khi dùng cho ống nằm xiên góc bất kỳ so với đáy biển, hoặc so với hướng sóng cần được thực hiện trong khuôn khổ các phép tính vec to. Theo cách làm này lực do sóng tác động đến ống được tách thành thành phần tiếp tuyến, thành phần pháp tuyến. Ống sẽ chịu tác động của lực thành phần theo đúng hướng mà nó phải chịu, như đã tính cho ba trường hợp vừa kể. Trường hợp này công thức Morison được hiểu:

$$d\vec{F} = C_M \rho \pi r^2 \dot{\vec{q}}_n + C_D \rho r |\vec{q}_n| \vec{q}_n ds \quad (l)$$

trong đó  $\vec{q}_n$  vec to lực tác động theo hướng pháp tuyến đến trục của ống trụ, tại chiều dài ống ds. Nếu sử dụng phương pháp hình chiếu công thức trên được hiểu thành:

$$d\vec{F} = C_M \rho \pi r^2 \dot{\vec{q}}_n + C_D \rho r \begin{cases} |u| u dA_x \\ |v| v dA_y \\ |w| w dA_z \end{cases} \quad (m)$$

trong đó  $\vec{q} = ui + vj + wk$  là vec to vận tốc sóng.



Hình 1.14

Với ống trụ nằm ngang sóng, dài  $l$ , chúng ta sẽ tính như sau:

$$\text{Vận tốc: } q_n^T = (u, o, w); \quad |q_n| = \sqrt{u^2 + w^2}$$

$$\begin{aligned} F_x &= C_M \rho \pi r^2 l \cdot \frac{\partial u}{\partial t} + C_D \rho r l |q_n| u \\ F_y &= C_M \rho \pi r^2 l \cdot \frac{\partial w}{\partial t} + C_D \rho r l |q_n| w \end{aligned} \quad (n)$$

Với ống trụ nằm chéo, góc nghiêng bất kỳ cách tính lực Morison như sau.

Từ công thức tính vận tốc  $q_n^T = (v_x, v_y, v_z)$ , và gia tốc  $\dot{q}_n^T = (\dot{v}_x, \dot{v}_y, \dot{v}_z)$ , tác động vuông góc với trục ống trụ có thể xác định tiếp:  $q_n^T = (u, o, w)$ ; và  $\dot{q}_n^T = (\dot{u}, \dot{o}, \dot{w})$ .

Nếu ký hiệu vecto đơn vị tiếp tuyến đến trục ống trụ:

$$e_t^T = (e_{tx}, e_{ty}, e_{tz}) = (\sin \theta \cos \varphi, \sin \theta \sin \varphi, \cos \theta)$$

trong đó  $\theta$  - góc giữa trục ống và trục Oz,  $\varphi$  - góc giữa trụ ống và Ox.

Công thức xác định vận tốc và gia tốc theo các hướng Ox, Oy, Oz:

$$\begin{aligned}
v_x &= u - e_{tx}(e_{tx}u + e_{tz}w), & \dot{v}_x &= \dot{u} - e_{tx}(e_{tx}\dot{u} + e_{tz}\dot{w}), \\
v_y &= -e_{ty}(e_{tx}u + e_{tz}w), & \dot{v}_y &= -e_{ty}(e_{tx}\dot{u} + e_{tz}\dot{w}), \\
v_z &= w - e_{tz}(e_{tx}u + e_{tz}w), & \dot{v}_z &= \dot{w} - e_{tz}(e_{tx}\dot{u} + e_{tz}\dot{w}),
\end{aligned} \tag{o}$$

Độ lớn vecto vận tốc:

$$|q_n| = \sqrt{u^2 + w^2 - (e_{tx}u + e_{tz}w)^2} \tag{p}$$

$$F_x = C_M \rho \pi r^2 l \cdot \frac{\partial v_x}{\partial t} + C_D \rho r l |q_n| v_x$$

$$F_y = C_M \rho \pi r^2 l \cdot \frac{\partial v_y}{\partial t} + C_D \rho r l |q_n| v_y$$

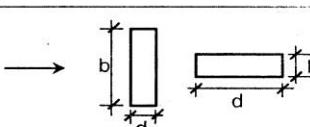
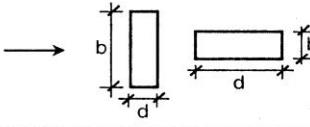
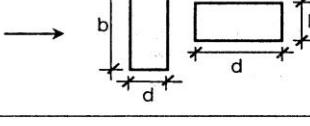
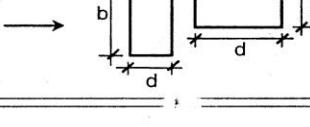
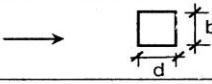
$$F_z = C_M \rho \pi r^2 l \cdot \frac{\partial v_z}{\partial t} + C_D \rho r l |q_n| v_z \tag{q}$$

### Hệ số lực cản và quán tính

Hệ số  $C_D$  và  $C_M$  áp dụng trong công thức Morison thường nhận bằng đường thí nghiệm. Tuy nhiên trong nhiều trường hợp, vì những lý do nhất định cần xác định nhanh các hệ số bằng tính toán. Về lý thuyết người ta nêu được rằng, với các ống trụ, tiết diện tròn, chôn thẳng đứng trên đáy biển, hệ số  $C_D$  sẽ bằng 1 còn  $C_M$  bằng 2 với ống rất nhẵn.

	$C_m$		$C_m$
	1,0		$d/a = 0,05$ $d/a = 0,10$ $d/a = 0,25$ 1,61 1,72 2,19
	1,0		$a/b = 2$ $a/b = 1$ $a/b = 1/2$ $a/b = 1/5$ 0,89 0,76 0,67 0,61
	1,0		2,29
	$a/b = \infty$ $a/b = 10$ $a/b = 5$ $a/b = 2$ $a/b = 1$ $a/b = 1/2$ $a/b = 1/5$ $a/b = 1/10$ 1,0 1,14 1,21 1,36 1,51 1,70 1,98 2,23	$\left( \frac{h}{2a} - \frac{2a}{h} \right)^2 + 1$	

Hình 1.15 Hệ số khói nước kèm

	$\frac{d}{b}$	h/b				
		1/2	1	2	4	6
	$\geq 4$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
	$\geq 1/4$	0,7	0,7	0,75	0,75	0,75
	3	1,1	1,2	1,25	1,35	1,4
	1/2	0,7	0,75	0,75	0,75	0,8
	2	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2
	1/2	0,75	0,75	0,8	0,85	0,9
	$1_{1/2}$	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15
	2/3	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0
		$\frac{d}{b}$	h/b			
			1/2	1	2	4
		1	0,9	0,95	1,0	1,05
					6	10
						20

Hình 1.15a Hệ số cản  $C_D$

Thực tế chẳng mấy khi con người tạo ra những ống nhẵn lý tưởng, còn số cột hình tròn tuy chiếm số đông trong các kết cấu song dựng vuông góc với mặt biển thì không phải đa số. Một trong những nguồn dữ liệu đáng tin cậy, được dùng khi tính toán là sử dụng kết quả đo trên các kết cấu thực tế đang tồn tại.

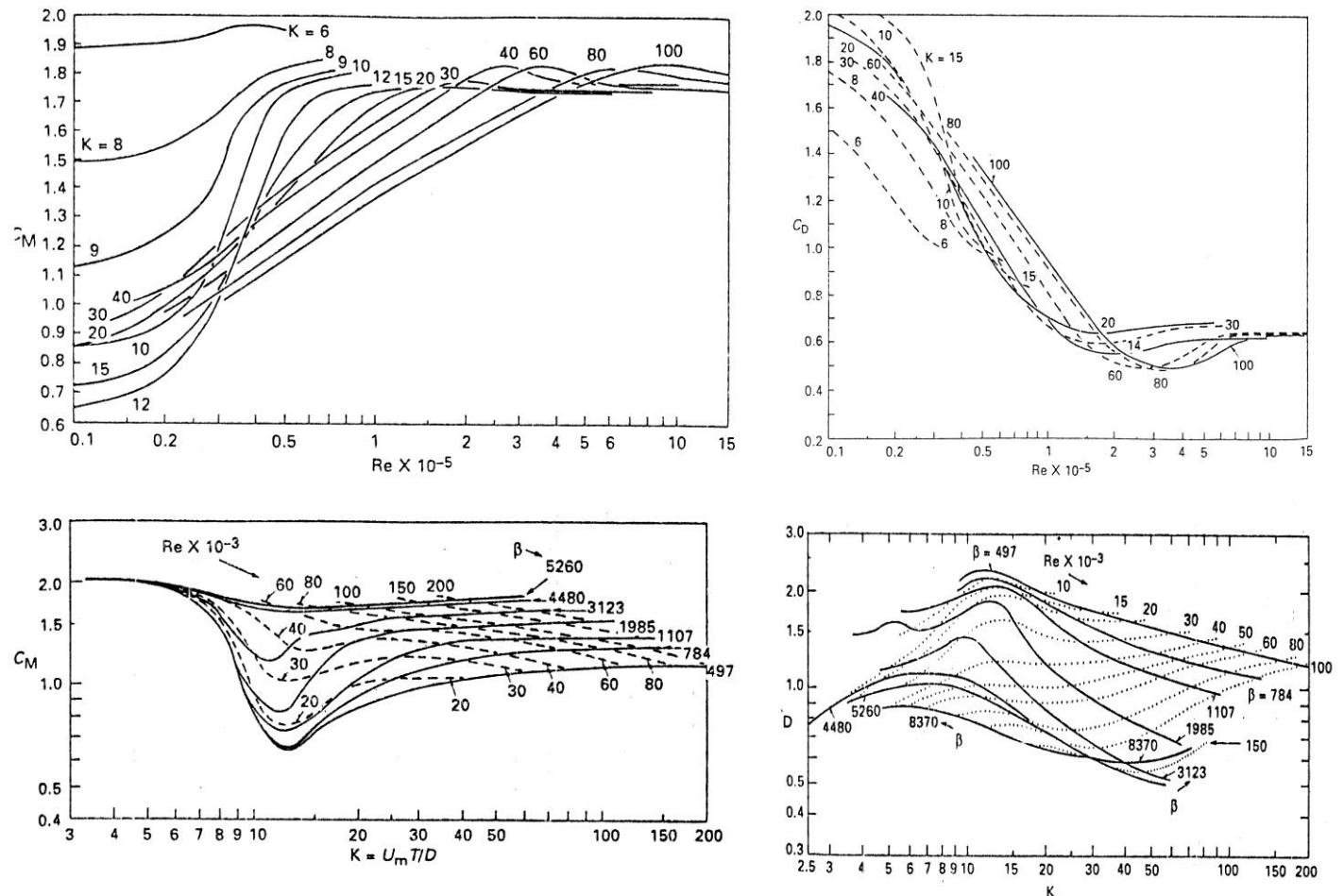
Trong thực tế xác định  $C_M$  và  $C_D$  khó hơn nhiều so với việc đổi chiều đồ thị vừa trình bày. Hệ số  $C_M$  và  $C_D$  còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện khác nữa của kết cấu. Để dễ diễn đạt sự thay đổi của các hệ số, ký hiệu cần thiết trong phần này được trình bày sau đây.

HÌNH DẠNG VẬT THỂ	$C_m$	$V$
ĐĨA TRÒN	0,64	$\frac{4}{3}\pi a^2$
ĐĨA ELLIP	$b/a$	$\frac{\pi}{6}a^2b$
	..	1,0
	12,75	0,99
	7,0	0,97
	3,0	0,90
	1,5	0,76
ĐĨA CHỮ NHẬT	$b/a$	$\frac{\pi}{4}a^2b$
	1,0	0,58
	1,5	0,69
	2,0	0,79
	3,0	0,83
	..	1,00
VẬT TRÒN XOAY CẦU	$\frac{1}{x}(\tan\theta)^{3/2}$	$\frac{a^3}{3}$
KHỐI ELLIP	$b/a$	$\frac{4}{3}\pi a^2$
NGANG	$D\vec{O}C$	$\frac{4}{3}\pi a^2b$
	1,5	0,30
	2,0	0,21
	2,51	0,16
	3,99	0,08
	6,97	0,04
	9,97	0,02
HỘP	$b/a$	$a^2b$
	$NGANG$	$a^2b$
	1	0,68
	2	0,36
	3	0,24
	4	0,19
	5	0,15
	6	0,13
	7	0,11
	10	0,08

Hình 1.15b Hệ số  $C_M$

Một trong những vấn đề khó khăn của việc áp dụng công thức Morison chính là xác định hai hệ số vừa nêu. Hai hệ số khác xa nhau về giá trị, phụ thuộc vào cấu hình vật thể, phụ thuộc vào địa hình đáy biển

và... Tài liệu minh họa tiếp theo nêu rõ những phức tạp này. Hệ số mước kèm cho vật thể hai chiều tính cho vật thể cấu hình khác nhau mang giá trị khác nhau, được giới thiệu tại hình 1.15a. Hệ số  $C_M$  khi dùng cho vật thể 3D, tiết diện mặt cắt ngang tương tự như các trường hợp vừa nêu nhưng giá trị thay đổi đáng kể., hình 1.15b



Hình 1.16 Hệ số  $C_M$ ,  $C_D$

Số Keulegan-Carpenter

$$K = \frac{U_m T}{D}$$

trong đó  $U_m$  – vận tốc pháp tuyến lớn nhất trong dòng dao động với chu kỳ  $T$ , quanh ống đường kính  $D$ .

Hai thông số quan trọng, có quan hệ với  $K$  gồm tỷ lệ giữa đường kính ống của két cấu và chiều dài sóng:  $D/\lambda$  và tỷ lệ giữa chiều cao sóng  $H$  với đường kính ống:  $H/D$ . Công thức Morison được áp dụng trong phạm vi  $D/\lambda < 0,20$ . Trong phạm vi này có thể phân biệt các vùng làm việc sau:

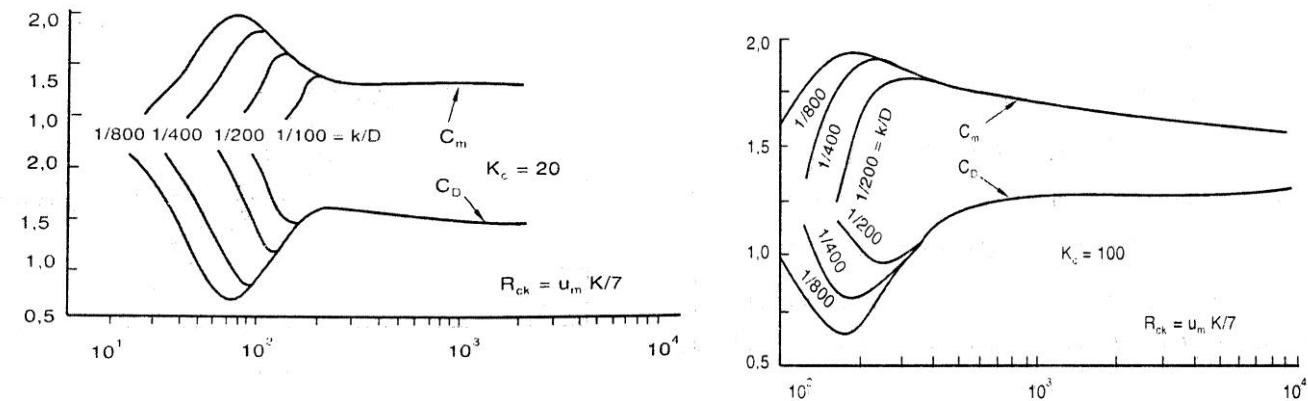
$K > 25$ : Lực cản chiếm tỷ lệ rất lớn trong toàn bộ lực Morison. Lực cản này là hàm số của số Reynolds, như sẽ trình bày dưới đây. Với  $Rn > 1,5 \times 10^6$  có thể xác định gần đúng cho ống lý tưởng  $C_M = 1,8$ ;  $C_D = 0,62$ . Với  $10^5 < Rn < 1,5 \times 10^6$  giá trị các hệ số sẽ là:  $C_M = 1,8$ ;  $C_D$  thay đổi từ 1,0 đến 0,60.

$5 < K < 25$ : Vùng trung gian giữa lực cản và quán tính. Trong phạm vi này công thức Morison vẫn được áp dụng song sự cách biệt giữa  $C_D$  và  $C_M$  khá rõ nét. Với  $Rn > 1,5 \times 10^6$  có thể xác định gần đúng cho ống lý tưởng  $C_M = 1,8$ ;  $C_D = 0,62$ .

$K < 5$ : Trong phạm vi này lực quán tính chiếm ưu thế. Khi tính có thể nhận  $C_M = 2.0$ , còn hệ số lực cản có thể bỏ qua.

Từ kết quả nghiên cứu ghi nhận sự thay đổi rất phức tạp của hệ số sức cản và hệ số momen quán tính theo dòng chảy, xem đồ thị tại các hình 1.16. Đây là quan hệ giữa các hệ số  $C_M$  và  $C_D$  dưới dạng hàm của số Reynolds và số Keulegan-Carpenter, dùng cho ống trụ nhẵn.

Sinh vật biển rất thích bám vào chân các kết cấu bị ngâm trong nước biển. Tác hại đầu tiên của việc này là làm cho bề mặt các ống bị đóng thêm một lớp chiều dày không mỏng và bề mặt luôn gồ ghề. Độ tăng trưởng chiều dày kéo theo tăng trưởng đường kính ống bị ngâm, làm thay đổi các giá trị  $D/\lambda$  và  $H/D$ , và theo đó thay đổi giá trị của các hệ số cản và quán tính. Mặt khác độ nhám bề mặt các ống tăng làm cho lực cản ma sát tăng. Đồ thị tại hình 1.17 biểu diễn độ tăng hệ số lực cản, tùy thuộc chiều dày lớp vỏ do sinh vật biển bám.



Hình 1.17

## Tải gió

Cơ cấu làm việc của gió trên biển khá phức tạp. Gió có vai trò quan trọng đối với độ bền kết cấu và ổn định tàu, công trình biển. Áp lực môi trường lên tàu nặng nhất từ phía gió. Lực do gió gây ra trên các công trình biển chiếm đến 15% tổng các lực thủy khí gồm sóng, gió, dòng chảy.

### Tính tải trọng gió

Vận tốc gió u tính theo mô hình Froya ghi tại DNV-RP-C205. Đơn vị dùng trong tính toán thuộc hệ thống Imperial.

$$u = U_0 \left[ 1 + 0,0573(1 + 0,148U_0)^{0.5} \ln(z/10) \right] \left\{ 1 - 0,41[0,06(1 + 0,043U_0)(z/10)^{-0.22}] \ln(t/3600) \right\}$$

trong đó:  $U_0$  = vận tốc trung bình 1 giờ đo tại EL(+) 10 m

$z$  = chiều cao

$t$  = thời gian trung bình ( $t < 3600$  s)

Tải do gió :

$$F = \frac{1}{2} \rho u^2 C_{ch} C_S A$$

trong đó:

$\rho$  = khối lượng không khí

$C_S$  = hệ số hình dáng

$C_{ch}$  – hệ số chiều cao

A = diện tích mặt hứng gió

Bảng 1.1 Hệ số chiều cao

Chiều cao (m)	$C_{ch}$
0 đến < 15,3	1,00
15,3 đến < 30,5	1,10
30,5 đến < 46,0	1,20
46,0 đến < 61,0	1,30
61,0 đến < 76,0	1,37
76,0 đến < 91,5	1,43
91,5 đến < 106,5	1,48
106,5 đến < 122,0	1,52
122,0 đến < 137,0	1,56
137,0 đến < 152,5	1,60
152,5 đến < 167,5	1,63
...	...
≥ 259,0	1,80

Bảng 1.2 Hệ số hình dáng

Cơ cấu	$C_s$
Kết cấu hình cầu	0,40
Kết cấu hình trụ	0,50
Thân	1,00
Lầu	1,00
Cơ cấu độc lập	1,50
Các phần tử dưới boong có dạng mặt tròn nhẵn	1,00
Các phần tử dưới boong có dạng dầm, xà	1,30
Tháp (tùng mặt)	1,25

#### 4 Thiết kế chân đế

Chân đế giàn có định jacket gồm các nhóm sau:

Chân đế 4 chân, dùng phô biến cho các giàn khoan dầu.

Chân đế 6 đến 8 chân chủ yếu dùng cho các giàn công nghệ

##### Cấu hình thanh giằng

Thanh giằng (jacket braces) chiếm số lượng lớn. Thanh giằng chủ yếu làm từ thép ống, đặt ở tư thế thẳng đứng, nằm ngang, chéo vv... Đây là hệ thống các thanh có khả năng chịu tải dọc trực lớn, chuyển tải bên ngoài tác động lên giàn về các cọc nền.

Những mô hình thường gặp các thanh giằng trình bày tại hình .

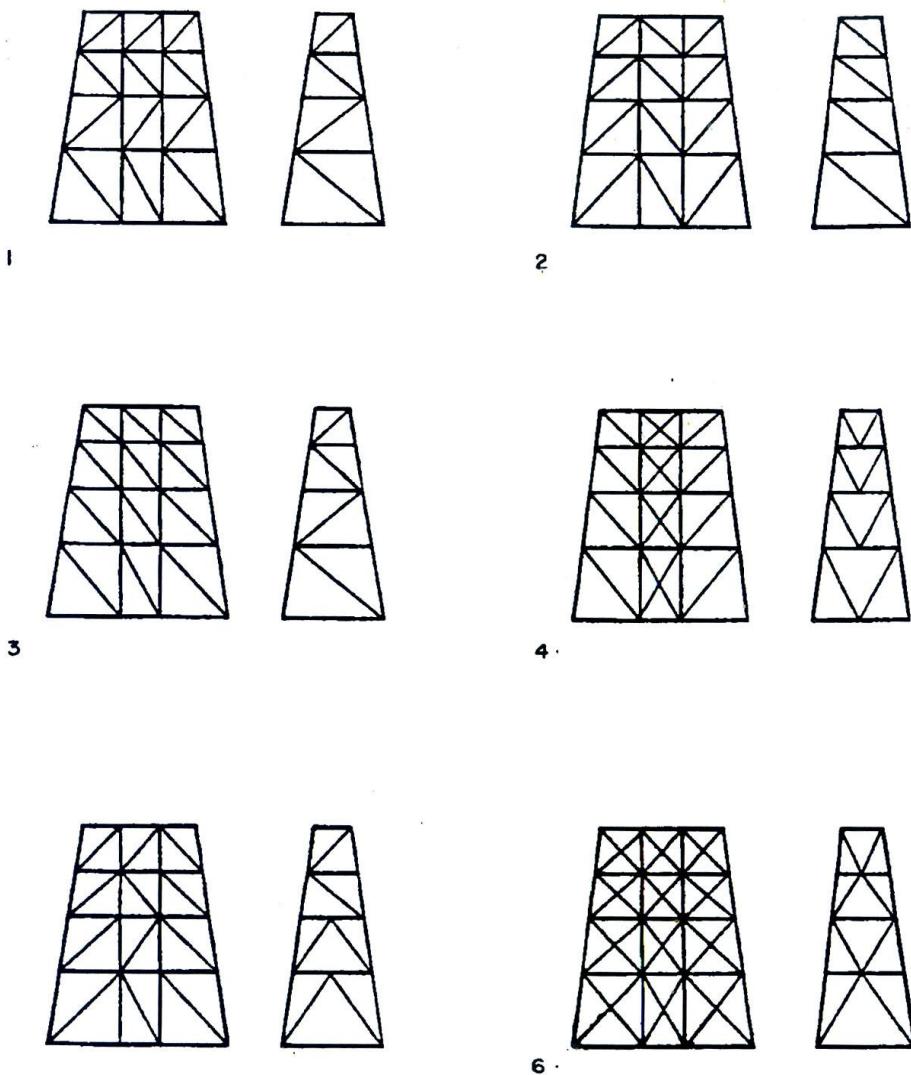
Kiểu 1: các thanh giằng tạo thành chữ K.

Kiểu 2 và 5: các thanh giằng tạo thành chữ V.

Kiểu 3: các thanh giằng tạo thành chữ N.

Kiểu 4: các thanh giằng tạo thành chữ V cong với X. Kiểu này dùng rộng rãi trên các giàn

Kiểu 6: các thanh giằng tạo thành chữ X.



Hình 1.18 Các nhóm kết cấu chân đế



Hình 1.19a Chân đế giàn Bullwinkle



Hình 1.19b Chim sáo



Hình 1.19c Hải Thạch



### Nút kết cầu ống

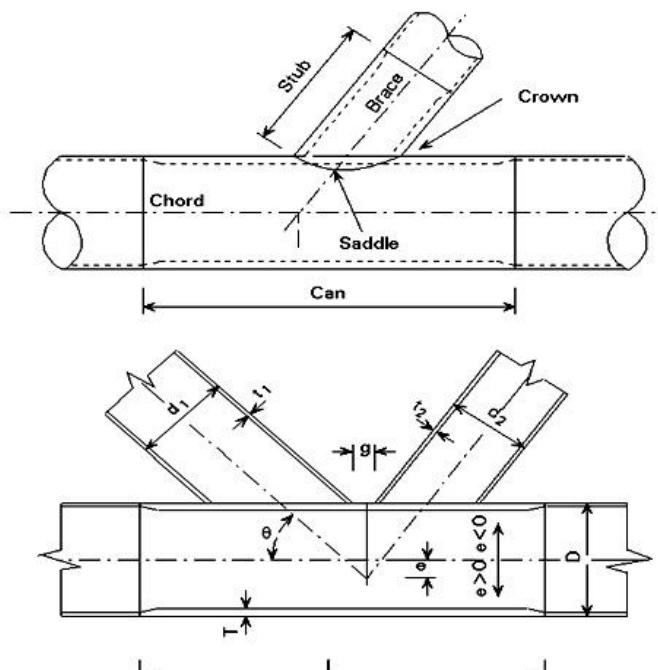
Xét trong mặt phẳng (trường hợp 2D) nút kết cầu giữa chân, thanh giằng ngang và thanh giằng chéo thuộc các nhóm chữ T, K, X, Y.

### Chọn kích thước chân đế

Phần lớn giàn tổ chức hệ thống chân giàn và cọc nền (pile) theo dạng, cọc nằm trong chân giàn. Trong hệ thống này chọn đường kính trong chân giàn phụ thuộc vào kích thước cọc nền. Đường kính trong đảm bảo làm việc ăn ý với cọc, đảm bảo cọc đi thông suốt trong chân đế cắm vào nền, đảm bảo gắn kết bền vững với chân khi cọc đã đạt độ sâu tính toán.

Đường kính ngoài chân đế chọn trên cơ sở đảm bảo chiều dày ống làm chân đáp ứng các yêu cầu bền của chân, cụ thể đảm bảo chân chịu được tải dọc trực, momen uốn chân, lực cắt và cả xoắn. Chiều dày ống làm chân đang có mặt trên thị trường từ 0,5 in (1,27 cm) đến 2,5 in (6,35 cm).

### Kết cấu nút

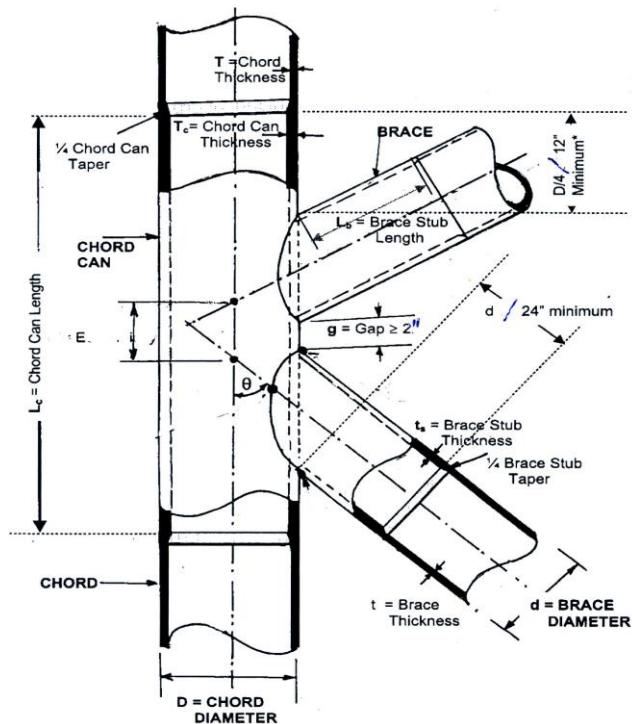
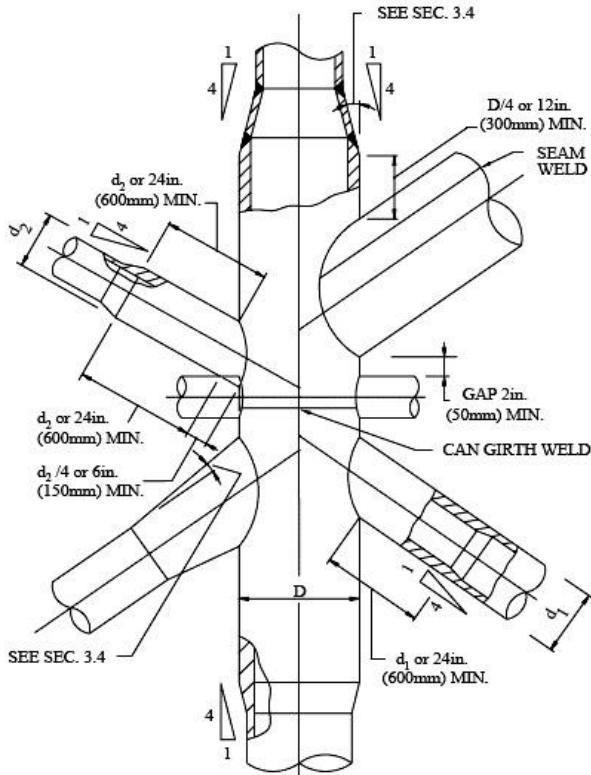


Hình 1.20 Kích thước nút kết cầu ống

## Tỷ lệ hình học

- $\alpha = 2L/D$  - độ mảnh đoạn can - Can slenderness ratio (4 – 10)  
 $\beta = d/D$  - tỷ lệ đường kính ống giằng và chân - Brace to chord diameter ratio (02 – 1)  
 $\gamma = D/(2T)$  - độ mảnh ống làm chân - Chord slenderness ratio (10 – 50)  
 $\tau = t/T$  - tỷ lệ chiều dày ống giằng và ống làm chân - Brace to chord thickness ratio (0,2 – 1)  
 $\zeta = g/D$  - khe hở tương đối - Relative gap ( $-0,6\beta/\sin\theta \div 1$ )

Bố trí nút kết cầu ống chân giàn và các yêu cầu kích thước tối thiểu trình bày tại hình 1.21



Hình 1.21

Kích thước khe hở giữa thành ngoài các ống phải được đảm bảo nhằm đảm bảo bền kết cấu. Lưu ý rằng khe hở thực tế (real gap) và khe hở lý thuyết không trùng nhau, người thiết kế quan tâm để khe hở thực tế được áp dụng trong các bảng tính. Khoảng cách giữa các ống chồng lên nhau là thông số quan trọng, được đảm bảo không nhỏ hơn giá trị tối thiểu xét theo yêu cầu bền.

## Bố trí nút

Nguyên tắc chung, mỗi hàn các nút phải xa khu vực tập trung ứng suất.

Những hình ảnh ghi lại quá trình hàn nút kết cầu tại nước ta trình bày tiếp dưới đây.

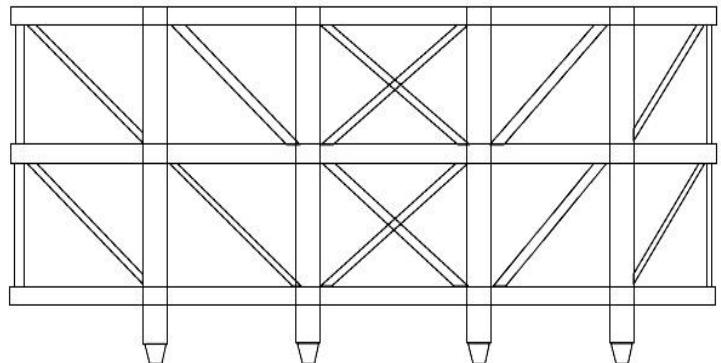


Hình 1.24 Ché tạo nút kết cầu

## 5 Thiết kế thượng tầng

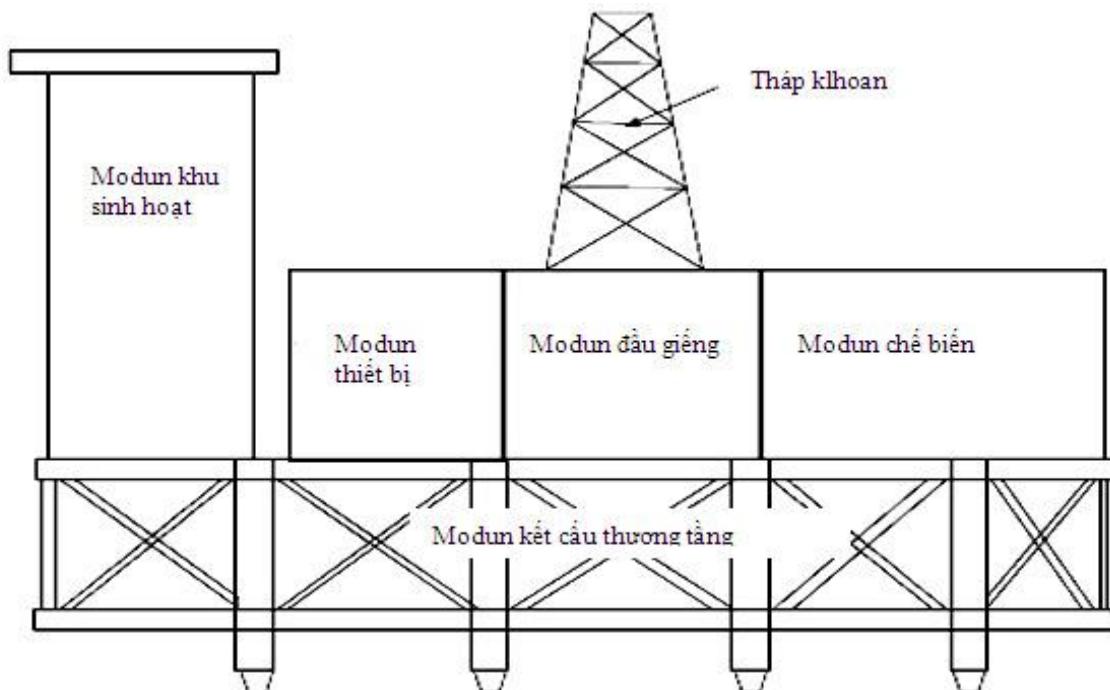
Những phương pháp thiết kế thượng tầng giàn ngoài khơi được đề xuất và thử nghiệm như sau.

- (1) Thiết kế thượng tầng dạng kết cấu một khối tích hợp, trong đó có mặt tất cả thành phần kết cấu thuộc thượng tầng.

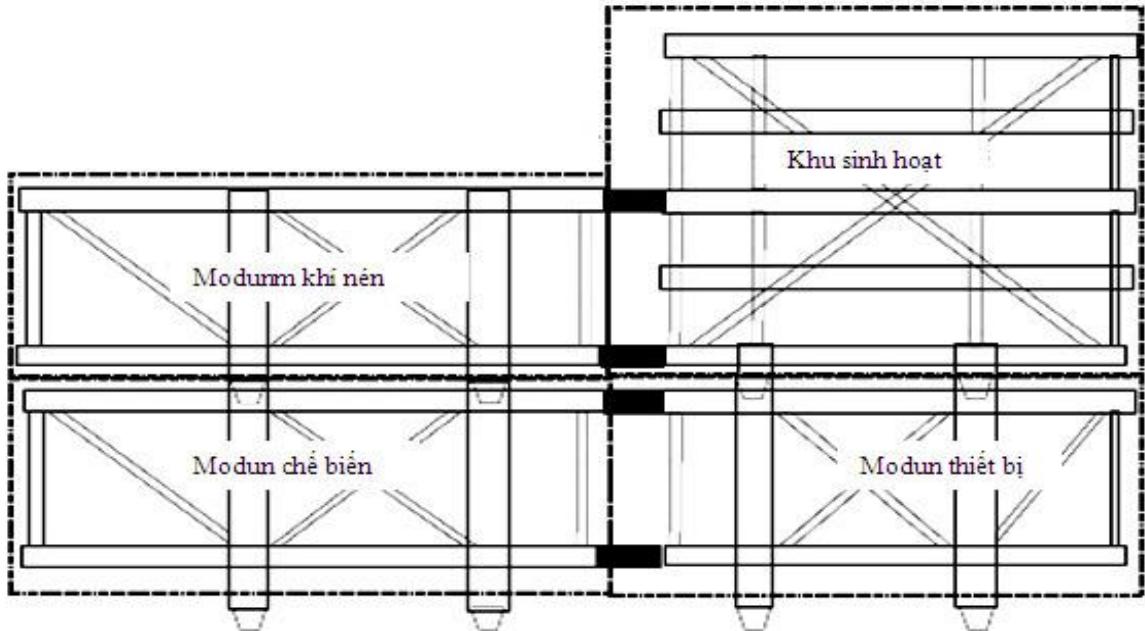


Hình 1.25 Thượng tầng tích hợp

- (2) Cách làm khác là chế tạo các mô đun cấu thành thượng tầng. Những phương án bố trí thường khác nhau, người thiết kế phải chọn lựa cách bố trí thượng tầng thích hợp với thiết kế giàn đã đề ra.



Hình 1.26 Phân mô đun thượng tầng



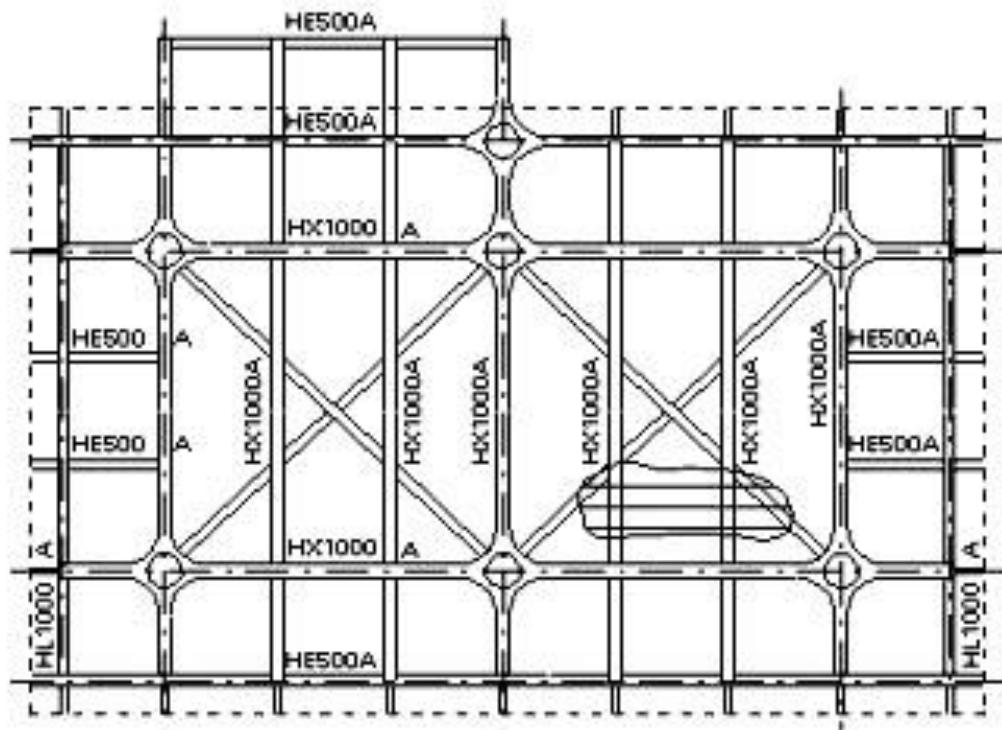
Hình 1.27 Các mô đun kết cấu thượng tầng

Những thiết bị có mặt trong các mô đun thượng tầng thông thường là: **tháp khoan** (drilling derrick) và những cột **cầu cẩu quay** (pedestal crane) phục vụ cho công việc khoan và nâng hạ thiết bị. Tháp ăng ten (radio mast) bố trí trên các giàn đóng vào những năm giữa thế kỷ XX trên đó gắn các đĩa parabol thu phát sóng và ăng ten vô tuyến. Ngày nay người ta thay các tháp cao bằng giàn đĩa parabol đặt ngay trên boong thượng. Giàn **dẫn khí đồng hành** (flare stack, flare boom) đưa khí ra khá xa so với mép boong, tránh cho ngọn lửa đốt khí đồng hành có thể gây bất trắc cho giàn. **Khu chế biến** (process area) thường cách khu sinh hoạt đoạn cần thiết. Trong khu vực này bố trí các bình áp suất cùng các thiết bị liên quan chuyên tách vật bẩn, vật lạ, khói sản phẩm trước khi nạp chúng vào **ống dẫn ngầm** (subsea pipeline). Trên boong (deck) người ta còn bố trí **thiết bị cứu sinh** gồm các xuồng cứu sinh, chịu lửa (lifeboats), phao. **Sân làm nơi đổ máy bay trực thăng** (helideck) bố trí chỗ thoáng, không quá sát với các tháp hoặc cột cầu. Nơi đây là nơi tiếp nhận người, vật tư cần thiết từ bờ ra, đưa người và vật tư vào bờ. Nơi đây còn là nơi tập kết người trong trường hợp có nạn để tìm cách thoát nạn.

### Boong

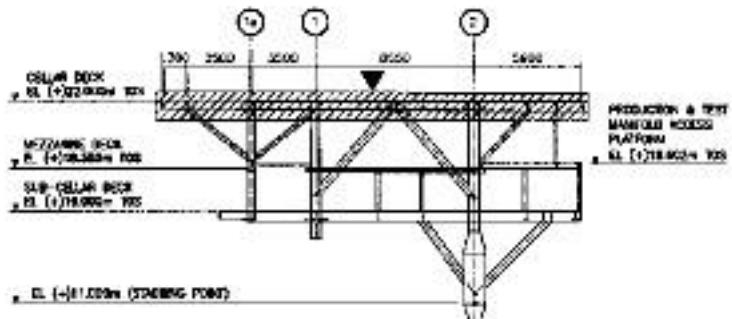
Boong theo cách gọi quen tại nước ta (xuất xứ từ này khá lạ tai với người đóng tàu: pont, tiếng Pháp nguyên gốc, mang nghĩa chiếc cầu) có nhiều chức năng cần thiết trên thượng tầng. Trên boong người ta có thể chứa hàng, dựng các lầu, thượng tầng làm nơi sinh hoạt, chứa các trang thiết bị. Boong tàu luôn là chỗ tựa đáng tin cho giàn mạn phải đứng mũi chịu sào trước môi trường sóng, gió đồng thời là chỗ tựa cho các vách dọc, ngang.

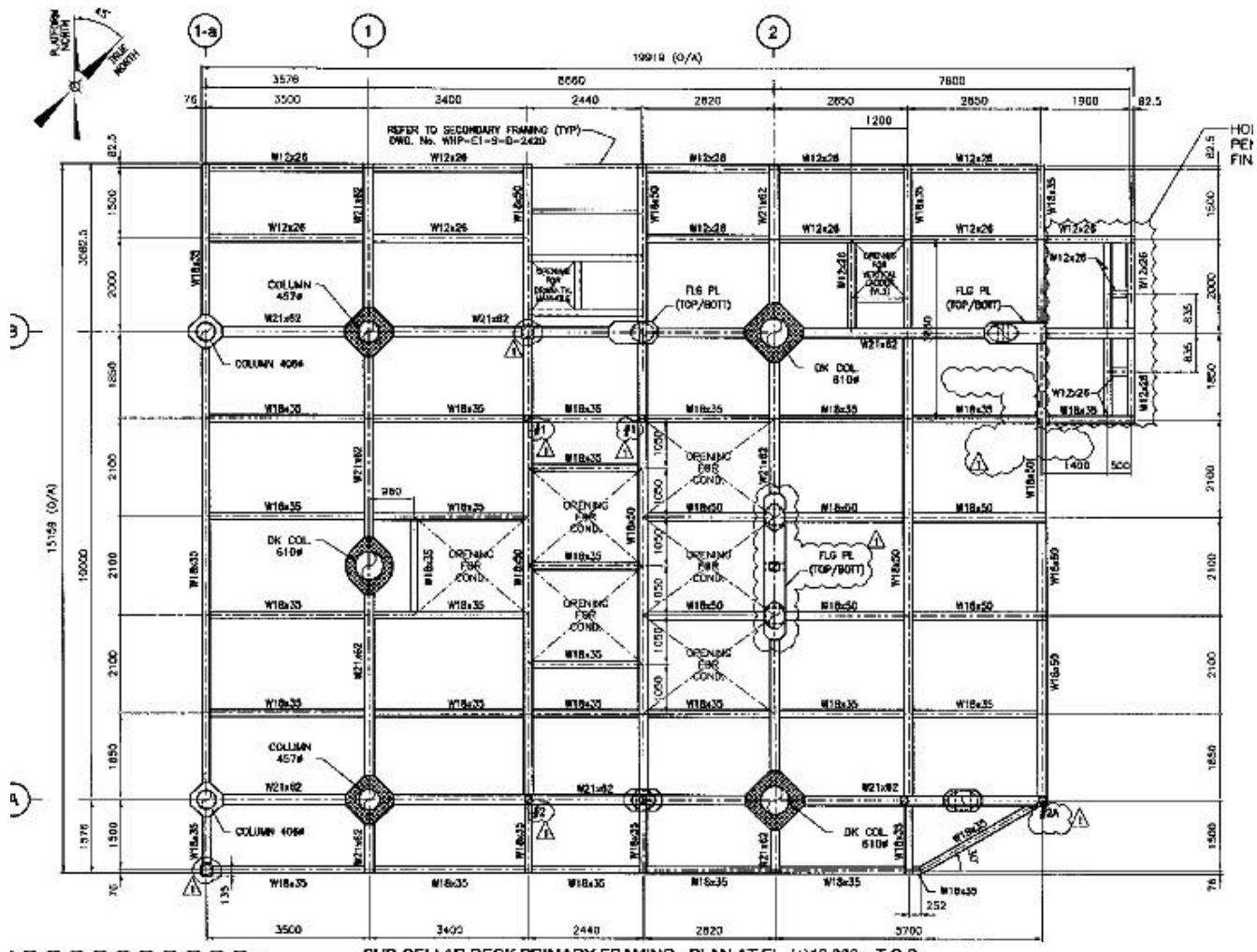
Giàn boong là giàn chịu lực. Những chi tiết quan trọng trong giàn boong, như đã giới thiệu trong hệ thống kết cấu ngang thông dụng gồm xà ngang boong nằm cùng mặt phẳng sườn, xà ngang boong khỏe nếu có. Xà dọc boong (deck girder) đặt vuông góc với hệ thống các xà ngang. Kết cấu xà dọc đang đề cập khỏe hơn nhiều nếu so với xà ngang. Thông thường xà dọc có dạng kết cấu chữ T hàn. Thành xà dọc cao đủ cho xà ngang boong chui qua mà không gây hại đến độ bền.



Hình 1.28

Kết cấu bê tông thường tầng giàn WHP đặt tại mỏ Rạng Đông có dạng như sau đây.



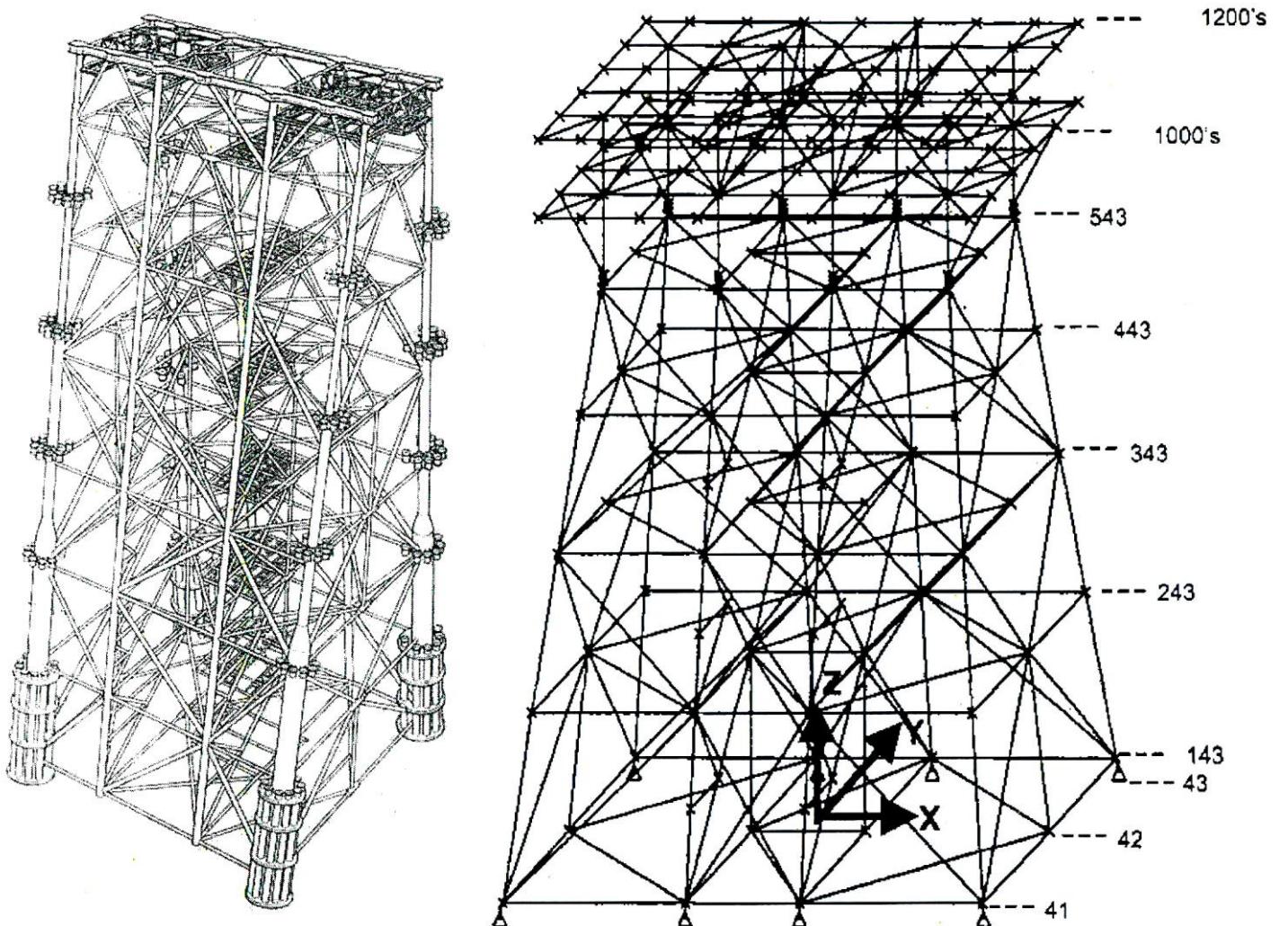


Hình 1.29



Hình 1.30 Thương tảng giàn cổ định chế tạo tại Vũng Tàu

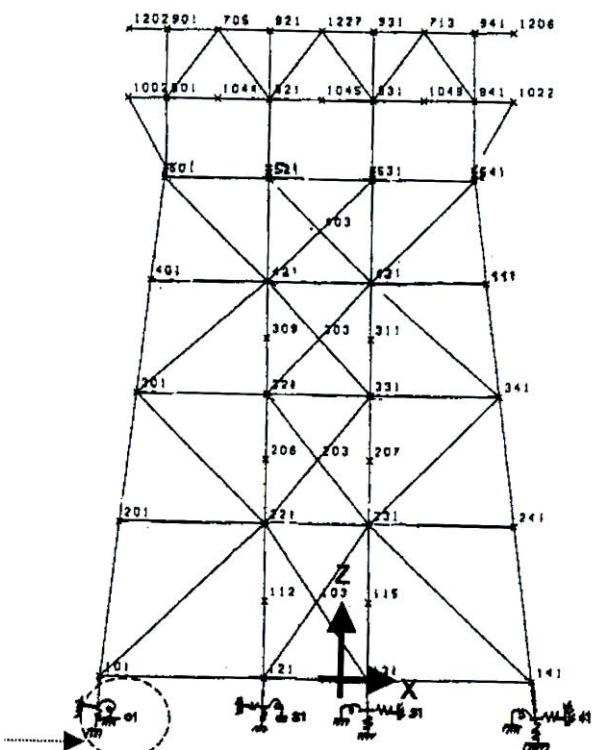
## 6 Phân tích bền chân đế



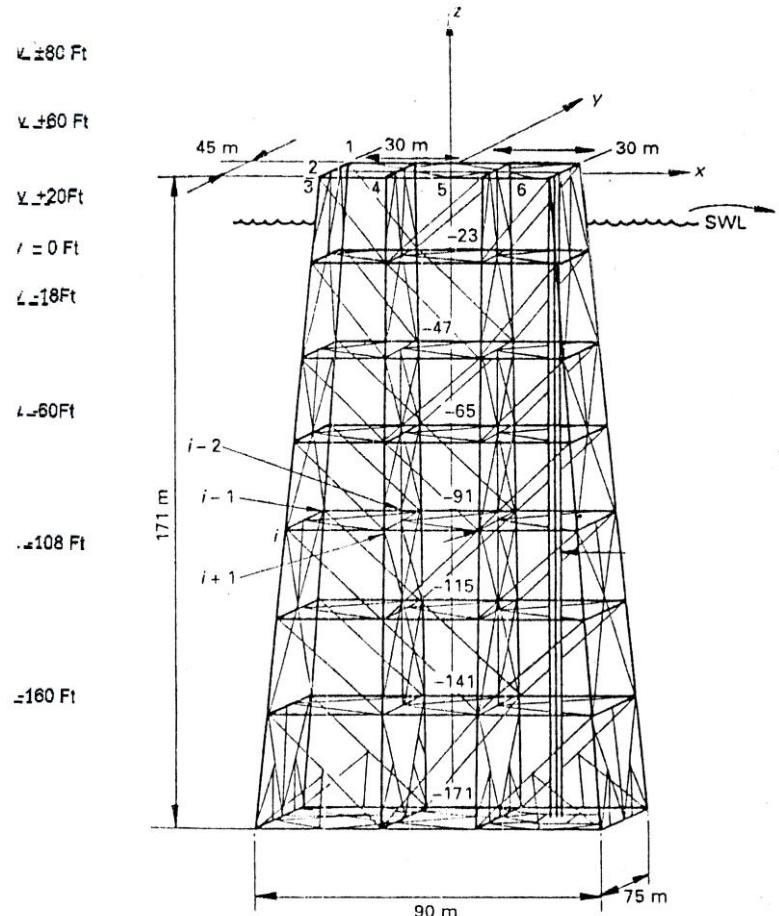
Hình 1.31 *Mô hình phân tích bền chân đế*

Công việc bỗ trợ tính toán thiết kế chân, thanh giằng là xác định đúng nội lực trong toàn bộ kết cấu chân đế. Công việc phức tạp này ngày nay được mô hình hóa và tính toán nhờ hỗ trợ máy tính. Hình 1.31 trình bày câu hình chân đế giàn cố định theo thiết kế của USA. Mô hình phân tử hữu hạn 3D xây dựng trong hệ tọa độ Oxyz, trục Oz hướng lên trên. Trong mô hình này tất cả các thanh giằng mô hình hóa nhờ phần tử TRUSS. Các chân mô hình dạng nhờ phần tử chịu uốn. Thượng tầng hình thành như các giàn phẳng, hệ thanh chịu uốn.

Các nút đánh số theo cách cũ trình bày tại hình 1.32a. Tên gọi phần tử theo cách tính trước đây ghi tại hình 1.32b



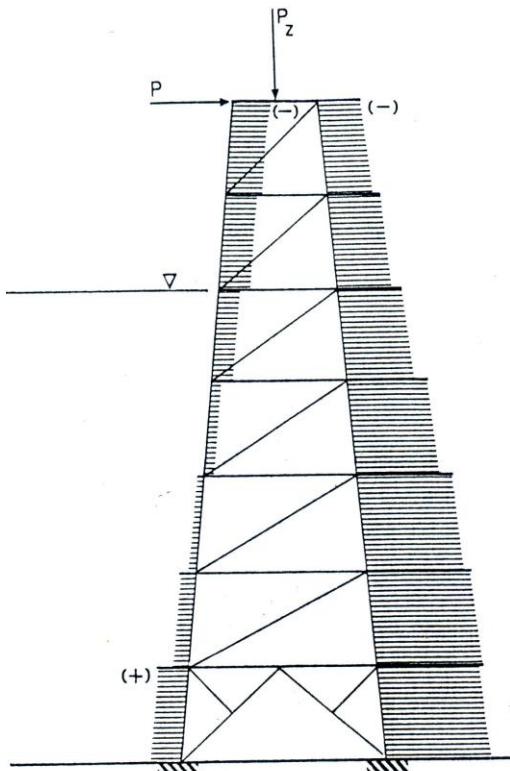
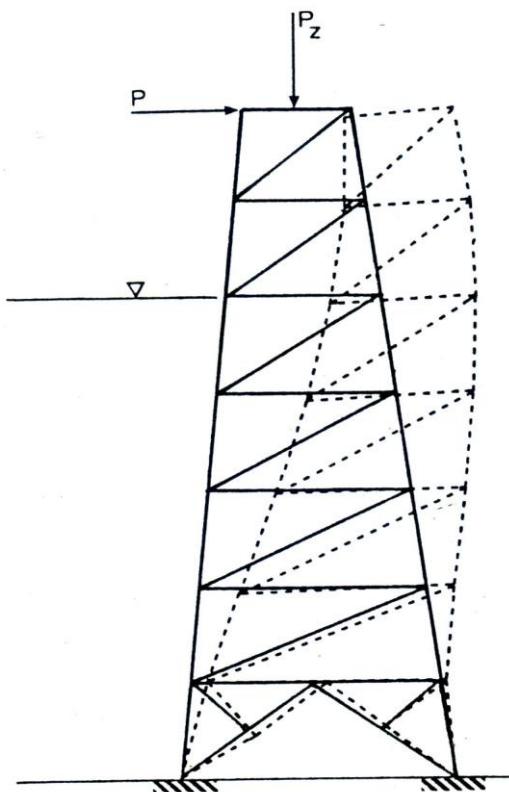
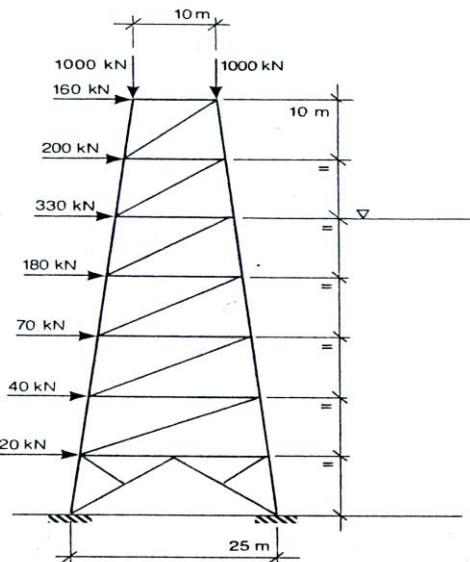
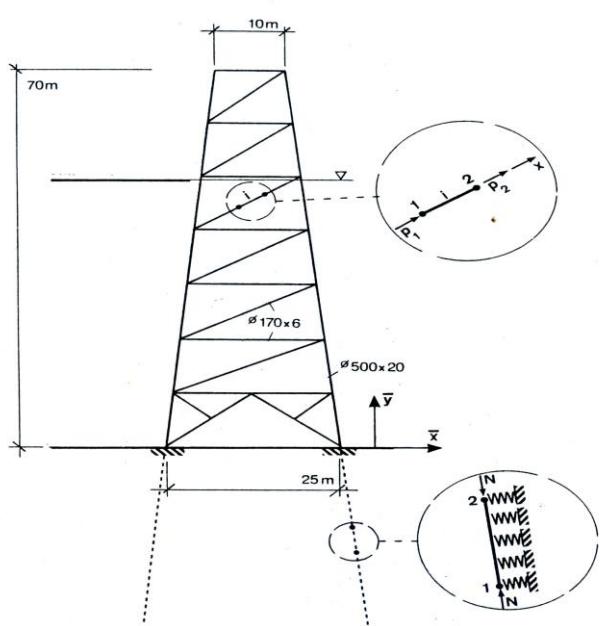
Hình 1.32 Đánh số nút

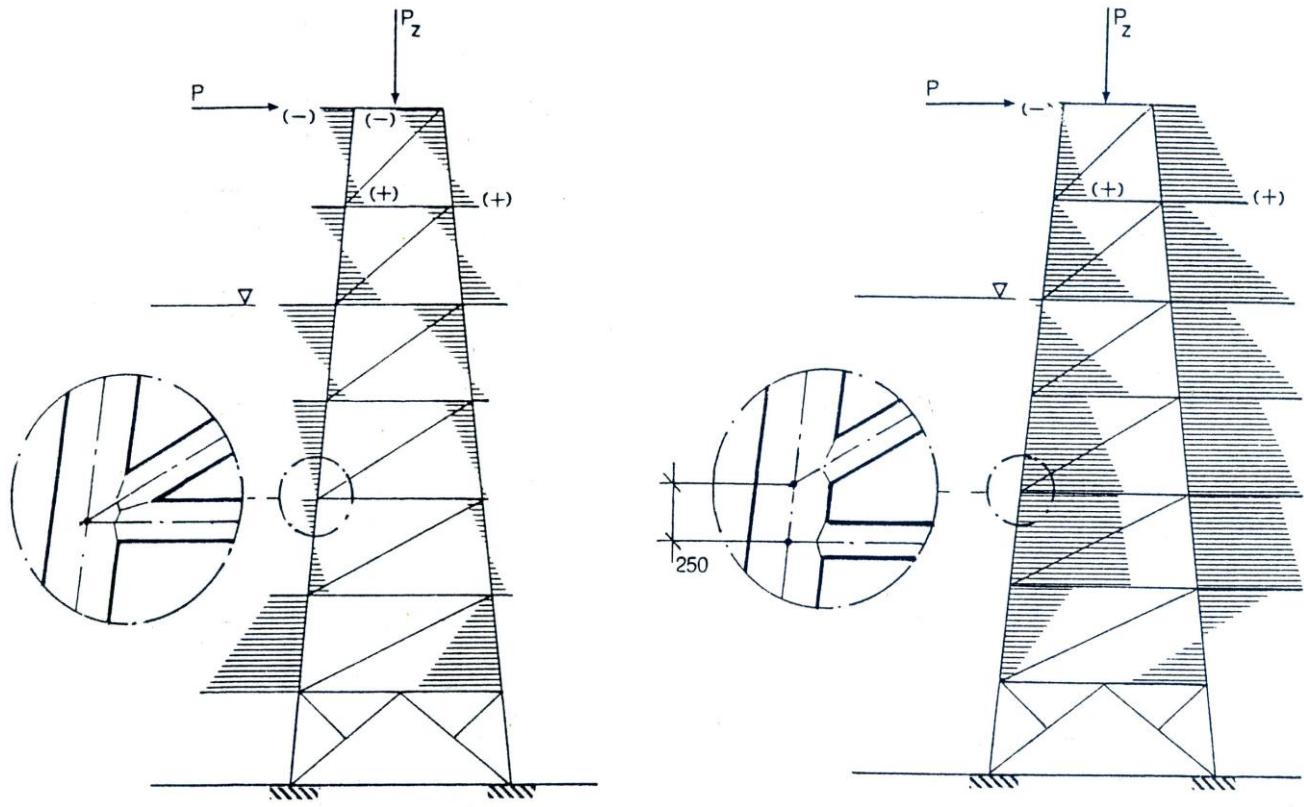


Hình 1.33 Mô hình 3D của jacket

Thường gặp trong các sách chuyên ngành in trước đây các mô hình 2D dùng phân tích bền giàn khoan được dùng phổ biến một thời. Nhờ đưa mô hình thực tế từ không gian 3 chiều về bài toán phẳng người tính toán có thể tiết kiệm bộ nhớ khi giải quyết bài toán trên giàn máy thời trước. Lúc bấy giờ dung lượng máy thường nhỏ, khả năng lưu trữ dữ liệu không cao, tốc độ tính của máy không lớn. Phải tìm mọi cách đơn giản hóa các bài toán, mà hạ bậc bài toán là một trong những cách làm hữu hiệu, tạo điều kiện cho người tính toán sử dụng phương tiện tính đang nêu giải quyết vấn đề đặt ra theo cách tốt nhất.

Mô hình 2D dùng tính nghiệm bền giàn cố định vẽ lại tại hình 1.34 tiếp theo.





Hình 1.34 *Những mô hình 2D tính toán độ bền chân đế ở trạng thái khai thác*

## 7 Phân tích mồi

**Số đo tồn thương** do bậc ứng suất thứ  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots$  nào đó gây ra có quan hệ tới công hay tới số chu kỳ ứng suất xác định bằng tỉ số:

$$D_i = \frac{n_i}{N_i} \quad (1.1)$$

trong đó  $n_i$  là số chu trình ứng suất mà phần tử phải chịu với ứng suất  $S_i$  không đổi và  $N_i$  - số chu trình tới phá hủy.

Tập hợp ứng suất nhiều *bậc* (*block*) khác nhau cùng tác động lên phần tử, số đo tồn thương tổng cộng sẽ là:

$$D = \sum_{i=1}^K D_i = \sum_{i=1}^K \frac{W_i}{W} = \sum_{i=1}^K \frac{n_i}{N_i} \quad (1.2)$$

trong đó  $W_i$ ,  $W$  - công thu được sau  $n_i$  chu trình ứng suất và công phá hủy,

$n_i$ ,  $n$  - số chu trình ứng suất mà phần tử phải chịu với ứng suất  $S_i = \text{const}$  và số chu trình tới phá hủy  $N_i$ , nhận trên đường  $S-N$ , ứng với  $S_i$  đó.

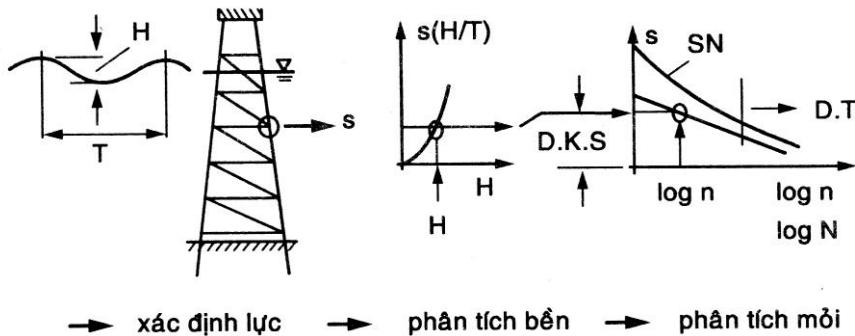
$D$  đạt giá trị xấp xỉ 1, kết cấu bị phá hủy. Trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hữu, điều kiện để công trình không bị phá hủy vì mỗi phải là:

$$D < D_{gh} \quad (1.3)$$

Giới hạn của số đo tổn thương  $D_{gh}$ , luôn nhỏ hơn 1. Giá trị cụ thể của  $D_{gh}$  được qui định cụ thể tùy thuộc tầm quan trọng của phần tử kết cấu trong hệ thống đang xét.

**Phương pháp xác định**<sup>1</sup> đang được dùng xác định tuổi thọ mỗi kết cấu tàu thủy, công trình ngoài khơi. Trong các điều kiện làm việc trên biển, lực do sóng tác động đến giàn, tàu thuộc nhóm lực lặp đi lặp lại gây mòn. Cường độ và chu kỳ tác động của lực này phụ thuộc vào chiều cao và chu kỳ sóng. Thống kê dài hạn của sóng tại vùng biển là thông số đầu vào cần thiết cho qui trình tính.

Sơ đồ các phép tính minh họa tại hình 1.35.



Hình 1.35 *Đánh giá độ bền mồi bằng phương pháp xác định*

1. Tập hợp theo nhóm sóng tác động đến công trình, tùy thuộc vào chiều cao  $H_i$  và chu kỳ  $T_j$ ,  $i=1,2,\dots, j=1,2,\dots$ . Số lượng sóng trong mỗi nhóm là hàm của tần suất  $P_{ij} = P[H_{Vi}, T_{Vj}]$ , đo tại mỗi vùng biển. Theo cách gọi hiện đại, đại lượng này phụ thuộc vào “lớp  $(H_{Vi}, T_{Vj})$  của biển”.
2. Xác định giá trị  $n_i = F(H_{Vi}, T_{Vj})$ .
3. Range ứng suất thứ bậc  $i$ ,  $S_i$  cản cứ chiều cao  $H_i$ , chu kỳ  $T_j$ :  $S_i = S(H_{Vi}, T_{Vj})$ .
4. Xác định giá trị  $N_i$  tương ứng với  $S_i$  cản cứ đường S-N.
5. Tính tổn thương mồi theo quan hệ:  $n_i/N_i$ .
6. Tính tổn thương tích lũy:  $D_R = \sum_{i=1}^K \frac{n_i}{N_i}$

trong đó  $D_R$  tổn thương trung bình trong thời gian tham chiếu  $T_R$ .

#### Xác định lực thủy động tác động lên công trình bằng phương pháp xác định

Lực thủy động do sóng và dòng chảy gây ra. Sóng đi kèm với chiều cao  $H_W$ , chu kỳ  $T$  được đưa vào tính đặc trưng sóng, theo lý thuyết sóng:

- a. sóng biên độ nhỏ, theo lý thuyết tuyến tính,
- b. sóng Stokes bậc năm, cho vùng nước sâu,
- c. sóng theo lý thuyết Stream cho vùng nước sâu.

Dòng chảy được coi tác dụng cùng chiều với sóng trong các chương trình tính.

Lực tác động đến công trình trên biển tính theo công thức Morison

#### Xác định hướng sóng

Với mỗi nút tính toán mỗi cần thiết chọn nhiều hướng sóng. Trong tính toán sử dụng chọn lựa: 4 hoặc 8 hướng sóng.

<sup>1</sup> Thuật ngữ chuyên ngành *deterministic analysis*

Với mỗi hướng sóng chọn lựa, thành lập hàm phân bố dài hạn xác định chiều cao và chu kỳ sóng. Trong mỗi hướng được xét hàm phân bố rời rạc hoá thành nhóm khi tính. Trong mỗi nhóm tiến hành xác định chiều cao sóng trung bình, chu kỳ trung bình ứng với chiều cao trung bình ấy.

Độ dâng mặt nước biển trong tính toán công trình ngoài khơi có thể viết dưới dạng công thức:

$$\zeta = \frac{H}{2} \sin\left(\frac{2\pi}{T} \cdot t\right) \quad (1.4)$$

Ứng suất luôn là hàm của độ dâng sóng, do vậy sẽ là hàm của vị trí và thời gian. Điều này đòi hỏi phải tính toán ứng suất ít nhất tại hai điểm khác nhau trên sóng, cho thời điểm  $t = t_0$  và  $t = t_0 + T/4$ . Range ứng suất cho mỗi vị trí tính của kết cấu được biểu diễn bằng công thức:

$$\Delta\sigma = 2\sqrt{[\sigma(t_0)]^2 + [\sigma(t_0 + T/4)]^2} \quad (1.5)$$

### Phương pháp phân tích phô

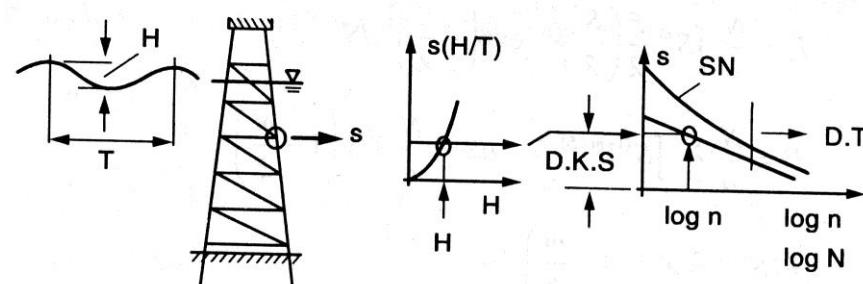
1. Xác định các hướng sóng tác động đến công trình, tàu và xác suất xuất hiện chúng,
2. Với mỗi hướng sóng, xác định số trạng thái biển và phân bố dài hạn sóng theo hướng đó,
3. Sử dụng phương pháp phân tích phô xác định phân bố ngắn hạn các đặc trưng trạng thái biển,
4. Xác định phân bố dài hạn các đặc trưng vùng biển,
5. Xác định phân bố range ứng suất dài hạn,
6. Tính tổng thương mồi tích lũy.

Trong tính toán sử dụng biểu đồ phân bố sóng *scatter diagram* như phương tiện miêu tả sóng biển tại vùng đang xem xét. Phô sóng  $S_\zeta(\omega)$  xây dựng trên cơ sở dữ liệu đầu vào vừa nêu dùng cho các bước tính tiếp theo.

Phô ứng suất tính cho phương tiện:

$$S_a(\omega) = |RAO|^2 \times S_\zeta(\omega); \quad S_\zeta(\omega, \theta) = f(\theta) \times S_\zeta(\omega); \quad f(\theta) = k \cos^n(\theta) \quad (1.6)$$

Hệ số  $k$  chọn nhằm thoả mãn điều kiện:  $\sum_{\theta=90}^{\theta+90} f(\theta) = 1$  (1.7)



Hình 1.36 Đánh giá mồi bằng phân tích phô

Chu kỳ của chu trình ứng suất trung bình:  $T_{02i} = 2\pi \sqrt{\frac{m_{0i}}{m_{imi}}}$

trong đó  $m_{ni} = \int_0^\infty \sum f(\theta) \omega^n S_a(\omega) d\omega$  (1.8)

$$\text{Số chu trình ứng suất trong trạng thái biến có chu kỳ } T_i: n = \frac{T_i}{T_{02i}} \quad (1.9)$$

### Xác định tổn thương mới

Bằng các phép tính từ cơ học kết cấu có thể xác định ứng suất tại các nút kết cấu cần tính độ bền mới. Dưới tác động lực lặp đi lặp lại, mang tính ngẫu nhiên, ứng suất tính toán tại mỗi nút có tính ngẫu nhiên. Nếu coi range ứng suất tại nút tính toán là đại lượng ngẫu nhiên với hàm mật độ xác suất  $P_s(S_i)$ , tổn thương tổng cộng theo quan điểm Palmgren-Miner  $\sum_{i=1}^K \frac{n_i}{N_i}$  được viết thành:

$$D = \int_0^\infty \frac{N.P_s(S_i)ds}{N(S_i)} \quad (1.10)$$

Dưới dạng hàm rời rạc:

$$D = \sum \frac{NP_s(S_i)\Delta S}{N(S_i)} \quad (1.11)$$

$N$  được tính bằng  $N = a/S_N^m$ , còn  $N(S_i)$  được tìm dưới dạng  $a/S_i^m$ , hàm  $D$  được viết thành:

$$D = \frac{N}{a} \int_0^\infty S^m P_s(S) dS, \text{ hoặc là:} \quad (1.12)$$

$$D = \frac{N}{a} E(S^m), \quad (1.13)$$

trong đó kỳ vọng toán của biến ngẫu nhiên  $S^m$ :  $E(S^m) = \int_0^\infty S^m P_s(S) dS$

Với giả thuyết range ứng suất tuân thủ luật Weibull, hàm mật độ tính theo công thức:

$$P_s(S) = \frac{\xi S^{\xi-1}}{\lambda^\xi} \exp\left(-\frac{S}{\lambda}\right)^\xi \quad (1.14)$$

Hàm  $D$  trở thành:

$$D = \frac{N}{a} \int_0^\infty S^m \frac{\xi}{\lambda} \left(\frac{S}{\lambda}\right)^{\xi-1} \exp\left(-\frac{S}{\lambda}\right)^\xi dS \quad (1.15)$$

$$D = \frac{N}{a} \lambda^m \int_0^\infty S^{(1+m/\xi)-1} e^{-s} ds = \frac{N}{a} \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.16)$$

$$\text{và } E(S^m) = \lambda^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.17)$$

Từ lý thuyết xác định xác suất để range ứng suất lớn hơn hoặc bằng giá trị lớn nhất  $S_{cmax}$  trong tổng số  $N$  chu trình là  $1/N$ . Xác suất để range ứng suất vượt quá giá trị cho trước  $S_c$  phải là  $\exp\left(-\frac{S_c}{\lambda}\right)^\xi$ .

$$\lambda^\xi = \frac{S_{cmax}^\xi}{\ln(N)} \quad (1.18)$$

Nếu gọi số chu trình vượt quá giá trị  $S_c$  là  $N_c$ , có thể viết:

$$S_c = S_{max} \left(1 - \frac{\ln(N_c)}{\ln(N)}\right)^{1/\xi} \quad (1.19)$$

Các biểu thức tính E và D:

$$E(S^m) = \frac{S_c^m}{(LnN)^{m/\xi}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.20)$$

$$D = \frac{N}{a} \frac{S_c^m}{(LnN)^{m/x}} \Gamma\left(1 + \frac{m}{x}\right) \quad (1.21)$$

### Tổn thương mỗi trong một chu trình ứng suất

Xét trường hợp ứng suất nút kết cấu là quá trình giải hẹp, thay vì xét hàm Weibull trong trường hợp tổng quát, sử dụng hàm phân bố xác suất Rayleigh:

$$P_s(S) = \frac{S}{\sigma_s^2} \exp\left(-\frac{1}{2} \frac{S^2}{\sigma_s^2}\right) \quad (1.22)$$

Range ứng suất cục bộ lớn nhất  $S_c$  tính cho trường hợp có xét hệ số tập trung ứng suất SCF:  $S_c = 2.S_a$ , SCF, trong đó  $S_a$  – biên độ ứng suất danh nghĩa.

$$E(S^m) = \left(2\sqrt{2}.SCF.\sigma_s\right)^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.23)$$

trong đó  $\sigma_s$  – độ lệch chuẩn của ứng suất như một quá trình ngẫu nhiên.

### Tổn thương mỗi cho một trạng thái biến ngắn hạn.

Trung bình tổn thương mỗi tính cho trạng thái biến xác định với số chu trình  $n_s$ :

$$E(S^m) = n_s \cdot \left(2\sqrt{2}.SCF.\sigma_s\right)^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (1.24)$$

Với quá trình dài hẹp số chu trình  $n_s$  xác định bằng biểu thức:

$$n_s = \frac{T_s}{T_0} \quad (1.25)$$

trong đó  $T_s$  - khoảng thời gian của trạng thái biến đang xét,  $T_0$  - trung bình chu kỳ tính qua trực ngang của quá trình ứng suất, tính theo công thức  $T_0 = 2\pi\sqrt{m_0/m_2}$

### Tổn thương mỗi trong khoảng thời gian dài

Trong khoảng thời gian dài, dưới tác động nhiều trạng thái biến khác nhau, tổn thương mỗi được tính như tổng các tổn thương. Giả sử, dưới tác động lớp sóng ( $H_{Vi}, T_{Vj}$ ), tính cho quảng thời gian tham chiết  $T_R$ , phần tổn thương mỗi có thể xác định là  $E[D_{Rij}]$ . Tính cho mọi trạng thái biến, trong suốt thời gian  $T_R$ , tổn thương mỗi tổng cộng sẽ là:

$$E[D_R] = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J E[D_{Rij}] P_{ij} = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \left( \sum_{l=1}^L \frac{1}{N_l} P_{lij} \right) P_{ij} \quad (1.26)$$

trong đó  $P_{ij} = P[H_{Vi}, T_{Vj}]$ , xác suất xuất hiện lớp sóng  $I, J$ , và  $P_{lij} = P[S_l | (H_{Vi}, T_{Vj})]$ , xác suất xuất hiện giá trị  $s$  của range ứng suất, trong miền  $S_l$ . Số lần sóng xuất hiện trong lớp sóng đang xét được ký hiệu bằng  $n_{ij}$ .

Đường S-N xây dựng từ kết quả thí nghiệm độ bền mỏi vật liệu, còn mang tên gọi đồ thị ứng suất – tuổi thọ (*stress-life*). Trục đứng trình bày range ứng suất (*stress range*), trục ngang biểu diễn số chu trình đến phá hủy (*cycles to failure*) hoặc mang tên gọi *stress cycles*.

Với chu trình phá hủy dạng sóng sinusoidal, giá trị trung bình khác 0, biểu đồ ứng suất trình bày tại hình 1.37, *stress range* hiểu như sau.

*Stress range* tính bằng biểu thức:

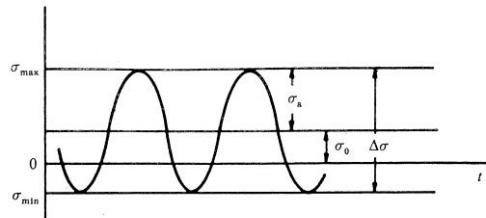
$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

Biên độ ứng suất:

$$\sigma_a = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$$

Ứng suất trung bình:

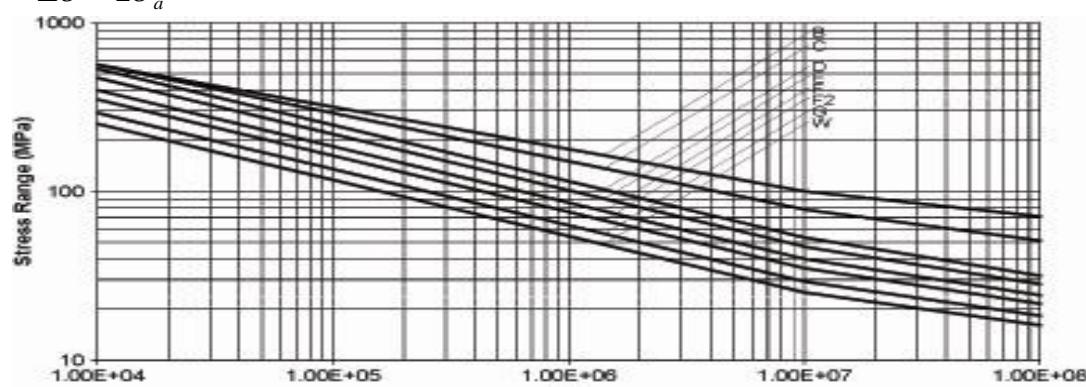
$$\sigma_m = \frac{1}{2}(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})$$



Hình 1.37

Trường hợp tính toán mỏi tàu thủy, giàn khoan di động, công trình ngoài khơi, ứng suất trung bình trong kết cấu ghi nhận mức 0, công thức xác định stress range được tính bằng 2 lần biên độ ứng suất tại điểm tính toán:

$$\Delta\sigma = 2\sigma_a$$



Hình 1.38 Họ đường S-N theo DEn

Đường S-N của DEn được giới thiệu tại hình 1.38.

Thư viện đường S-N hữu hiệu tính mỏi bao gồm:

(1) Theo tiêu chuẩn DNV

$$\text{Log}(N) = \text{Log } a - 2 \text{ Log } s - m \cdot \text{log}(S) \quad (1.27)$$

$$\text{Và } \text{Log } a^* = \text{log } a - 2 \text{ Log } s \quad (1.28)$$

Mỗi loại đường hàn ứng với một trong 9 đường S-N mang ký hiệu B, C, D, E, F, F2, G, W, T. Các đường này mang giá trị sau:

Bảng 1.3

Kiểu	$N \leq 10^7$				$N > 10^7$	
	Log a	Log s	Log a <sup>*</sup>	m	Log a <sup>*</sup>	m
B	15,3697	0,1821	15,01	4,0	17,01	5,0
C	14,0342	0,2041	13,63	3,5	16,47	5,0
D	12,6007	0,2095	12,18	3,0	15,63	5,0
E	12,5169	0,2509	12,02	3,0	15,37	5,0
F	12,2370	0,2183	11,80	3,0	15,0	5,0
F <sub>2</sub>	12,0900	0,2279	11,63	3,0	14,72	5,0
G	11,7525	0,1793	11,39	3,0	14,32	5,0
W	11,5662	0,1846	11,20	3,0	14,0	5,0

T	12,6606	0,2484	12,16	3,0	15,62	5,0
---	---------	--------	-------	-----	-------	-----

Số chu trình cơ sở  $2 \cdot 10^8$ .

Chi tiết các đường S-N có hệ thống chống ăn mòn hiệu quả nằm trong vùng ranh giới hay vùng ngập nước như sau:

Bảng 1.4

	Log a	Log s	Log a*	m	Sr(MPa)
B	15,3697	0,1821	15,01	4,0	48
C	14,0342	0,2041	13,63	3,5	33
D	12,6007	0,2095	12,18	3,0	20
E	12,5169	0,2509	12,02	3,0	18
F	12,2370	0,2183	11,80	3,0	15
F <sub>2</sub>	12,0900	0,2279	11,63	3,0	13
G	11,7525	0,1793	11,39	3,0	11
W	11,5662	0,1846	11,20	3,0	10
T	12,6606	0,2484	12,16	3,0	19

Chiều dày tiêu chuẩn:

Nội ống (nhóm T) 32mm

Nội không dạng ống đến 22mm

Hiệu chỉnh chiều dày theo công thức:

$$\text{Nội ống: } Log N = \log a^* - m \log \frac{S}{(32/t)^{1/4}}$$

(2) Theo tiêu chuẩn LR

Đường S-N theo Đăng kiểm LR áp dụng cho các môi nội. Đồ thị có dạng:

Log a = 14,94

m = 4,27 và N = 2.10<sup>8</sup>.

(3) Đường S-N theo tiêu chuẩn Bộ Năng lượng UK

Bảng 1.5

Kiểu	$N > 10^7$				
	Log a	m	Sr[N/mm <sup>2</sup> ]	Log a*	m
B	15,01	4,0	100	17,01	5,0
C	13,63	3,5	78	16,47	5,0
D	12,18	3,0	53	15,63	5,0
E	12,02	3,0	47	15,37	5,0
F	11,81	3,0	40	15,0	5,0
F <sub>2</sub>	11,63	3,0	35	14,72	5,0
G	11,39	3,0	29	14,32	5,0
W	11,20	3,0	25	14,0	5,0
T	12,16	3,0	53	15,62	5,0

(3) Tiêu chuẩn của Viện dầu khí Mỹ API

Áp dụng cho trường hợp N = 2.10<sup>8</sup>

Đường X: m = 4,38 ; log a = 15,06 ; Sr = 35 N/mm<sup>2</sup>

Đường X': m = 3,74 ; log a = 13,39 ; Sr = 23 N/mm<sup>2</sup>

Đường S-N xây dựng từ kết quả thí nghiệm độ bền mỗi vật liệu, còn mang tên gọi đồ thị ứng suất – tuổi thọ (stress-life). Trục đứng trình bày stress range, trục ngang biểu diễn số chu trình đến phá hủy (cycles to failure) hoặc mang tên gọi stress cycles.

## Hệ số an toàn

Hệ số  $D/D_{gh}$  tính cho mỗi nút tính toán không nhỏ hơn giá trị sau:

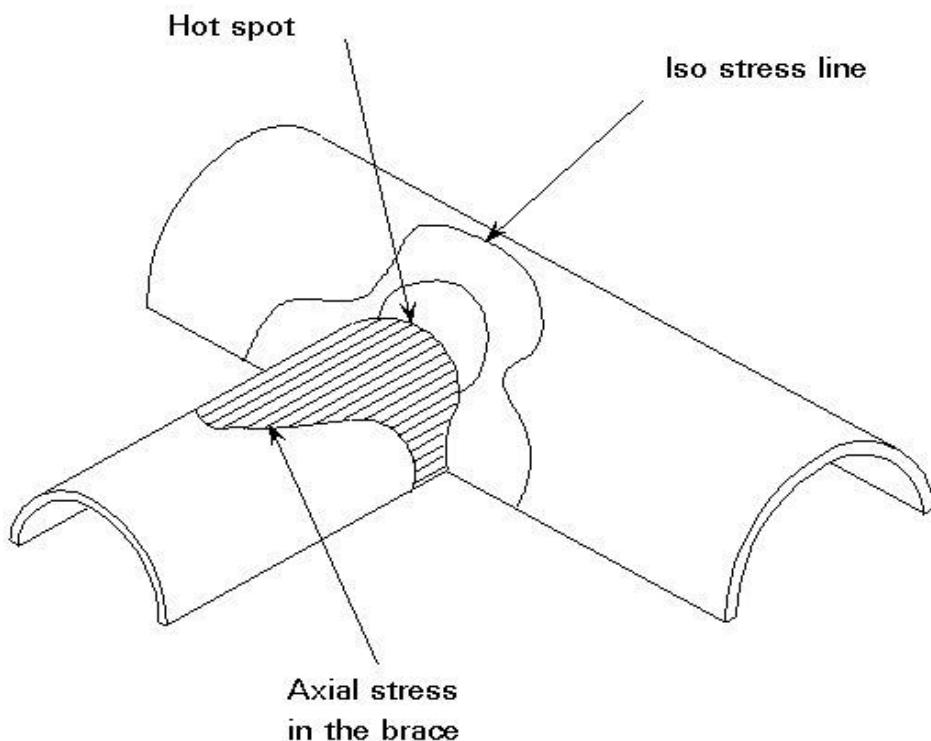
Những vị trí có thể theo dõi, kiểm tra thường xuyên: 2

Những vị trí không thể theo dõi, kiểm tra thường xuyên: 5

## Hệ số tập trung ứng suất (Stress concentration factor – SCF)

Hệ số tập trung ứng suất cho các mối nối ống không gia cứng

Theo khuyến cáo của LR hệ số SCF các mối nối ống, hình 1.39, tính như sau:



Hình 1.39

## Công thức tính hệ số tập trung ứng suất (Stress concentration factor)

Hệ số tập trung ứng suất (stress concentration factor - SCF) được xác định bằng tỷ lệ giữa ứng suất lớn nhất hay ứng suất điểm nóng (hot spot stress  $f_{HS}$ ) và ứng suất danh nghĩa (nominal brace stress  $f_{NOM}$ ):

$$SCF = f_{HS}/f_{NOM}$$

### Phương trình Kellogg

Công thức sau dùng cho phân tích sơ bộ:

$$f_{HS}/v_p = 1,8 \sqrt{\gamma}$$

$v_p$  là dập cắt (punching shear).

### Công thức kinh nghiệm

### Công thức Kuang cho mối nối T/Y

### Tải dọc trực

$$SCF_{CHORD} = 1,981 \gamma^{0,808} \tau^{1,333} \exp(-1,2\beta^3) \alpha^{0,057} \sin^{1,694} \theta$$

$$SCF_{BRACE} = 3,751 \gamma^{0,55} \tau_{\exp}(-1,35\beta^3) \alpha^{0,12} \sin^{1,94} \theta$$

### **Uốn**

$$SCF_{CHORD} = 1,024 \gamma^{1,014} \tau^{0,889} \beta^{0,787} \sin^{1,557} \theta \quad 0,3 \leq \beta \leq 0,55$$

$$SCF_{CHORD} = 0,462 \gamma^{1,014} \tau^{0,889} \beta^{(-0,619)} \sin^{1,557} \theta \quad 0,55 \leq \beta \leq 0,75$$

$$SCF_{BRACE} = 1,522 \gamma^{0,852} \tau^{0,543} \beta^{0,801} \sin^{2,033} \theta \quad 0,3 \leq \beta \leq 0,55$$

$$SCF_{BRACE} = 0,796 \gamma^{0,852} \tau^{0,543} \beta^{(-0,281)} \sin^{2,033} \theta \quad 0,55 \leq \beta \leq 0,75$$

### **Uốn In-plane**

$$SCF_{CHORD} = 0,702 \gamma^{0,60} \tau^{0,86} \beta^{(-0,04)} \sin^{0,57} \theta$$

$$SCF_{BRACE} = 1,301 \gamma^{0,23} \tau^{0,38} \beta^{(-0,38)} \sin^{0,21} \theta$$

### **Công thức Kuang cho mối nối K**

#### **Tải dọc trực**

$$SCF_{CHORD} = 1,506 \gamma^{0,666} \tau^{1,104} \beta^{(-0,059)} (g/D)^{0,067} \sin^{1,521} \theta$$

$$SCF_{BRACE} = 0,92 \gamma^{0,157} \tau^{0,56} \beta^{(-0,441)} (g/D)^{0,058} \text{Exp}(1,448 \sin \theta)$$

#### **Uốn In-plane (bending moment applied to one brace only)**

$$SCF_{CHORD} = 1,822 \gamma^{0,38} \tau^{0,94} \beta^{0,06} \sin^{0,9} \theta$$

$$SCF_{BRACE} = 2,827 \tau^{0,35} \beta^{-0,35} \sin^{0,5} \theta$$

### **Công thức Kuang cho mối nối KT**

#### **Tải dọc trực**

$$SCF_{CHORD} = 1,83 \gamma^{0,54} \tau^{1,068} \beta^{0,12} \sin \theta \quad 0^\circ < \theta \leq 90^\circ$$

$$SCF_{BRACE} = 6,06 \gamma^{0,1} \tau^{0,68} \beta^{-0,36} \{(g1+g2)/D\}^{0,126} \sin^{0,5} \theta \quad 0^\circ < \theta \geq 45^\circ$$

$$SCF_{BRACE} = 13,8 \gamma^{0,1} \tau^{0,68} \beta^{-0,36} \{(g1+g2)/D\}^{0,126} \sin^{2,88} \theta \quad 45^\circ \leq \theta \geq 90^\circ$$

$$SCF_{BRACE} = 4,89 \gamma^{0,123} \tau^{0,672} \beta^{-0,396} \{(g1+g2)/D\}^{0,159} \sin^{2,267} \theta$$

#### **Uốn In-plane – như với nút K**

#### **Phạm vi sử dụng**

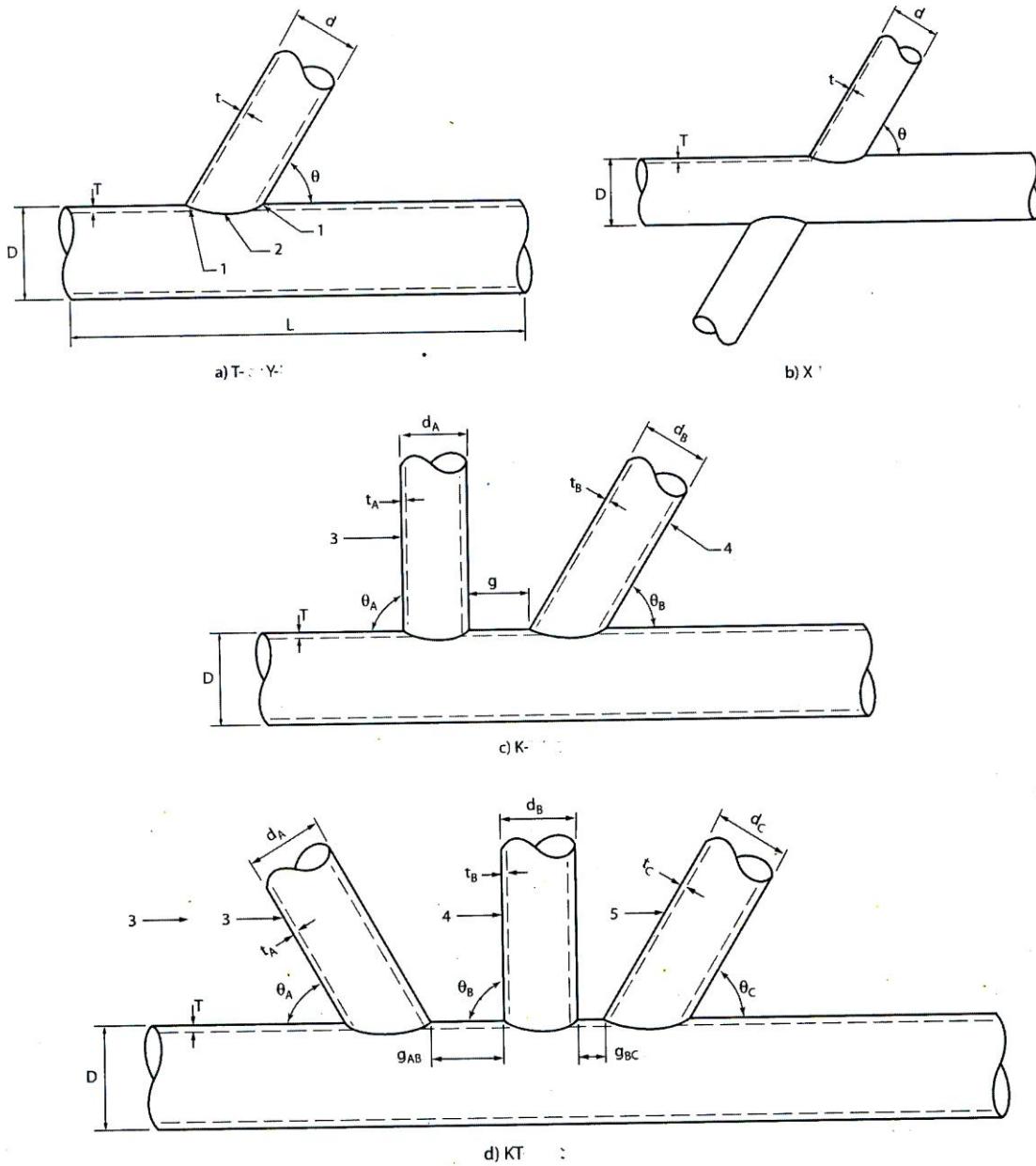
$$8,333 \leq \gamma \leq 33,3$$

$$0,20 \leq \tau \leq 0,8$$

$$0,3 \leq \beta \leq 0,8 \text{ nếu không trình bày khác}$$

$$6,667 \leq \alpha \leq 40 \text{ nếu không trình bày khác}$$

$$0^\circ \leq \sigma \leq 90^\circ \text{ nếu không trình bày khác}$$



1 Crown	$\beta = d/D$	$\beta_A = d_A/D$	$\beta_B = d_B/D$	$\beta_C = d_C/D$
2 Saddle	$\tau = t/T$	$\tau_A = t_A/T$	$\tau_B = t_B/T$	$\tau_C = t_C/T$
3 Brace A	$\zeta = g/D$	$\zeta_{AB} = g_{AB}/D$	$\zeta_{BC} = g_{BC}/D$	
4 Brace B	$\gamma = D/2T$			
	$\alpha = L/2D$			

Hình 1.40 Định nghĩa hệ số tập trung ứng suất theo Efthymiou

Phạm vi ứng dụng các tham số trong công thức Efthymiou:

$\beta$  từ 0,2 đến 1

$\tau$  từ 0,2 đến 1

$\gamma$  từ 8 đến 32

$\alpha$  ( $L/2D$ ) từ 4 đến 40

$\theta$  từ  $20^\circ$  đến  $90^\circ$

$\zeta$  (gap) từ  $-0,6\beta / \sin\theta$  đến 1.

## 8 Thiết kế pile

Cọc cắm vào nền giàn theo một trong hai cách đang dùng:

Cọc được dẫn theo ống chân đế, cắm vào nền

Nhóm cọc được bao trong lớp bọc, bó lấy chân của jacket

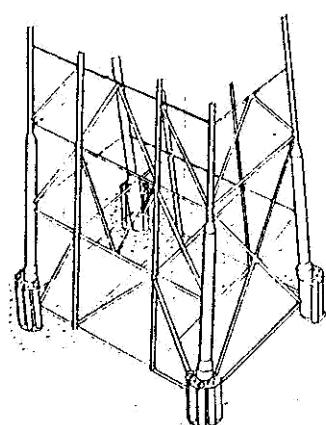
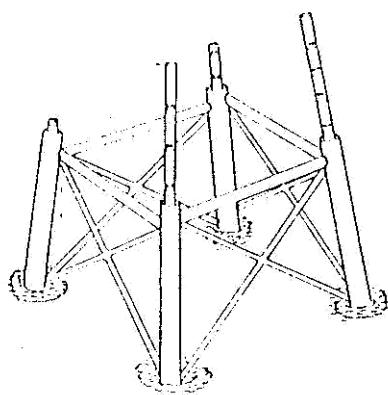
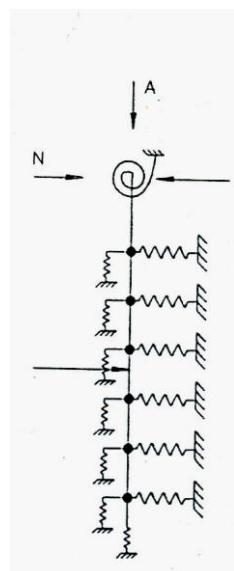
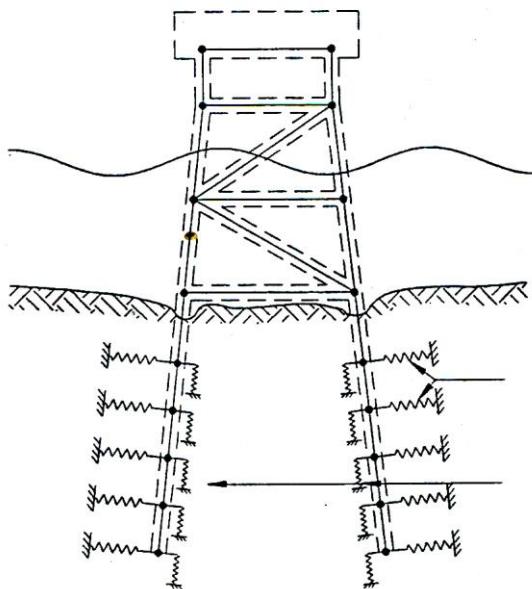
Chọn kích cỡ cọc pile dựa vào các bảng tính độ bền theo đó đã xác định tải dọc trực pile và lực cắt cọc. Giá trị lớn nhất các tải này về nguyên tắc xuất hiện trong trường hợp giàn chịu tải sóng, gió trong các cơn bão lớn nhất. Tải tác động lên cọc do các yếu tố sau quyết định:

Trọng lượng thượng tầng cùng trang thiết bị

Tải do gió

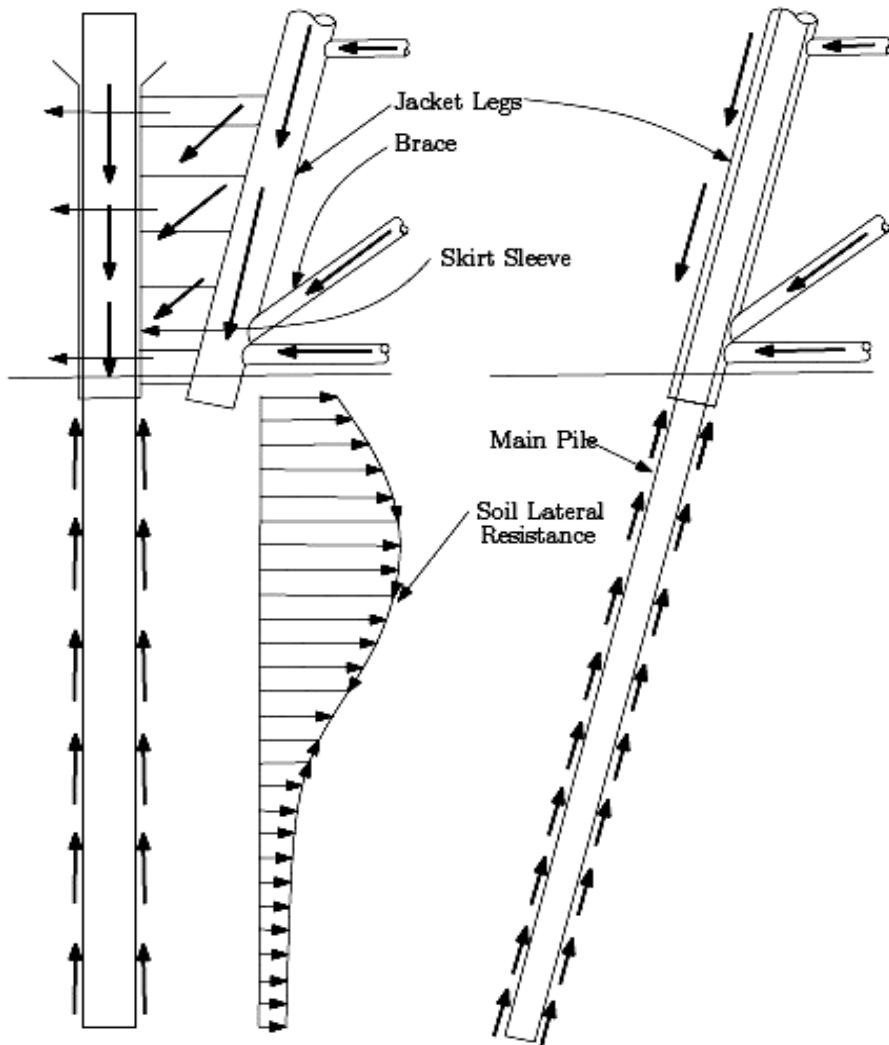
Trọng lượng chân đế sau khi trừ đi phần lực nổi,

Tải do động đất, trượt đất



Hình 1.41 Hai cách kết cọc nền (pile) chân đế giàn có định: đóng cọc trong ống thép làm chân (trái) và sử dụng bó cọc (phải)

Tải tác động các cọc có dạng như trình bày tại hình 1.42.



Hình 1.42 Tải tác động đến cọc

Kích thước ban đầu của cọc pile :

*Dường kính ngoài* chọn theo nguyên tắc đảm bảo mang được tải vừa nêu, từ phía phia kết cấu bên trên cọc, đảm bảo đủ bên khi chịu tác động từ phía nền mà cọc cắm sâu vào, chịu tải động do thiết bị đóng cọc gây ra. *Xác định chiều sâu cắm cọc.* chiều sâu xác định trên cơ sở gần đúng, tính theo khả năng chịu tải dọc trực nhau với hệ số an toàn.

Khả năng chịu tải dọc trực của cọc tính theo hướng dẫn của Viện dầu khí API:

$$Q_d = Q_f + Q_p = \int_{z=0}^L f(z)A_s(z)dz + q.A_p$$

trong đó

$Q_f$  - sức cản nền gây ra khi pile cắm vào lòng đất,

$Q_p$  - sức cản toàn bộ đầu cọc tính theo  $q.A_p$ ,

$A(z)$  – diện tích mặt cọc trên đơn vị chiều sâu,

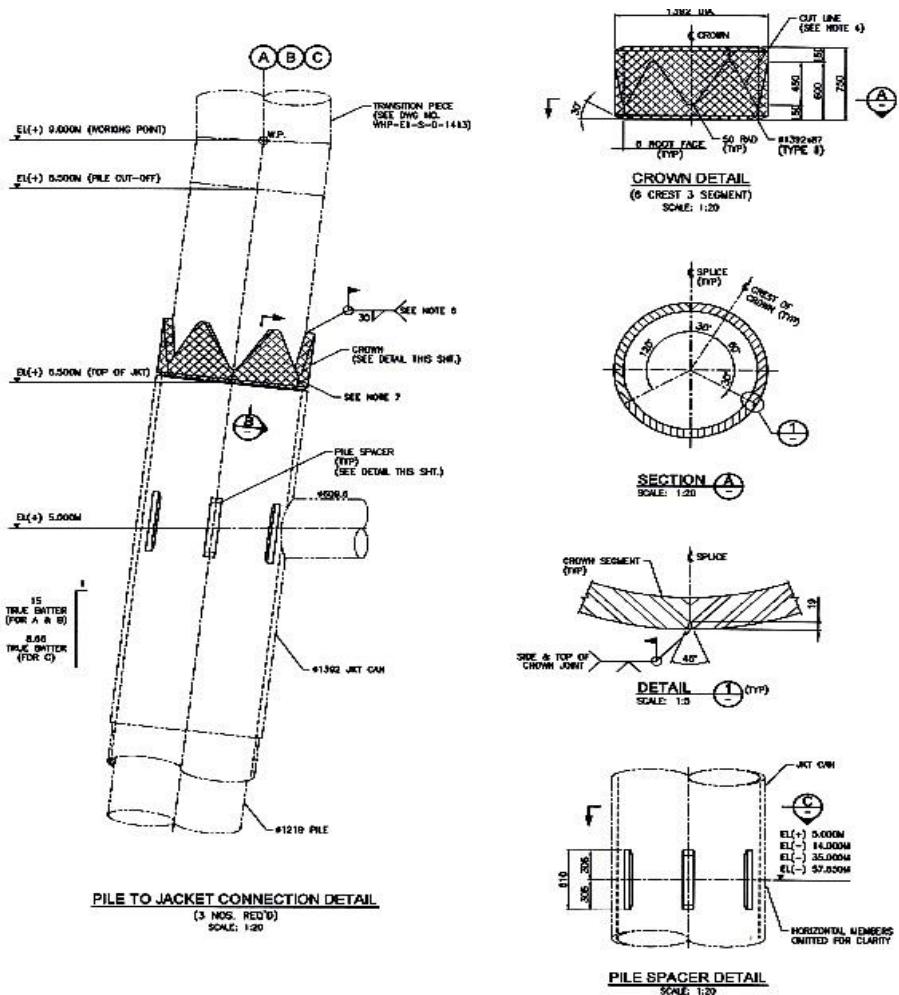
$A_p$  – diện tích đầu cọc,

$L$  - chiều dài cọc

*Xác định chiều dày cọc.* Chiều dày xác định sơ bộ nhằm đảm bảo cọc mang được tải do uốn và tải dọc trực

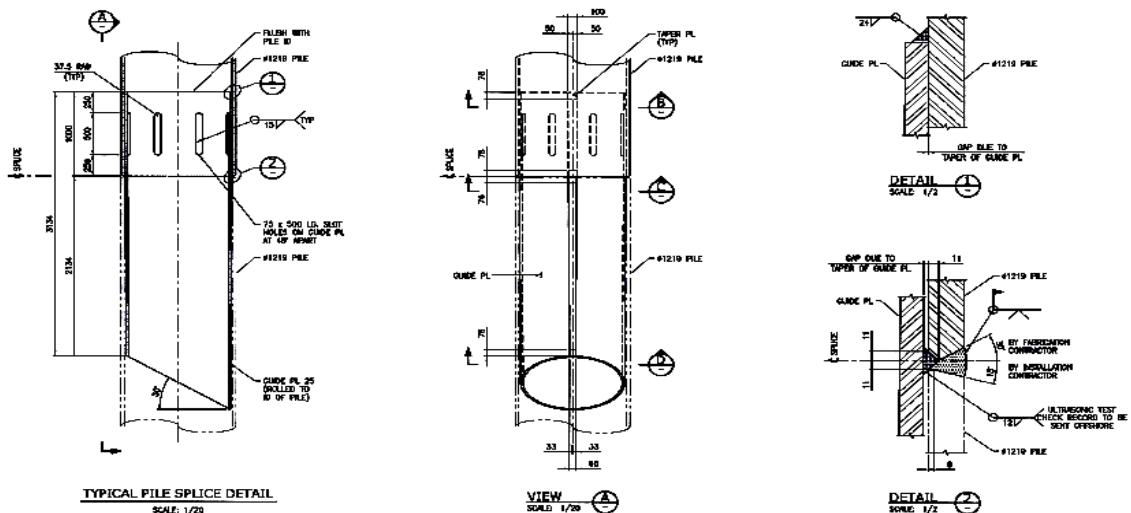
**Nối cọc**

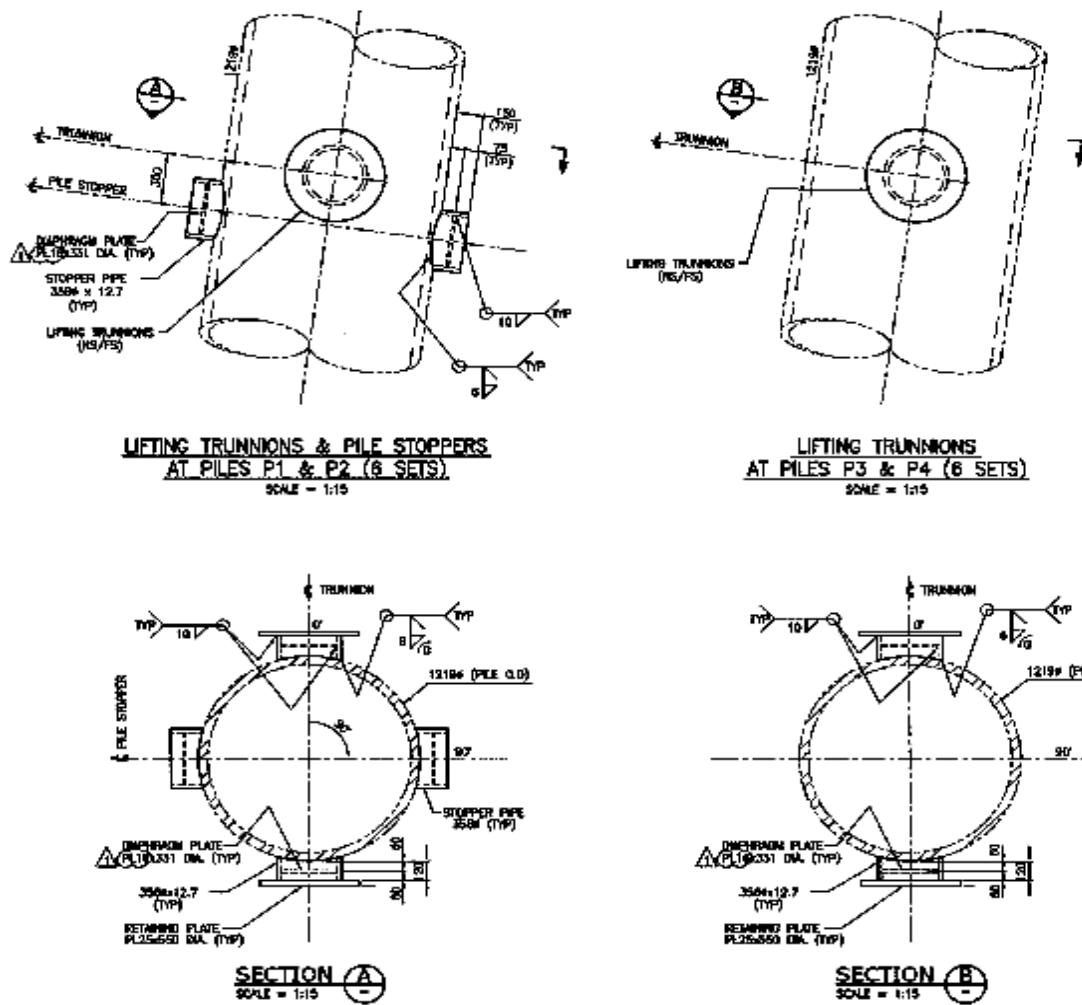
Các phương pháp nối cọc theo hình thức “back-to-back”:



Hình 1.43 *Thao tác với cọc*

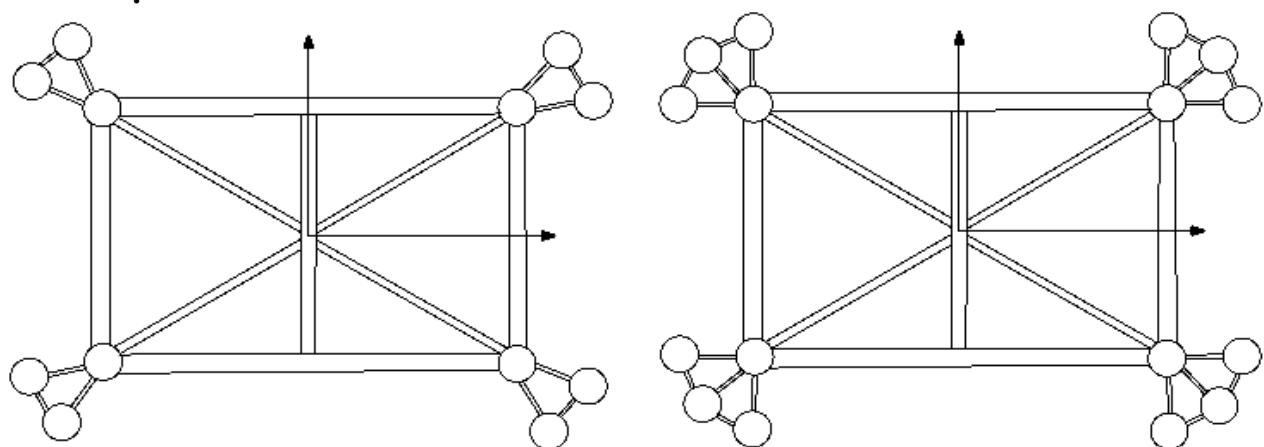
Hàn theo phương pháp SMAW hoặc FCAW các segment đặt trong hoặc ngoài cọc. Thời gian thực hiện tùy thuộc chiều dày cọc, 3 giờ với cọc dày 25,4 mm; 16 giờ với cọc dày 76,2 mm.  
Nối bằng mối nối cơ khí, xem hình 1.44.



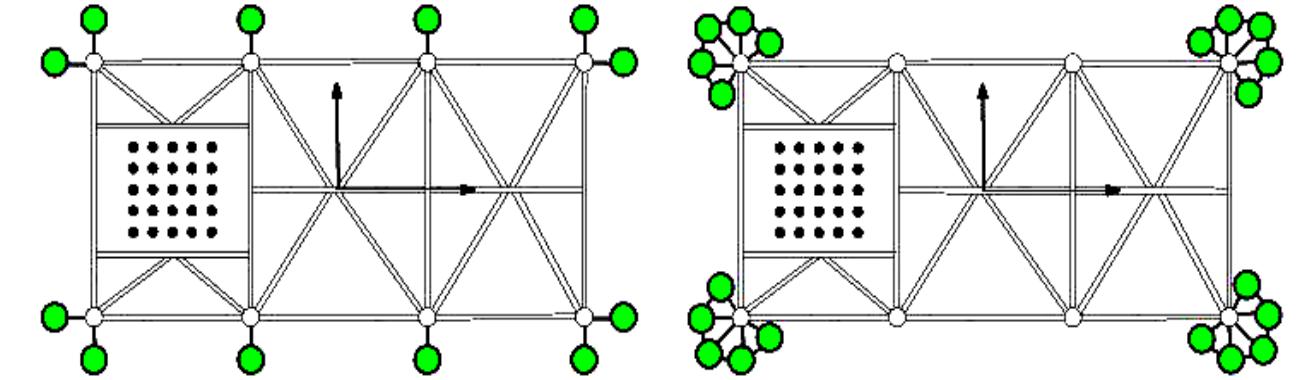


Hình 1.44

Bố trí các cọc



Hình 1.45 Bố trí bốn cọc chân đế 4 chân



Hình 1.46 *Bố trí các cọc chân đế 8 chân*

### Nối cọc với chân đế

Cần thiết sử dụng các miến chêm cho công việc hàn (welded shim). Các miếng shim được chèn vào giữa khe hở giữa đầu cọc và chân jacket, xem hình 1.47, sau đó hàn tiếp.

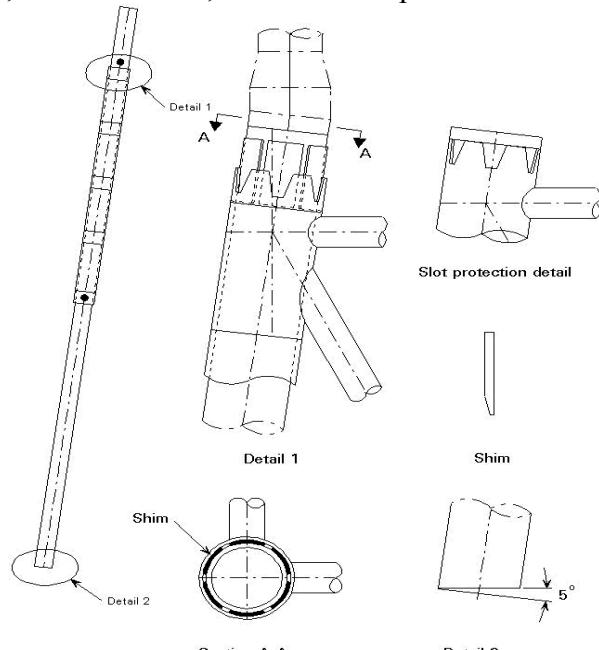
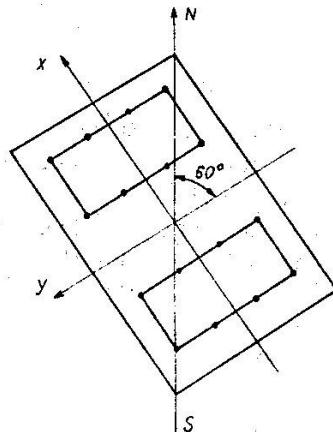
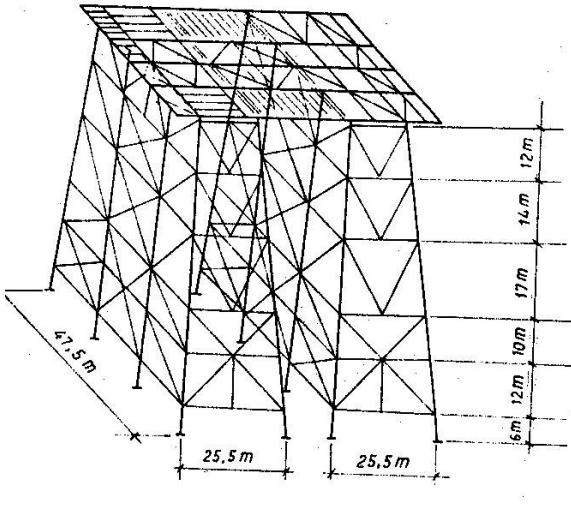


Figure 6 Welded shims  
Hình 1.47 *Nối cọc với chân đế*

Đầu những năm tám mươi Việt nam đã phát hiện dầu thô thuộc khu vực mỏ Bạch Hổ thuộc bể trầm tích Cửu Long. Năm 1986 Việt nam đã khai thác dầu khí nhờ các giàn cő định. Sau 1994 các mỏ thuộc khu vực Đại Hùng và mỏ Rồng được đưa vào khai thác. Sơ đồ bố trí một giàn cő định tại Bạch Hổ có dạng như tại hình 1.48.

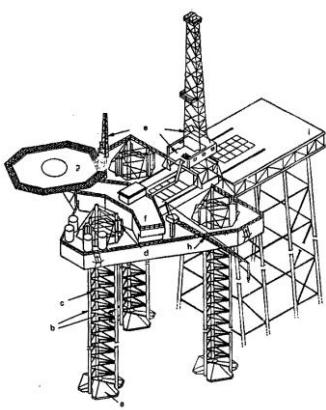


Hình 1.48 Giàn khoan cố định tại vùng biển Bạch Hổ, Việt nam.

Khi thiết kế các kỹ sư đã dựa vào các dữ liệu về môi trường sau đây để tính toán kết cấu giàn.

- |                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| - tốc độ gió tính toán      | 55 m/s,   |
| - chiều cao sóng trung bình | 6,8m,     |
| - chu kỳ sóng               | 11,2 sec, |
| - chiều dài sóng biển       | 180m,     |
| - chiều cao sóng tính toán  | 11,5m     |
| - chiều sâu nước            | 52,5m     |
| - tổng chiều cao nước dâng  | 3,7m      |
| - vận tốc dòng bờ mặt       | 1,8 m/s,  |
| - vận tốc dòng đáy          | 0,1 m/s.  |

Giàn làm từ ống thép, trong số đó ống lớn với đường kính  $\varnothing 812,8\text{mm}$ , chiều dày thành ống  $t = 20,62\text{mm}$ .



Hình 1.49 Giàn wellhead –WHP với jack-up



Hình 1.50 Giàn DH-02 những ngày đầu khai thác

## 9 Phòng tránh ăn mòn kim loại

Phòng tránh ăn mòn kim loại thiết kế phù hợp yêu cầu kỹ thuật trình bày tại chương 8 hướng dẫn API RP 2A-WSD và DNV-RP-B410.

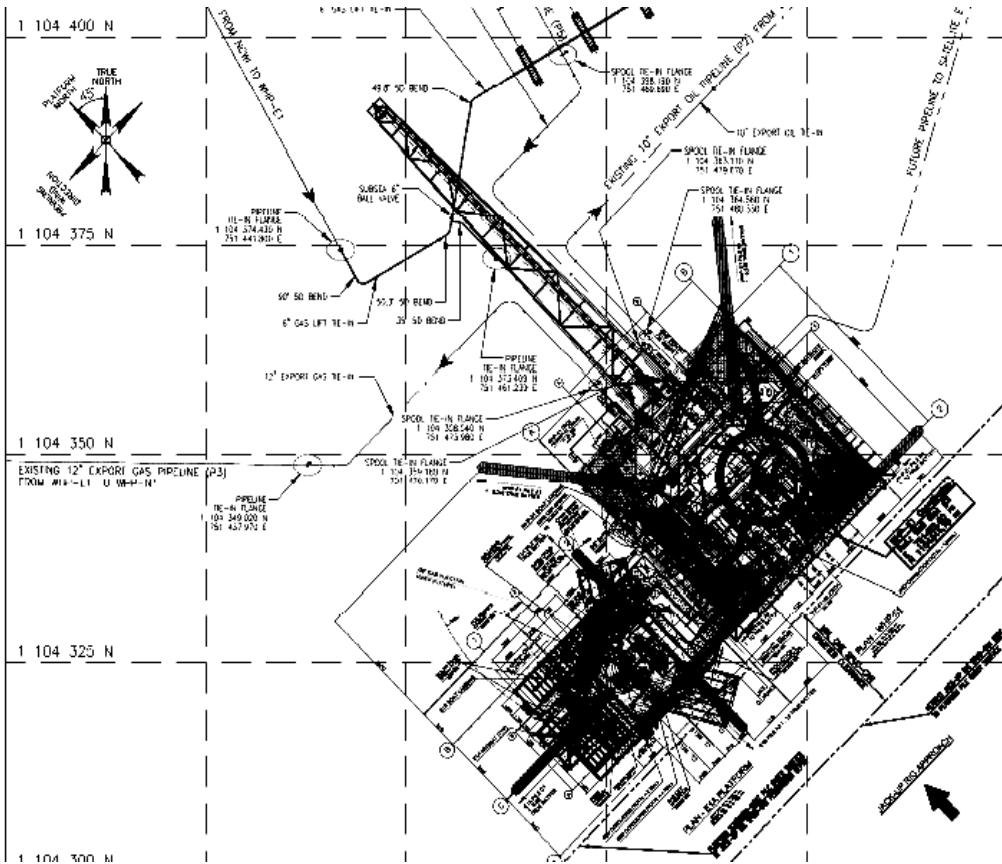
Hệ thống anode hy sinh tính đúng và đủ cho vùng chân đế nằm trong 70-71c và móng cọc. Thiết kế hệ thống anode hy sinh đúng như hướng dẫn ghi tại DNV-RP-B410.

Miền chịu sóng vỗ và trên đó phải được sơn phủ tránh ăn mòn kim loại.

## 10 Ví dụ về phân tích độ bền giàn wellhead tại dự án Rạng Đông

### Vị trí đặt giàn

Mỏ Rạng Đông nằm cách Vũng Tàu 136 km hướng Đông Nam, tại lô 15-2. Bố trí giàn WHP-E1 trình bày tại hình .



Hình 1.51 Giàn WHP-E1 tại mỏ Rạng Đông

### Tuổi thọ của giàn

Tuổi thọ mỗi tính toán của giàn 12 năm

### Hướng đặt giàn

Hướng giàn  $45^\circ$  West of True North. Căn cứ đặt hướng này là hướng gió, hướng sóng, dòng chảy chủ đạo, thuận tiện cho cập tàu.

### Chiều sâu vùng nước

Sử dụng chiều sâu 57.65 m trong thiết kế.

### Thủy triều

Thủy triều tại vùng biển có mỏ Rạng Đông đọc theo bảng sau:

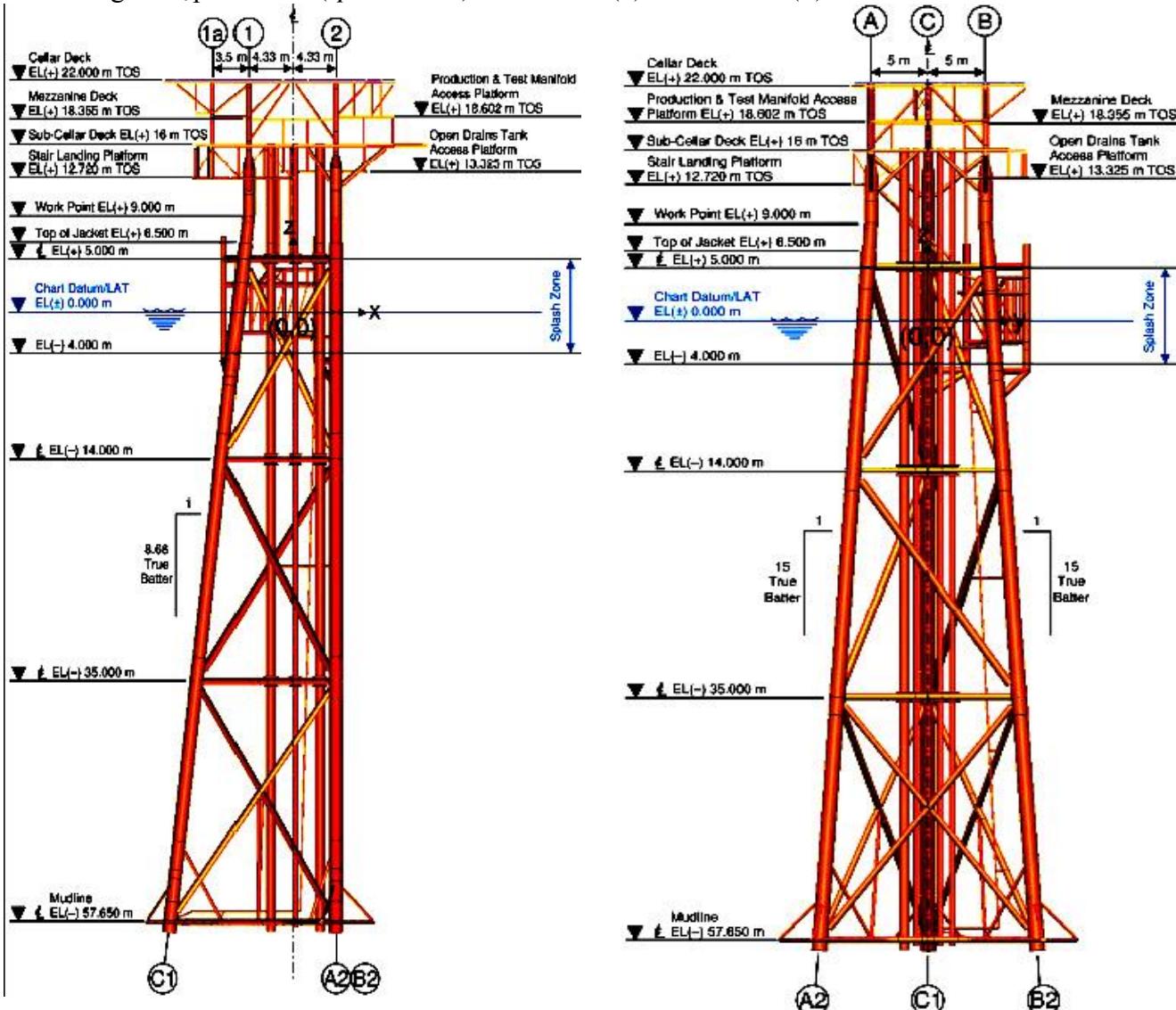
Thủy triều	Chiều cao CD/LAT (m)
Highest Astronomical Tide (HAT)	+2.84
Mean Higher High Water (MHHW)	+2.67
Mean Sea Level (MSL)	+1.55
Mean Lower Low Water (MLLW)	+0.34
Lowest Astronomical Tide (LAT)	$\pm 0$

### Tĩnh không

Khoảng cách tĩnh không bằng 5ft

### Vùng chân đế bị va đập sóng

Miền sóng va đập chân đế (*splash zone*) tính từ EL(+) 4 m đến EL(+) 5 m CD/LAT.



Hình 1.52

### Cấu hình chân đế

#### Khung chân đế

Chân đế giàn đầu giềng có 3 chân, kết cấu thép. Chân A2 và B2 hướng Bắc-Nam nghiêng 1:15, chân C1 nghiêng 1:8,66, hình 1.52. Mặt thuộc Row 2 thẳng đứng.

Chân đế có 3 tầng (*bay*) do các thanh giằng ngang tạo khung ngang tại các mức EL(+) 5m, EL(-14) m, EL (-35) m và EL(-) 57.65 m (tâm chấn bùn).

#### Cọc

Cô định chân đế với nền bằng 3 cọc đường kính ngoài 1219mm. Cọc xuyên qua chân làm từ thép ống đường kính trong 1292mm.

#### Conductor

Giai có 6 công conductor: 4 ống đường kính ngoài 20"; 2 ống đường kính ngoài 36".

## Hệ thống chống ăn mòn kim loại

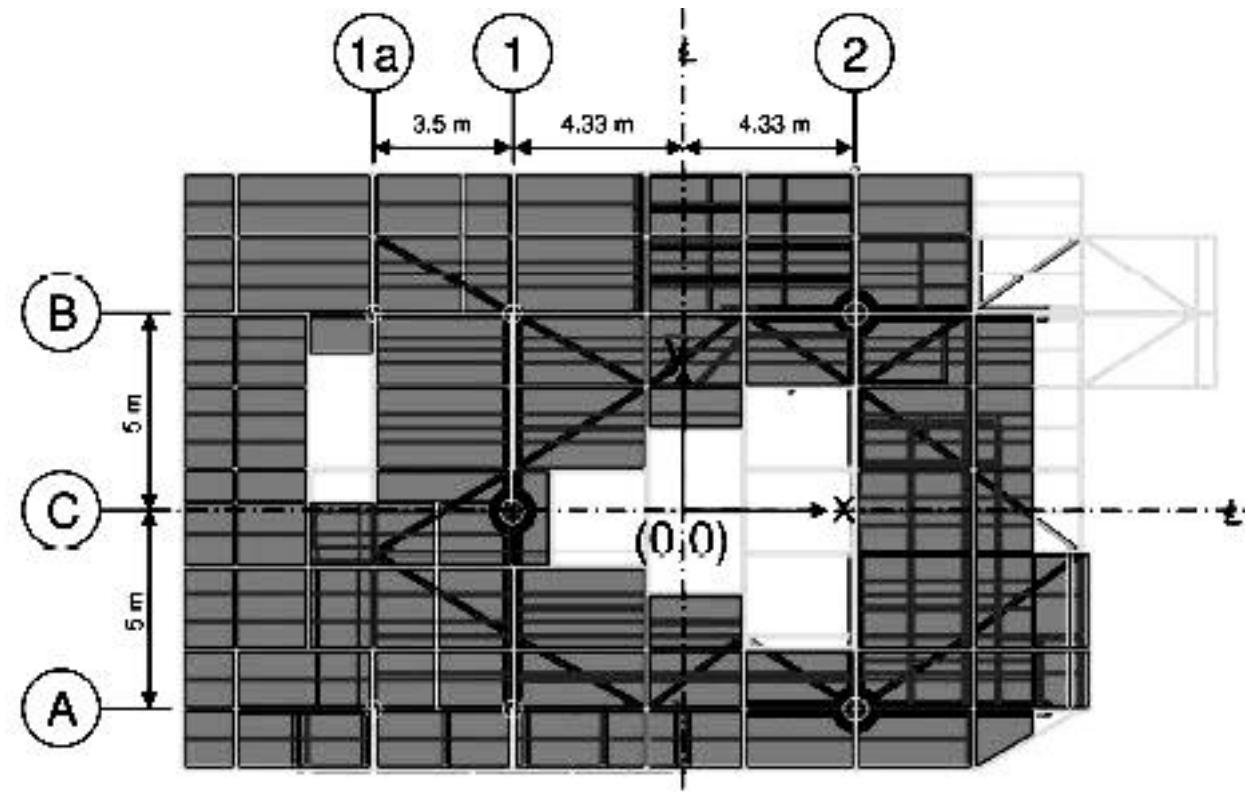
Trang bị các anode hy sinh cho chân đế

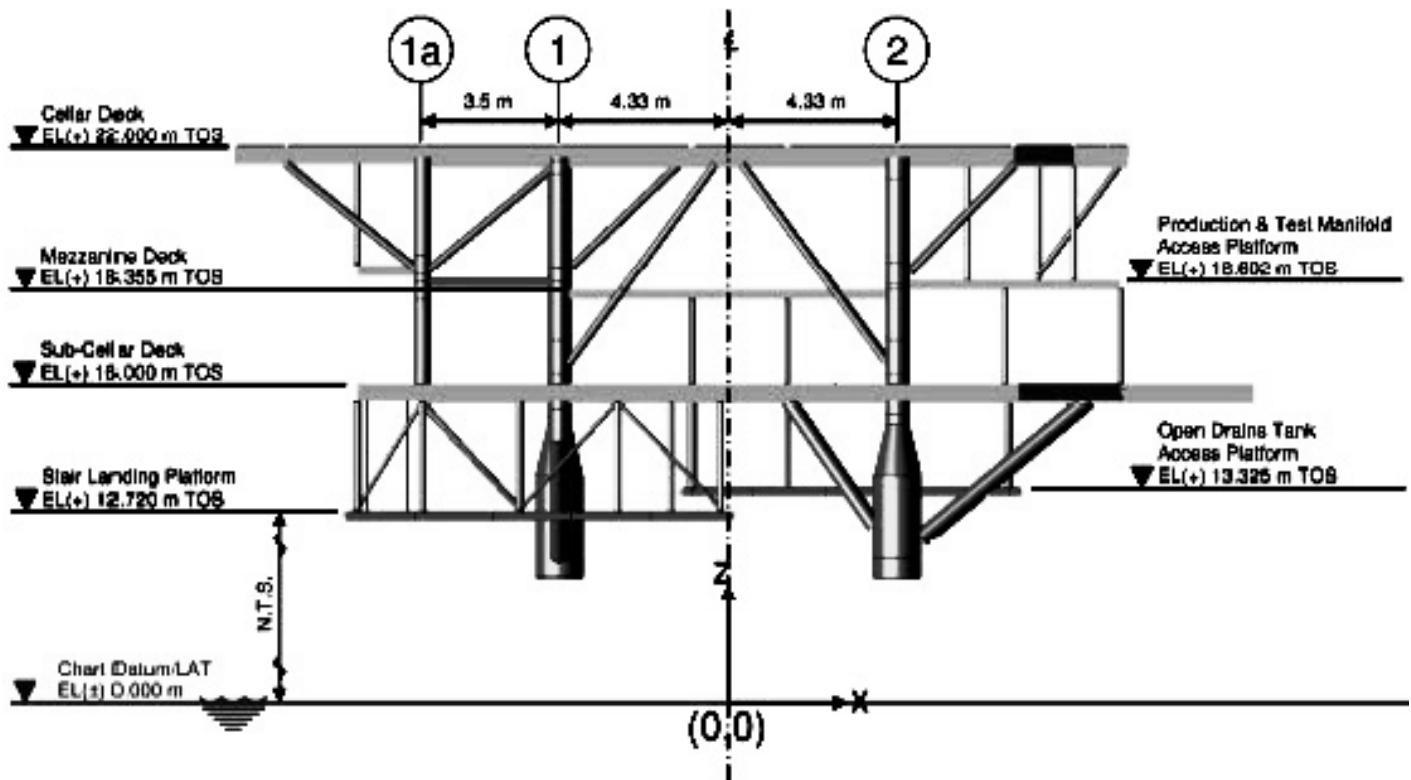
## Tấm chắn bùn

Trang bị 3 tấm chắn bùn

## Giá cập tàu

Giá cập tàu cùng tâm giảm chấn đặt tại mặt chân đế giữa các chân B2 và C1





Hình 1.53 *Thượng tầng giàn WHP-E1*

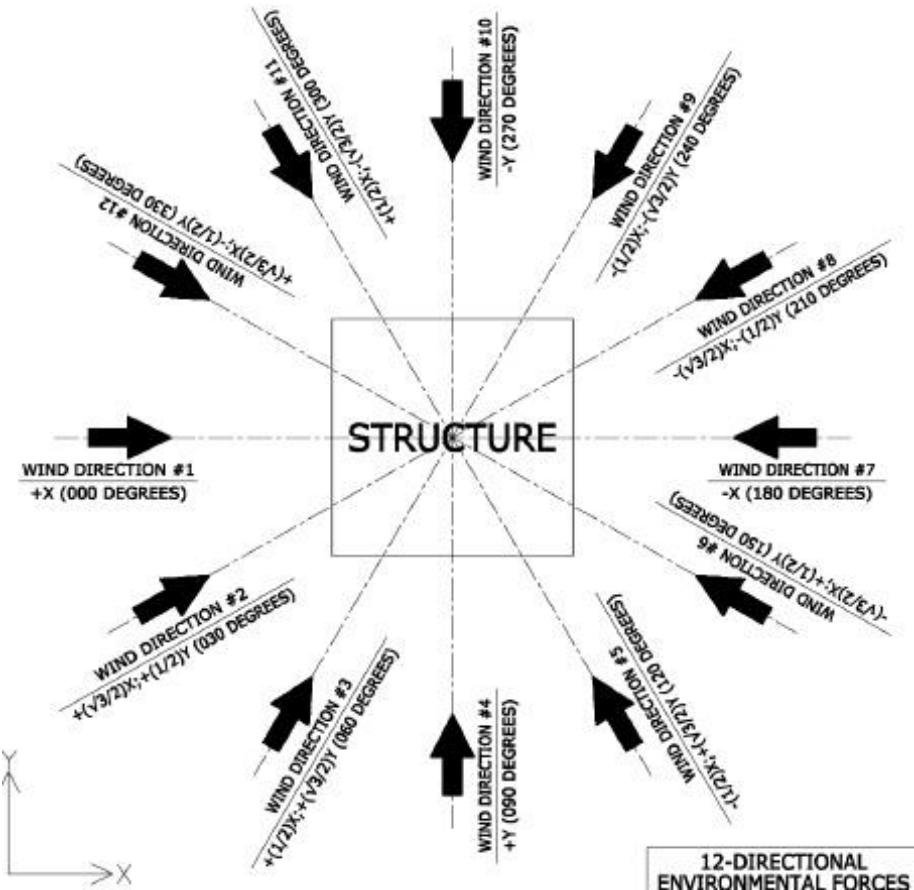
### Cấu hình thượng tầng

Thượng tầng gồm các boong cellar , Mezzanine , Sub-Cellar,

### Tải từ môi trường

Những tải xuất xứ từ môi trường tác động đến giàn gồm gió, sóng, dòng chảy, động đất và trượt đất được đưa vào xem xét khi thiết kế. Tải bên ngoài còn tính đến tải thủy tĩnh, tính nỗi của các ống tạo thành kết cấu chân đế, chìm trong nước, thay đổi theo mức nước thủy triều, sóng.

Xem xét 12 hướng tác động của tải đến chân đế. Khi tính thay đổi góc tác động tải từ môi trường mỗi lần  $30^\circ$ , tính từ  $0^\circ$  đến  $330^\circ$ .



Hình 1.54 Xác định tải môi trường theo 12 hướng

### Tải do gió

Vận tốc gió u tính theo mô hình Froya ghi tại DNV-RP-C205. Đơn vị dùng trong tính toán thuộc hệ thống Imperial.

$$u = U_0 \left[ 1 + 0,0573(1 + 0,148U_0)^{0,5} \ln(z/10) \right] \left[ 1 - 0,41 \left[ 0,06(1 + 0,043U_0)(z/10)^{-0,22} \right] \ln(t/3600) \right]$$

Tải do gió :  $F = \frac{1}{2} \rho u^2 C_0 A$

trong đó:  $U_0^2$  = vận tốc trung bình 1 giờ đo tại EL(+) 10 m

$z$  = chiều cao

$t$  = thời gian trung bình ( $t < 3600$  s)

$\rho$  = khối lượng không khí

$C_s$  = hệ số hình dáng

$A$  = diện tích mặt hứng gió

### Tải do tàu va

Giá cập tàu thiết kế với khả năng chịu va đập với động năng đến 1,5 MJ.

Công thức tính động năng E tàu va:

$$E = 0,5a, v^2$$

trong đó:

$a$  – hệ số khối lượng, nhận bằng 1,1 khi tàu va mũi hoặc lái; bằng 1,4 khi tàu va mạn.

$m$  – khối lượng tàu dịch vụ

$v$  – vận tốc tàu lúc va (0,8 m/s)

## **Tính độ bền chung kết cấu**

Những bảng tính thực hiện trong quá trình phân tích kết cấu chân đế, thượng tầng, cầu nối giàn:

Phân tích kết cấu thượng tầng, chân đế, cọc và cầu dẫn cho giàn ở trạng thái sau lắp ráp ngoài khơi

Phân tích kết cấu thượng tầng, chân đế và cầu dẫn cho giàn ở trạng thái hạ thủy (loadout)

Phân tích kết cấu thượng tầng, chân đế và cầu dẫn cho giàn ở trạng thái vận chuyển

Phân tích ứng xử động của giàn trong trường tần số

Phân tích mỏi giàn làm việc ngoài khơi

Phân tích chế độ dựng chân đế giàn tại vị trí lắp

Tính toán tính ổn định

Phân tích khả năng chịu va đập

Phân tích qui trình đóng cọc