

---

 論 文
 

---

大韓造船學會論文集  
 第 34 卷 第 1 號 1997年 2月  
 Journal of the Society of  
 Naval Architecture of Korea  
 Vol. 34, No. 1, February 1997

## 대화형 Grain Stability Calculation에 관한 연구

이순섭\*, 이규옥\*, 강원수\*, 윤문태\*\*, 성다경\*\*, 이종철\*\*

### A Study on the Interactive Grain Stability Calculation

by

S. S. Lee\*, K. O. Lee\*, W. S. Kang\*, M. T. Yoon\*\*, D. K. Sung\*\* and J. C. Lee\*\*

#### 요 약

현재 조선소에서는 grain stability 계산시에 선박계산 프로그램의 계산 결과치와 실제값 사이의 오차가 크므로 계산 프로그램을 많이 사용하지 않고 있으며, grain stability 계산에 필요한 모든 작업이 수작업을 통해 이루어지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 수작업을 통해 이루어지고 있는 grain stability 계산 작업을 전산화하여 계산작업시간의 단축 및 작업효율성을 극대화할 수 있는 대화형 grain stability 계산 프로그램 개발에 그 목적이 있다.

본 연구에서는 사용자의 편의와 대화식 입출력 작업을 위해 그래픽 사용자 인터페이스(GUI:Graphical User Interface)를 구현하였고, 3차원 그래픽 라이브러리인 GLBAX를 사용하여 계산에 필요한 형상(girder, hold 형상등)정보들을 가시화하였다. 또한, 선박계산 프로그램과의 접속이 가능하도록 하였다.

#### Abstract

In a shipyard, computer calculation is not frequently used for the grain stability calculation because of large difference between calculation values and real values. Therefore, the necessary calculation process for grain stability is done manually.

---

발 표 : 1995년도 대한조선학회 추계연구발표회('95. 11. 10.)

접수일자 : 1996년 2월 5일, 재접수일자 : 1996년 11월 9일

\*정회원, 한국기계연구원 선박해양공학연구센터

\*\*정회원, 현대중공업

GUI(Graphical User Interface) is adopted for the convenience of users and interactive data I/O. The hold shape (girder, hold, etc.) needed for calculation are visualized using GLBAX which is a 3 dimensional graphic library. The interface with the ship basic calculation package is also implemented.

The aim of this paper is to develop a reliable interactive grain stability calculation program which reduces computational time, and is to computerize the grain stability calculation procedure.

## 1. 서 론

Bulk선에 곡물을 싣고 항해할 경우에는 SOLAS 1960의 규칙에서 요구하는 조건들을 만족하여야 한다. 이 규칙에 대해서 IMO에서는 1969년과 1974년에 의정서 A184(VI) 및 이것의 개정안인 A264 를 제출하였다[1,2,3,4]. 의정서 A184 와 A264 에서는 주어지는 criteria 값들에 대해서는 같으나, 경사모우멘트를 계산하는 방법에서 다소 차이가 있다. 현재 대부분의 조선소에서는 1974년 SOLAS에서 채택되었고 1980년 5월부터 발효된 A264 규칙에 따라서 grain stability 계산을 수행하고 있다.

A184와 A264 규칙에 따른 grain stability 계산 프로그램이 예전부터 많이 개발되었으며, 이 중 선박 기본계산 프로그램인 SIKOB[5]이 널리 사용되고 있다. SIKOB은 filled compartment와 partly filled compartment 에 대해서 계산할 수 있도록 되어 있다. 그러나, 이 프로그램은 partly filled compartment 에 대해서는 어느 정도의 정확한 값이 계산되지만, filled compartment 에 대한 계산 결과치는 실제 값에 비해 상당한 오차를 발생시키는 문제점을 안고 있다. 이에 각 조선소에서는 filled compartment에 대한 경사 모우멘트 계산에 필요한 모든 작업을 수작업으로 수행하든지, 선박 기본계산 프로그램을 수행하고 난 뒤의 계산 결과치에 조선소 나름대로의 factor 를 곱하여 원하는 값을 얻고 있는 실정이다.

본 연구에서는 수작업을 통해 이루어지고 있는 filled compartment에 대한 오차가 없는 정확한

grain heeling moment 계산과정을 전산화하여 계산작업 시간의 단축 및 작업효율성을 극대화할 수 있는 대화형 grain stability 계산 프로그램 개발에 그 목적이 있다.

본 연구에서는 사용자의 편의와 대화식 입출력 작업을 위해 그래픽 사용자 인터페이스(GUI : Graphical User Interface)[10]를 구현하였고, 3차원 그래픽 라이브러리인 GLBAX[9]를 사용하여 계산에 필요한 형상(girder, hold 형상 등) 정보들을 가시화하였다. 또한, 선박 기본계산 프로그램과의 접속이 가능하도록 하였다.

## 2. Grain Stability

### 2.1 Criteria

Bulk선이 곡물을 적재하고 항해했을 때 화물의 이동으로 인해 배가 경사하였을 경우에 만족하여야 할 조건들은 다음과 같다[6,7,8].

- 화물의 이동으로 인해 발생하는 선체의 경사각은  $12^\circ$  이내이어야 한다.
- Fig. 1에서 보듯이 선체경사각이  $40^\circ$  혹은 유입각 ( $\theta_r$ ,  $40^\circ$  보다 작은 경우에만 취함) 까지의 정적복원력 곡선과 화물의 이동으로 인한 경사 모우멘트 곡선 사이에 둘러싸인 잔재동적복원력은  $0.075 \text{ m-rad}$  이상이 되어야 한다.
- 탱크의 자유표면의 영향을 수정한 뒤의 메타센터높이( $G_0M$ )가  $0.3 \text{ m}$  이상이어야 한다.

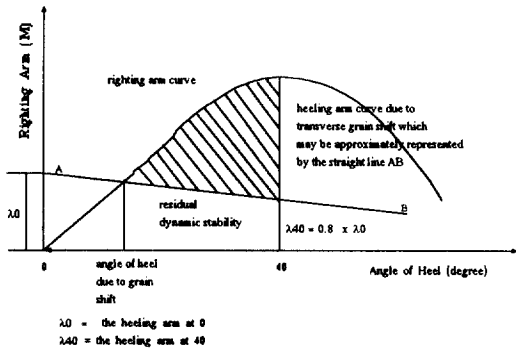


Fig. 1 The residual dynamic stability

2.2 Heeling Moment 계산

화물의 횡이동에 의한 경사모우멘트(heeling moment)를 분류하면 크기는 만재한 상태(filled condition) 와 만재하지 않은 상태(partial condition)로 나누며, 만재한 상태는 trimmed condition 과 untrimmed condition으로 분류할 수 있다[1,3,4,5,6].

또한 경사모우멘트를 계산할때는 만재된 구획에서는 횡경사가 15° 경사되는 것으로 간주하여 계산하며, 만재되지 않은 구획에서는 25° 경사되는 것으로 간주하여 계산한다.

(1) Filled compartment 에 대한 경사모우멘트 계산

Filled compartment에 대한 경사모우멘트를 계산할 경우에는 예전과는 달리 trimmed, untrimmed 상태로 구분하여 계산한다. Trimmed 상태는 곡물을 화물창에 적재할 때, 화물창의 모서리부분에 빈 공간이 생기지않게 기계를 이용하여 곡물을 적재한 상태이며, untrimmed 상태는 화물창의 빈 공간을 고려하지 않고 바로 곡물을 적재한 상태를 말한다. 두 상태에 대한 계산하는 방법은 거의 같으며, untrimmed 상태에서 곡물이 적재되지 않는 공간(void volume)을 계산하여 기본계산 프로그램을 통해 계산된 hold에서 이 void volume을 제거한 hold에 곡물을 적재할 수 있는 실제

volume을 계산하는 것이 틀리다. 경사모우멘트에 대한 계산은 한 hold를 세 part(hatch, hatch fwd, hatch aft)로 나누어서 계산이 이루어지며, 각각에서 계산된 경사모우멘트 값들을 더하면 전체에 대한 계산 결과값이 된다[8]. Fig. 2는 화물창부를 세부적으로 구분한 것을 나타내었다.

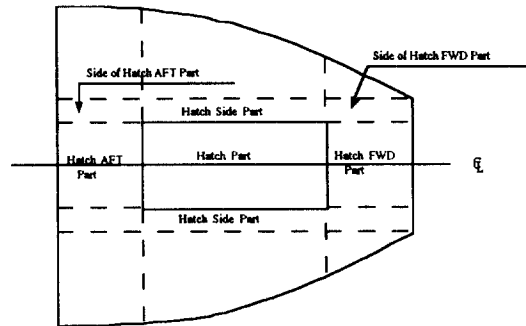


Fig. 2 The classification of hold part

계산과정에 대해서 간략하게 살펴보면 먼저, hatch part인 경우에는 창구덮개의 아래부분의 공간을 계산하고, 배를 15° 경사시켜 이때, 발생하는 면적, lever 및 경사모우멘트를 계산한다. 두 번째로 hatch fwd, aft part에서는 아래와 같은 계산절차에 따라 계산한다.

- hatch end beam의 mean depth 계산
- 갑판아래의 void depth 계산
- 갑판아래의 15° 경사전의 면적 계산
- 15°경사후의 면적, lever, volume, 경사모우멘트 계산

보통 모든 compartment에 대해서 untrimmed 상태에서 계산된 경사모우멘트 결과값이 요구되는 grain stability 제조조건들을 만족하면 trimmed 의 경우에도 만족한다.

(2) Partly filled compartment에 대한 경사모우멘트 계산

Partly filled compartment에 대한 경사모우멘트는 화물표면이 25° 경사된 상태에서 계산한다.

Partly filled compartment의 화물 표면위치는 재화계수 값에 따라 다르므로, 미리 표면 위치를 몇 군데 선정하여 그 위치에서 배를 25° 경사시켜 경사모우멘트를 계산한다. Partly filled compartment의 경사모우멘트는 화물의 표면이 top side wing tank 와 hopper tank 중간에 왔을 때 가장 커진다.

3. 대화형 Grain Stability 프로그램

3.1 프로그램 구성도

본 연구에서 개발된 대화형 grain stability계산 프로그램의 구성도는 Fig. 3과 같으며, 각 모듈별 기능을 간략하게 살펴보면 다음과 같다.

(1) Trimmed grain heeling moment calculation program

- TR\_DEF\_MEAN\_DEP : 갑판아래 깊이를 계산하기 위한 hatch end beam의 평균깊이를 계산하는 모듈이다. hatch end beam의 평균깊이를 계산하기 위해서 필요한 입력데이터는 top side wing tank의 형상과 각 girder의 깊이 및 girder 간의 간격이 필요하다.

- TR\_DEF\_HOLD\_SHA : 각 hold에서의 경사모우멘트를 계산하기 위한 단면형상들을 정의하는 모듈이다. 형상을 정의하기 전에 hold 수, hold 길이 및 폭등에 대한 데이터는 선행정보 및 volume정보를 통해 알고 있어야한다. 또한 사용자는 단면형상을 정의하기 위한 hold 및 hold의 어느 part(hatch, hatch fwd, hatch aft part)인지를 먼저선택하여야 한다. 단면형상을 정의하기 위해 필요한 입력데이터는 hatch part인 경우에는 top side wing tank의 형상정보와 hatch part에 girder가 있을시에는 girder의 깊이 및 길이가

필요하다. 그리고 hatch fwd 및 aft part에서는 girder 의 갯수와 깊이, 사이간격 및 top side wing tank의 형상정보등이 필요하다. 이 모듈에서는 3차원 그래픽

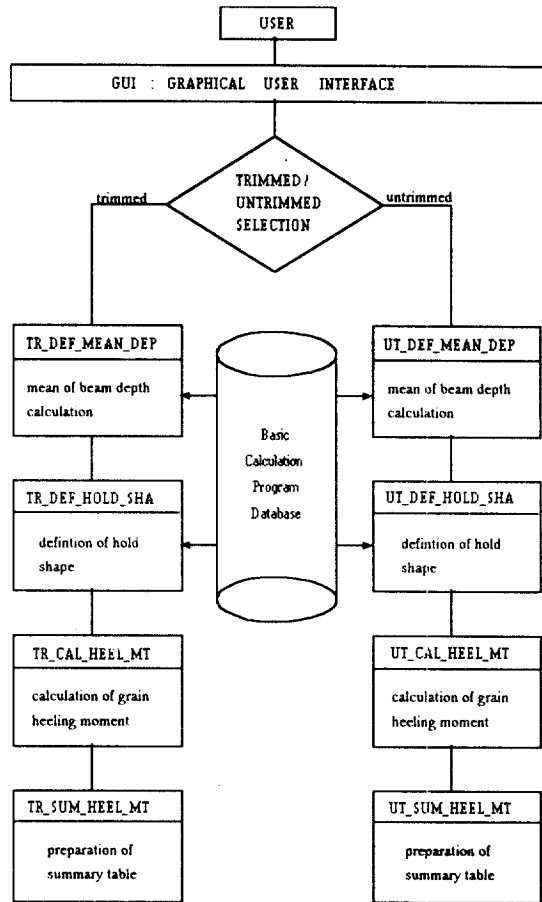


Fig. 3 The configuration of interactive grain stability calculation program

라이브러리인 GLBAX[9]를 이용하여 입력된 형상에 대해서 가시화하여 줌으로서 형상에 대한 데이터 입력을 편리하게 하였다.

- TR\_CAL\_HEEL\_MT : 각 hold에서 주어진 단면형상정보들을 이용하여 void depth, 경사후의

void area, lever, 경사모우멘트를 계산하는 모듈이다. 여기서는 먼저, TR\_DEF\_MEAN\_DEP 모듈에서 계산한 hatch end beam의 mean depth 값을 이용하여 hold의 각 part에서의 void depth를 계산한다. 그리고나서 Fig. 4에서 보는 것처럼 각 구간에서의 initial void area 및 경사후의 void area, lever를 계산한다. 계산된 void area와 lever를 곱해서 각 구간에서의 경사모우멘트를 계산하고, 이들의 합과 part 길이를 곱해서 각 part에서의 경사모우멘트를 계산한다. 또한 각 hold형상이 같은 곳이 많기 때문에 경사모우멘트 copy기능을 두어서 원하는 계산값이 계산되어 있는 hold와 part만 선정하면 그 곳의 경사모우멘트 계산값을 이용할 수 있도록 하였다.

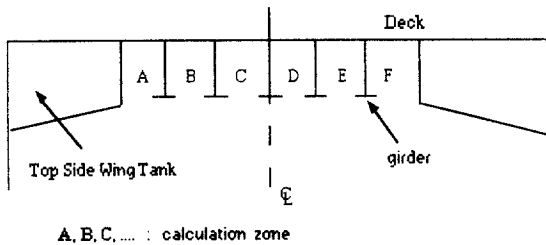


Fig. 4 Definition of section shape

- TR\_SUM\_HEEL\_MT : 한 hold내의 각 part에서 계산된 경사모우멘트를 합산하고, 이를 전 hold에 대해서도 더하여 설계자가 쉽게 알아볼 수 있는 summary table를 작성하는 모듈이다. 이 모듈에서 필요한 입력데이터는 각 hold 별 및 각 part별로 계산된 경사모우멘트이고, 출력되는 것은 trimmed 상태에서의 경사모우멘트 계산결과에 대한 summary table 이다.

(2) Untrimmed grain heeling moment calculation program

- UT\_DEF\_MEAN\_DEP : trimmed상태와 마찬가지로 갑판아래 깊이를 계산하기 위한 hatch

end beam의 평균깊이를 계산하는 모듈이다. 여기에서는 trimmed 상태와는 달리 hatch end beam의 평균깊이를 grain feeding point에 대해서 계산한다. 평균깊이를 계산하기 위해 필요한 입력데이터로는 feeding hole의 수, 간격 및 반경과 grain feeding point의 위치값이다.

- UT\_DEF\_HOLD\_SHA : 경사후의 void volume 및 경사모우멘트를 계산하기 위해 필요한 hold의 단면형상을 정의하는 것이다. 여기에서도 단면형상을 정의하기 위해 데이터를 입력하는 방법은 trimmed 상태와 비슷하며, 다른 점은 형상을 정의하는 곳이 trimmed 상태와는 달리 화물창부의 각 part를 3등분한 곳에서 정의한다는 것이다(hatch part는 제외). 단면형상을 정의하기 위해 필요한 데이터로는 trimmed 상태에서의 데이터 뿐만 아니라 단면형상을 정의하는 곳에서의 반폭이 추가되어진다. Trimmed 상태에서와 같이 입력된 데이터에 대한 형상이 바로 가시화됨으로 사용자가 형상을 정의하기에 편리하도록 하였다.

- UT\_CAL\_HEEL\_MT : untrimmed 상태의 경우에는 trimmed 상태에서 계산하지 않는 경사후의 void volume에 대한 계산이 추가되어 있으며, 그 나머지는 trimmed 상태에서의 계산과 동일하다.

- UT\_SUM\_HEEL\_MT : UT\_CAL\_HEEL\_MT 모듈에서 계산된 hold capacity와 grain heeling moment값들을 각 hold별로 정리한 table을 가시화하는 모듈이다. 실제 hold의 volume은 선박 계산 프로그램에서 계산된 hold volume에서 untrimmed 상태에서 계산된 void volume을 제거한 값이 된다.

3.2 그래픽 사용자 인터페이스

(GUI : Graphical User Interface)

사용자의 편의와 작업능률을 향상시키기 위해 본 연구에서는 그래픽 사용자 인터페이스[10]를

채택하여 프로그램의 입출력 및 계산과정을 가시화함으로써 대화방식의 프로그램이 되도록 하였다.

그래픽 사용자 인터페이스를 사용하여 프로그램을 대화식으로 개발한 내용에 대해서 간략하게 살펴보면, 첫째로 프로그램 수행중에 각 계산 단계별로 입력 데이터와 계산결과 뿐만 아니라 계산과정을 볼 수 있게 하여 잘못된 데이터의 입력을 쉽게 파악 할 수 있도록 하였다. 둘째로는 프로그램이 interactive하게 되어있어 설계자가 프로그램 실행과정을 쉽게 제어할 수 있도록 하였다.

셋째로는 정확한 hold 단면형상정보를 입력하기 위해서 그래픽 라이브러리인 GLBAX[9]를 이용하여 입력된 단면형상 데이터를 바로 가시화함으로써 계산과정에서 발생할 수 있는 형상에 대한 정보오류를 사전에 방지할 수 있도록 하였다.

### 3.3 응용 예

대화형 grain stability계산 프로그램을 검증하기 위해 사용된 선형의 주요요목은 다음과 같다.

- Ship Type : bulk carrier
- Lbp : 270.0 M
- Bmld : 45.0 M
- Dmld : 23.8 M
- draft : 16.5 M

Fig. 5는 untrimmed 상태에서의 hatch end beam 의 평균깊이값을 계산하기 위한 입력 화면과 계산결과 화면을 나타낸 것이며, Fig. 6은 임의의 hold의 hatch fwd part 에서 경사모우멘트를 계산하기 위한 단면형상 정보를 입력하는 화면을 나타낸 것이다. Fig. 7은 hatch의 처음부분에서의 반쪽과 끝부분에서의 반쪽이 다른 hold의 hatch part 에서의 주어진 단면형상에 대한 경사후의 void volume 및 경사모우멘트 결과치를 나타낸 화면이다. Fig. 8은 경사모우멘트의 copy 기능을 나타낸 것으로 설계자는 임의의 hold에서 필요한 경사모우멘트를 계산하기 위해 단면형상정보 입력 및 경사모우멘트 계산과정을 거치지 않고 이미 계산되어있는 hold 에서의 경사모우멘트값을

copy해 올 수 있도록 하였다. Fig. 9는 trimmed 상태에서의 경사모우멘트를 계산하기 위해 입력하는 단면형상정보중 girder에 관련된 정보를 입력하는 화면을 나타낸 것이다. 이때 그래픽 라이브러리인 GLBAX를 이용하여 입력에 필요한 정보들을 바로 표시되게 하여 설계자가 데이터를 입력하는데 편리하도록 하였다.

## 4. 결론

본 논문에서는 대화형 grain stability계산 프로그램을 개발하였으며, 그 결과들에 대해서 살펴보면 다음과 같다.

- 선박계산프로그램에서의 형상정보 입력에 대한 heeling moment계산 및 volume계산 결과치의 큰 오차 때문에 거의 수작업으로만 이루어지고 있는 grain stability계산과정을 전산화함으로써 정확한 계산결과치를 얻을 수 있었다.
- 그래픽 사용자인터페이스를 이용하여 입출력 데이터를 interactive 하게 이용할 뿐만아니라, 선형모듈에서 수행된 결과들을 이용하기 때문에 사용자가 프로그램을 사용하기에 편리하게 하였다.
- 입출력시 계산에 필요한 단면형상 (girder, hold형상)정보 및 계산결과들의 가시화를 통한 계산작업의 효율성을 향상시켰다.
- 선박계산프로그램(SIKOB)과의 interface가 가능하도록 하였다.

향후 프로그램의 정확성 및 효율성을 더욱더 향상시키기 위해서 여러 척에 대한 검증 및 타 응용 프로그램들(구획배치 프로그램 등)과의 인터페이스에 대한 연구가 지속되어야겠다.

## 참고 문헌

- [1] IMO Grain Rule, 1994.
- [2] Nielsen, S. K., "Grain Stability Calculation by

Computer”, shipping world & shipbuilder, Oct. 1972.

[3] 장석 외, “선박설계 및 생산기술의 전산화에 관한 연구”, 선박해양연구소 보고서, 1979. 6.

[4] 서상원 외, “Grain Loading Manual작성”, 범양전용선 보고서, 1979. 8.

[5] SIKOB Reference Manual, 1979.

[6] 황종홀, 임상전, “선박설계”, 문운당, 1989.

[7] 이창익, “선박설계”, 대한교과서 주식회사, 1985.

[8] Grain stability report, 현대중공업, 1995.

[9] 이규옥, 서승완, 남종호, “조선설계 시스템을 위한 그래픽 기술개발”, '93 조선학회 추계연구발표회, Nov. 1993.

[10] Open Software Foundation, OSF/MOTIF Programmer's Guide(Rev. 1.1), Prentice-Hall Englewood Cliffs, New Jersey, 1990.

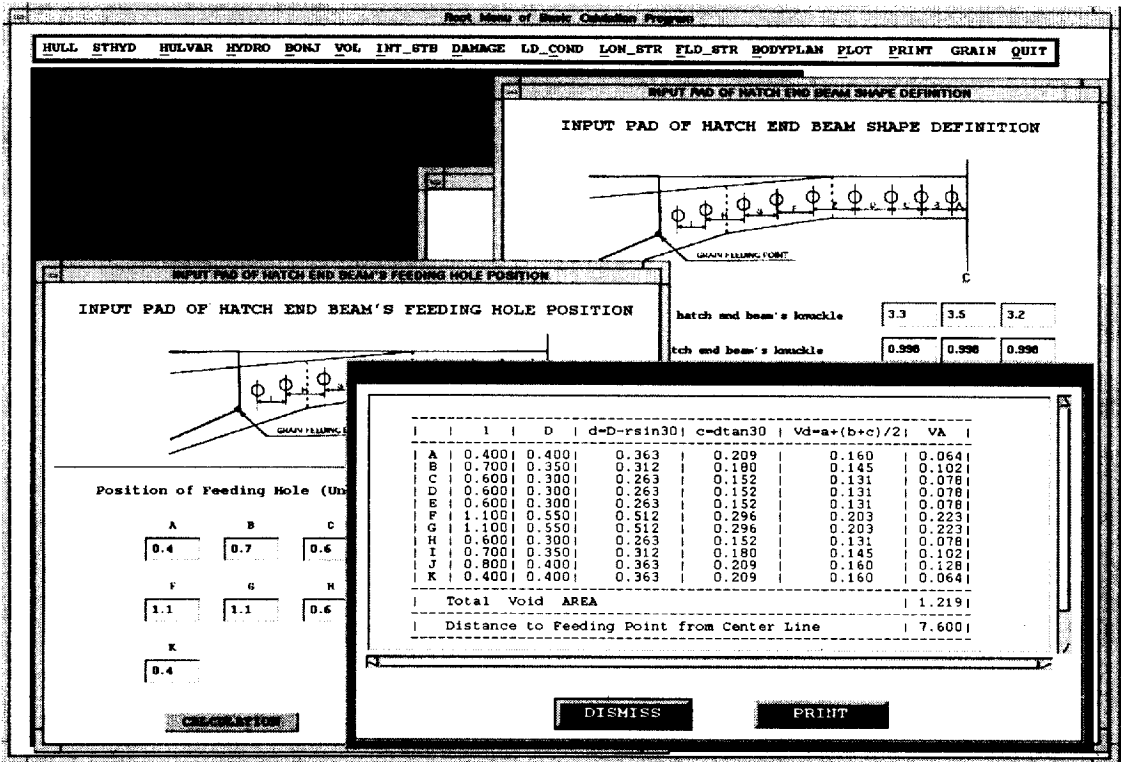


Fig. 5 The mean depth result of hatch end beam in case of untrimmed condition

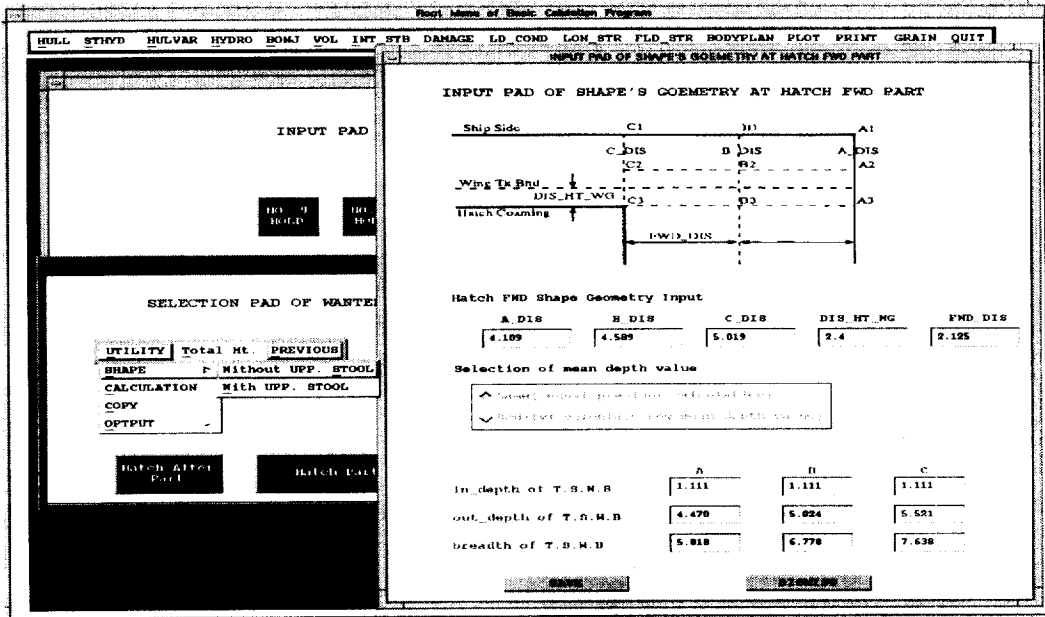


Fig. 6 The input pad of section shape for grain heeling moment in hatch FWD part in case of untrimmed condition

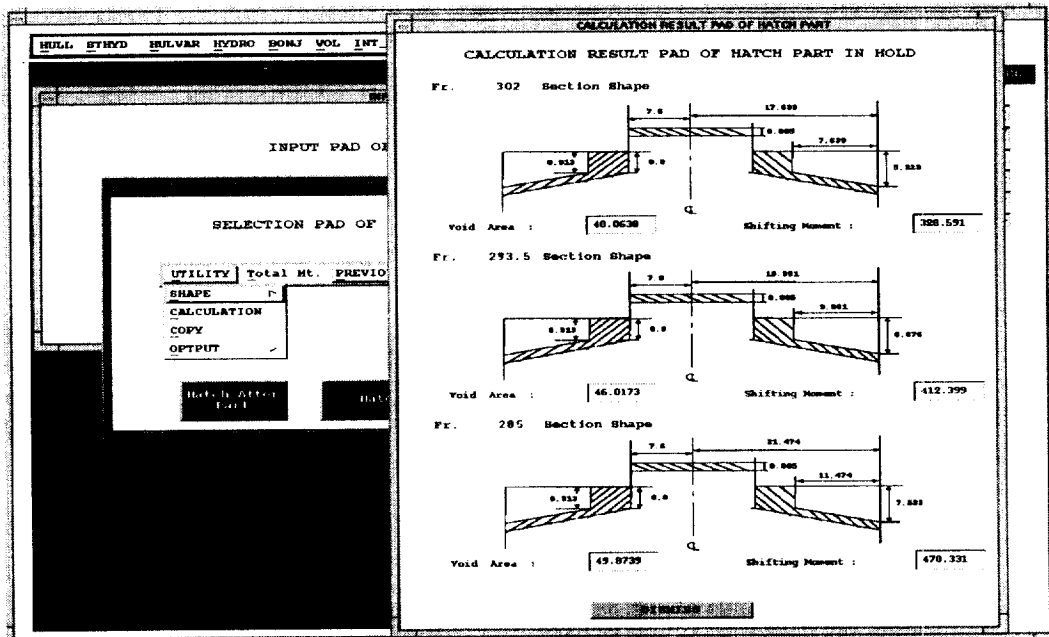


Fig. 7 The result of void volume and grain heeling moment in hatch part in case of untrimmed condition



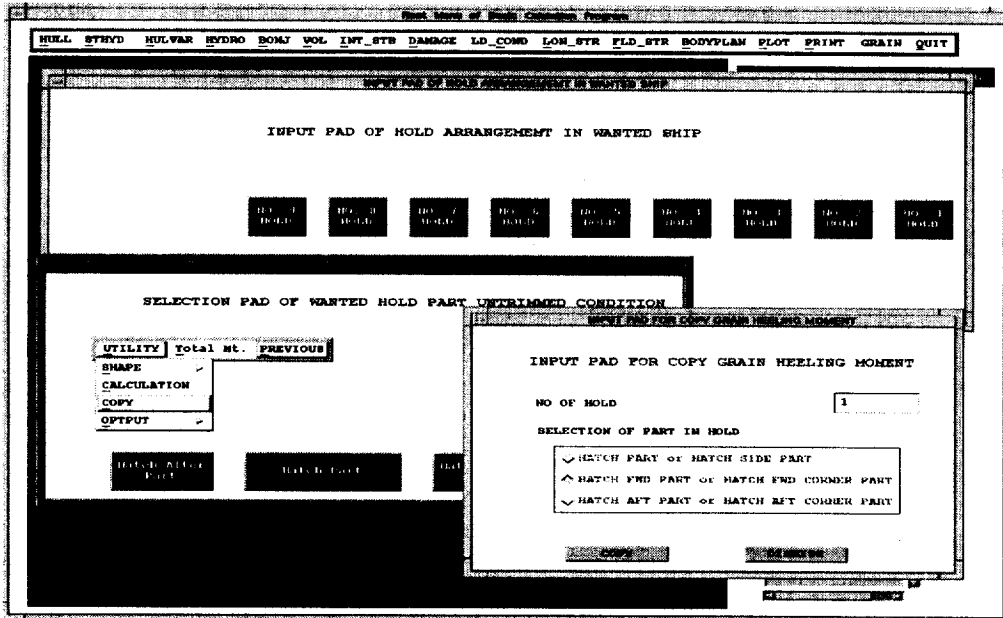


Fig. 8 The window for copy of grain heeling moment value in case of untrimmed, trimmed

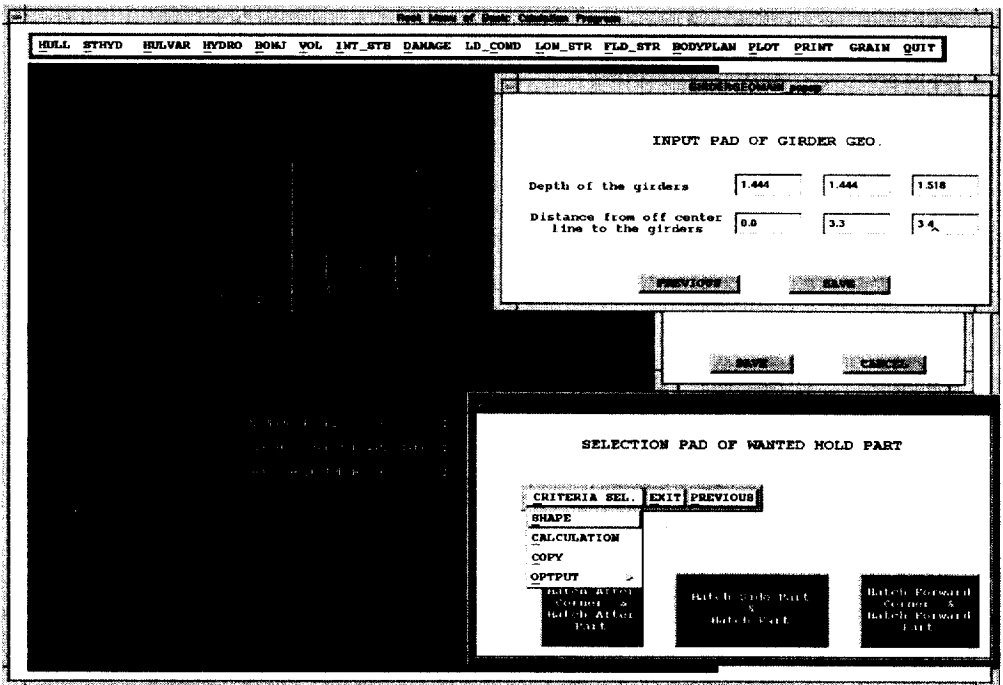


Fig. 9 The input pad of section shape for grain heeling moment in hatch FWD part in case of trimmed condition