



[2008] [07-1]

# Planning Procedure of Naval Architecture & Ocean Engineering

October, 2008

Prof. Kyu-Yeul Lee

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering,  
Seoul National University of College of Engineering

## Part 1. Stability & Trim

### [07-1] Term Project 4 : Programming for calculation of the ship position in static equilibrium

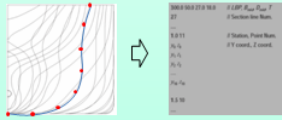
# 4차 Term project(1). 화물창 내 액체 화물의 자유표면에 의한 횡경사 모멘트 계산 프로그램 작성

**1차 Term project**  
선박 형상 가시화 프로그램 작성

**Given:** 선박의 Body Plan, 선박의 자세

**Find:** 선박의 자세에 따른 선박 및 수선면 가시화

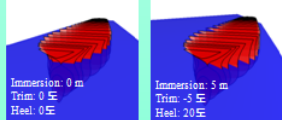
(1) 선박의 Body Plan으로부터 단면 곡선상의 점 추출  
(2) 선형 단면 정의 파일 생성



(3) 추출한 점을 보간 하는 3차 B-spline 곡선 생성  
    > B-spline Library 제공

(4) 선박의 자세 변형 행렬 계산  
Global Coordinate → Body Fixed Coordinate  
Body Fixed Coordinate → Global Coordinate

(5) 선박의 자세에 따른 선박 및 수선면 가시화  
    > OpenGL 가시화 Library 제공



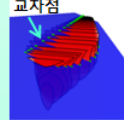
Immersion: 0 m Trim: 0도 Heel: 0도  
Immersion: 5 m Trim: 5도 Heel: 20도

**2차 Term project**  
선박 유체 정역학적 힘 계산 프로그램 작성

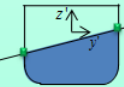
**Given:** 1차 Term project 까지의 결과

**Find:** 선박 유체 정역학적 힘 및 LCB, TCB, KB 계산

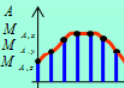
(1) 수선면과 선박의 단면곡선의 교차계산



(2) 수선면 아래의 선박 단면적 및 면적 1차 모멘트 계산  
Green's Theorem Gaussian Quadrature



(3) 면적 및 면적 1차 모멘트를 길이 방향으로 적분하여 부피 및 부피 1차 모멘트 계산  
Green's Theorem Gaussian Quadrature



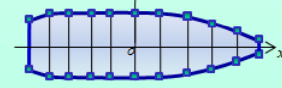
(4) 선박 유체 정역학적 힘 및 LCB, TCB, KB 계산

**3차 Term project.**  
배수량 등곡선도 계산 및 Hydrostatics Table 출력 프로그램 작성

**Given:** 2차 Term project 까지의 결과

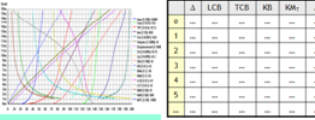
**Find:** Hydrostatics Particulars 계산 및 배수량 등곡선도, Hydrostatics Table 작성

(1) 수선면적 및 면적 1차, 2차 모멘트 계산



(2) Hydrostatics particulars 계산  
 $A_{WP}$ ,  $C_{WP}$ , TPC,  $A_m$ ,  $C_m$ , Displacement Volume, Displacement,  $C_b$ ,  $C_p$ , KB,  $BM_T$ ,  $KM_T$ , LCB, LCF,  $BM_L$ ,  $KM_L$ , MTC, WSA

(3) 흘수 변화에 따른 배수량 등곡선도 및 Hydrostatics Table 작성



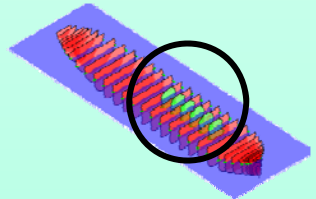
	$\Delta$	LCB	TCB	KB	KM <sub>T</sub>	...
0	...	...	...	...	...	...
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...

**4차 Term project(1)**  
화물창 내 액체 화물의 자유표면에 의한 횡경사 모멘트 계산 프로그램 작성

**Given:** 3차 Term project 까지의 결과, 화물창 구획 Data, 선박 및 중량물의 Weight Data

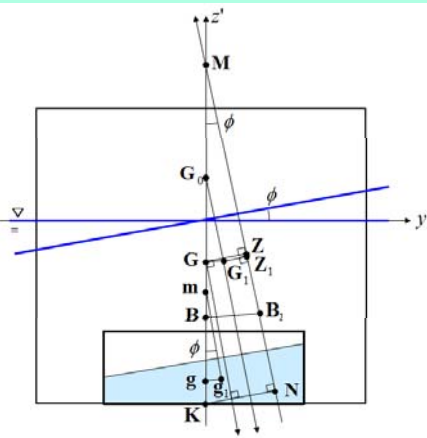
**Find:** 액체화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment) 및 자유표면 수정(Free surface correction)  $GG_0$  계산

(1) 화물창 구획 정보 입력



(2) 화물창 내 액체 화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment) 계산

(3) 액체 화물의 이동에 의한 자유표면 수정(Free surface correction)  $GG_0$  계산





<4차 Term project(1). **화물창 내 액체화물의 자유표면에 의한  
횡 경사 모멘트(Free Surface Moment) 계산**>

Step 1. **화물창 구획 정보 입력**

Step 2. 액체 화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment) 계산

Step 3. 액체 화물의 이동에 의한 자유표면 수정(Free surface correction)  $GG_0$  계산

# 4차 Term project (1). 화물창 내 액체화물의 자유표면에 의한 횡 경사 모멘트 계산

## Step 1. 화물창 구획 정보 입력

Given: 화물창 구획 및 화물 정보 정의 파일

Find: 화물창 구획 및 화물 정보를 각 변수에 저장

### ✓ 화물창 단면 정의 파일의 예

```

80 20 20 10 // 화물창의 길이, 화물창의 폭, 화물창의 깊이, 화물창 내 액체 화물의 높이(단 선박의 Base Line에서의 높이)
0          // 화물창의 minimum y 좌표 값( 화물창의 위치 결정을 위해 입력 받음)
0.8       // 액체 화물의 밀도
6 2       // Section의 개수, 곡선 정의타입 (0: 우현자동, Deck 자동, 1:우현 정의, Deck 자동, 2: 우현 정의, Deck 정의)

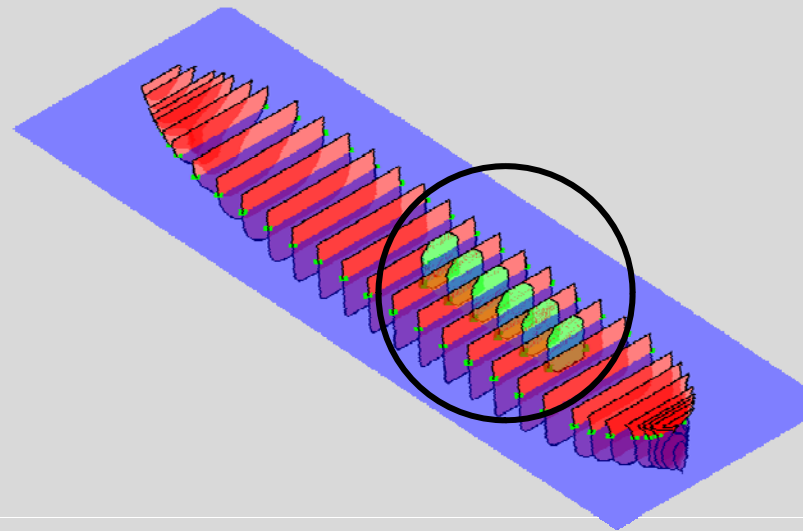
10        // Station Number
3 2       // Point 개수, Curve개수
10 5      // 좌현 Y0, Z0
20 5 -2000 // 좌현 Y1, Z1, 꺾인점
20 25     // 좌현 Y2, Z2

4 3       // Point 개수, Curve개수
10 5      // 우현 Y0, Z0
5 5 -2000 // 우현 Y1, Z1, 꺾인점
0 10 -2000 // 우현 Y2, Z2, 꺾인점
0 25     // 우현 Y3, Z3

4 3/     // Point 개수, Curve개수
0 25     // Deck Y0, Z0
5 30 -2000 // Deck Y1, Z1, 꺾인점
15 30 -2000 // Deck Y2, Z2, 꺾인점
20 25     // Deck Y3, Z3

11 // Station Number
...
...

```





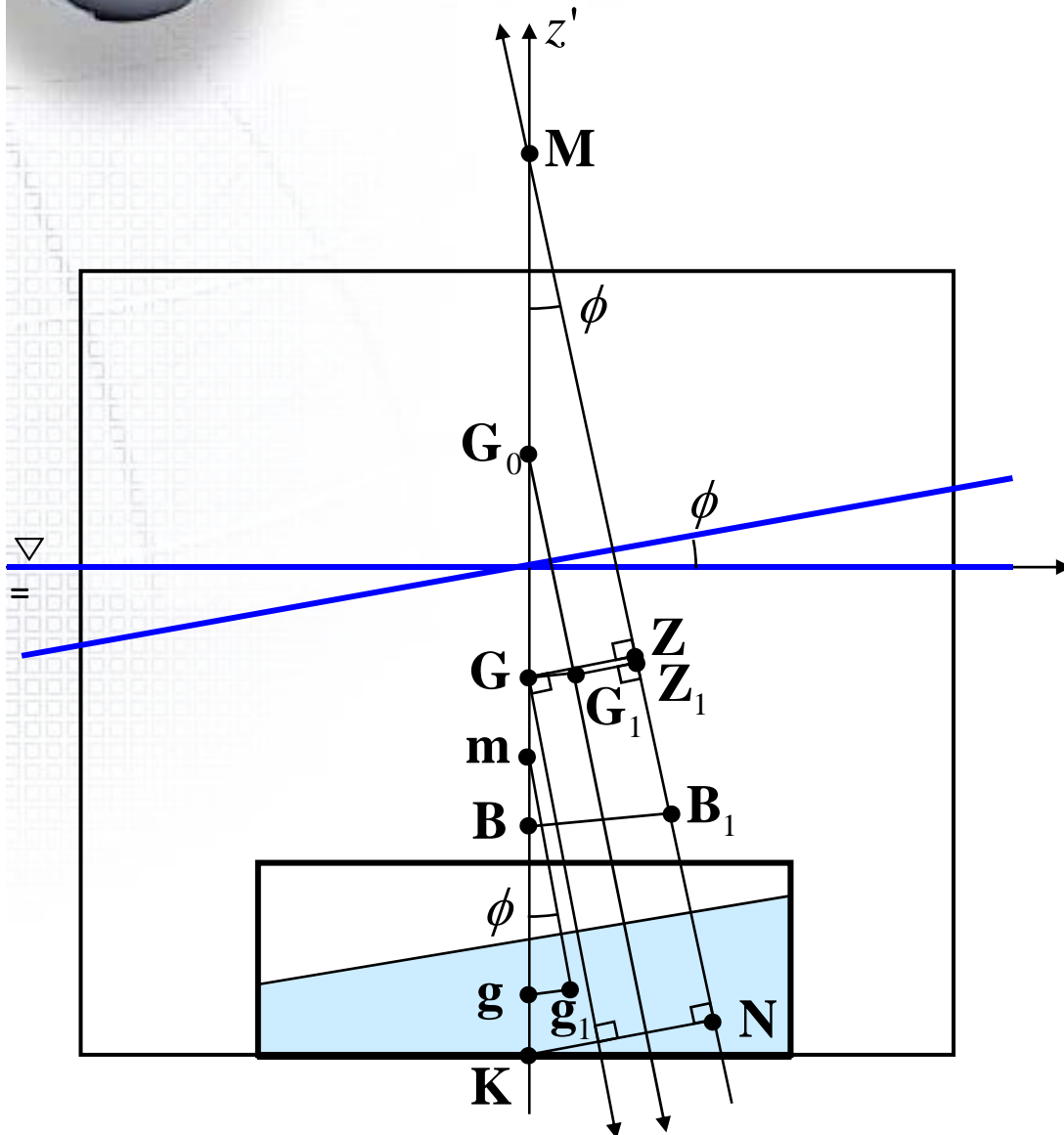
<4차 Term project(1). **화물창 내 액체화물의 자유표면에 의한  
횡 경사 모멘트(Free Surface Moment) 계산**>

Step 1. **화물창 구획 정보 입력**

Step 2. **액체 화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment) 계산**

Step 3. **액체 화물의 이동에 의한 자유표면 수정(Free surface correction)  $GG_0$  계산**

4차 Term project (1). 화물창 내 액체화물의 자유표면에 의한 횡 경사 모멘트 계산  
 Step 2. 액체 화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment)계산  
 Step 3. 액체 화물의 이동에 의한 자유표면 수정(Free surface correction)  $GG_0$ 계산



✓ 자유 표면 모멘트 (Free Surface Moment)

$$FSM = \rho_F i_T$$

✓ 자유 표면 수정 (Free Surface correction)

$$GG_0 = \frac{\rho_F}{\rho_{SW}} \frac{i_T}{\nabla}$$

- m : 화물창의 액체 메터 센터
- w : 화물창의 액체 중량
- W : 배의 중량
- $i_T$  : 화물창의 액체 수면의 2차 면적 모멘트
- $\rho_F$  : 화물창의 액체 밀도
- $\rho_{SW}$  : 해수 밀도
- $\nabla$  : 배의 배수용적



**1차 Term project**  
선박 형상 가시화 프로그램 작성

**Given:** 선박의 Body Plan, 선박의 자세

**Find:** 선박의 자세에 따른 선박 및 수선면 가시화

(1) 선박의 Body Plan으로부터 단면 곡선상의 점 추출

(2) 선형 단면 정의 파일 생성

(3) 추출한 점을 보간 하는 3차 B-spline 곡선 생성  
> B-spline Library 제공

(4) 선박의 자세 변환 행렬 계산  
Global Coordinate → Body Fixed Coordinate  
Body Fixed Coordinate → Global Coordinate

(5) 선박의 자세에 따른 선박 및 수선면 가시화  
> OpenGL 가시화 Library 제공

**2차 Term project**  
선박 유체 정역학적 힘 계산 프로그램 작성

**Given:** 1차 Term project 까지의 결과

**Find:** 선박 유체 정역학적 힘 및 LCB, TCB, KB 계산

(1) 수선면과 선박의 단면곡선의 교차점

(2) 수선면 아래의 선박 단면적 및 면적 1차 모멘트 계산  
Green's Theorem  
Gaussian Quadrature

(3) 면적 및 면적 1차 모멘트를 길이 방향으로 적분하여 부피 및 부피 1차 모멘트 계산  
Green's Theorem  
Gaussian Quadrature

(4) 선박 유체 정역학적 힘 및 LCB, TCB, KB 계산

**3차 Term project**  
배수량 등곡선도 계산 및 Hydrostatics Table 출력 프로그램 작성

**Given:** 2차 Term project 까지의 결과

**Find:** Hydrostatics Particulars 계산 및 배수량 등곡선도, Hydrostatics Table 작성

(1) 수선면적 및 면적 1차, 2차 모멘트 계산

(2) Hydrostatics particulars 계산  
 $A_{WP}, C_{WP}, TPC, A_m, C_m,$   
Displacement,  $C_b, C_p, KB,$   
 $BM_T, KM_T, LCB, LCF, BM_L,$   
 $KM_L, MTC, WSA$

(3) 흘수 변화에 따른 배수량 등곡선도 및 Hydrostatics Table 작성

**4차 Term project(1)**  
화물창 내 액체 화물의 자유표면에 의한 횡경사 모멘트 계산 프로그램 작성

**Given:** 3차 Term project 까지의 결과, 화물창 구획 Data, 선박 및 중량물의 Weight Data

**Find:** 액체화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment) 및 자유표면 수정(Free surface correction) GG계산

(1) 화물창 구획 정보 입력

(2) 화물창 내 액체 화물의 자유표면 모멘트(Free Surface Moment) 계산

**4차 Term project(2)**  
정적 평형 자세 계산 프로그램 작성

**Given:** 3차 Term project 까지의 결과, 선박에 작용하는 정적인 힘(모멘트)

**Find:** 선박의 정적 평형 자세

(1) 선박에 작용하는 정적인 힘(모멘트) 입력

(2) 자세 변화에 대한 자세-힘(모멘트) 행렬 계산

$$\begin{pmatrix} \Delta F \\ \Delta M_L \\ \Delta M_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\rho g A_{WP} & \rho g L_{WP} & -\rho g T_{WP} \\ \rho g L_{WP} & -\rho g I_L - V_B + V_W & \rho g I_P \\ -\rho g T_{WP} & \rho g I_P & -\rho g I_T - V_B + V_W \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta z \\ \Delta \phi \\ \Delta \theta \end{pmatrix}$$

Given Given Find

(3) 평형조건을 만족하도록 반복 계산을 수행( Newton- Raphson Method)





## <4차 Term project(2). 정적 평형 자세 계산 프로그램>

Step 1. 선박에 작용하는 정적인 힘(모멘트) 입력

Step 2. 자세 변화에 대한 자세-힘(모멘트) 행렬 계산

Step 3. 평형조건을 만족하도록 반복계산 수행

## 4차 Term project (2). 정적 평형 자세 계산 프로그램

### Step 1. 선박에 작용하는 정적인 힘(모멘트) 입력

Weight

Input

X : 8.517 Y : 0 Z : -3.487 Weight : 326339.4

Index	X	Y	Z	Weight	FSM
0	40.000000	11.190476	7.619048	5600.000001	42666.666667

확인 취소

← 선박에 작용하는 정적인 힘 및 작용 점 입력

← 화물창 내의 화물의 무게, 무게중심 및 Free Surface Moment



## <4차 Term project(2). 정적 평형 자세 계산 프로그램>

Step 1. 선박에 작용하는 정적인 힘(모멘트) 입력

Step 2. **자세 변화에 대한 자세-힘(모멘트) 행렬 계산**

Step 3. 평형조건을 만족하도록 반복계산 수행

## 4차 Term project (2). 정적 평형 자세 계산 프로그램 Step 2. 자세 변화에 대한 자세-힘(모멘트) 행렬 계산

$$\begin{pmatrix} \Delta \mathbf{F} \\ \Delta \mathbf{M}_L \\ \Delta \mathbf{M}_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \xi_3} & \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \xi_3} & \frac{\partial \mathbf{F}}{\partial \xi_3} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_L}{\partial \xi_4} & \frac{\partial \mathbf{M}_L}{\partial \xi_4} & \frac{\partial \mathbf{M}_L}{\partial \xi_4} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_T}{\partial \xi_5} & \frac{\partial \mathbf{M}_T}{\partial \xi_5} & \frac{\partial \mathbf{M}_T}{\partial \xi_5} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \Delta \xi_3 \\ \Delta \xi_4 \\ \Delta \xi_5 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} -\rho g A_{WP} & \rho g L_{WP} & -\rho g T_{WP} \\ \rho g L_{WP} & -\rho g I_L - V_B + V_W & \rho g I_P \\ -\rho g T_{WP} & \rho g I_P & -\rho g I_T - V_B + V_W \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \Delta \xi_3 \\ \Delta \xi_4 \\ \Delta \xi_5 \end{pmatrix}$$

(Global coordinate 기준으로 계산해야 함.)



## <4차 Term project(2). 정적 평형상태 계산 프로그램>

Step 1. 선박에 작용하는 정적인 힘(모멘트) 입력

Step 2. 자세 변화에 대한 자세-힘(모멘트) 행렬 계산

Step 3. **평형조건을 만족하도록 반복계산 수행**

## 4차 Term project (2). 정적 평형 자세 계산 프로그램 Step 3. 평형조건을 만족하도록 반복계산 수행

✓ 반복 계산을 통한 정적 평형 상태에서의 자세 계산

$$\begin{array}{c} \text{Given} \\ \left( \begin{array}{c} \Delta F \\ \Delta \mathbf{M}_L \\ \Delta \mathbf{M}_T \end{array} \right) \end{array} = \begin{array}{c} \left( \begin{array}{ccc} \frac{\partial F}{\partial \xi_3} & \frac{\partial F}{\partial \xi_4} & \frac{\partial F}{\partial \xi_5} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_L}{\partial \xi_3} & \frac{\partial \mathbf{M}_L}{\partial \xi_4} & \frac{\partial \mathbf{M}_L}{\partial \xi_5} \\ \frac{\partial \mathbf{M}_T}{\partial \xi_3} & \frac{\partial \mathbf{M}_T}{\partial \xi_4} & \frac{\partial \mathbf{M}_T}{\partial \xi_5} \end{array} \right) \end{array} \begin{array}{c} \text{Given} \\ \left( \begin{array}{c} \Delta \xi_3 \\ \Delta \xi_4 \\ \Delta \xi_5 \end{array} \right) \end{array} \begin{array}{c} \text{Find} \\ \left( \begin{array}{c} \Delta \xi_3 \\ \Delta \xi_4 \\ \Delta \xi_5 \end{array} \right) \end{array}$$

※ **A** 가 선형화되어 있기 때문에  
반복 계산(iteration)을 해야 함

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{x} \text{ 를 풀면 됨}$$