

[2008][07-1]



Computer aided ship design

Part 2. Ship Motion & Wave Load

October 2008

Prof. Kyu-Yeul Lee

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

Advanced
Ship
Design
Automation
Laboratory



Term Project #5. Wave Load, Shear force Bending moment of a ship

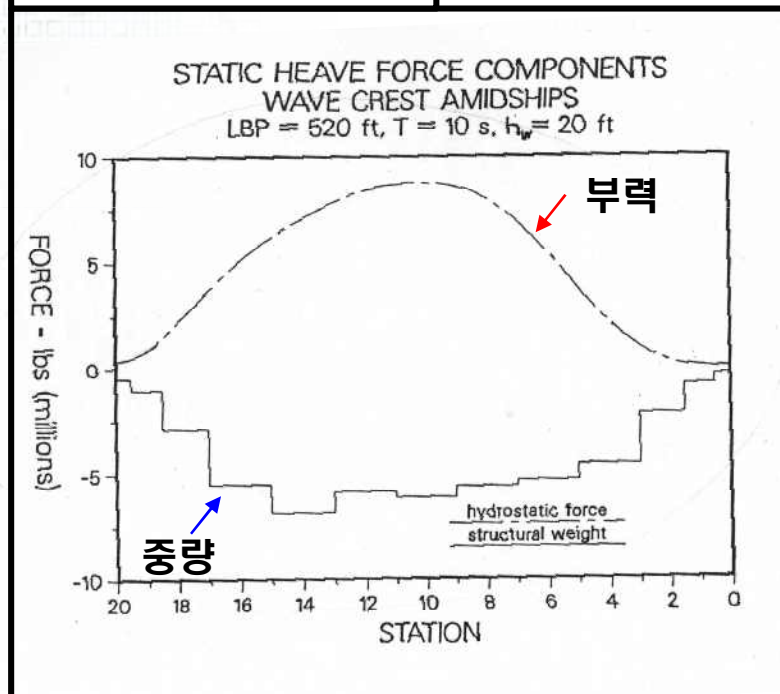
Part II. Ship Motion & Wave Load

: Term project #5 – Wave Load에 의한 VWBM¹⁾ 계산

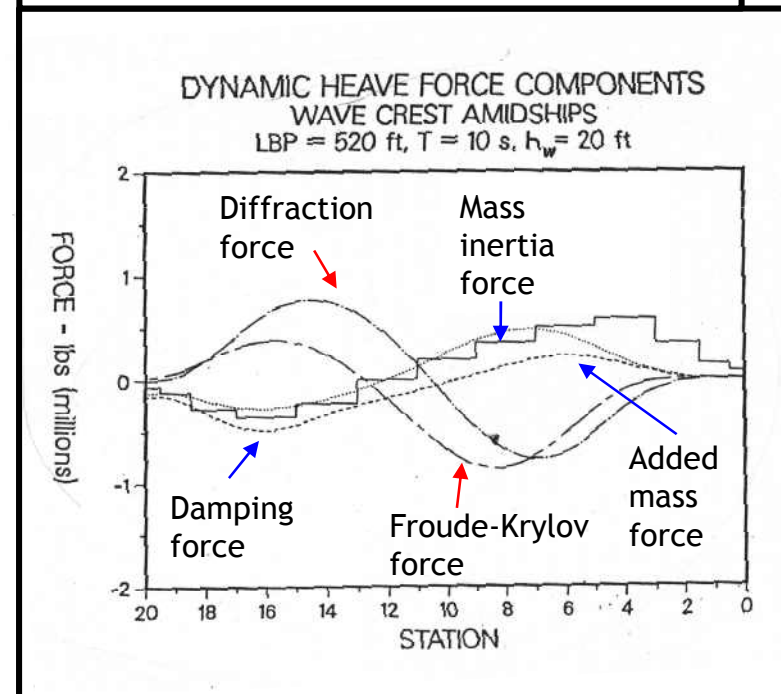
- 1) VWBM : Vertical Wave Bending Moment
- 2) SWBM : Still Water Bending Moment

- 6자유도 운동 방정식의 풀이 결과를 사용하여 선박에 작용하는 Wave Load를 계산하고, Shear force 및 Bending moment를 계산한다.

중량-부력 하중 곡선



Wave와 선박 운동에 의한 하중 곡선



Part II. Ship Motion & Wave Load

: Term project #5 – Wave Load에 의한 VWBM¹⁾ 계산

- 1) VWBM : Vertical Wave Bending Moment
- 2) SWBM : Still Water Bending Moment

- Term project #4에서 사용한 프로그램을 사용하여 다음 과제를 수행한다.
 - 과제 1. 선박의 길이를 방향 weight 분포를 입력 받는 함수를 작성한다.
 - 과제 2. 파의 주기와 파고를 입력하면 이에 해당하는 Heave, Pitch 운동 변위를 계산한다. (운동 변위를 미분하여 속도 및 가속도를 구할 수 있다.)
 - 과제 3. (과제 2)의 결과와 각 station의 added mass, damping coefficient, Froude-Krylov force, diffraction force를 사용해 하중 곡선(Load curve)를 작성한다 (B-spline curve 사용).
 - 과제 4. (과제 3)의 결과를 적분하여 Shear force 그래프를 작성한다.
 - 과제 5. (과제 4)의 결과를 적분하여 Bending moment 그래프를 작성한다.

프로그래밍 가이드

■ Given

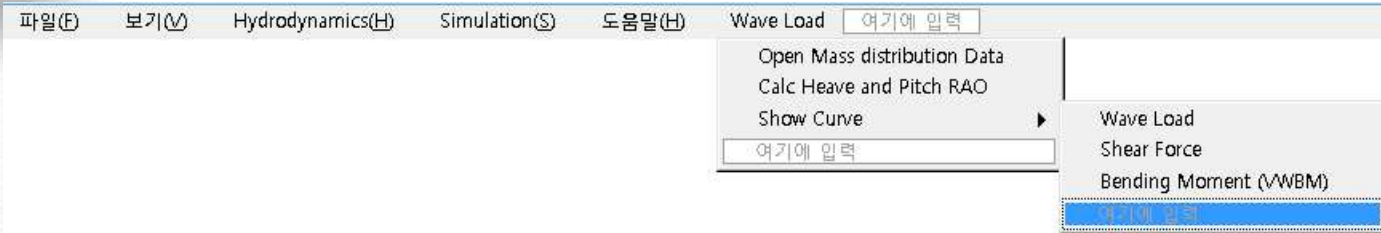
- 선박의 단면별 added mass, damping coefficient, Froude-Krylov force, diffraction force
- 선박의 길이 방향 중량 분포

■ Find

- 하중 곡선 (Load curve)
- 전단력 곡선 (Shear force curve)
- 굽힘 응력 곡선 (Bending moment curve)

프로그래밍 가이드

Step 1. 리소스 탭에서 Menu를 선택한 뒤, 다음과 같이 항목을 입력한다.



Step 2. DirectXMFCDoc.cpp 파일에 클릭 시 동작하도록 함수를 추가한다.

동일한 방법으로
5개 함수 추가

프로그래밍 가이드

※ DirectXMFCDoc.cpp 파일에
5개의 함수가 추가된 모습

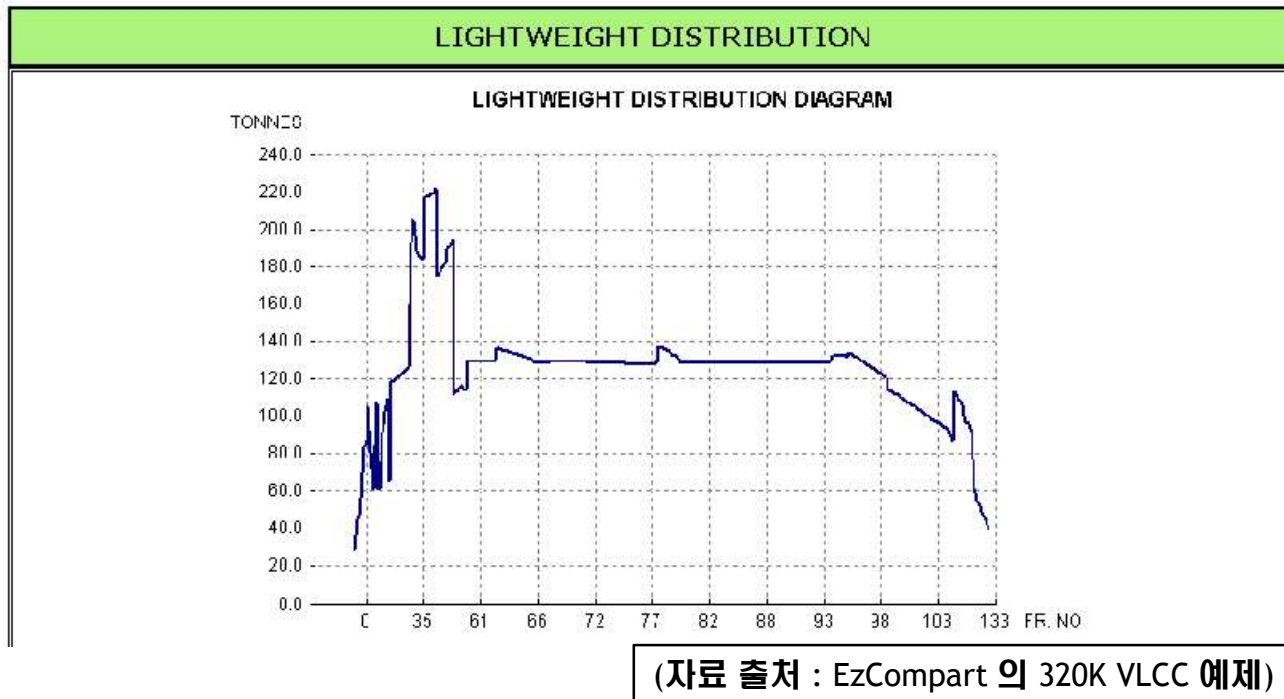
```
DirectXMFCDoc.cpp*  DirectXMFC.rc -...AINFRAME - Menu*  DirectXMFCV
void CDirectXMFCDoc::OnShowcurveShearforce()
CDirectXMFCDoc
{
void CDirectXMFCDoc::CalcMotion()
{
    Initialize();
    CWinThread* pThread = ::AfxBeginThread(ThreadFunc,this)
}
void CDirectXMFCDoc::OnWaveloadOpenmassdistributiondata()
{
    // TODO: 여기에 명령 처리기 코드를 추가합니다. ← 과제 1.
}
void CDirectXMFCDoc::OnWaveloadCalcheavepitchrao()
{
    // TODO: 여기에 명령 처리기 코드를 추가합니다. ← 과제 2.
}
void CDirectXMFCDoc::OnShowcurveWaveload()
{
    // TODO: 여기에 명령 처리기 코드를 추가합니다. ← 과제 3.
}
void CDirectXMFCDoc::OnShowcurveShearforce()
{
    // TODO: 여기에 명령 처리기 코드를 추가합니다. ← 과제 4.
}
void CDirectXMFCDoc::OnShowcurveBendingmoment()
{
    // TODO: 여기에 명령 처리기 코드를 추가합니다. ← 과제 5.
}
}
```

프로그래밍 가이드

Step 3. `OnWaveloadOpenmassdistributiondata()` 함수

→ Dialog 창으로부터 `mass_dist.txt` 파일을 입력 받아서 저장하는 코드 추가

ex)



(cf) 위 그래프는 선박의 Light weight 분포로 선각, 의장, 기관 중량의 합이다.
실제 중량 분포 곡선은 Light weight에 Dead weight(화물, ballast water, fresh water 등)가 더해짐

프로그래밍 가이드

Step 4. OnWaveloadCalcheavepitchrao() 함수

→ m_ShipMotion 에 저장된 Added mass, Damping coefficient, Wave exciting force 정보를 사용하여 다음 식으로 부터 Heave, Pitch 운동 변위와 속도 가속도를 구함

< Amplitude >	< 변위 >	< 속도 >	< 가속도 >
$\xi_3^A = \eta_0 \frac{F_3^A S - F_5^A Q}{PS - QR}$	$\xi_3(t) = \xi_3^A e^{i\omega t}$	$\dot{\xi}_3(t) = i\omega \xi_3^A e^{i\omega t}$	$\ddot{\xi}_3(t) = -\omega^2 \xi_3^A e^{i\omega t}$
$\xi_5^A = \eta_0 \frac{F_5^A P - F_3^A R}{PS - QR}$	$\xi_5(t) = \xi_5^A e^{i\omega t}$	$\dot{\xi}_5(t) = i\omega \xi_5^A e^{i\omega t}$	$\ddot{\xi}_5(t) = -\omega^2 \xi_5^A e^{i\omega t}$

$$\left(\begin{array}{l} P = -\omega^2 (M + A_{33}) + i\omega B_{33} + C_{33} \\ Q = -\omega^2 (-Mx_C + A_{35}) + i\omega B_{35} + C_{35} \\ R = -\omega^2 (-Mx_C + A_{53}) + i\omega B_{53} + C_{53} \\ S = -\omega^2 (I_{yy} + A_{55}) + i\omega B_{55} + C_{55} \end{array} \right)$$

프로그래밍 가이드

Step 5. OnShowcurveWaveload() 함수

→ 각 station 별 정보(m_SectionHydro 안에 저장되어 있음) 및 질량 분포, 선박의 Heave, Pitch 가속도, 속도를 사용하여 Wave Load Curve 작성

→ 주어진 점 정보를 사용하여 B-spline 곡선을 만들고 이를 Dialog 창에 가시화 함

Wave에 의한 힘 및 선박의 운동과 관련
(Wave load)

질량과 물에 잠긴 형상에 관련
(Still water load)

$$q(x) = \left[\underbrace{m(x)\omega^2(\xi_3^A - x\xi_5^A)}_{\text{Mass inertia}} + \underbrace{\eta_0(f_3(x) + h_3(x))}_{\text{Froude-Krylov}} + \underbrace{a_{33}\omega^2(\xi_3^A - x\xi_5^A)}_{\text{Diffraction}} - \underbrace{b_{33}i\omega(\xi_3^A - x\xi_5^A)}_{\text{Added mass force}} \right] e^{i\omega t} + (b(x) - m(x)g)$$

Mass inertia

Froude-Krylov

Diffraction

Added mass force

Potential damping

Wave Load Curve 종류 => 5개

+

Total Wave Load Curve => 1개

총 6개의 Curve를 Dialog 창에 가시화

프로그래밍 가이드

Step 6. **OnShowcurveShearforce()** 함수

→ Total Wave Load Curve를 적분하여 Dialog 창에 Shear force curve 작성

Step 7. **OnShowcurveShearforce()** 함수

→ Shear force를 적분하여 Dialog 창에 Bending moment curve 작성



VWBM (Vertical Wave Bending Moment)



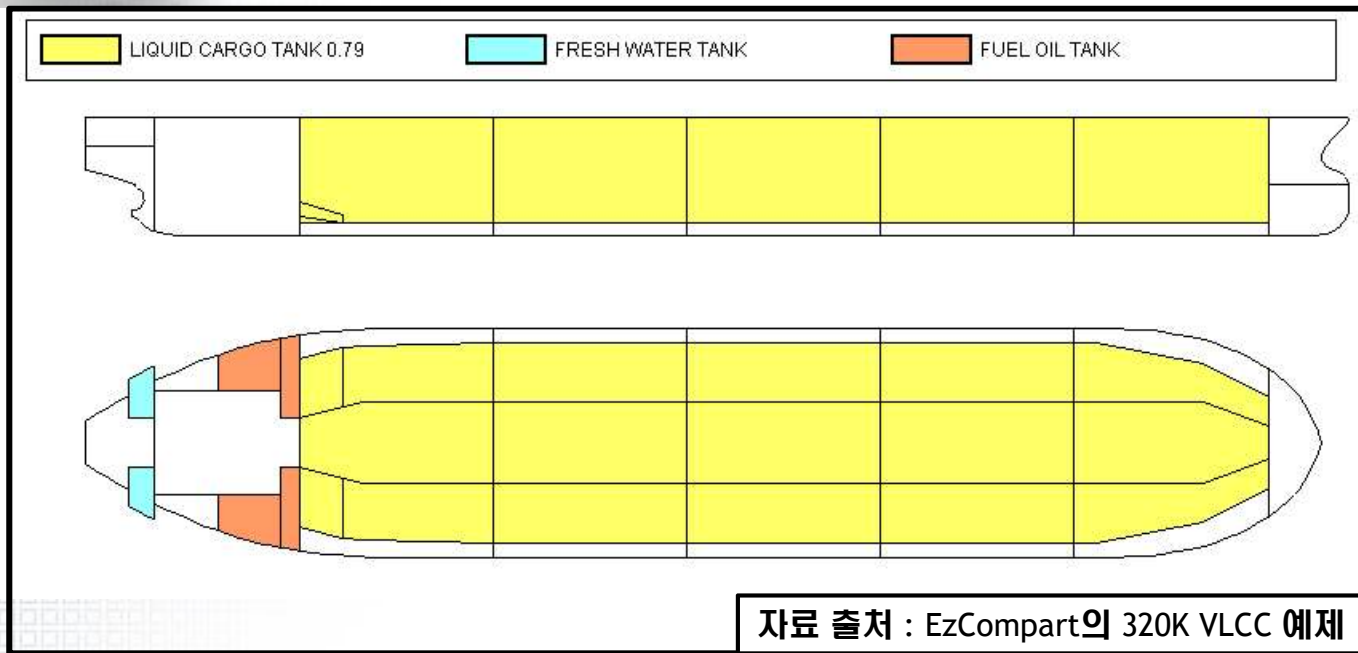
Term Project #5.

Wave Load, Shear force Bending moment of a ship

- 대상 선박(320K VLCC)의 질량 분포 -

길이 방향 질량 분포 예 (320K VLCC)

✓ 320K VLCC Homo Scantling Departure condition



✓ Weight 정보

LWT (Light weight) = 40,950 [ton]
 DWT (Dead weight) = 276,440.705 [ton]

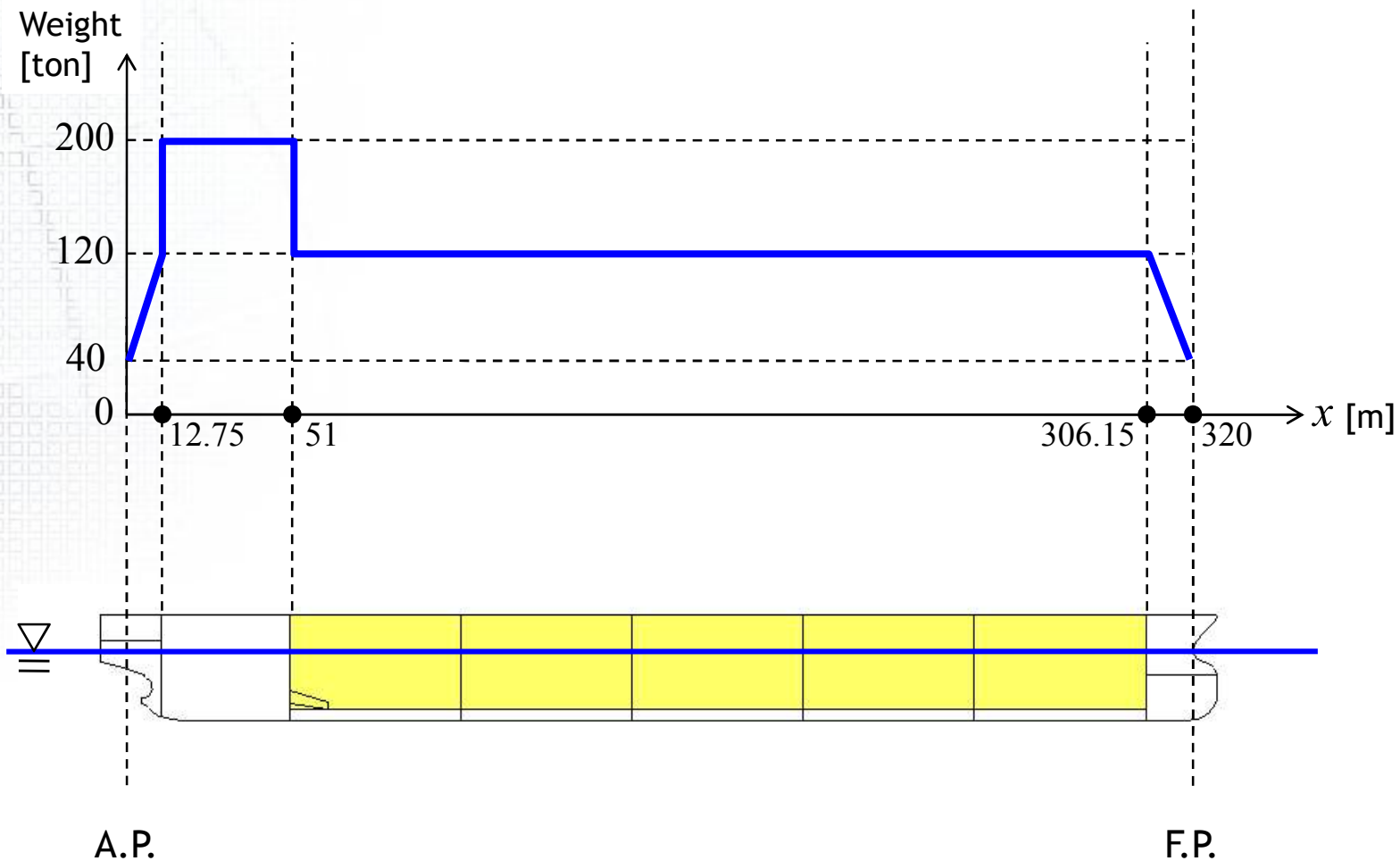
화물 중량(Crude oil) = 264386.43 [ton]
 H.F.O.(Heavy Fuel Oil) = 10848.125 [ton]
 청수(Fresh water) = 1206.15 [ton]

 Total weight = 317,390.705 [ton]

운동 방정식의 Mass와 I_{xx}, I_{yy}, I_{zz} 값을 변경시킬 것
 (기타 자료는 이전과 동일한 것을 사용함)

길이 방향 질량 분포 예 (320K VLCC)

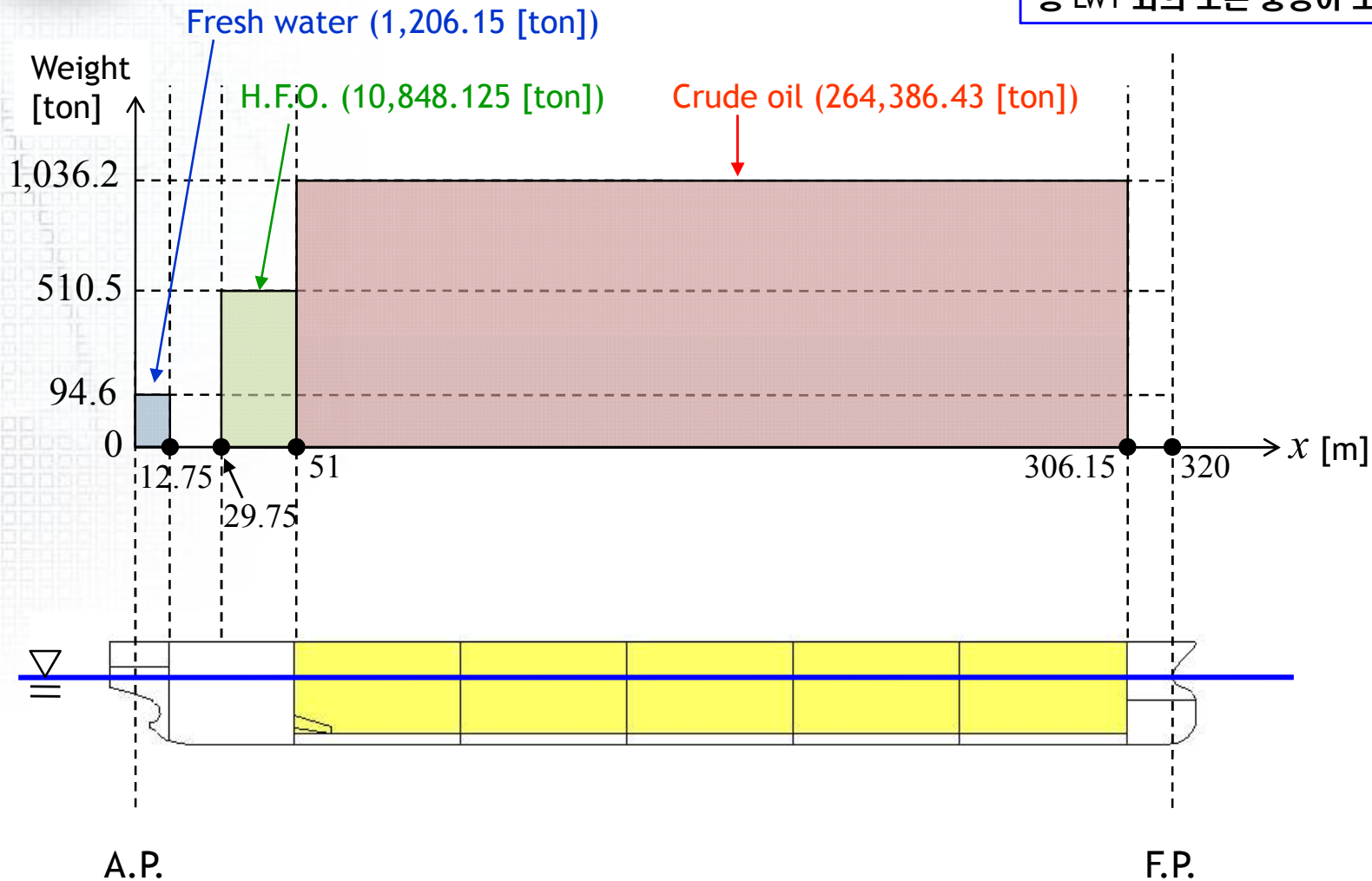
(1) LWT = 40,950 [ton] (선각 중량 + 의장 중량 + 기관부 중량)



길이 방향 질량 분포 예 (320K VLCC)

(1) DWT = 276,440.705 [ton] (화물 중량 + 연료 + 청수)

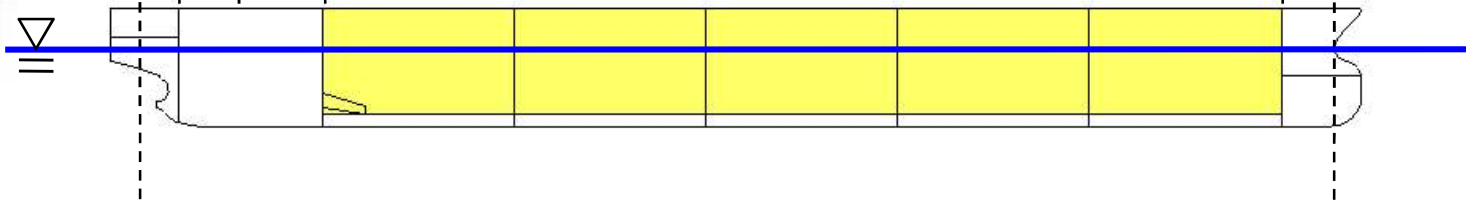
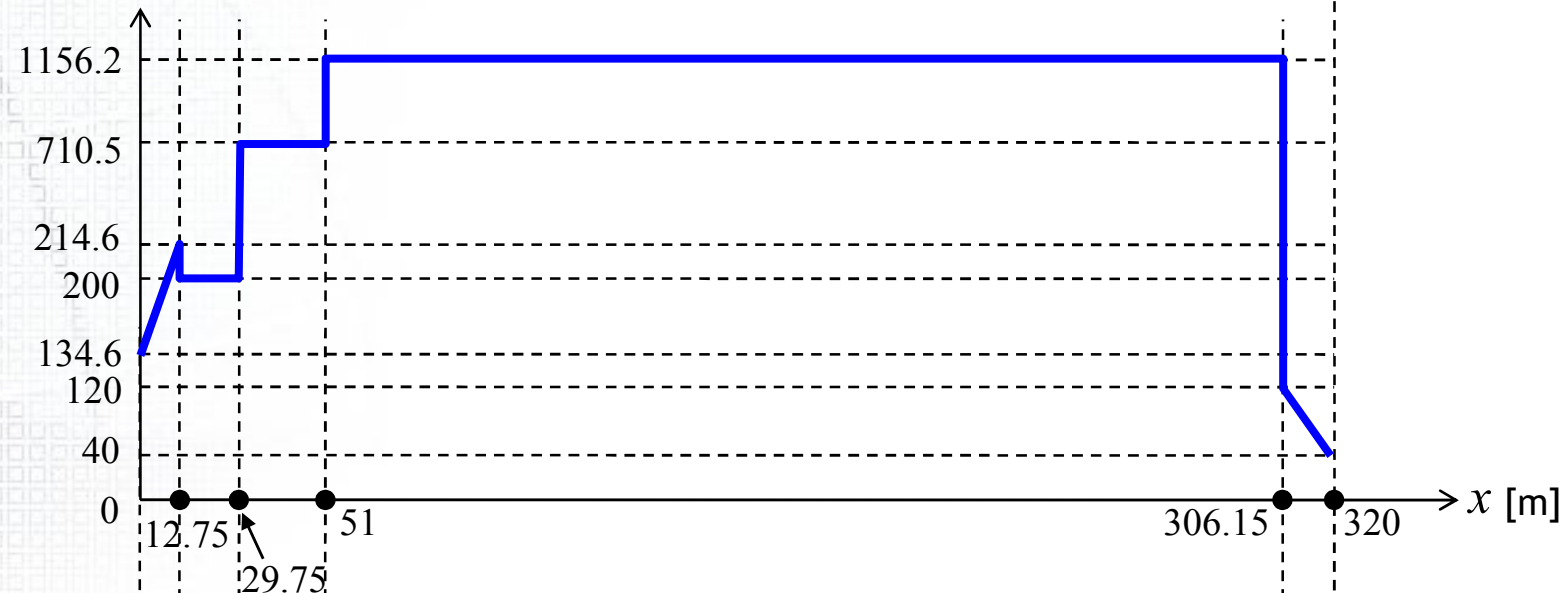
(cf) 이 밖에도 DWT는 Deadweight constant, ballast, 식량, 선원, Diesel oil, Lubrication oil 등 LWT 외의 모든 중량이 포함됨



Term Project#4 Ship motion simulation 프로그램 과제

(3) Total weight = LWT + DWT

Weight
[ton]



A.P.



길이 방향 질량 분포 예 (320K VLCC)

■ 과제 1 관련 추가 설명

- 5 page 의 그래프를 파일로부터 입력받을 수 있도록 각자가 파일을 정의하고 입력 받을 것
(Hint, 연결하는 선은 모두 직선이므로, 직선이 분할되는 곳의 정보만 알면 됨)

■ 과제 3,4,5 관련 추가 설명

- 질량 분포가 하나의 함수로 표현되어 있지 않으므로, 단위길이당 하중 $q(x)$ 를 구할 때도 x 값에 따라서 구간을 나누어 계산해야 함
- Shear force를 구할 때에도 $q(x)$ 를 구간 별로 나누어 적분하여야 함
- Bending moment의 경우도 Shear force를 구간 별로 나누어 적분하여야 함
- 적분은 global.cpp 함수에 있는 CalcArea() 함수를 참고하여 Gaussian Quadrature 방법을 사용함