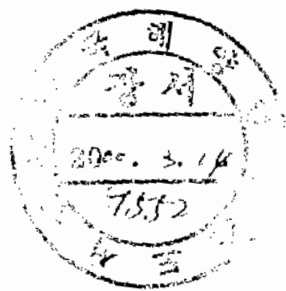


BSPE 99777-00-1247-2

항만구조물 설계자동화 기반기술

Fundamental Studies on Automated Design Tool for
Harbor Structures

한국해양연구소



제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 "항만구조물 설계자동화 기반기술" 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

1999. 12. 31

연구책임자	:	서 승 남
참여연구원	:	박 우 선
"	:	권 오 순
"	:	정 병 순
기 능 원	:	박 영 길
"	:	김 도 훈

요 약 문

I. 제 목

항만구조물 설계자동화 기반기술

II. 연구개발의 목적

- 항만구조물 설계자동화를 위한 기반기술 확보 방안 수립
- 케이슨식 방파제 기본설계 자동화 프로그램의 개발

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 설계자료의 데이터 베이스 구축방법
- 설계 기법의 자동화 방법
- 구조물 안정도 계산 프로그램의 작성
- 도면전산화를 위한 호환 프로그램 개발
- 케이슨식 방파제 기본설계 자동화 프로그램의 개발

IV. 연구개발의 결과

- 개발 도구들에 대한 검토 결과 사용하기 쉬운 Visual Basic으로 선정
- 설계에 필요한 도표화된 자료를 디지털화하여 자료를 산정하기 위한 Visual Basic의 데이터베이스 도구를 사용
- 사석 경사식 방파제, 케이슨식 방파제 그리고 블록쌓기식 안벽의 기본설계 자동화 프로그램 개발

V. 연구개발결과의 활용

- 본 사업의 후속사업으로 해양수산부의 연구용역 사업 “항만구조물 설계자동화 시스템 개발”로 발전되어 사업이 확정됨

목 차

요 약 문	3
목 차	5
표 목 차	7
그 림 목 차	9
제1장 서론	13
제1절 기술개발의 필요성	13
제2절 개발의 기본환경	14
제3절 개발 프로그램 도구선정	17
제4절 Visual Basic 응용 프로그램의 개발방향	18
제2장 피복재 중량계산 프로그램	21
제1절 중량계산 Hudson 식	21
제2절 피복석 중량계산 프로그램	22
제3절 TTP 중량계산 프로그램	26
제3장 구조물 안정검토 프로그램	33
제1절 설계계산의 순서	33
제2절 이형블록피복 사석식 방파제	35
1. 설계조건외 결정	35
2. 구조물 제원의 가정	37
3. 프로그램에서 구조물 제원의 설정	47
4. 체체의 중량 및 외력계산	71
5. 체체의 안정계산	76
가. 파력	76

나. 안정검토	100
제3절 블록쌓기식 안벽	116
1. 설계조건의 결정	116
2. 구조물 제원의 가정	118
3. 프로그램에서 구조물 제원의 설정	119
4. 벽체의 중량 및 외력계산	123
5. 벽체의 안정계산	130
제4장 결론	141
참 고 문 헌	143

표 목 차

표 2.1 피복중량을 결정하기 위한 값	23
표 2.2 TTP(Tetrapod) 종류별 규격 및 제원	29
표 2.3 TTP 50본의 표준 규격 및 제원	31
표 3.1 천해설계파랑 제원	36
표 3.2 재료의 단위체적중량	36
표 3.3 마찰계수와 안전율	36
표 3.4 보간법에 의한 파장 및 천수계수 계산	39
표 3.5 이형블록 피복 조도 수정계수	40
표 3.6 선형보간법을 이용한 상대 처오름높이	44
표 3.7 계선안의 마루높이	116
표 3.8 에이프런의 폭	117

그림 목 차

그림 1.1 내컴퓨터의 화면	15
그림 2.1 피복중량 계산 프로그램 초기화면	22
그림 2.2 피복석 중량 계산결과 화면	24
그림 2.3 피복재 종류의 변경전 및 변경후	26
그림 2.4 TTP 중량계산 예(어깨거치 4개)	27
그림 2.5 사용자가 정의한 “피복재단위중량”에 의한 TTP 중량계산 예	28
그림 2.6 TTP 2층 피복형식 거치 표준단면(20본의 경우)	30
그림 2.7 TTP 중량계산 예(어깨거치 6개)	31
그림 3.1 설계 순서의 흐름도	33
그림 3.2 TTP피복 사석식 방파제 표준단면도 예	35
그림 3.3 파의 상대 처오름높이(= 0, 매끈하고 불투과 경사면)	41
그림 3.3 계속(= 0.45, 매끈하고 불투과 경사면)	41
그림 3.3 계속(= 0.8, 매끈하고 불투과 경사면)	42
그림 3.3 계속(= 2.0, 매끈하고 불투과 경사면)	42
그림 3.3 계속(> 3.0, 매끈하고 불투과 경사면)	43
그림 3.4 처오름높이 보정계수	43
그림 3.5 설계자동화 프로그램(bkw.exe)의 초기화면	47
그림 3.6 파일 읽기 대화상자	48
그림 3.7 저장된 데이터 읽기를 위한 좌표정보 창	48
그림 3.8 구조물 단면그림 창	49
그림 3.9 구조물 좌표 창과 단면그림 창	50
그림 3.10 좌표의 선택(47번과 52번)	51
그림 3.11 그림의 확대 구역설정	52
그림 3.12 확대된 그림	53
그림 3.13 좌표입력 창	54

그림 3.14 “좌표입력” 후의 그림	55
그림 3.15 좌표복사 전	56
그림 3.16 좌표복사 후의 그림 창과 구조물 좌표 창	57
그림 3.17 “거리경사 점”의 메뉴 실행 전	58
그림 3.18 “거리경사 점”의 메뉴 실행 후	59
그림 3.19 “거리방향 점”의 메뉴 실행 전	60
그림 3.20 “거리방향 점”의 메뉴 실행 후	61
그림 3.21 교점 메뉴 실행 전	62
그림 3.22 교점 메뉴 실행 후	63
그림 3.23 거리 메뉴 실행 전	64
그림 3.24 거리 메뉴 실행 후	65
그림 3.25 좌직교 메뉴 실행 전	66
그림 3.26 좌직교 메뉴 실행 후	67
그림 3.27 우직교 메뉴 실행 전	68
그림 3.28 우직교 메뉴 실행 후	69
그림 3.28 파랑계산 메뉴 실행 전	70
그림 3.29 파랑계산 메뉴 실행 후	71
그림 3.30 쇠파고 메뉴 실행 전	73
그림 3.31 쇠파고 메뉴 실행 후	74
그림 3.32 TTP 중량계산(파고 6.3m)	75
그림 3.33 해면 메뉴의 실행	83
그림 3.34 해면 메뉴의 실행 후	84
그림 3.35 파고 메뉴의 실행과 출력	85
그림 3.36 하중 메뉴의 실행	85
그림 3.37 마찰계수 메뉴의 실행	86
그림 3.38 벽체좌표 메뉴의 실행	86
그림 3.38 벽체좌표 메뉴의 실행	87
그림 3.39 모리히라 메뉴의 실행	88
그림 3.40 모리히라 메뉴의 실행 후	90

그림 3.41	모리히라 메뉴의 실행	91
그림 3.42	모리히라 메뉴의 실행 후	92
그림 3.43	고다 메뉴의 입력	93
그림 3.44	고다 메뉴의 실행 후	94
그림 3.45	케이슨 방파제의 파압계산 단면	95
그림 3.46	파압계수 산정도	97
그림 3.47	의 산정도	98
그림 3.48	케이슨 방파제 파력계산 입력자료	99
그림 3.49	케이슨 방파제 파력계산 결과	100
그림 3.50	상치 콘크리트의 단면계산 입력	103
그림 3.51	상치 콘크리트의 단면계산 출력	104
그림 3.52	상치 콘크리트 저면에서의 안정검토 입력	105
그림 3.53	상치 콘크리트 저면에서의 안정검토 출력	106
그림 3.54	외해측 방괴 단면계산 출력	108
그림 3.55	내해측 방괴 단면계산 출력	109
그림 3.56	방괴 사이의 사석 단면계산 출력	110
그림 3.57	방괴 밑면에서의 안정검토 입력	111
그림 3.58	방괴 밑면에서의 안정검토 출력	112
그림 3.59	사석부의 직선활동 입력	114
그림 3.60	사석부의 직선활동 출력	115
그림 3.60	중력식 안벽의 단면그림	120
그림 3.61	해면자료 입력 창	121
그림 3.62	잔류수위가 표시된 안벽의 단면그림	122
그림 3.63	안벽의 하중자료 입력창	122
그림 3.64	벽체 검토면의 입력창	124
그림 3.65	벽체 검토면의 출력	125
그림 3.66	벽체별 중량계산	126
그림 3.67	검토면에서 중량계산	127
그림 3.68	검토면에서 중량계산 결과	128

그림 3.69 토압계산의 입력창	129
그림 3.70 선박 견인력 계산의 입력창	130
그림 3.71 안정검토의 입력창	131
그림 3.72 안정검토의 출력창	132
그림 3.73 프린터의 안정검토의 출력물	133
그림 3.74 지반반력 계산 입력창	134
그림 3.75 프린터의 지반반력의 출력물	135

제1장 서론

제1절 기술개발의 필요성

항만구조물은 타 구조물에 비하여 구조형식이 단순하며 공중 수가 적어 설계 자동화하기에 적합하기 때문에 비교적 짧은 기간에 가시적인 결과를 낼 수 있다. 설계 자동화의 장점으로서는 첫째 일관된 작업 순서에 의해 설계가 진행되므로 설계 시의 오류를 막을 수 있으며 둘째 설계기간이 단축되므로 다양한 대안을 짧은 기간에 도출할 수 있고 셋째 결과산출에 필요한 소요인력 수가 적어 인건비를 절감할 수 있는 가장 경제적인 방법이기 때문에 타 분야에서는 그 실적이 매우 많으며 기술개발의 수가 점차 증가하고 있다.

이러한 항만구조물 설계자동화의 장점에도 불구하고 설계 자동화가 이루어지지 않은 원인으로는 기술개발에 대한 투자 및 확고한 의지가 부족한 것을 들 수 있다. 즉 중소기업의 기술력으로는 기술개발의 성공 여부가 불확실하며 현업 위주의 현 여건에서 기술에 대한 투자를 꺼리게 되므로 중소기업 주도에 의한 기술개발 가능성은 매우 희박하다. 또한 대기업이 기술개발에 소극적인 이유는 설계자동화 프로그램의 시장규모가 작아 투자된 개발비의 회수가 어렵다고 판단한 것으로 보인다. 그러나 산업계는 위에 지적한 이유로 설계자동화 개발 주체의 역할은 어려우나 설계자동화의 필요성에는 이의를 제기하지 않고 있다. 때문에 이에 대한 기술개발은 공공 연구기관이 주체가 되는 것이 바람직하며 지금까지 한국해양연구소에서는 설계 자료산출에 많은 노력을 경주하여 상당한 기술을 확보하고 있으나 구조물 설계 자동화 기술에 대한 연구는 수행된 바 없다.

한편 연안 및 항만개발의 최종 결과물은 구조물의 건설에 있다. 건설의 효율성을 높이기 위해서는 설계기술의 개발이 필요하며 또한 이는 설계자료 산출과 시공을 연결시키는 고리의 역할을 하여 설계자료 산출기법의 개선에 도움이 된다. 그리

고 시공성이 감안되지 않은 설계는 실효성이 없어 설계 그 자체로써 끝나게 되므로 설계에는 시공에 대한 많은 노하우가 요구된다. 결국 설계기술 발전은 시공기술의 발전에 상호 보완적인 역할을 하기 때문에 기술발전의 파급효과가 크다.

항만구조물의 규모는 매우 크기 때문에 적정하게 설계되지 않고 안전성에만 치중하면 과다 설계가 되어 공사비의 낭비를 초래하게 된다. 그러나 최신 기술에 의한 최적설계를 구현하면 국고를 절약하게 되며 항만구조물 설계자동화 기술은 연관 기술의 발전을 촉진시킬 뿐 아니라, 기술의 우위를 점하여 대외 경쟁력을 높이게 되는 핵심기술로 관련 기술의 발전에 기여하며 산업체의 애로기술을 해결할 수 있는 연구과제로 기술개발의 당위성이 있으며 항만건설에 매년 투입되는 수 천억의 건설비를 감안하면 조속히 기술개발이 이루어져야 할 것이다.

제2절 개발의 기본환경

설계자동화 프로그램은 항만구조물 설계기준서의 내용을 PC에 저장하여 설계자에 필요한 내용을 제시하거나 또는 설계자가 필요한 사항을 선택할 수 있도록 구성하여 사용자가 설계하는 데에 도움이 되는 도구이다. 이 프로그램은 PC의 기본환경에 따라 그 구조가 달라지므로 우선 프로그램 개발 대상의 기본환경을 이해하여야 한다. 현재 PC의 기본환경으로 가장 많이 사용되고 있는 것은 Windows이며 이를 사용해 본 경험이 있다면 컴퓨터의 사용이 점차 더 편리해지고 있다는 점을 느끼게 된다.

이것을 컴퓨터의 발전과정으로부터 살펴보면 DOS 환경은 사용자가 문자를 이용하여 컴퓨터와 대화하는(Text User Interface) 반면에 문자 입력에 따른 DOS 환경의 불편함을 보완한 Windows는 사용할 수 있는 옵션들이 각각 개체(Object)라는 형식으로 한 화면에 모두 나타나고 이를 선택함(Graphic User Interface, GUI)으로써 작업이 진행된다. 이러한 개념의 변환은 외견상 대단한 것으로 보이지 않을 수 있으나 사용자가 DOS에서처럼 복잡한 명령어를 일일이 기억할 필요가 없이 원하는 작업에 알맞은 도구(개체)를 선택하기만 하면 쉽게 작업을 할 수 있기 때문에 GUI는

컴퓨터를 다루기 쉽고 유용한 도구로 만드는 데 매우 큰 역할을 하고 있다.

Windows 프로그램은 화면상에 나타난 개체에 대한 사용자의 직관적인 기대를 만족시키는 방향으로 구성되어 있다. 즉 프로그램은 사용자들 자신들이 기대했던 대로 훌륭하게 작업을 수행하는 유용한 도구를 가지고 있다는 느낌이 들도록 작성되어 있으며 이러한 방향으로 지속적으로 보완·발전하고 있다. PC상의 유용한 도구의 요건이란 다양한 조건과 입력 형식에 상관없이 잘 작동되는 것이 조건의 첫째이며, 둘째로는 어떤 종류의 오류가 발생하더라도 프로그램이 중지되지 않고 그것을 복구할 수 있으며, 마지막으로 처리할 수 없는 경우가 생기더라도 그것을 최소화하거나 제거할 수 있어야 한다.

예를 들어 설명하면 PC의 운영환경인 Windows를 띄우게 되면 화면에 “내컴퓨터”라는 아이콘(개체)가 위치한다. “내컴퓨터”에 있는 내용을 보기 위해서는 “마우스”를 클릭하면 된다. 이 과정을 세분하여 설명하면 먼저 마우스를 움직이게 되면 그래픽 요소인 커서가 움직이고 이를 “내컴퓨터” 아이콘상에 위치시킨 후 마우스의 왼쪽 단추를 누르는 과정에서 사건(event)가 발생하여 Windows는 발생한 사건을 감지하여 이에 대응하는 동작, 즉 그림 1.1과 같이 “내컴퓨터”라는 제목의 Window가 열려 디스크, CD 드라이브, 제어판 폴더 등이 나타난다.

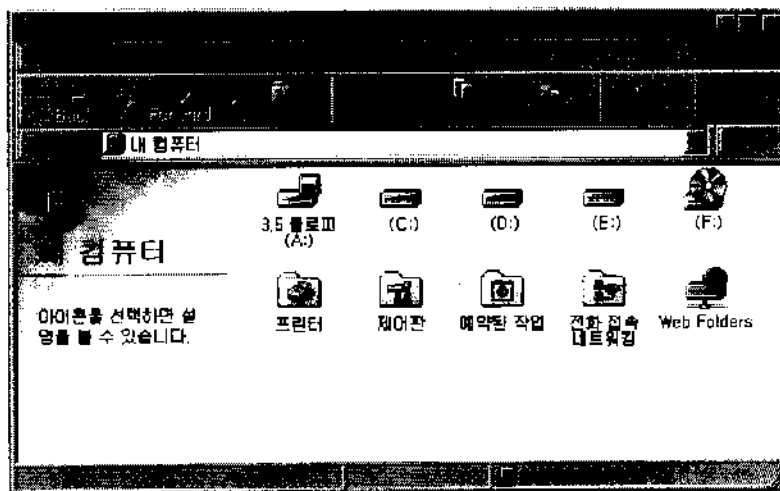


그림 1.1 내컴퓨터의 화면

Windows에서는 프로그램을 제어하는 사람은 프로그램 개발자가 아닌 사용자이며, 사용자는 가능한 많은 유용한 도구 및 옵션을 제공받기를 원할 뿐 아니라 이 다양한 도구들이 이해하기 쉬운 형태로 구성되어지는 것도 동시에 원한다. 따라서 너무 많은 도구가 한 화면에 나타나지 않도록 이를 종류별로 묶어 정리할 필요가 있으며 때로는 작업상황 또는 진행과정을 사용자에게 알려주어 최소의 노력과 시간 내에 원하는 결과를 얻도록 프로그램이 작성되어야 한다.

위에 설명한 바와 같이 Windows에서 실행되는 프로그램은 선택 가능한 옵션들이 시각적인 개체의 형태들로 화면에 나타나 사용자의 선택을 기다린다. 이러한 특징은 완전히 새로운 형태의 프로그램 방식으로 사건 구동적(event-driven)이고 개체 지향적(object-orient)인 방식을 취하게 된다. 즉 프로그램의 흐름에 대해서 프로그램 개발자는 선택할 수가 없는 반면에 사용자가 프로그램의 흐름을 좌우하는 것을 의미한다. 사건 구동적이라는 개념은 "사용자의 사건발생 요구에 의해서만 프로그램이 실행되는 것"으로 간단하게 설명할 수 있으나 여기에는 프로그램 개발자가 그 프로그램을 사용할 수많은 "불특정 다수의 사용자"의 다양한 요구를 반영하기 위한 방법에서부터 출발하였다. 개체 지향적인 방법은 프로그램의 개발을 용이하게 하기 위해 단위 프로그램으로 구성하며 개체의 속성을 변경하여 프로그램의 외형과 동작을 바꾸게 된다. 필요한 개체들을 모아 개체간의 자료를 교환하고 알고리즘에 따라 처리하는 과정을 포함하면 프로그램이 작성되므로 프로그램의 개발 및 확장이 매우 쉽게 된다.

컴퓨터 운영체제의 변화과정을 살펴봄으로서 사용자 중심의 환경을 갖추기 위한 요건을 정리하였다. 이러한 사용자의 요구를 충족시키는 방향으로 발전하여 현재 대부분의 사용자가 이용하고 있는 Windows를 기본 환경으로 정하고 그 자원을 이용하는 응용 프로그램의 개발인 Windows용 프로그램을 개발하고자 한다. 그 이유는 기본 환경을 바꾸지 않고 작업을 수행할 수 있어 사용이 편리하고, Windows의 호환은 물론 그 자원 및 다른 Windows용 프로그램, 예를 들면 MS Excel, MS Word 등을 이용할 수 있어 매우 효율적이다.

제3절 개발 프로그램 도구선정

Windows용 프로그램의 개발도구로는 C, Visual C++, Visual Basic, 볼랜드 델파이(Delphi), 파워빌더(Power Bulider) 등이 있다. C나 Visual C++는 Windows 시스템의 개발을 위한 것으로 매우 강력한 기능을 가지고 있으나 프로그래밍의 과정이 복잡하여 전문 인력에 의존하는 경우가 많다. 만일 Windows 시스템 개발도구를 이용하여 항만 구조물 설계자동화의 응용 프로그램을 개발하는 경우 구조물 설계 및 C 언어 구사에 모두 능통한 사람이 필요하다. 반면에 Visual Basic은 상대적으로 배우기가 쉬워 Windows용 응용 프로그램을 아주 빠르고 쉽게 만들 수 있다. Visual Basic은 경험있는 전문가나 Windows 프로그램의 초보자 모두가 응용 프로그램을 빠르고 쉽게 개발할 수 있도록 완전한 도구를 제공한다.

Visual Basic의 "Visual" 부분은 사용자 그래픽 인터페이스(GUI)를 만드는 데 사용하는 방법을 말하며 인터페이스 구성 요소의 위치와 모양을 설명하기 위해 수많은 줄의 코드를 작성하지 않고 미리 작성된 개체를 화면의 위치로 끌어오기만 하면 된다. 예를 들면 Windows 보조프로그램의 "그림판"이라는 그림 그리기 프로그램을 사용한 적이 있다면 효과적인 사용자 인터페이스를 만드는 데 필요한 기술을 알 수 있을 것이다.

"Basic" 부분은 전산의 역사상 프로그래머들에 의해 다른 언어보다 더 많이 사용된 언어인 BASIC(Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code) 언어를 말한다. Visual Basic은 원래의 BASIC 언어에서 발전하여 지금은 수 백개의 문, 함수, 키워드를 가지고 있고 그 중 많은 부분이 Windows GUI와 직접 관련되어 있다. 초보자들은 키워드 몇 개만 배우면 유용한 응용 프로그램을 만들 수 있고 프로그래머들은 다른 Windows 프로그래밍 언어를 사용하여 이를 수 있는 모든 것을 할 수 있다.

또한 Visual Basic 프로그래밍 언어는 Visual Basic에만 한정된 것만은 아니

다. Visual Basic 프로그래밍 시스템, Microsoft Excel, Microsoft Access 및 다른 많은 Windows 응용 프로그램에 있는 Applications Edition은 같은 언어를 사용할 수 있다. 즉 Visual Basic 프로그래밍 시스템, 인터넷 프로그래밍의 Scripting Edition (VBScript)은 Visual Basic 언어의 일부이기 때문에 다른 분야에서도 사용할 수 있다. 따라서 Visual Basic은 개인이나 작업 그룹을 위한 작은 유틸리티를 만드는 것이든, 기업 전체 시스템 또는 인터넷을 통해 전세계에 걸친 분산 응용 프로그램을 만드는 것이든 상관없이 필요한 모든 도구를 가지고 있다. 그리고 데이터 액세스 기능을 사용하여 Microsoft SQL Server와 기업 차원의 데이터베이스를 포함하여 가장 많이 사용하는 데이터베이스 형식에 대해 데이터베이스와 프론트 엔드 응용 프로그램, 조정할 수 있는 서버 구성 요소를 작성할 수 있으며 ActiveX™ 기술을 사용하여 Microsoft Word 워드 프로세서, Microsoft Excel 스프레드시트 및 그 밖의 Windows 응용 프로그램 같은 기타 응용 프로그램에서 제공되는 기능을 사용할 수 있다.

인터넷 기능을 사용하면 응용 프로그램에서 인터넷을 통해 다른 문서와 응용 프로그램에 쉽게 액세스할 수 있으며 인터넷 서버 응용 프로그램도 만들 수 있다. 완성된 프로그램은 Visual Basic Virtual Machine을 사용하는 실제 실행 가능한 .exe 파일이며 자유롭게 배포할 수 있다.

위에 언급한 장점 가운데 가장 큰 장점은 배우기 쉽다는 점이다. 물론 Visual Basic에도 단점도 있으나 항만구조물 설계자동화 프로그램의 개발에는 적합한 언어로 판단되어 프로그램 개발의 도구로는 Visual Basic을 사용하기로 한다.

제4절 Visual Basic 응용 프로그램의 개발방향

Visual Basic 응용 프로그램을 사용자 자신만 사용하도록 만들지 않았다면 응용 프로그램은 다른 사용자에 의해 평가를 받으므로 응용 프로그램의 사용자 인터페이스는 사용자 중심의 환경으로 구성되어야 한다. 응용 프로그램이 사용하기가 어려우면 아무리 기술적으로 뛰어나게 작성했고 코드를 최적화하였더라도 널리 사

용되지 않게 된다.

프로그램 개발자가 응용 프로그램 개발 시에 염두에 두어야 할 사항은 사용자가 바라는 프로그램의 기술·논리적인 관점이다. 즉 대부분의 사용자는 응용 프로그램 이면에 숨어있는 기술적인 면을 이해하지 못하고 관심도 없다는 사실을 염두에 두어야 한다. 사용자들은 응용 프로그램을 목적을 위한 하나의 수단으로 본다. 따라서 사용자는 컴퓨터의 도움이 없을 때보다 더 쉽고 이상적으로 작업을 수행하는 방법으로 간주하게 되기 때문에 사용자 인터페이스는 그것의 기술적인 면을 이해하지 못하더라도 원하는 작업을 쉽게 수행되도록 구성되어야 한다.

사용자 인터페이스는 화면에 나타나는 부분으로 응용 프로그램에서 가장 중요하다. 화면 뒤에서 실행되는 코드를 인식할 수 없으므로 인터페이스는 사용자에게 응용 프로그램 그 자체이다. 코드를 작성하고 최적화하는 데 걸리는 시간과 노력에 관계없이 응용 프로그램의 유용성은 인터페이스에 달려있다. 가장 좋은 인터페이스는 사용자가 자신이 무엇을 해야 하는지 끊임없이 인식시켜 주는 것이 필요하다.

사용자를 염두에 둔 사용자 인터페이스는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다. 안내서 없이 얼마나 쉽게 응용 프로그램의 여러 기능을 파악할 수 있는가? 오류가 발생할 때 응용 프로그램이 어떻게 반응하는가? 사용자에게 어떻게 도움을 제공해야 하는가? 디자인의 미적인 면이 사용자의 관심을 끄는가? 이 밖에도 여러 가지 조건이 있겠으나 위의 조건을 만족시키는 것을 프로그램의 개발 방향으로 정하고자 한다.

제2장 피복재 중량계산 프로그램

제1절 중량계산 Hudson 식

피복재는 구조물의 외부에서 파력에 저항하여 구조물을 보호하는 물체로 돌 또는 콘크리트 블록이 주종을 이룬다. 파력에 견딜 수 있는 피복재의 최소 중량은 경험식으로부터 산정되며 본 장에서는 Visual Basic을 이용하여 방파제의 피복재 중량계산을 위한 프로그램을 소개하고자 한다. 피복재로는 이형블록인 TTP와 피복석이 주로 사용되며 이들의 중량은 Hudson 식(2.1)을 적용하여 계산한다.

$$W = \frac{\gamma_r \cdot H^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cdot \cot \alpha} \quad (2.1)$$

여기서 W : 피복재 계산중량(톤/개)

γ_r : 피복재 단위체적중량(톤/㎥)

S_r : 해수에 대한 피복재의 비중($\gamma_r/1.03$)

α : 단면 경사면이 지반면과 이루는 각

H : 제체전면에서의 유의파고(m)

K_D : 피복재 종류에 따른 안정계수

식(2.1)로부터 중량을 계산하기 위해서는 파고, 구조물 사면경사, 피복재 단위체적 중량 및 안정계수의 입력자료가 필요하다. 입력자료의 수를 최소화하는 것이 사용자 입장에서는 편리하며, 필요한 초기 값을 설정하여 입력자료 값의 범위를 알 수 있도록 구성하였다. 또한 입력자료의 범위가 정해진 경우 사용자의 혼란을 피하기 위해 주어진 값을 선택할 수 있도록 구성하는 것이 필요하며, 인터페이스인 화면에는 필요한 최소의 내용만이 표시되도록 작성하는 것이 바람직하다. 이를 바탕으로 제1장에 기술된 개발방향에 따라 작성된 응용 프로그램의 특성을 살펴보기로 한다.



제2절 피복석 중량계산 프로그램

피복재 중량계산의 프로그램 이름은 “blockwgt.exe”이며 이를 실행하면 그림 2.1과 같은 화면이 나타난다.



그림 2.1 피복중량 계산 프로그램 초기화면

피복재는 TTP와 피복석을 대상으로 하였으며 이를 Drop-Down 목록에서 선정할 수 있도록 하였다. “피복재종류”를 변경하면 “피복재단위중량” 값이 바뀌며 프로그램에서 TTP의 단위체적중량은 2.3톤, 사석은 2.65톤을 기준으로 하였으나 설정된 값을 필요에 따라 사용자가 변경 가능하도록 구상하였다. 안정계수 K_D 는 구조물의 위치(제간부 혹은 제두부), 단면경사 그리고 채파여부에 따라 값이 정해진다. 입력자료들은 그룹화 또는 동일한 색상을 써서 차별화하였다. “어깨거치수”는 중량 계산에는 직접 이용되지 않으나 단면 설계에 필요한 자료이기 때문에 포함하였고 설명은 뒤로 미룬다.

구조물 단면경사의 초기값은 1.5로, 피복재는 TTP로, 구조물의 위치는 제간부

로, 쇠파의 경우로 각각 정하였다. 안정계수 결정에 관련되는 항목은 보라색으로 나타내 시각적으로 구별되도록 하였고 화면의 자료로부터 프로그램 내부에서 계산된 K_D 값은 "7.0"으로 이는 표 2.1의 자료와 동일함을 알 수 있다. 즉 프로그램은 표 2.1에 나타난 모든 경우를 포함하여 주어진 경우에 대한 K_D 값을 구해 화면의 해당란에 이를 표시한다.

표 2.1 피복중량을 결정하기 위한 K_D 값

피복재	피복층 수	거치 방법	제간부		제두부		경사
			K_D		K_D		
			쇄파	비쇄파	쇄파	비쇄파	
거칠고 모가 있는 돌	2	난적	2.0	4.0	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2.0
					1.3	2.3	3.0
Tetrapod 또는 Quadripod	2	난적	7.0	8.0	5.0	6.0	1.5
					4.5	5.5	2.0
					3.5	4.0	3.0

표 2.1과 같이 안정계수 K_D 는 구조물의 위치, 단면경사, 쇠파여부 그리고 피복재 종류에 의해 각각 결정되며 피복재의 종류는 향후에 추가될 것으로 예상되어 Drop-Down 목록을 사용하였다. 한편 구조물 위치, 단면경사, 쇠파여부는 배타적으로 한 경우만 해당하기 때문에 option 단추를 사용하여 K_D 값을 계산하는 방법을 채택하였다. 최종 사용되는 K_D 값은 option 단추를 사용하여 제시되는 값을 이용할 수도 있지만 경우에 따라 사용자가 임의로 조정할 여지를 남겨두기 위해 선정된 값을 참고하여 직접 값을 입력하여 계산할 수도 있다.

다시 정리하면 K_D 값은 텍스트 박스에 나타난 최종 값을 이용한다. 피복재 단위 중량의 값도 피복재 종류를 선택하면 자동적으로 바뀌게 되나 선정된 값을 참고하여 사용자가 직접 값을 입력한 값이 최종 계산에 사용된다. 파고의 값은 기준

설정치를 정할 수 없기 때문에 사용자가 입력하여야 한다.

그러면 프로그램의 계산 예에 대해 설명하도록 하자. 우선 피복석의 경우가 간단하기 때문에 이를 먼저 설명하기로 한다. 피복재의 종류를 피복석으로 바꾸면, “어깨거치수”로 그룹화된 자료가 없어짐과 동시에 입력란 중 “피복재단위중량”의 값이 “2.3”에서 “2.65”로 바뀌게 되고, 파고의 입력란에 “2”를 키보드를 이용하여 넣고 “계산” 단추를 누르면 그림 2.2와 같이 “입력 창”과 더불어 계산된 결과와 함께 “출력 창”이 나타난다. 이 경우에도 화면의 자료에 대한 K_D 값은 표 2.1의 값과 같음을 알 수 있다.



그림 2.2 피복석 중량 계산결과 화면

이제 프로그램의 “직관성”과 “사건 구동적”이라는 의미를 생각하여 보자. 만일 사용자가 입력자료 중 어느 하나를 변경할 경우 계산된 결과는 갱신되어야 한다. 이 경우 “출력 창”이 숨겨지는 것이 자연스러우며 재계산을 위해 “계산” 단추를 누르는 것이 사용자 측면에서 보면 “직관적”이 된다. “사건 구동적”은 “계산”

단추를 누르기 전까지는 계산이 행해지지 않는 것을 의미한다. 또한 “계산” 단추를 누른 경우 입력조건이 바뀌지 않는 한 사용할 수 없도록 하는 것도 필요하기 때문에 그림 2.2와 그림 2.1을 비교하면 단추의 “계산” 글자가 회색으로 변해 사용할 수가 없는 것을 알 수 있다. 그리고 “계산” 단추 위에 마우스 포인터를 1초 이상 놓아두는 경우 “입력 확인후 누르세요”라는 도움말(ToolTip이라 함)이 화면에 나타난다.

여기에 덧붙여 “사용자 편의성”은 화면에 필요한 정보만을 띄워 혼란을 방지하고 화면 구성도 필요한 자료를 한데 묶어 시각적으로 쉽게 알 수 있도록 배려하는 것이다. 이러한 예로써 동일한 자료를 묶기 위해 “frame” 개체를 사용하였고 또한 동일한 색을 사용하여 관련된 항목임을 나타내었으며 피복석 중량계산에 “어깨거치수” frame 개체를 숨겼다.

입력자료가 변경되지 않은 상태 즉 변경사건이 발생되지 않은 경우에는 동일한 계산결과를 얻게되므로 설사 option 단추의 설정된 동일한 값을 다시 설정하여도 “계산” 단추가 활성화되지 않는 것이 논리적이며 본 프로그램은 이 논리를 채택하였다. 그러나 입력자료 중 하나가 바뀌는 경우에는 “출력 창”이 감추어짐과 동시에 “계산” 단추가 활성화되어 재계산을 할 수 있게 된다.

“출력 창”의 “피복석중량”은 식(2.1)을 사용하여 계산한 것이며 “피복석순부피”는 계산된 “피복석중량”을 “입력 창”의 “피복재 단위중량”의 값으로 나눈 값이다. 그리고 “출력 창”의 “피복석부피”는 “피복석 순부피”의 소수점 아래 둘째 자리를 기준으로 정해 올림한 후 소수점 첫째 자리 값으로 나타내었다. 이는 실제 설계에서 피복석의 부피를 통상 소수점 첫째 자리까지 사용하기 때문이다.

위의 피복재 프로그램에 대한 디자인과 작동 형태가 최상의 것이라 단정할 수는 없지만 사용자의 편의를 고려한 것이라 할 수 있다. 인터페이스가 사용자 자신이 무엇을 해야 하는지 끊임없이 인식시켜 주는 방향으로 구성되어 있기 때문이다. 한편 피복재 중량계산에 필요한 입력자료인 파고, 구조물 사면경사, 피복재

단위체적 중량 및 안정계수를 직접 입력하도록 구성된 프로그램과 위의 프로그램을 비교하면 인터페이스의 중요성을 알 수 있다.

제3절 TTP 중량계산 프로그램

TTP 중량계산도 식(2.1)을 사용하기 때문에 프로그램의 형식은 비슷하나 이를 계산하기 위해서는 “입력 창”의 “피복재종류”를 “TTP”로 설정하여야 한다. 이를 위해서는 그림 2.3과 같이 목록상자의 오른쪽 누름단추를 누르면 피복재 종류의 목록이 나타나며 이 가운데 마우스를 “TTP” 위로 움직여 마우스의 왼쪽 단추를 누르면 된다.

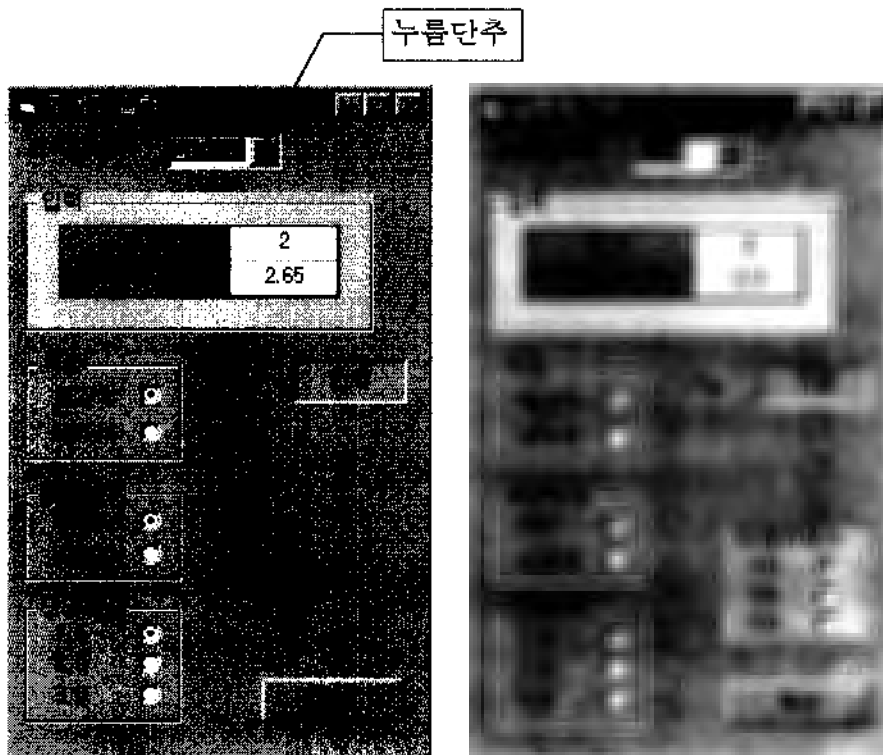


그림 2.3 피복재 종류의 변경전 및 변경후

그림 2.3의 변경후의 그림에서 “입력”의 “파고”를 “7.1”로 고치고 “계산” 단추를 누르면 그림 2.4와 같은 결과를 얻게 된다. 그림 2.4에서 안정계수의 값은 “7.0”으로 표시되었으며, 조건은 구조물의 위치가 “제간부”, “쇄파” 그리고 단면경사는 “1.5”로 설정된 값이다. 이 역시 표 2.1과 비교하면 안정계수의 값은 동일함

을 알 수 있다.

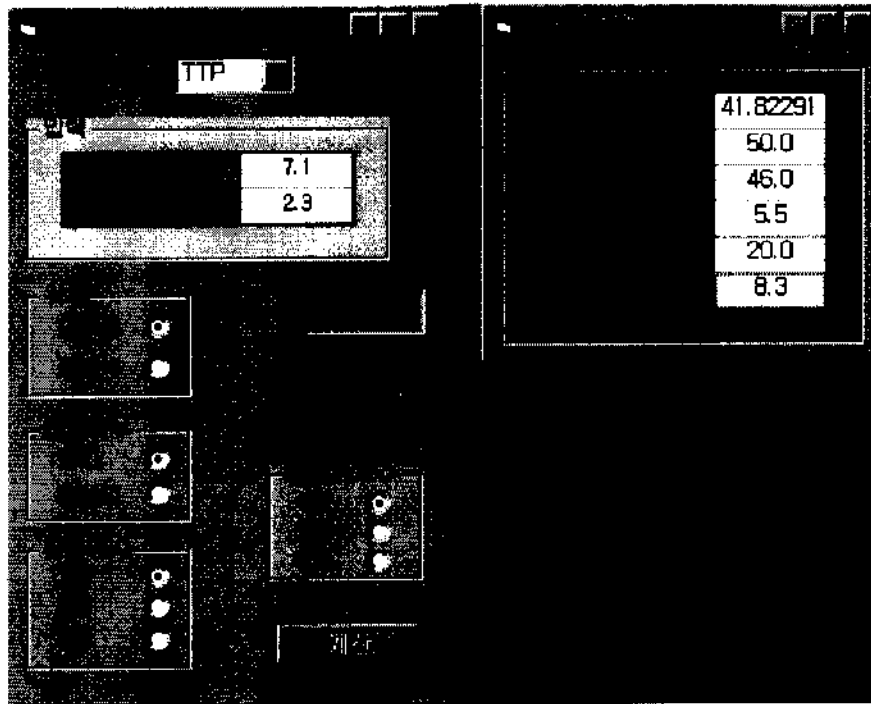


그림 2.4 TTP 중량계산 예(어깨거치 4개)

한편 “피복재종류”에서 “TTP” 선정과 함께 주어진 “피복재 단위중량”의 값을 “2.3”에서 “2.35”로 변경하고자 하면 마우스의 포인터를 “피복재단위중량”의 입력 란에 움직인 후 마우스의 왼쪽 버튼을 누르면 “커서”가 나타나 입력이 가능하게 되며 키보드를 이용하여 “5”를 입력하면 “출력 창”이 숨겨짐과 동시에 “계산” 단추의 글자 색이 회색에서 검정색으로 변하여 단추가 활성화된 것을 의미하게 된다.

이제 “계산” 단추를 누르면 그림 2.5와 같이 계산된 값이 나타난다. 이를 그림 2.4와 비교하면 “41.82291”에서 “38.05779”로 바뀌어졌으며 이는 “피복재단위중량”값의 변화에 따른 것이다. 따라서 피복재 중량의 계산에 최종 입력되는 자료는 입력 창의 “파고”, “피복재단위중량”, “ K_n ”의 해당란에 표기된 값으로 이들은 관련 단추를 변경하는 경우 설정 값이 주어지나 사용자는 이를 참고하여 원하

는 값으로 변경 사용할 수 있다. 프로그램 내에서 설정된 값들과 관련된 단추를 다시 정리하면 “피복재단위중량”은 “피복재종류” 목록에, “ K_D ”는 세 개의 option 단추 그룹인 “위치”, “쇄파여부” 그리고 “단면경사”에 의해 결정된다.



그림 2.5 사용자가 정의한 “피복재단위중량”에 의한 TTP 중량계산 예

다음에는 TTP 중량계산의 “출력 창”에 대한 내용을 설명하기로 한다. “TTP계산중량”은 “입력 창”의 자료를 써서 식 (2.1)을 사용하여 계산한 값이다. “TTP톤수”의 값은 실제 TTP를 제작할 때 사용되는 거푸집의 종류가 한정되어 있고 각 종류에 따른 크기가 정해져 있는 관계로 표 2.2의 제작에 사용되는 TTP의 종류 및 관련 제원을 이용하여 구한다. 프로그램에서는 이들의 값을 저장해야할 뿐 아니라 계산된 중량으로부터 해당되는 톤형을 선정하여야 한다. 이 때 계산중량은 실중량보다 같거나 작은 최대값이 선정되어야 하며 이 실중량에 해당하는 체적, 높이, 두께 등의 해당 자료가 함께 선정되도록 하여야 한다.

표 2.2 TTP(Tetrapod) 종류별 규격 및 제원

종별 (톤형)	실증량 (톤)	체적 (m^3)	높이 ($h; m$)	2층두께 ($4/3 h; m$)	최소소단 폭(m)	천단상단 4개거치(m)
0.5	0.46	0.20	0.900	1.20	0.80	1.80
1.0	0.92	0.40	1.130	1.50	1.00	2.20
2.0	1.84	0.80	1.420	1.90	1.30	2.90
3.2	2.88	1.25	1.650	2.20	1.50	3.30
4.0	3.68	1.60	1.790	2.40	1.60	3.60
5.0	4.60	2.00	1.930	2.60	1.80	3.90
6.3	5.75	2.50	2.070	2.70	1.90	4.20
8.0	7.36	3.20	2.260	3.00	2.10	4.60
10.0	9.20	4.00	2.430	3.20	2.20	4.90
12.5	11.50	5.00	2.620	3.50	2.40	5.30
16.0	14.49	6.30	2.830	3.80	2.60	5.70
20.0	18.40	8.00	3.060	4.10	2.80	6.10
25.0	23.00	10.00	3.300	4.40	3.00	6.60
32.0	28.75	12.50	3.550	4.80	3.30	7.20
40.0	36.80	16.00	3.860	5.10	3.50	7.70
50.0	46.00	20.00	4.155	5.50	3.80	8.30
64.0	58.88	25.60	4.505	6.00	4.20	9.10

주) 실증량은 콘크리트의 단위체적중량을 2.30톤/ m^3 로 계산한 값임.

TTP의 피복은 2층 피복형식을 표준으로 하고 있으며 표 2.1의 안정계수 값도 이 형식에 대한 값이다. 표 2.2의 실증량은 TTP 체적에 피복재의 단위체적중량 2.3톤을 곱해 얻은 값으로 단위체적중량의 값이 바뀌면 실증량의 값도 따라서 바뀌게 된다. 표 2.2에서 높이는 TTP 한 개의 높이를 나타내며, 2층 두께는 통상 시공되는 2층 피복형식의 두께를 의미한다. 또한 천단상단 4개거치 폭은 단면 마루 어깨에 TTP 4개 거치시 그림 2.6에 도시된 바와 같이 어깨의 거치 하면폭을 나타내며, 최소 소단폭도 그림에 나타낸 폭이 된다.

여기서 주의해야 할 점은 천단 상단폭은 거치 개수에 따라 다르며, 통상 4개 거치가 표준이다. 그림 2.5의 “입력 창”에서는 “어깨거치수”는 4개를 택하였고 이를 6개까지 선택할 수 있도록 구성하였다. 한편 “출력 창”에서는 이를 “TTP(4)거

치폭”로 표시하였고 “(4)”는 어깨에 4개 TTP가 거치된 것을 의미한다.

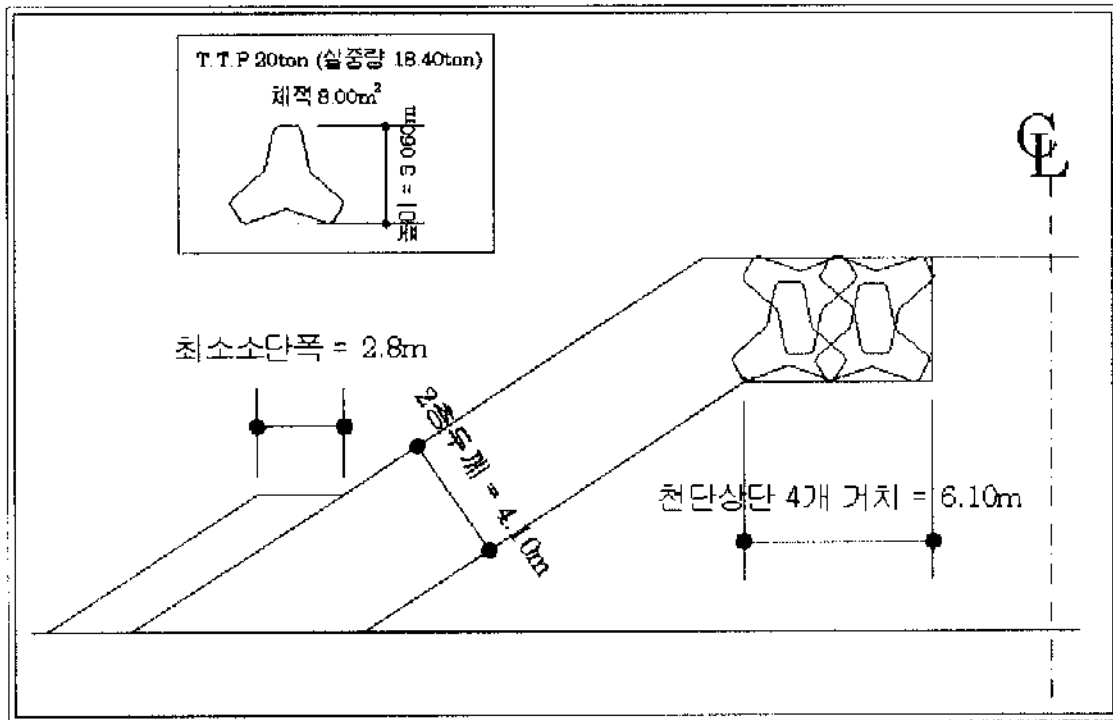


그림 2.6 TTP 2층 피복형식 거치 표준단면(20톤의 경우)

계산된 TTP 중량을 이용하여 표 2.2에서 해당 제원을 선별하기 위해 TTP 제원에 대한 데이터베이스가 구성되어야 한다. 본 프로그램에서는 이를 위해 0.5톤부터 64톤 TTP의 데이터베이스를 구축하였다. 이제 프로그램에서 계산된 값을 확인하도록 하자.

표 2.2에서는 콘크리트 단위체적 중량을 2.3톤으로 사용하였기 때문에 그림 2.4의 경우에 해당한다. 파고 “7.1”, 단면경사 “1.5”, K_D 값 “7.0”인 경우 TTP 계산 순중량은 “41.82291”이 된다. 이를 표 2.2에서 찾으면 TTP 40톤(순중량, 36.8톤)보다는 크고 TTP 50톤(순중량 46.0톤)보다 작으므로 TTP 50톤의 값을 선택하여야 한다. 표 2.2에서 TTP 50톤에 해당하는 제원 및 규격을 발췌한 것이 표 2.3이며 이를 그림 2.4의 “출력 창” 결과와 비교하면 동일함을 알 수 있다.

표 2.3 TTP 50톤의 표준 규격 및 제원

종별 (분형)	실중량 (톤)	체적 (m^3)	높이 ($h; m$)	2층두께 ($4/3 h; m$)	최소소단 폭(m)	천단상단 4개거치(m)
50.0	46.00	20.00	4.155	5.50	3.80	8.30

이제 “입력 창”의 “어깨거치수”를 “4”에서 “6”으로 바꾸면 그림 2.7과 같은 결과를 얻는다. “출력 창”의 결과 가운데 바뀐 부분은 “TTP거치폭”으로 “8.3”에서 “15.9”로 변경되었다. 따라서 “입력 창”의 “어깨거치수”는 TTP 중량계산에는 영향을 주지 않으며 단지 단면의 어깨폭의 값만이 바뀌어진다. 또한 “출력 창”에 표시된 단면 어깨의 하면폭은 단면경사에 무관하나 상면폭은 단면경사에 따라 달라지고 설계에는 필요한 값이나 중량계산에는 직접적인 관련이 없어 이는 해당 프로그램에서 계산하는 것으로 하였다.

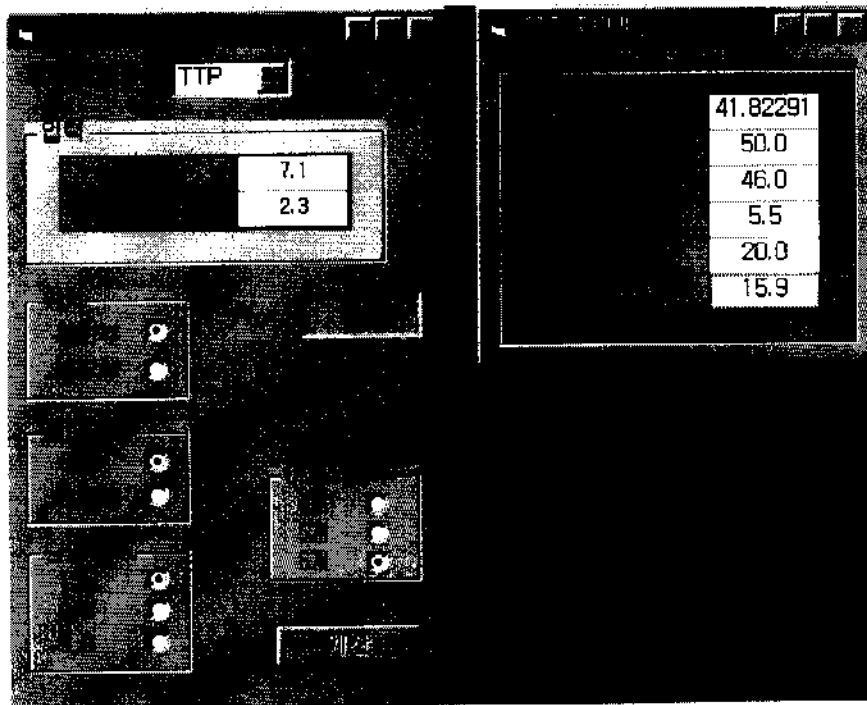


그림 2.7 TTP 중량계산 예(어깨거치 6개)

제3장 구조물 안정검토 프로그램

제1절 설계계산의 순서

항만 구조물의 설계는 다른 구조물의 설계와 마찬가지로 작업 순서에 따라 단계별로 진행된다. 설계 단계는 구조물의 형식 및 종류에 따라 달라지나 단계별 작업과정의 주요 순서를 도식화하면 그림 3.1과 같다.

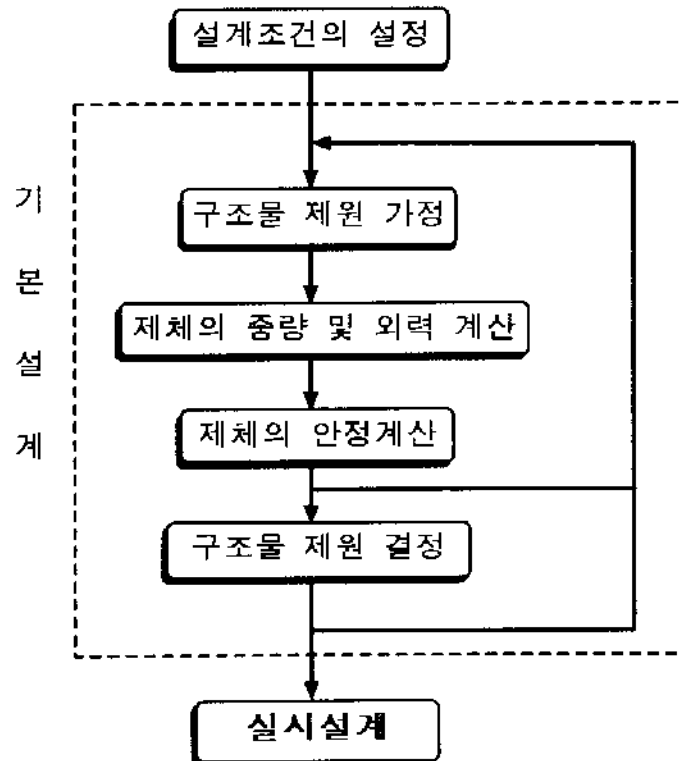


그림 3.1 설계 순서의 흐름도

설계의 첫 단계는 설계조건 설정으로 구조물의 형식 및 연장, 계획수심, 계류시설인 경우에는 화물부두, 컨테이너 부두, 어선부두 등 이용목적에 따라 정해진다. 해상조건으로는 설계지역의 해면, 설계파랑이 결정되어야 하고 지반조건으

로는 토질조사에 따라 암반, 사질토, 점성토와 같은 지반의 종류와 내부마찰각, 점착력 등과 같은 흙의 전단상수 그리고 지반의 成層狀態 등이 필요하다. 또한 구조물을 이루는 재료의 단위체적 중량, 기초사석과 뒤채움재 종류도 설정되어야 한다. 마지막으로 설계기준서에 따른 마찰계수, 안전율 등의 값을 정해야 한다.

둘째 단계인 구조물 제원의 가정은 구조물의 단면형상, 구조물 마무리이, 상부공의 형상 및 치수, 그리고 제체공의 형상 및 치수를 정하게 된다. 이 단계에서는 해당지역에 동일한 형식의 구조물이 설치되었다면 그 단면을 참고하면 편리하다.

셋째 단계인 제체의 중량 및 외력계산에서는 제체의 중량은 안정계산을 필요로 하는 각 블록의 저면에서 그 상부 중량을 계산한다. 외력 또한 각 블록의 저면에서 그 상부에 작용하는 외력을 계산하며 외곽시설인 경우에는 파력, 계류시설의 경우에는 토압, 잔류수압, 선박 전인력 등 외력의 총합을 구한다.

넷째 단계 제체의 안정계산에서는 일반적으로 각 블록의 저면에 대하여 검토하는 것을 기준으로 하며 활동, 전도, 직선활동, 원호활동 그리고 지반지지력을 검토한다. 원호활동은 주로 점성토 지반의 경우에 대하여 검토한다.

다섯째 단계에서는 가정 단면에 대하여 안정계산을 하여 얻어진 각 안전율이 모두 소요 안전율 이상이고 또한 경제적인 단면인 경우에 가정 단면을 결정단면으로 정하나, 위의 조건을 충족하지 못하는 경우에는 다시 구조물 제원을 수정하여 반복하게 된다.

이상의 단계는 기본 설계이고 단면의 제원이 결정된 경우 구조물의 시공을 위한 세부 설계인 실시설계의 과정으로 넘어가게 된다. 본 장에서는 항만시설의 외곽 시설에 대한 기본설계의 중요한 과정인 안정검토를 위한 프로그램에 대하여 기술하고자 한다.

제2절 이형블록피복 사석식 방파제

본 절에서는 현재 국내의 방파제 건설에 가장 많이 사용하고 있는 이형블록을피복제로 사용한 사석식 방파제에 대한 설계자동 프로그램을 소개하기로 한다. 설계 조건 부분과 경제성 검토부분은 추후 삽입하고자 하므로 주로 안정검토의 과정을 다루고자 한다. 그림 3.2에 제시된 표준단면도는 이형블록으로 TTP를 사용한 경우이며 이에 대해 개발된 프로그램의 내용을 설명하기로 한다.

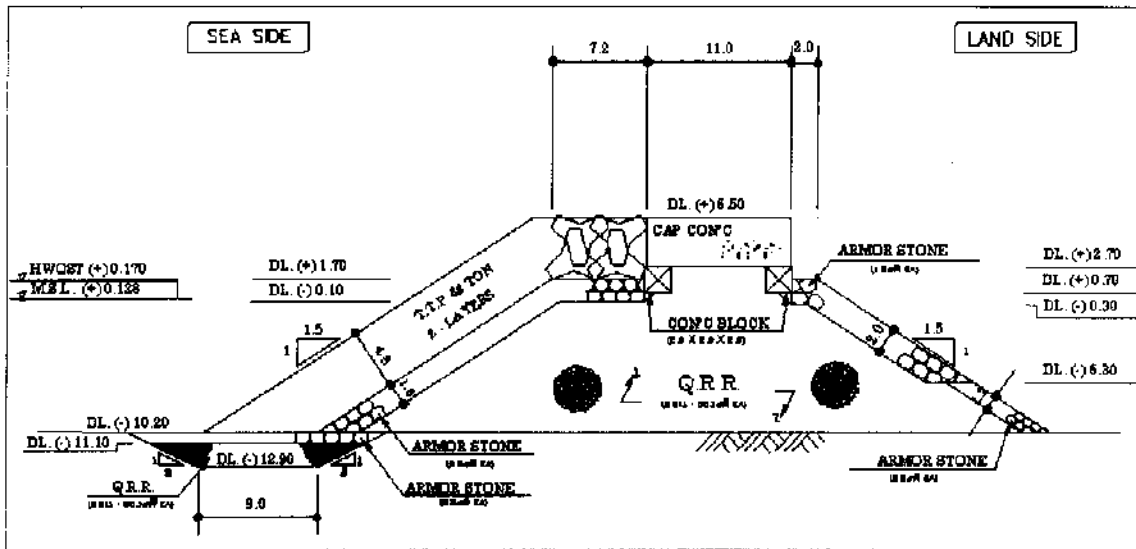


그림 3.2 TTP피복 사석식 방파제 표준단면도 예

1. 설계조건 결정

그림 3.2의 단면설계에서는 다음과 같은 설계조건을 사용한다. 설치조건은 계획연장 80m로 동일한 구조 및 형식으로 설계하며 설치수심은 공사기준면인 D.L. (-) 10.2m로 정한다. 해상조건 중 설계해면은 “항만시설물 설계기준서(1993)”의 기준 가운데 대조평균만조위에 기왕 최대조위조차 또는 모델 해일의 조위편차를 더한 조위를 사용하며 대상지역이 동해안으로 폭풍해일의 영향이 적어 설계해면을 대조평균만조위로 정한다. 즉 설계해면은 대조평균만조위(HWOST)로 0.17m이다. 해당지역의 천해설계파랑은 추정된 값은 표 3.1과 같다.

표 3.1 천해설계파랑 제원

설계파고($H_{1/3}$)	파랑주기(T)	파향각도	비고
6.3m	10.5초	5도	해저면 경사 : 0.02 설치수심 : D.L. (-) 10.2

해저지질은 모래로 구성되어 있어 지반조건은 사질토로 내부마찰각은 33° 를 사용하고 지반이 양호하므로 원호활동의 검토는 생략한다. 재료에 대한 기준은 기준서마다 약간의 차이가 있으며 여기서는 개정된 항만시설물 설계기준서를 참고하여 표 3.2의 값을 사용한다.

표 3.2 재료의 단위체적중량

구분 종류	수상	수중
	무근 concrete	2.3t/m ³
해수 비중	-	1.03t/m ³
석재	2.60t/m ³	-
모래, 자갈, 사석	1.8t/m ³	1.0t/m ³

설계기준서에 따라 구조물의 활동에 대한 안정계산에 사용하는 정지마찰계수와 안전율은 표 3.3의 값을 사용하였다.

표 3.3 마찰계수와 안전율

마찰계수	콘크리트와 콘크리트	0.5
	콘크리트와 사석	0.6
	사석과 사석	0.8
안전율	전도	1.2
	활동	1.2

2. 구조물 제원의 가정

방파제의 마루높이를 결정할 때 대형선박이 출입하는 항만으로서 방파제 배후의 수역이 넓어 다소 월파를 허용하며 고조의 영향을 고려할 필요가 없을 때는 마루높이를 대조평균만조위(HWOST)상 $0.6 H_{1/3}$ 로 하나, 설계파고에 가까운 파의 내습이 빈번하고 장기간 지속되는 항만에 있어서는 $0.6 H_{1/3}$ 보다 높게 하는 것이 좋다. 그리고 방파제 배후의 박지에 소형선이 정박하고 박지의 면적이 협소하며 월파를 지지해야 하는 방파제에 있어서는 마루높이를 대조평균만조위상 $1.25 H_{1/3}$ 을 상한 값으로 정한다. 따라서 본 경우에 이를 적용하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{마루높이} &= \text{설계해면} + (0.6 \sim 1.25) \times \text{설계파고} \\ &= 0.170 + (0.6 \sim 1.25) \times 6.30 \\ &= 3.950 \sim 8.045 (m) \end{aligned} \quad (3.1)$$

경사제의 마루높이는 직립제에 준한다. 경사제는 제체를 통한 해수유동에 의해 부과파가 존재하기 때문에 마루높이를 직립제와 같게 하여도 항내파가 크게 되는 수가 있으므로 주위를 요한다. 또한 월파가 현저할 때 제체의 마루부근의 피복재가 불안정하게 되므로 충분한 마루폭을 유지할 필요가 있다.

월파 또는 전달파는 마루높이와 마루폭에 의해 결정되며 이를 위해 우선 환산심해파고를 구하기로 한다. 환산심해파고는 쇄파, 파의 쳐올림, 월파 등과 같이 복잡한 현상을 규명하기 위해 실시된 수리모형실험의 기존 결과를 활용하기 위해 도입한 가상의 파고이다. 파고가 작은 경우에 대한 미소진폭파의 환산심해파고(H_o')는 천수계수(K_s)와 천해파고의 관계 식(3.2)로 정의된다.

$$\frac{H}{H_o} \equiv K_s = \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \frac{\frac{4\pi h}{L}}{\sinh \frac{4\pi h}{L}}\right) \tanh \frac{2\pi h}{L}}} \quad (3.2)$$

여기서 L 는 해당 수심(h)에서의 파장, L_o 는 심해파장으로 파랑주기 T 의 함수이며 식(3.3)으로 나타내진다.

$$\begin{cases} \frac{L}{L_o} = \tanh\left(\frac{2\pi h}{L}\right) \\ L_o = 1.56 T^2 \end{cases} \quad (3.3)$$

식(3.3)에서 파장을 구하기 위해서는 반복법에 의해 수치적으로 계산하거나 도표를 이용하여야 한다.

한편 수심이 파장에 비해 아주 작은 경우에는 파랑의 비선형 효과가 크기 때문에 파의 에너지 전파속도가 미소진폭파의 경우와 차이가 생긴다. 이 경우에는 다음 식을 사용하여 계산한다.

$$\begin{cases} K_s = K_{si} & : h_{30} \leq h, \\ K_s = (K_{si})_{30} \left(\frac{h_{30}}{h}\right)^{2/7} & : h_{50} \leq h < h_{30}, \\ K_s(\sqrt{K_s} - B) - C = 0 & : h \leq h_{50} \end{cases} \quad (3.4)$$

여기서 K_{si} 는 미소진폭파의 천수계수인 식(3.3)이고 h_{30} 과 $(K_{si})_{30}$ 은 식(3.5)를 만족하는 수심과 천수계수이며 h_{50} 은 식(3.6)을 만족하는 수심, 그리고 B 와 C 는 식(3.7)로 주어지는 계수이다.

$$\left(\frac{h_{30}}{L_o}\right)^2 = \frac{2\pi}{30} \frac{H_o'}{L_o} (K_{si})_{30} \quad (3.5)$$

$$\left(\frac{h_{50}}{L_o}\right)^2 = \frac{2\pi}{50} \frac{H_o'}{L_o} (K_s)_{50} \quad (3.6)$$

$$B = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt{\frac{2\pi H_o'}{L_o}}} \frac{h}{L_o}, \quad C = \frac{C_{50}}{\sqrt{\frac{2\pi H_o'}{L_o}}} \left(\frac{L_o}{h}\right)^{3/2} \quad (3.7)$$

식(3.6)에서 $(K_s)_{50}$ 은 수심 h_{50} 일 때의 천수계수이며 C_{50} 은 다음 식(3.8)로 주어지는 상수이다.

$$C_{50} = (K_s)_{50} \left(\frac{h_{50}}{L_o}\right)^{3/2} \left[\sqrt{\frac{2\pi H_o'}{L_o} (K_s)_{50}} - 2\sqrt{3} \frac{h_{50}}{L_o} \right] \quad (3.8)$$

비선형 천수계수는 식(3.4)~(3.8)을 사용하여 반복법으로 구해야 하기 때문에 상당히 복잡하다. 환산심해파고에 주어진 경우에는 식(3.4)~(3.8)을 사용하여 천수계수의 계산이 비교적 용이하며 특히 쇄파대 부근에서는 이 식을 사용하여야 한다.

식(3.4)~(3.8)은 환산심해파고가 주어진 경우에 설계파고를 계산하는 것인 반면에 실제 설계시 천해파랑의 제원으로서는 파고, 주기, 파향이 주어지게 되므로 이때에는 식(3.2)를 사용하여 환산심해파고를 쉽게 구할 수 있다. 그리고 미 육군 공병단 지침서(SPM)에서는 계산된 파고를 식(3.2)로 계산한 환산심해파고를 사용하고 있기 때문에 위의 지침서에 나타난 모든 수리모형실험 자료의 환산심해파고의 계산은 식(3.2)를 사용하는 것이 타당하다.

이제 월파 또는 전달파를 구하기 위해 표 3.1의 설계파랑 제원을 사용하여 필산을 한 후 개발된 프로그램의 결과와 비교하기로 하자.

$$\text{설계수심}(h) = 0.17 + 10.20 = 10.37m$$

$$L_o = 1.56 \times 10.5^2 = 171.99m$$

위 값을 이용하여 파장을 구하기 위하여 $h/L_o (=0.60294)$ 의 값을 계산하여 SPM의 표와 보간법을 이용하여 구하면 표 3.4과 같다.

표 3.4 보간법에 의한 파장 및 천수계수 계산

h/L_o	0.06	0.061	0.0603
h/L	0.1043	0.1053	0.1046
H/H_o	0.9932	0.9907	0.99245

따라서 표 3.4의 값을 사용하여 계산된 파장은 99.14m, 환산심해파고는 6.35m이다.

환산심해파고를 구했기 때문에 구조물에 의한 처오름 높이를 구할 수 있다. 파랑의 처오름 높이는 해안제방, 호안 등의 마루높이를 결정하는데 중요하며 매우 복잡한 현상으로 수치해석이 어려워 수리실험 결과로부터 얻어진다. 해안구조물에 대한 처오름 높이는 입사파의 파고, 파형경사, 구조물의 형상 및 사면의 조도 등 여러 가지의 요소에 따라서 변화한다. h/H_o 가 3보다 적은 경우 축척조정계수와 조도조정계수를 사용하여 다음 식에서 처오름 높이를 계산한다.

$$R = H_0 \times f\left(\frac{R}{H_0}\right) \times r \times K \quad (3.9)$$

여기서, R : 처오름 높이

$f\left(\frac{R}{H_0}\right)$: 상대 처오름량(그림 3.3)

r : 조도수정계수(표 3.5)

K : 축척조정계수(그림 3.4)

단 콘크리트 피복재의 경우 축척조정계수는 1.03을 사용하며 h/H_0 가 3보다 큰 경우에는 축척 및 조도조정계수를 적용치 않는다. 그림 3.3과 3.4의 값을 구하기 위해 현재에는 도표에서 읽어 구하였으나 이를 디지털 값으로 변환하여 사용할 수도 있다. 향 후에는 이러한 도표의 값을 디지털 값으로 표현하여 설계자동화 프로그램 내에서 구할 수 있게 하고자 한다.

표 3.5 이형블록 피복 조도 수정계수

피복재	층수	거치방법	r	사면경사
Dolos	2	난적	0.45	1.3 ~ 3.0
Modified Cube	2	난적	0.48	1.3 ~ 3.0
	1	정적	0.62	1.5
	1	정적	0.73	2.0
	1	정적	0.55	3.0
Tetrapod	2	난적	0.45	1.3 ~ 3.0
	2	정적	0.51	1.3 ~ 3.0
Tribar	2	난적	0.45	1.3 ~ 3.0
	1	정적	0.50	1.3 ~ 3.0

가정된 구조물 사면경사는 안정계산에 의해 정한다. 사석제의 경우에는 외항측 1 : 2 내외, 내항측 1 : 1.5 내외, 그리고 이형블록으로 피복할 때 경사는 1 : 4/3 에서 1 : 1.5의 경우가 많다. 본 방파제의 경우는 이형블록을 이용할 것이므로 항 내·외측 모두 1 : 1.5로 가정한다.

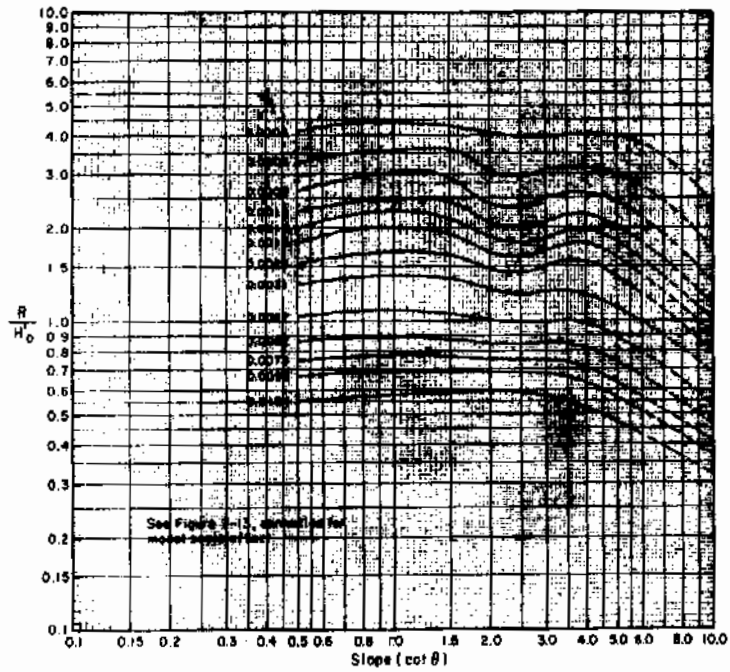


그림 3.3 파의 상대 처오름높이($h/H_0 = 0$, 매끈하고 볼투과 경사면)

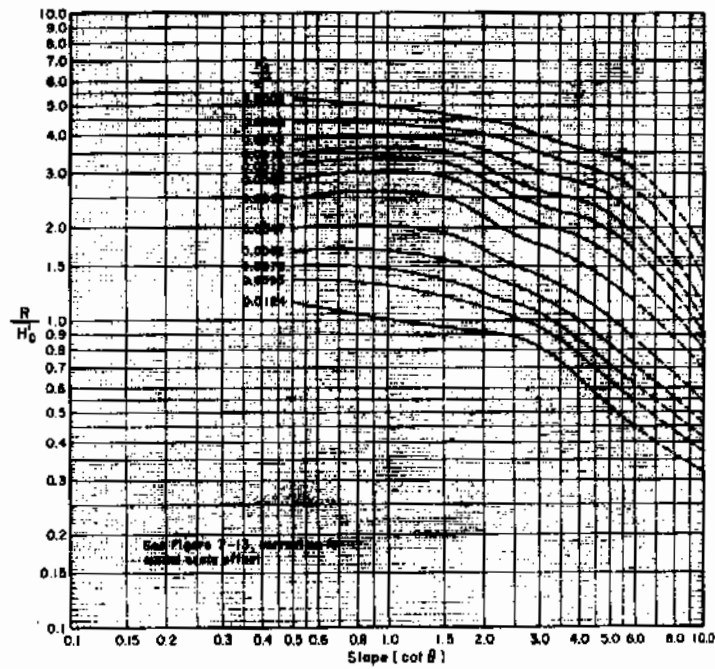


그림 3.3 계속($h/H_0 = 0.45$, 매끈하고 볼투과 경사면)

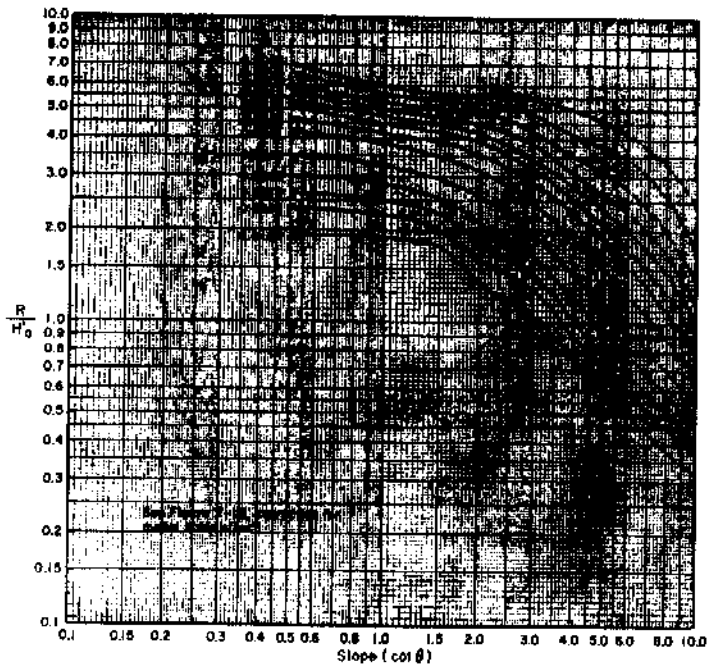


그림 3.3 계속 ($h/H_0 = 0.8$, 매끈하고 볼루과 경사면)

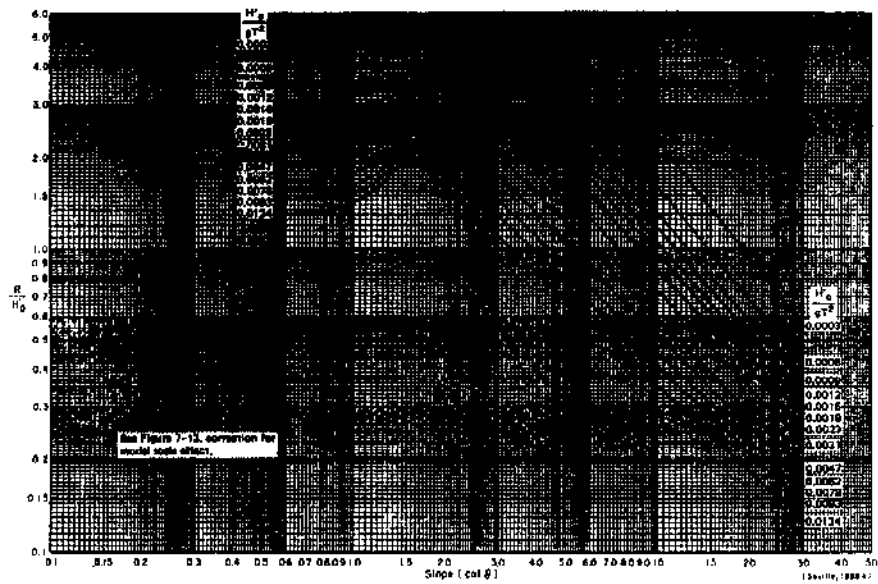


그림 3.3 계속 ($h/H_0 = 2.0$, 매끈하고 볼루과 경사면)

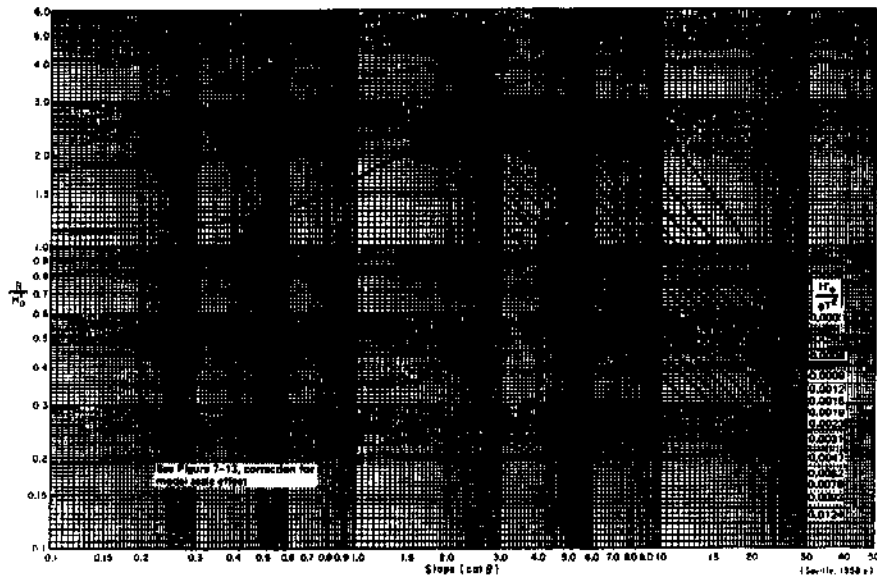


그림 3.3 계속 ($h/H_0 > 3.0$, 매끈하고 불투과 경사면)

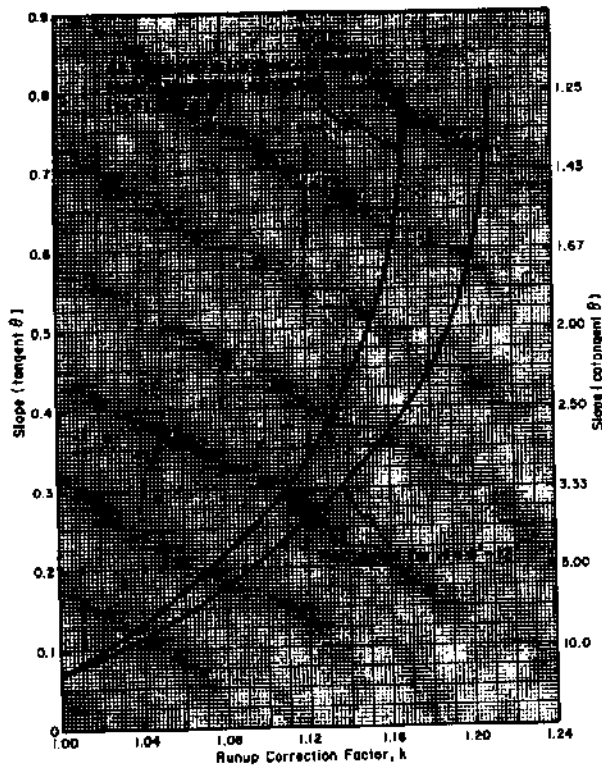


그림 3.4 처오름높이 보정계수

상대 처오름높이(R/H_0)을 구하기 위하여 다음의 값을 먼저 구한다.

$$\frac{H_0}{gT^2} = \frac{6.35}{9.8 \times 10.5^2} = 0.00588$$

$$\frac{h}{H_0} = \frac{10.37}{6.35} = 1.633, \quad \cot \theta = 1.5$$

위의 값을 이용하여 그림 3.3에서 해당 값을 구한 뒤 보간법에 의해 계산하면 표 3.6이 된다.

표 3.6 선형보간법을 이용한 상대 처오름높이

h/H_0	0.8	2.0	1.633
R/H_0	2.6	2.45	2.496

축척보정계수(K) = 1.03, 조도수정계수(γ) = 0.45이므로 위에서 구한 값들을 이용하여 처오름높이(R)을 구하면 7.35m가 된다. 즉

$$\begin{aligned} R &= f\left(\frac{R}{H_0}\right) \times H_0 \times K \times \gamma \\ &= 2.496 \times 6.35 \times 1.03 \times 0.45 \\ &= 7.35m \end{aligned}$$

한편 방파제를 월파한 파랑이나 방파제 또는 마운드를 통과한 파랑에 의한 전달파의 파고는 수리모형실험의 결과나 기존의 자료를 참조하여 산출하는 것을 표준으로 한다. 파고 전달율은 월파에 의한 것과 투과에 의한 부분에 대해 다음 식 (3.10)으로 계산한다.

$$K_T = \sqrt{(K_{T_v})^2 + (K_{T_l})^2} = \frac{H_T}{H_I} \quad (3.10)$$

여기서, K_T : 파고전달율

K_{T_v} : 월파에 의한 파고전달율

K_T : 투과에 의한 파고전달율

H_T : 전달파고

H_I : 입사파고

일파에 의한 파고 전달율은 실링(Seeling)이 제안한 경험식에 의해 다음과 같이 추정한다.

$$K_T = C \left(1 - \frac{h_c}{R} \right), \quad 0 \leq (K_T) \leq 1.0 \quad (3.11)$$

여기서, h_c : 방파제의 정수면상 높이 (=제체높이-설계해면)

C : 경험계수

d : 제체높이

위 식에서 C 는 방파제의 마루폭과 관련이 있으며 다음 식으로 구한다.

$$C = 0.51 - 0.11 \frac{B}{d}, \quad 0 < \frac{B}{d} < 3.2 \quad (3.12)$$

식(3.12)에서 C 값을 구하기 위해서는 방파제의 마루높이와 마루폭이 정해져야 하며 마루높이는 처오름 높이를 감안하여 다음과 같이 가정한다.

마루높이 : D.L. (+) 6.50m

마루폭 : 11.0m

이를 이용하여 제체높이(d)를 구하면

$$\begin{aligned} d &= \text{제체수심} + \text{마루높이} = 10.20 + 6.50 \\ &= 16.70m \end{aligned}$$

이 되고, B/d 를 계산하면

$$\frac{B}{d} = \frac{11}{16.70} = 0.66$$

이 되므로 이는 $0 < B/d < 3.2$ 의 조건을 만족한다. 그래서 C 의 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C &= 0.51 - 0.11 \frac{B}{d} \\ &= 0.51 - 0.11 \times 0.66 = 0.4374 \end{aligned}$$

이를 식(3.11)에 대입하면 월파에 의한 전달파고가 구해지며

$$\begin{aligned}
 K_{T_e} &= C \times \left(1 - \frac{h_c}{R}\right) \\
 &= C \times \left(1 - \frac{\text{제체높이} - \text{설계수심}}{R}\right) \\
 &= 0.4374 \times \left(1 - \frac{16.70 - 10.37}{7.35}\right) \\
 &= 0.061
 \end{aligned}$$

제체를 통한 파랑의 투과가 매우 적다고 가정하면 전달파고는 월파에 의해 결정되므로 전달파고는 다음과 같다.

$$H_T = K_{T_e} \times H_{1/3} = 0.061 \times 6.3 = 0.38m$$

계산된 전달파고는 0.38m이며 일반적으로 항내에서의 하역 및 선박의 안전정박에 지장이 없는 파고는 0.3 ~ 1.5m로 계산된 값이 항내 허용파고보다 작아 마루높이는 D.L. (+) 6.50m, 마루폭은 11.0m로 결정한다.

한편 상부공의 두께는 파고 2m 이상일 때는 1m 이상, 파고 2m 미만일 때에도 최소 두께 0.5m 이상을 표준으로 하기 때문에 상치 콘크리트의 두께를 3.80m로 한다. 상부공에는 경우에 따라 파라페트를 설치하는 경우가 있으나 본 경우에는 파라페트가 없는 구조로 한다.

소파공의 마루폭은 소파블록 2개 이상으로 하며 소파공의 마루높이는 직립부의 마루높이와 같게 한다. 소파블록의 종류는 TTP로 하며 외향측에는 통상 2층으로 4개를 거치하기 때문에 소파공의 마루폭은 TTP의 규격에 의한 값을 사용한다. 한편 내향측의 어깨폭에 대해서는 정해진 규정은 없으나 일반적으로 2.0m 이상을 적용하므로 2.0m로 한다.

상치 콘크리트 밑에 방괴를 설치하는 경우가 많다. 이는 상치 콘크리트의 두께를 가능한 줄여 공사비를 절감하고, 통상 상치 콘크리트 밑면의 높이가 평균해면보다 작은 경우 수중 타설을 해야하므로 이를 막기위해 방괴를 설치하여 시공상 용이하도록 한다. 본 경우에도 상부공 밑에 방괴를 각각 1개씩 설치하고 상부공의 형틀 조립을 고려하여 상부공의 폭의 양측에서 각각 0.1m정도 여유를 둔다.

3. 프로그램에서 구조물 계원의 설정

다음에서는 개발된 방파제 설계 자동화 프로그램에 대해서 설명하고자 한다. 프로그램의 이름은 "bkw.exe"로 주로 구조물의 안정검토에 대한 부분이 완성되었고 후에 설계조건 및 경제성 검토를 포함하고자 한다. 설계자동화 프로그램의 최종 목표는 사용자인 설계자가 별도의 참고문헌을 찾지 않고도 설계에 필요한 모든 자료를 얻을 수 있는 시스템을 만드는 것이다. 한 걸음 더 나아가 설계를 위한 프로그램이 여러 종류가 되면 사용자 입장에서는 업무의 단절이 되기 때문에 가능한 한 하나의 프로그램 내에서 모든 작업이 이루어지는 것도 필요하다. 결국 최종 프로그램은 매우 복잡하고 크기가 크게 되므로 프로그램은 개체지향적인 방법을 사용하여 프로그램의 확장성 및 수정이 용이한 방향으로 개발하고자 한다.

"bkw.exe"를 실행하면 초기화면은 그림 3.5와 같이 파일읽기 창이 나타난다.

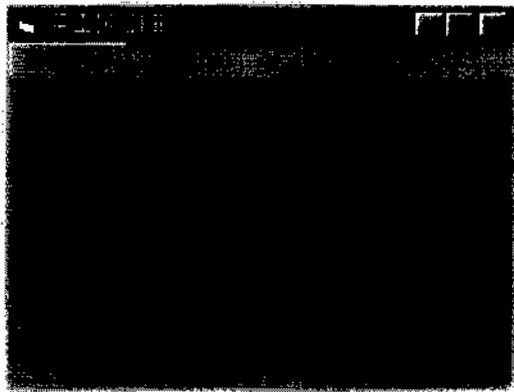


그림 3.5 설계자동화 프로그램(bkw.exe)의 초기화면

이 창에는 두 개의 메뉴 "파일읽기"와 "종료"가 있으며 시작을 위해 "파일읽기"를 누르면 팝업 메뉴가 나타나고 여기에는 "기타"의 메뉴만이 활성화되어 있다. 이 "기타"의 메뉴를 누르면 그림 3.6과 같이 파일관리 창인 "기타 좌표 읽기"가 나타나며 여기서 해당 파일을 선택하면 된다. 파일관리 창의 파일형식은 "*.dat"로 설정되어 있어 화면상의 디렉토리에 있는 모든 ".dat"의 파일들의 목록이 목록상자에 나타난다. 만일 파일의 형식을 변경하고자 하면 파일형식의 "콤보 상자"의 오른쪽 단추"인 아래 방향의 화살표(누름단추)를 누르면 모든 파일 "*.*)"이 나타나며 이를

누르면 된다. 파일 읽기에서 파일을 읽는 이유는 구조물 단면의 주요한 점에 대하여 좌표를 만들어 반복적으로 사용하거나 또는 약간의 변형이 용이하도록 하기 위한 것이다. “종료” 메뉴를 누르면 변경된 파일을 저장하기 위한 대화상자가 나타나며 파일을 저장한 후 프로그램이 종료하게 된다.

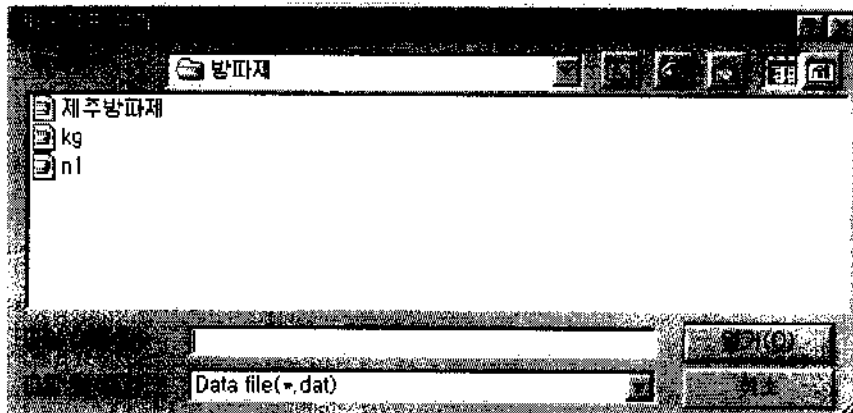


그림 3.6 파일 읽기 대화상자

“기타 좌표 읽기” 창에서 해당 파일을 선택하면 그림 3.7과 같은 파일내 자료의 좌표에 대한 정보를 나타내는 창이 나타난다. 이 창에는 파일에 저장된 좌표 형식을 나타내는 “텍스트 박스”와 “데이터 분리문자”, “좌표단위”로 그룹화된 “옵션 단추”들이 있다. 우선 “데이터 분리문자”는 좌표 x, y로 저장된 자료의 분리된 경우로서 공란 또는 콤마로 구분하는 것이 보통이므로 이를 선택하기 위한 것이다.

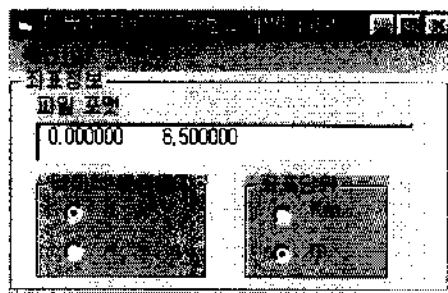


그림 3.7 저장된 데이터 읽기를 위한 좌표정보 창

또한 좌표단위인 킬로미터 또는 미터를 선택하기 위한 옵션 단추가 있다. 이 경우에는 “파일 포맷”이 공란으로 분리되어 있고 단위는 미터임을 나타낸다. 관련 사항

을 선택한 후 "확인" 메뉴를 누르면 그림 3.7의 창 제목에 표시된 "D:\STRUCTR\방
파제\kg.dat" 파일을 읽어 자료를 컴퓨터의 기억장치에 저장하게 된다. 그리고 나
서 "파일정보" 창이 숨겨지고 그림 3.5의 "구조물 좌표" 창에 "확인" 메뉴가 추가
되며 동시에 읽은 파일자료에 대한 구조물의 단면그림 창이 나타난다.

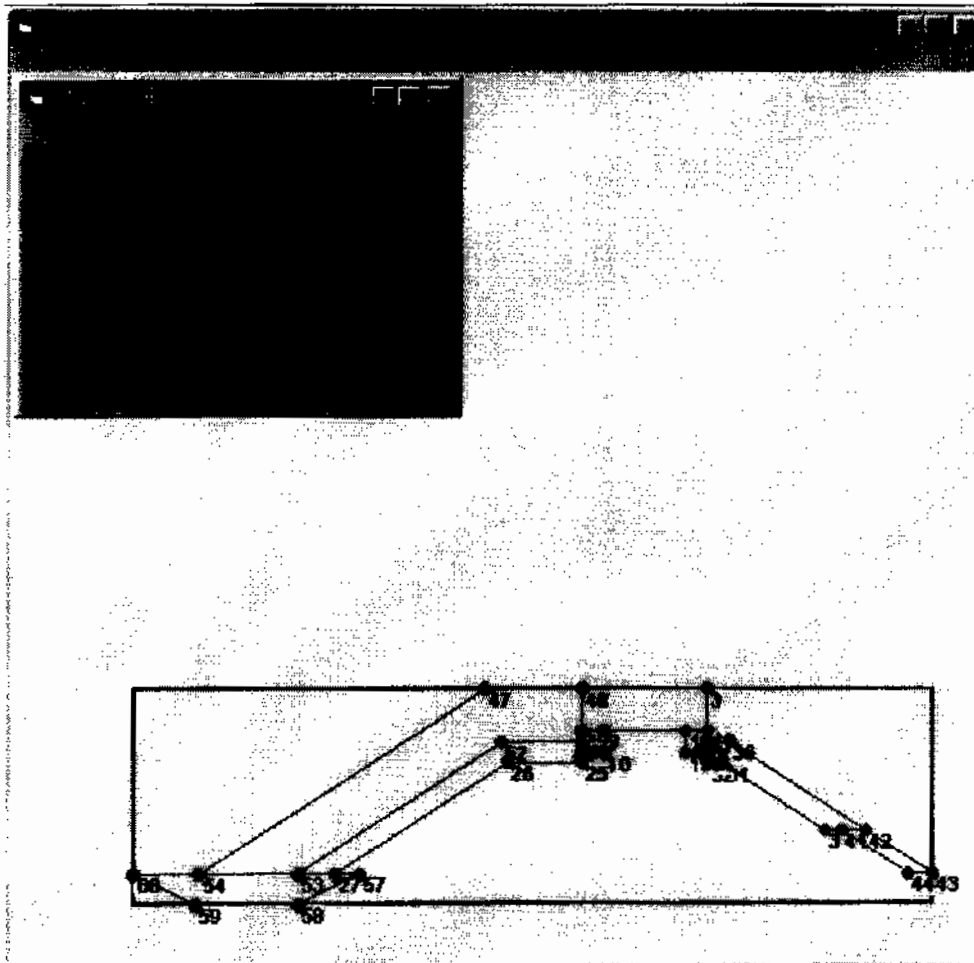


그림 3.8 구조물 단면그림 창

그림 3.8은 구조물 좌표 창이 단면그림 창에 포함된 것으로 표시되었으나 실제 실행하면 이 두 창은 나란히 나타나게 된다. 단면그림 창에서의 번호는 자료파일의 자료저장 번호를 의미하며 붉은 점이 좌표자료이다. 그림의 선은 인접 좌표자료를 연결한 것으로 경우에 따라 좌표간에 단락이 필요하게 된다. 예를 들면 상부공을

나타내고 상부공 아래의 방괴를 표시할 때 좌표간의 단락이 없는 경우 선들이 연결되어 그림 상에 원하는 단면형태가 나타나지 않으며 선의 단락을 위한 자료는 자료 파일에 “* *”을 이용하여 표기한다. 그림 3.8의 “구조물 좌표” 창 “확인” 메뉴를 누르면 그림 3.9와 같이 읽은 좌표자료가 “구조물 좌표”에 표의 형태로 나타난다.

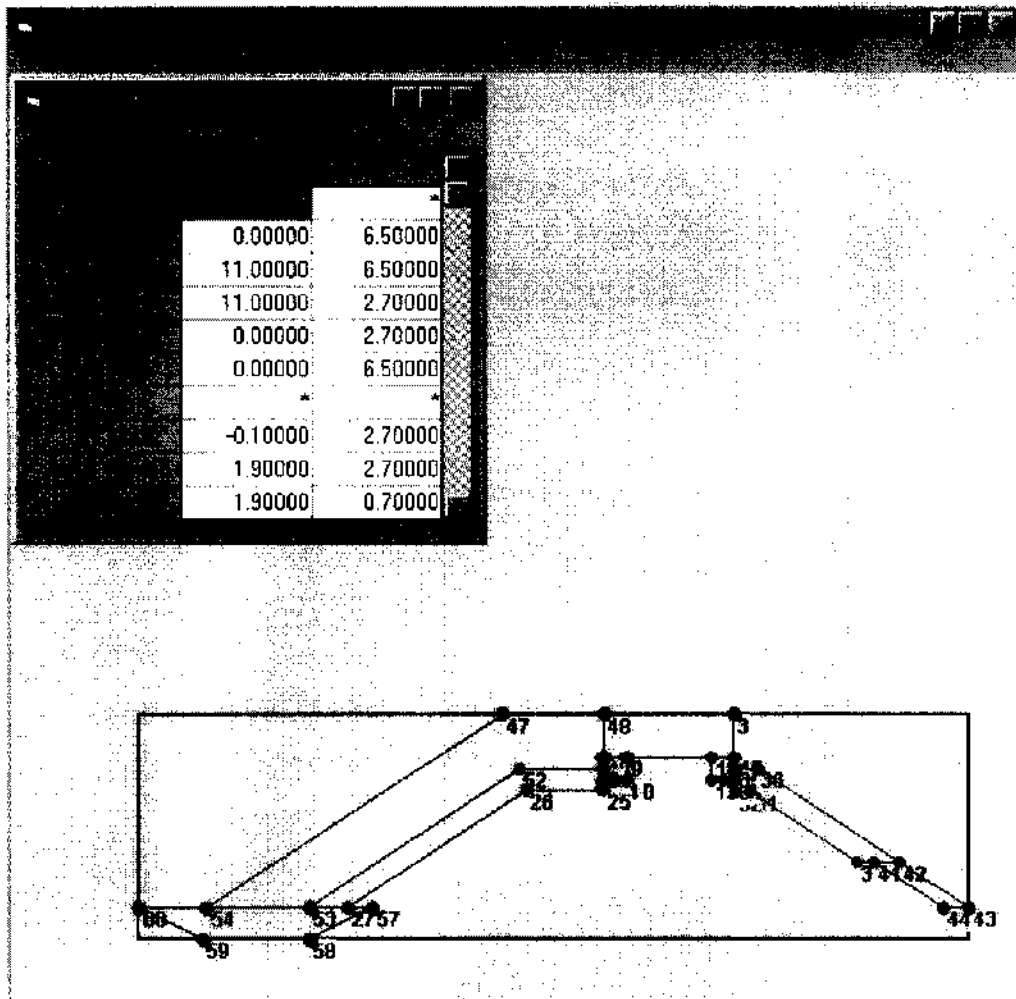
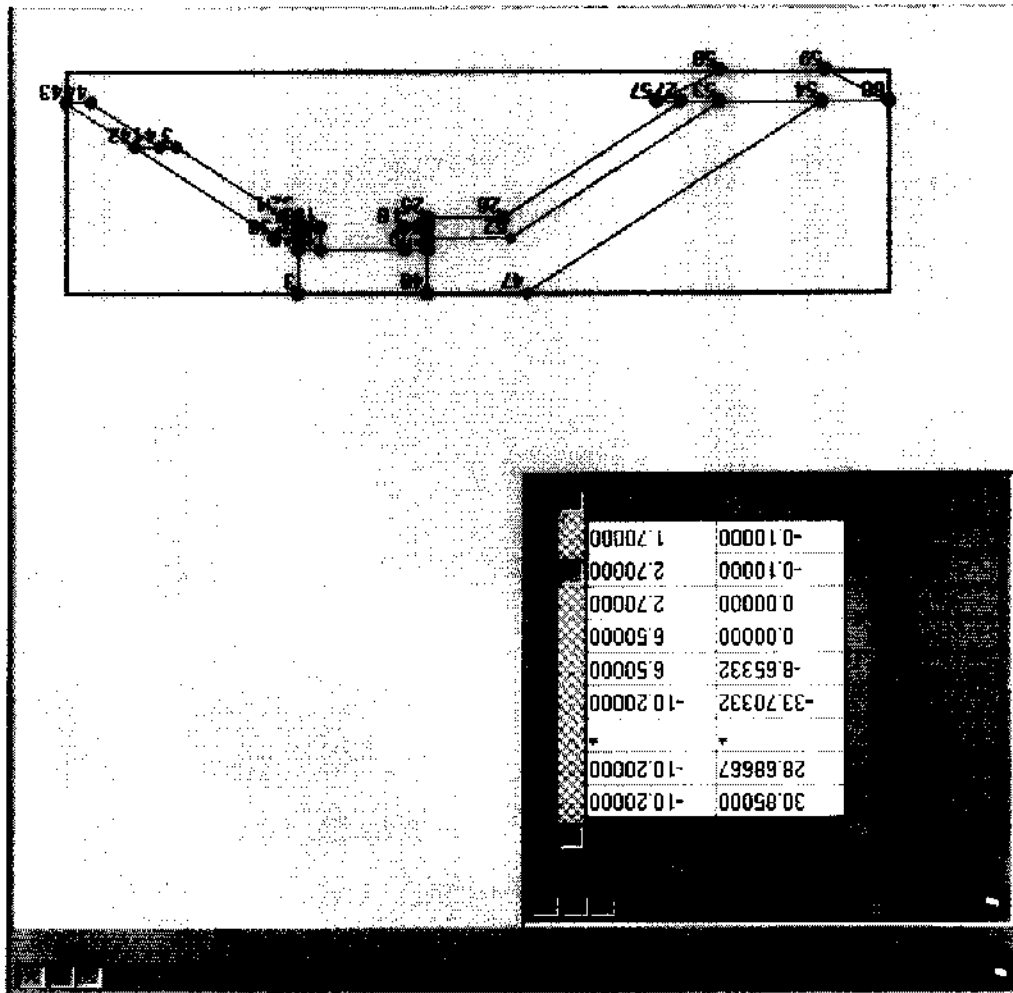


그림 3.9 구조물 좌표 창과 단면그림 창

그림 3.9에서도 구조물 좌표 창이 단면그림 창에 포함된 것으로 표시되었으나 실제 실행하면 이 두 창은 나란히 나타나게 된다. 구조물 좌표는 자료파일의 자료를 읽은 순서대로 나타내며 그림 상에 선과 선의 단락을 위한 “* *”이 사용된 것을 알 수 있다. 단면그림 창에서의 번호는 자료파일의 자료가 표시되어 있으며 프로그램

호프 이동할 수 있도록 하였으며 표에 나타나는 좌표의 개수는 10개로 설정하였다. 개수는 100개까지 허용된다. 그리고 표의 오른쪽에 스크롤바를 설치하여 원하는 번호의 "52"번을 누르면 "2"가 표시되며 누르는 순서에 따른 번호가 나타난다. 선택의 색 점으로 바뀌어 선택을 알린다. 예를 들면 "47"번을 누르면 "선택"란에 "1", 그 포인트를 해당 번호의 "선택"란에 위치시킨 후 누르면 그림 창의 붉은색 점이 하를 그림 3.10과 같이 "구조물 좌표" 창의 표에서 좌표를 선택하기 위해 마우스의

그림 3.10 좌표의 선택(47번과 52번)



의 번호는 그림 창의 붉은 점이 우하측에 표시된 번호와 일치한다. 여기서 이를 선의 단락으로 인식하게 된다. "구조물 좌표" 창의 표에서 "Point"란

그림 창의 메뉴 가운데 확대축소 기능이 있다. 이 메뉴를 누르면 그림 창의 그림을 확대, 원상태, 또는 변경된 상태를 새로 설정하기 위한 메뉴가 있다. 원래그림 메뉴는 자료파일을 읽을 때 x, y좌표의 최대, 최소값을 구해 이를 그림의 외곽선으로 나타낸다. 경우에 따라 그림을 확대하고자 할 때 마우스의 포인터를 그림 창으로 이동하면 마우스의 이동사건이 발생하여 마우스가 위치하고 있는 점의 좌표가 그림 창의 제목란에 표시된다. 이제 확대하고자 하는 부분에 마우스 포인터를 위치시키고 마우스 왼쪽 단추를 누른 채 이동하여 확대하고자 하는 부분에서 마우스 왼쪽 단추를 놓게 되면 그림 3.11과 같이 선택된 부분을 나타내는 직사각형의 선이 생긴다.

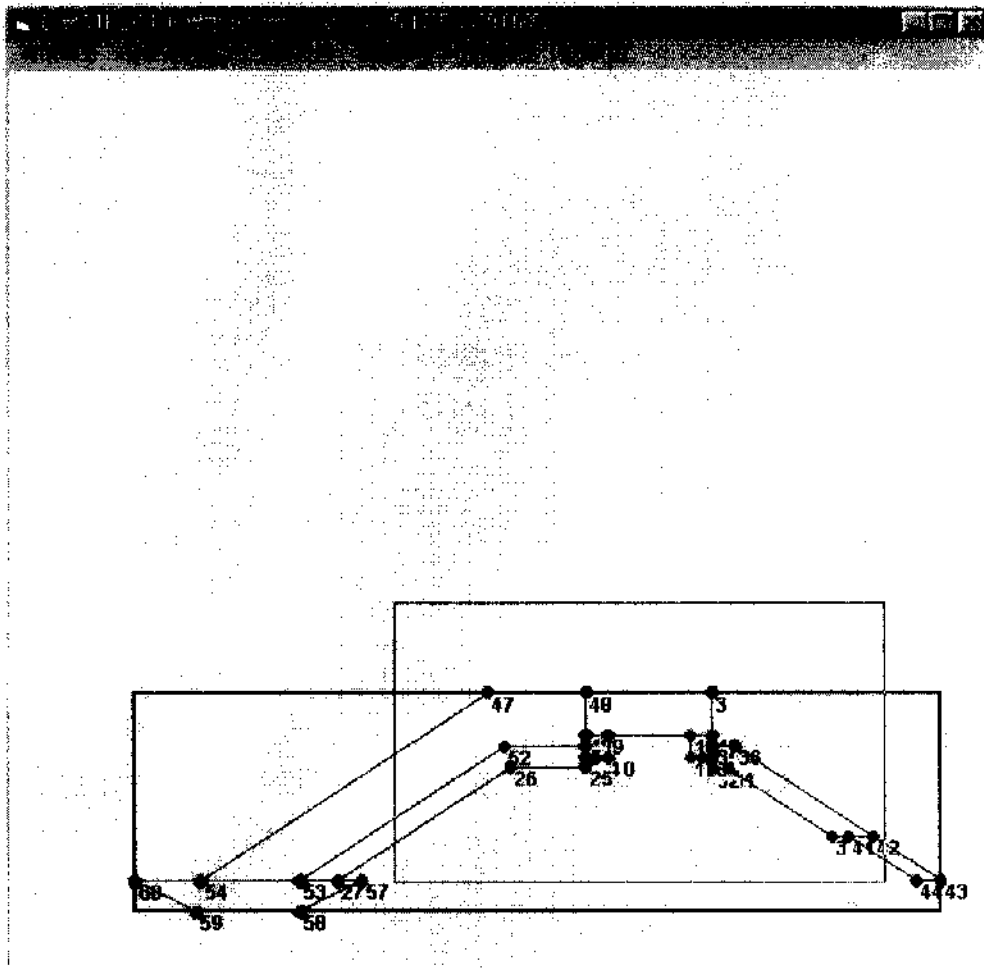


그림 3.11 그림의 확대 구역설정

그림 3.11과 같이 선택 영역을 만든 후 마우스로 “확대축소” 메뉴를 누르면 위에 설명한 하위 메뉴 “확대그림”, “원래그림”, 그리고 “축척변경”이 나타나며 이 가운데 “확대그림”의 메뉴를 누르면 선택된 부분의 그림이 확대되어 그림 3.12와 같이 된다. 다시 “확대축소” 메뉴의 “원래그림”을 선택하면 그림 3.11과 같은 크기의 그림이 되나 확대 구역을 나타내는 직사각형은 나타나지 않는다.

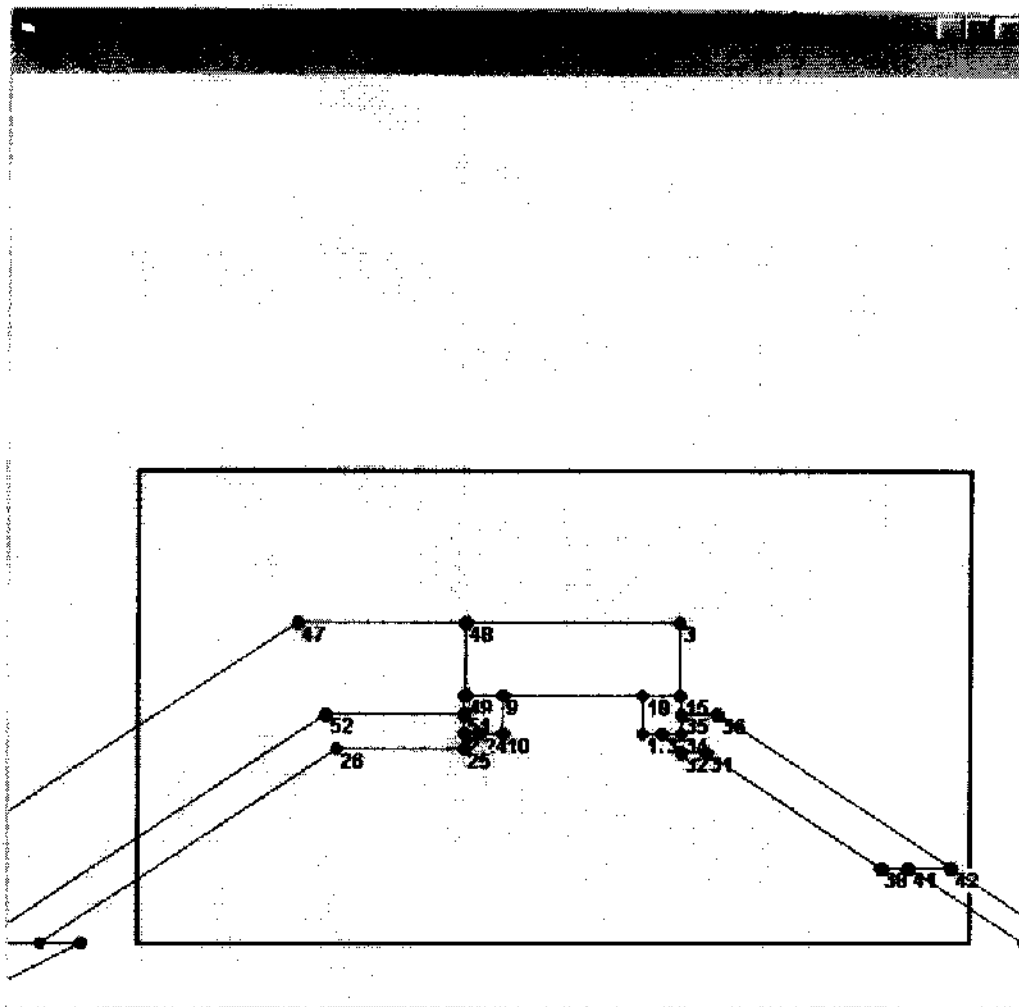


그림 3.12 확대된 그림

만일 확대된 그림의 축척을 기본축척으로 사용하고자 하면 “축척변경”을 선택하면 된다. 이 후부터 “원래그림”을 선택하면 변경된 기본축척의 그림이 나타나게 된다.

그림 창의 “좌표계산” 메뉴는 “한점”, “두점”, “교점” 그리고 “종료”의 하위 메뉴를 가지며 “한점” 메뉴는 다시 “거리경사 점”, “거리방향 점” 그리고 “좌표입력”의 차하위 메뉴를 가진다. “두점” 메뉴는 “거리”, “좌직교” 그리고 “우직교”의 차하위 메뉴를 가진다. 이 “좌표계산” 메뉴는 좌표의 부분 수정이나 추가를 위해 도입한 것으로 수정된 좌표의 저장은 “구조물 좌표” 창의 “종료”를 누르면 저장된다. 먼저 “한점” 메뉴의 “좌표입력”을 선택하면 그림 3.13과 같은 “좌표입력” 창이 나타나며 “좌표입력” frame의 “X”에 1을 “Y”에 7.5를 키보드를 사용하여 입력한 것이다. 입력한 자료가 원하는 것이라면 “확인”을 누르면 되고 원치 않는다면 “취소” 메뉴를 누르면 된다. 이 중 어떤 메뉴를 눌러도 “입력” 창은 사라지게 된다.

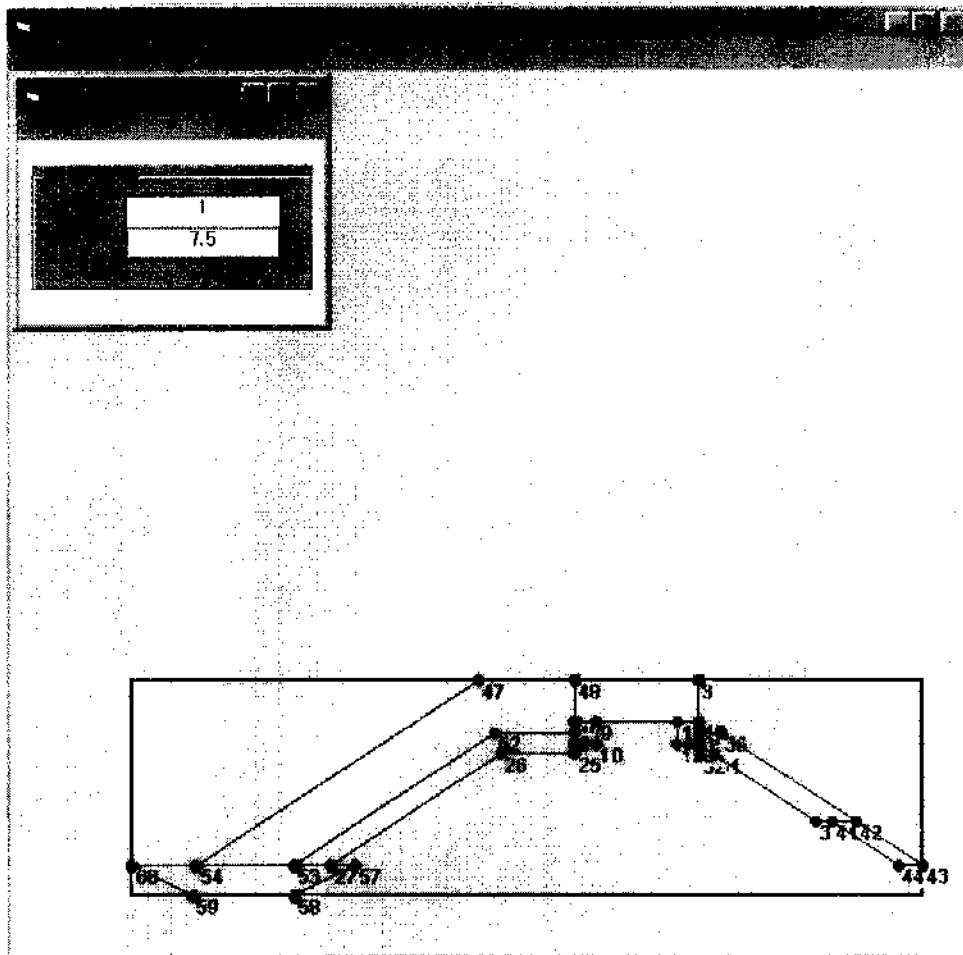


그림 3.13 좌표입력 창

“입력” 창의 “확인” 메뉴를 누른 상태를 나타내는 그림이 그림 3.14이다.

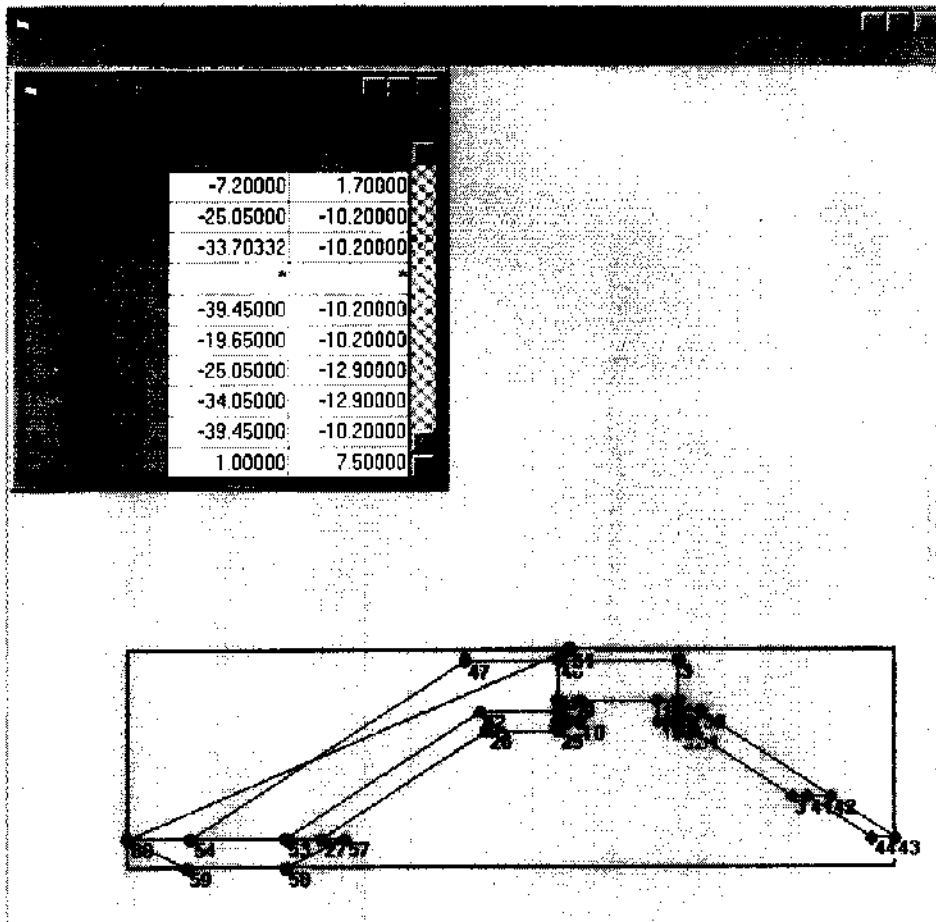


그림 3.14 “좌표입력” 후의 그림

“좌표입력” 전까지 “구조물 좌표”의 개수는 60개이었으나 입력 후에는 하나가 늘어 61개로 되었고 이는 “구조물 좌표”의 표와 그림 창의 그림에 동시에 나타난다. 이 그림에서 선 단락의 의미를 분명히 알 수 있게 된다. 즉 번호 60번은 이형블록 저면에 설치된 터파기 단면에 속해 있어 새로 추가된 61번과는 분리되어지는 것이 좋다. 이러한 경우에는 “좌표입력” 메뉴를 이용하여 나타낼 수가 없으며 이 메뉴에서는 숫자만을 입력하게 되어있어 만일 문자를 입력하는 경우 “입력” 창의 해당 란이 변하지 않게 된다. 대신 다음에 설명할 “좌표저장” 메뉴의 하위 메뉴인 “좌표복사”를 이용하여 선 단락 “* *” 문자를 넣을 수 있다.

그림 3.15가 선 단락 문자를 넣기 위해 “좌표복사” 메뉴를 사용하기 위한 그림이다. 우선 “구조물 좌표”의 표에서 해당 좌표번호인 55번의 선택란에 포인터를 놓고 왼쪽 단추를 누르면 “선택”란에 1이 나타난다. 이를 복사하기 위해 복사될 위치의 아래 칸을 누르면 61번 “선택”란에는 2가 나타난다.

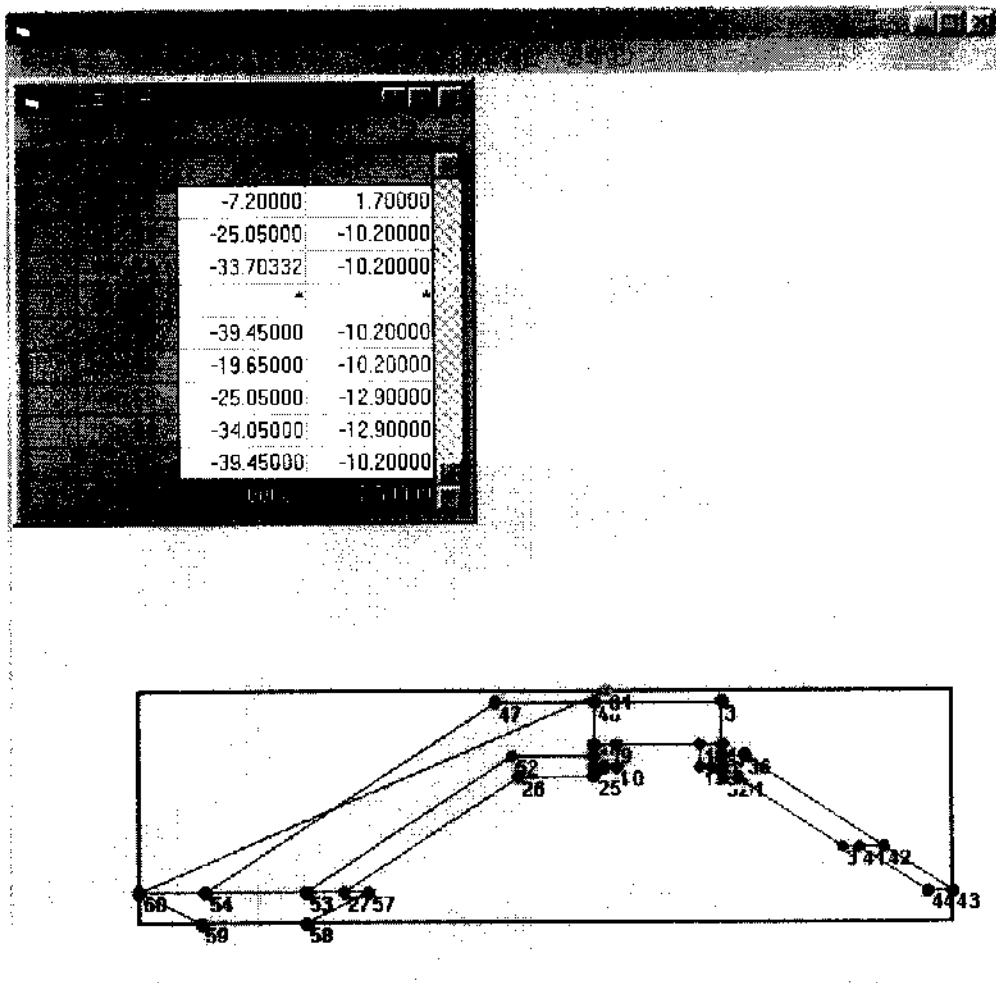


그림 3.15 좌표복사 전

이 뒤에 “좌표저장” 메뉴를 누르고 이 메뉴의 하위 메뉴인 “좌표복사” 메뉴를 선택하면 1번의 좌표값이 2번의 좌표 값 바로 위에 복사되면서 총 번호는 하나 늘게 된다. 또한 복사될 위치가 마지막이 아닌 경우 복사될 아래의 좌표번호는 하나씩 증가된 값을 갖는다. 좌표복사 후의 그림이 그림 3.16이다.

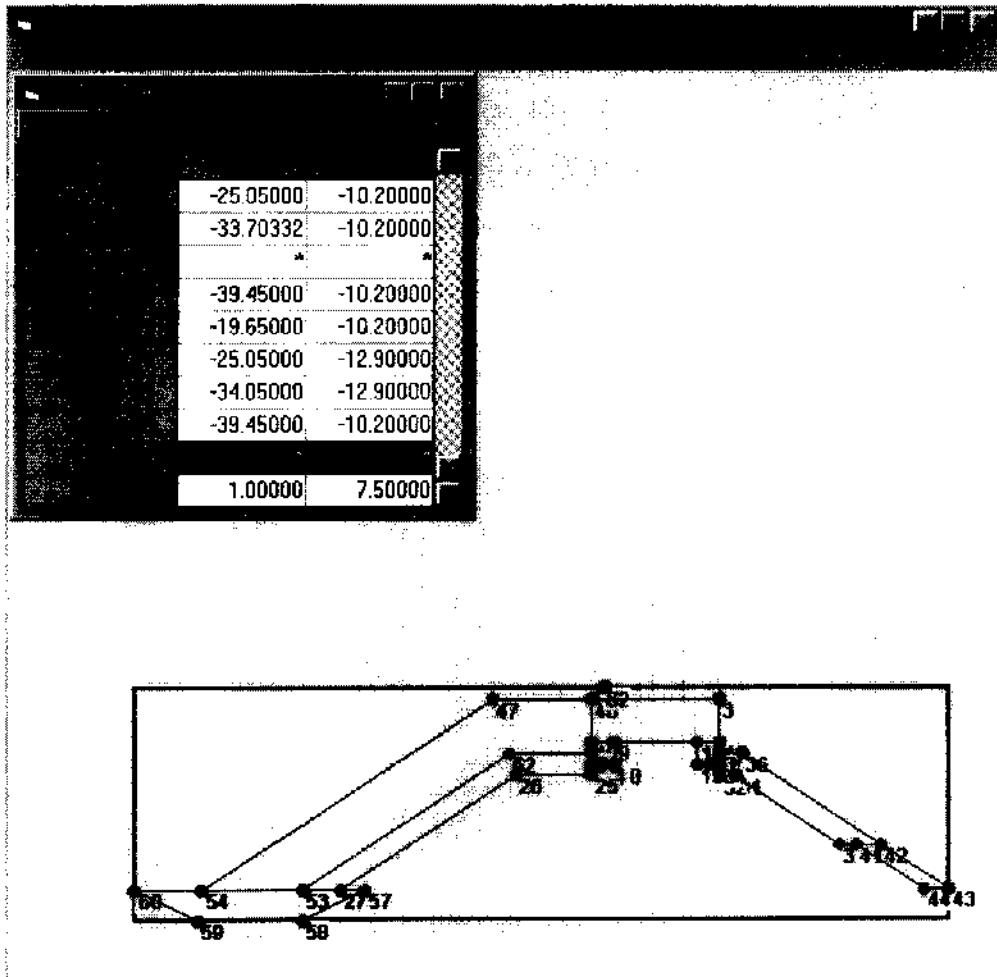


그림 3.16 좌표복사 후의 그림 창과 구조물 좌표 창

그림 3.16에서는 원했던 자료 및 그림이 얻어진 것을 확인할 수 있다. 다음에는 그림 창의 “좌표계산” 메뉴의 하위 메뉴 “한점”의 차하위 메뉴인 “거리경사 점”에 대해 설명한다. 메뉴의 의미를 생각해 보면 “구조물 좌표”의 표에서 한점이 선택되어야 한다는 것을 짐작하게 된다. 이 한점을 선택하지 않으면 프로그램은 아무리 “거리경사 점” 메뉴를 선택해도 결과에는 아무런 변화가 없는 것을 알게 된다. 이러한 방법은 사용자의 오류를 방지하게 되는 유용한 것이 된다.

이제 “구조물 좌표”에서 62번을 선택한 후 “거리경사 점”의 메뉴를 선택하면

그림 3.17과 같이 “입력” 창이 나타난다. 이 입력 창의 “거리 및 경사 입력” frame 내의 표는 수직거리와 수평경사 란이 있어 사용자의 입력을 기다린다. 선택된 한점에서 수직거리와 수평경사가 주어지면 유일한 한점이 계산된다. 수직거리는 선택점보다 위에 있으면 양의 값을 넣어야 하며 아래에 있으면 음의 값을 넣어야 한다. 음의 값을 넣는 경우에는 반드시 부호를 포함하여야 한다. 한편 수평경사는 선택점의 우측에 계산점이 위치하면 양의 값, 좌측에 위치하게 되면 음의 값을 가지게 된다. 표에서는 이러한 내용을 간략히 표시하여 사용자에게 도움을 주며 이 메뉴는 경사면의 상단에서 하단의 좌표를 구할 때 매우 유용한 기능을 한다.

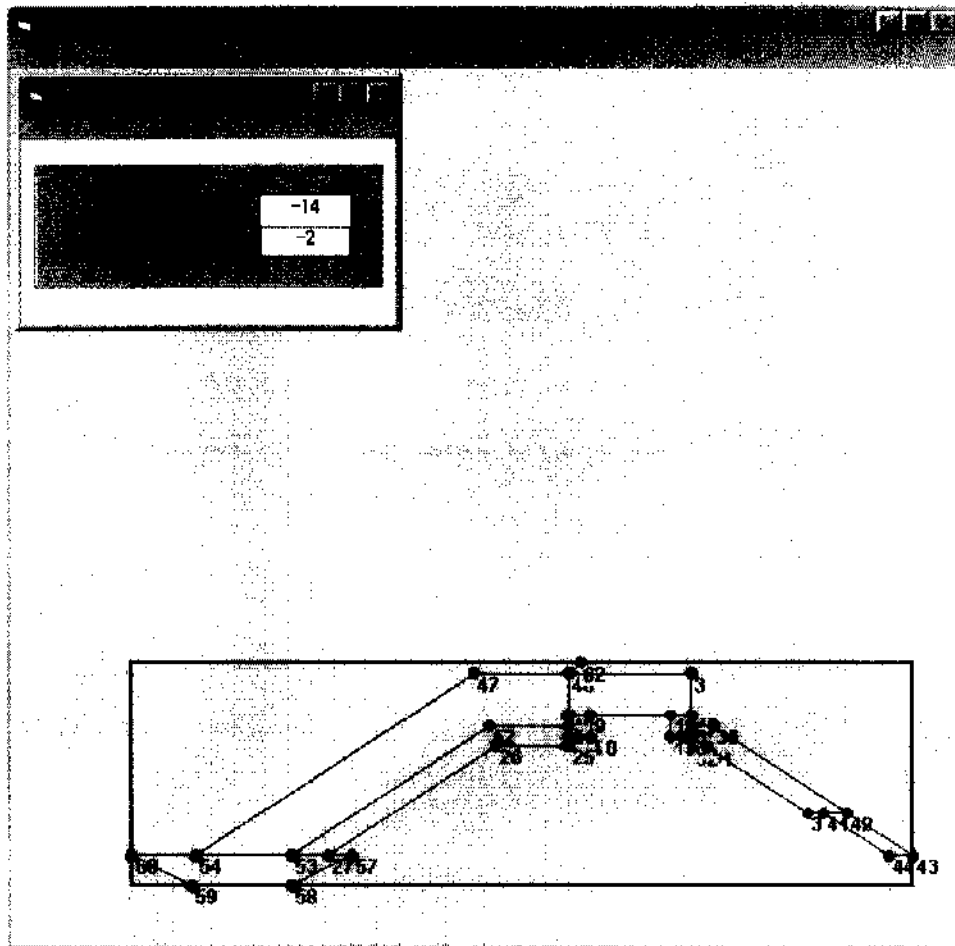


그림 3.17 “거리경사 점”의 메뉴 실행 전

그림 3.17은 점 62를 선택하여 선택된 점의 색이 붉은 색에서 하늘색으로 변경

된 것을 나타내며 선택한 점으로부터 아래쪽으로 14미터 내려간 곳에 경사 1 : 2로 좌측에 위치한 점을 구하는 예이다.

그림 3.17의 “입력” 창에 “확인” 메뉴를 누르면 “입력” 창이 사라지면서 계산된 점이 “구조물 좌표”의 표에 63번으로 등록되고 또한 그림 창에도 주어진 좌표에 해당하는 위치에 좌표점이 표시된다. 좌표 62와 63은 연이어 나타나기 때문에 선으로 연결되어 진다. “거리경사 점”의 메뉴에서 사용한 경사는 1 : 2이며 주어진 단면의 경사는 1 : 1.5이므로 계산된 점들의 경사가 기존 단면의 경사보다는 완만하여야 하며 그림 3.18에서 이를 확인할 수 있다.

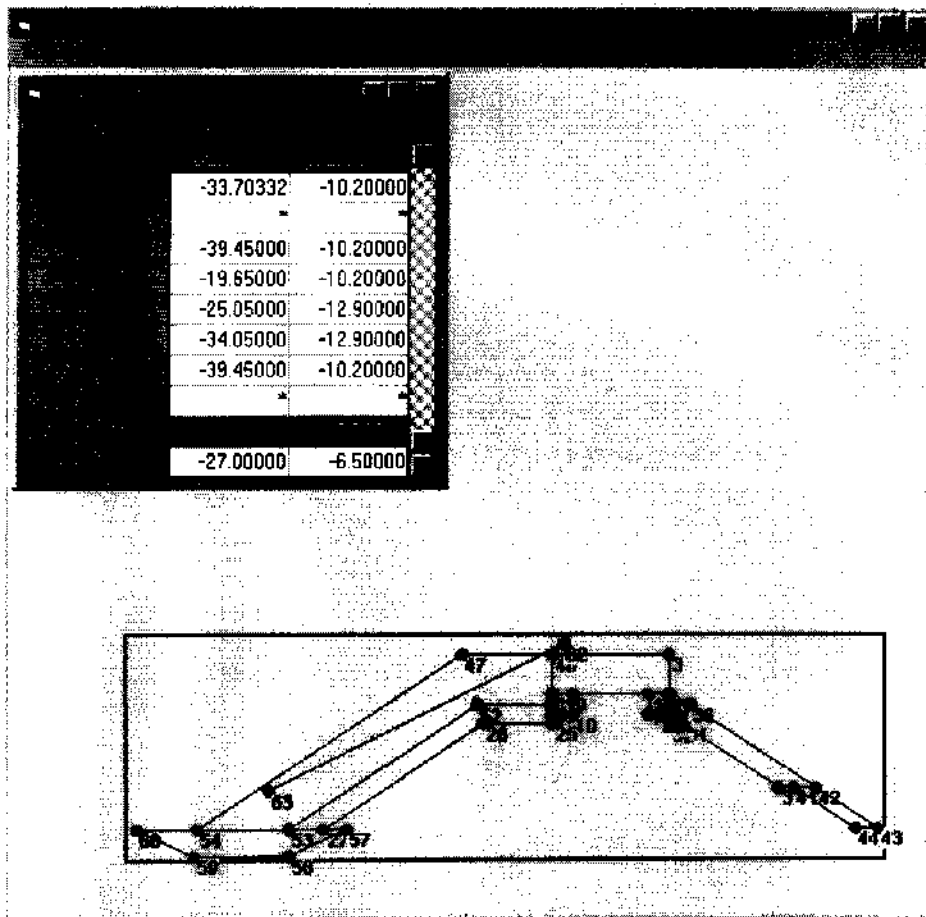


그림 3.18 “거리경사 점”의 메뉴 실행 후

“한점” 메뉴의 마지막 하위 메뉴인 “거리방향 점”에 대해 설명하기로 한다. 이 메뉴는 “거리경사 점” 메뉴와 비슷하나 경사대신에 방향의 각을 사용하는 점이 다르다. 좀 더 자세히 설명하면 경우에 따라 경사율 대신에 선택된 점에서 거리와 방향을 설정하여 점을 계산할 수도 있다. 예를 들면 번호 26번에서 좌측으로 10미터의 거리에 있는 점의 각은 선택점을 기준으로 하여 180도가 된다. 이 때 사용하는 각은 수학에서 정의하는 바와 같이 x축으로부터 반시계 방향으로 각이 증가한다. 그림 3.19에 위에서 언급한 내용인 선택점은 26번으로 그림 창에서 점의 색이 하늘색으로 표시되었고 “입력” 창의 각도는 180도, 거리는 10으로 입력되었다. 이 경우 거리의 값은 항상 양의 값을 갖는다.

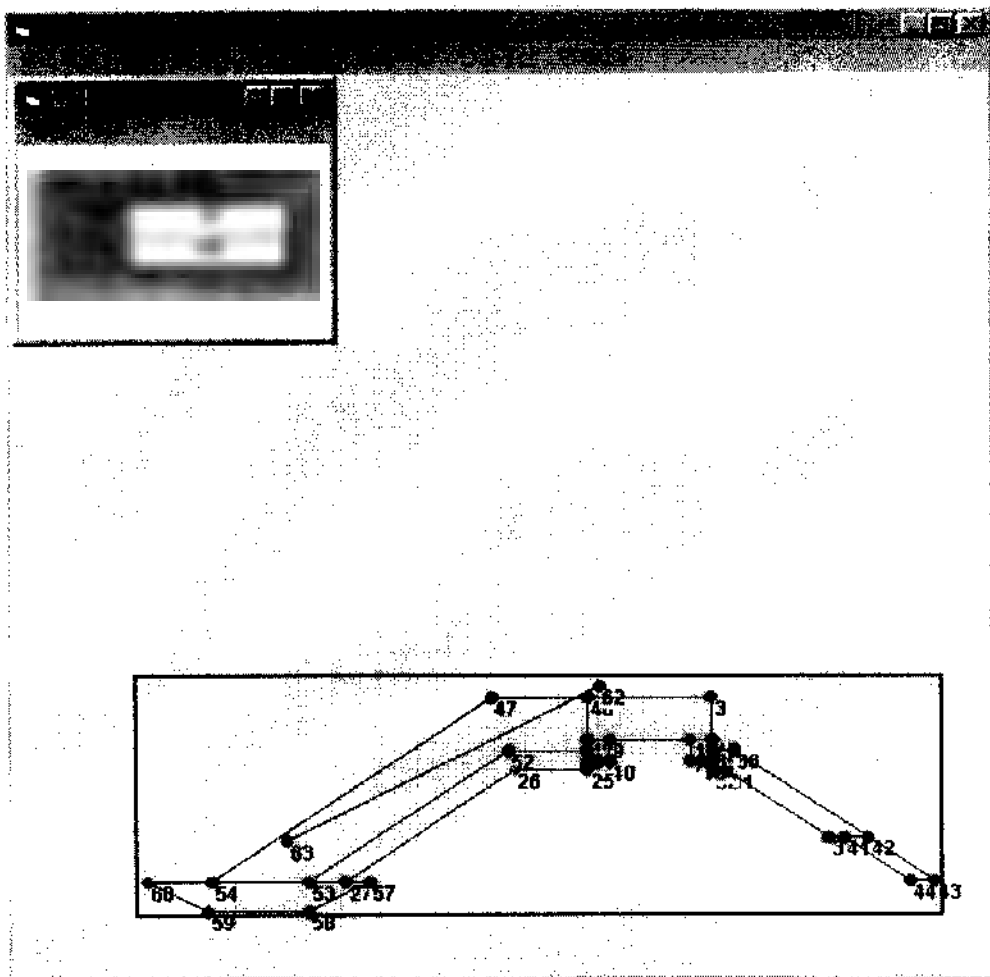


그림 3.19 “거리방향 점”의 메뉴 실행 전

그림 3.19의 “입력” 창 메뉴 “확인”을 선택하면 그림 3.20과 같은 결과가 얻어진다.

-39.45000	-10.20000
-19.65000	-10.20000
-25.05000	-12.90000
-34.05000	-12.90000
-39.45000	-10.20000
1.00000	7.50000
-27.00000	-6.50000
-16.65500	-0.10000

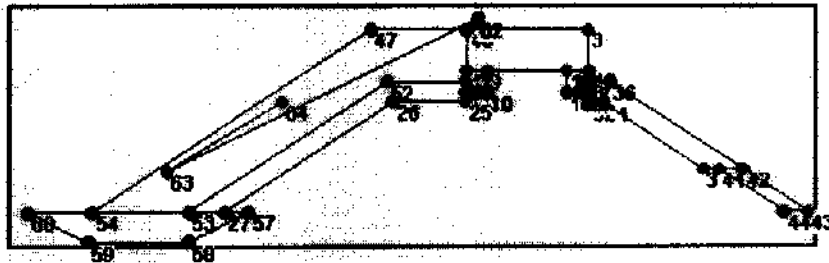


그림 3.20 “거리방향 점”의 메뉴 실행 후

그림 3.20에서 알 수 있듯이 계산된 점이 “구조물 좌표”의 표에 64번으로 등록되고 또한 그림 창에도 주어진 좌표에 해당하는 위치에 좌표점이 표시된다. 좌표번호 62, 63, 64는 연이어 나타나기 때문에 선으로 연결되어 있다. 이제 좌표 26번의 y값은 -0.1, x값은 -6.655이고 계산점 64의 대응하는 값은 각각 -0.1, -16.655로 되어 있어 계산된 값의 정확함을 알 수 있다. 이로서 “한점” 메뉴에 대한 설명은 마치기로 하고 가장 간단한 메뉴인 “종료”에 대해서 설명하기로 한다.

“좌표계산” 메뉴의 하위 메뉴인 “종료”는 “구조물 좌표” 창에서 선정된 값이 원하는 값이 아닌 경우에 사용하는 것으로 이를 선택하면 선택된 번호 모두가 없어지게 된다. 여러번 위에서 설명한 바와 같이 “구조물 좌표”에서 마우스로 번호를 선택하면 그림 창에서는 해당 번호 점들의 색이 하늘색으로 바뀌게 된다. 이 “종료” 메뉴를 누르면 선택된 번호가 없어짐과 동시에 그림 창의 좌표번호 색들도 원래의 붉은색으로 돌아가게 된다.

“좌표계산” 메뉴의 하위 메뉴인 “교점”은 두 개의 직선의 교점을 구하는 기능을 하므로 4개의 점이 선택되어야 한다. “구조물 좌표”에서 마우스로 번호를 선택하면 그림 창에서는 해당 번호 점들의 색이 변하며(그림 3.21) 이로부터 선택된 점들이 올바른지를 확인한 후 “교점” 메뉴를 선택하면 된다.

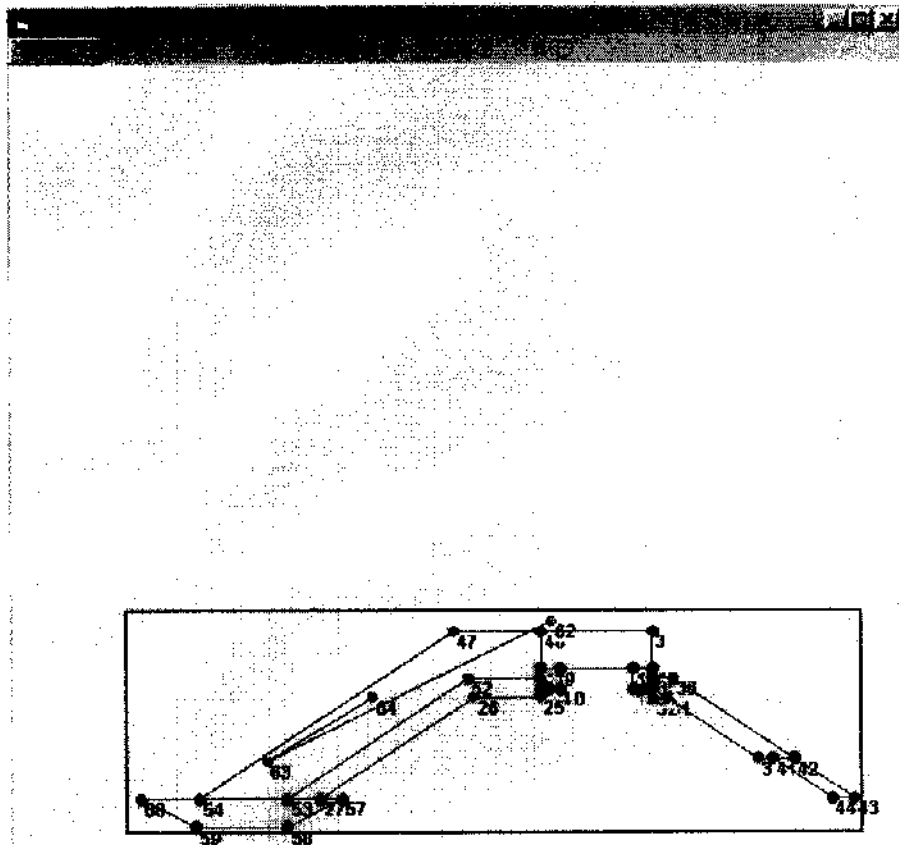


그림 3.21 교점 메뉴 실행 전

그림 3.22은 그림 3.21에서 선택된 점들인 26번, 64번, 62번, 63번의 교점을 구한 결과를 나타낸다. 이 점들은 직선을 이루어야 하기 때문에 동일 직선 위에 있는 점들은 반드시 인접하게 선택되어야 한다. 그러나 한 직선에서의 점들의 순서는 결과에 영향을 주지 않는다. 만일 26번, 64번이 한 직선을 구성하고 62번, 63번이 또 다른 직선을 구성하는 경우를 나타내면 26번, 64번의 선택순서는 관계가 없으나 한 직선내의 점들은 반드시 같은 조에 있어야 한다. 또한 직선을 이루는 조의 순서도 무관하여 62번, 63번의 조를 먼저 선택하고 그 후 26번, 64번의 조를 선택한 결과나 이순서를 바꿔 26번, 64번의 조를 먼저 선택하고 62번, 63번의 조를 나중에 선택하여도 결과는 동일하게 된다. 예상한 대로 교점인 65번은 62번, 63번이 이루는 직선상에 있음을 그림에서 알 수 있다.

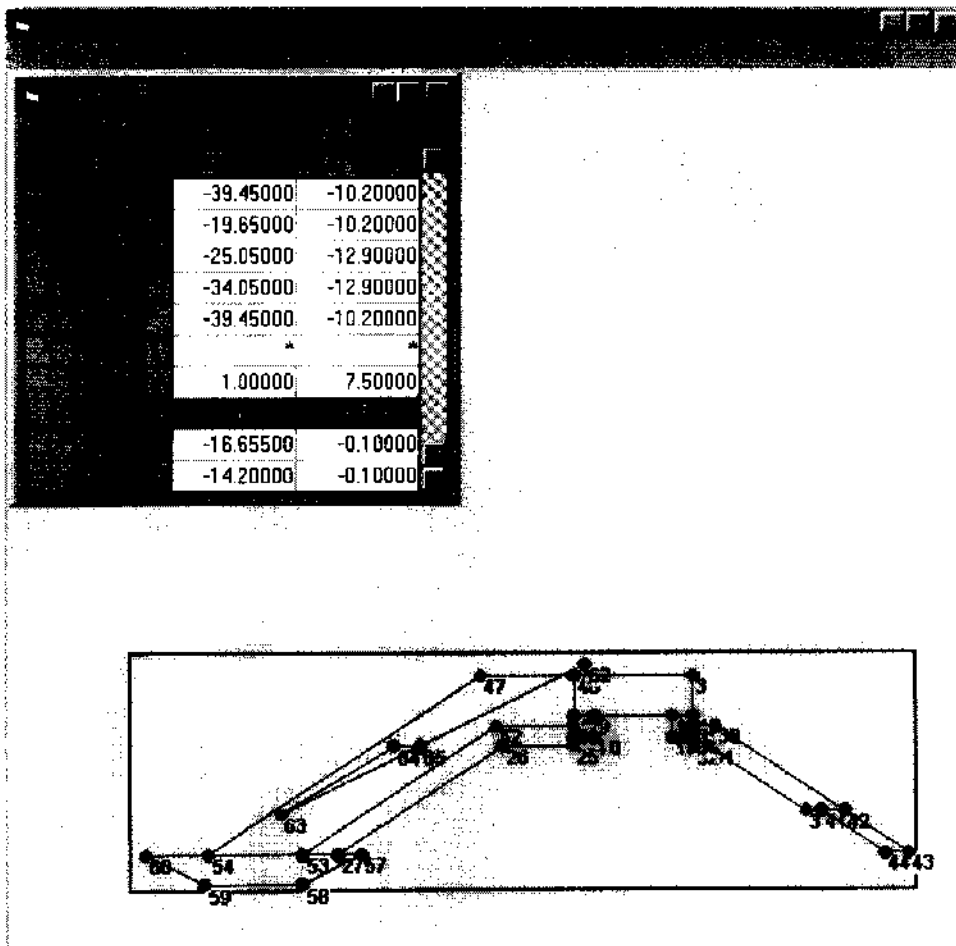


그림 3.22 교점 메뉴 실행 후

다음에는 “좌표계산”의 하위메뉴인 “두점” 메뉴에 대해 살펴보기로 한다. 이 메뉴도 차하위 메뉴를 가지며 이 가운데 “거리” 메뉴는 선택된 두 점이 이루는 직선 상에서 첫 점으로부터 주어진 거리를 구하는 기능을 수행한다. 만일 54번과 47번을 잇는 선분상에 54번 점으로부터 20미터에 해당하는 점을 구하고자 하면, “구조물 좌표”의 표에서 54번과 47번을 차례로 누르고 나서 “거리” 메뉴를 선택한다. 그리고 나면 “입력” 창이 나타나며 첫 점부터 둘째 점까지의 거리 “30.10635”가 계산되어 사용자에게 도움을 주게된다. 실제적인 입력은 둘째 란이며 여기에 선분상의 거리를 입력하면 된다. 그림 3.23는 위의 예로 54번부터 20미터에 해당하는 선분상의 점을 계산하기 위한 것이다. 또한 그림 창에는 54번에 붉은 색의 동그라미가 그려져 시점임을 알려주는 효과를 추가하였다.

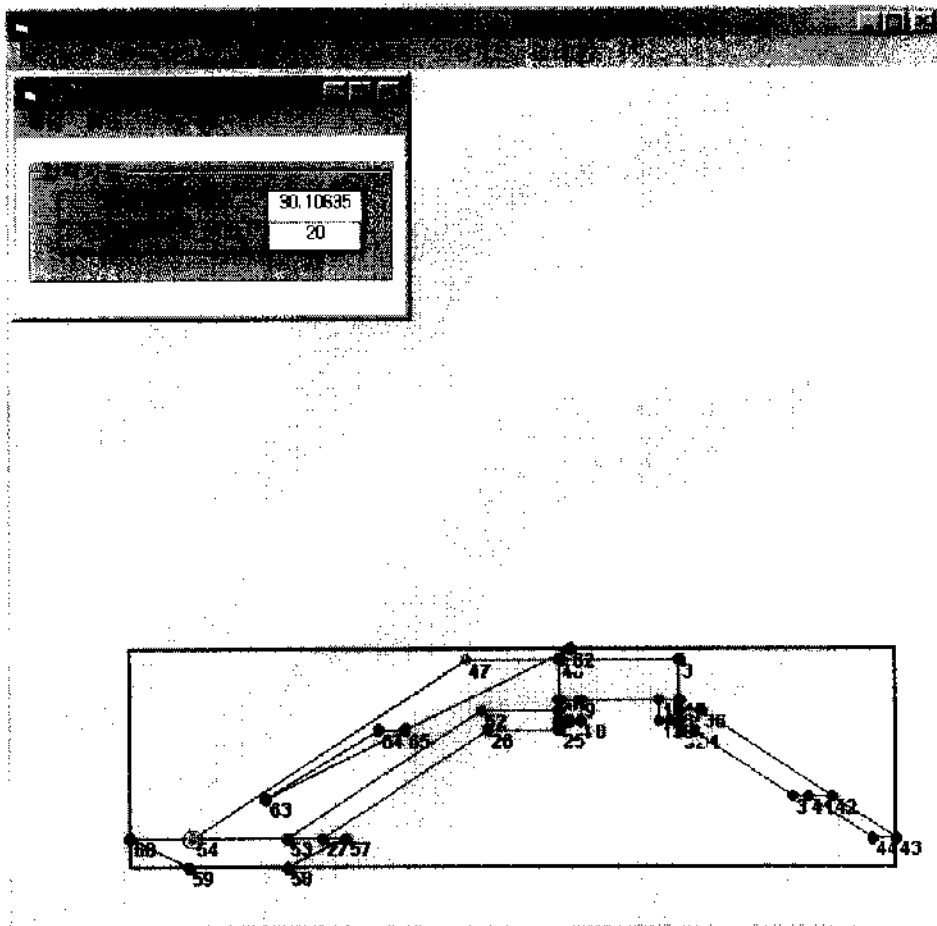


그림 3.23 거리 메뉴 실행 전

그림 3.23의 “입력” 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 그림 3.24와 같이 된다. 새로 계산된 67번의 좌표가 “구조물 좌표” 창에 나타나고 그림 창에도 표시된다. 이 “거리” 메뉴는 실행될 때 선 단락의 문자 “* *”가 포함되는 특성을 가진다.

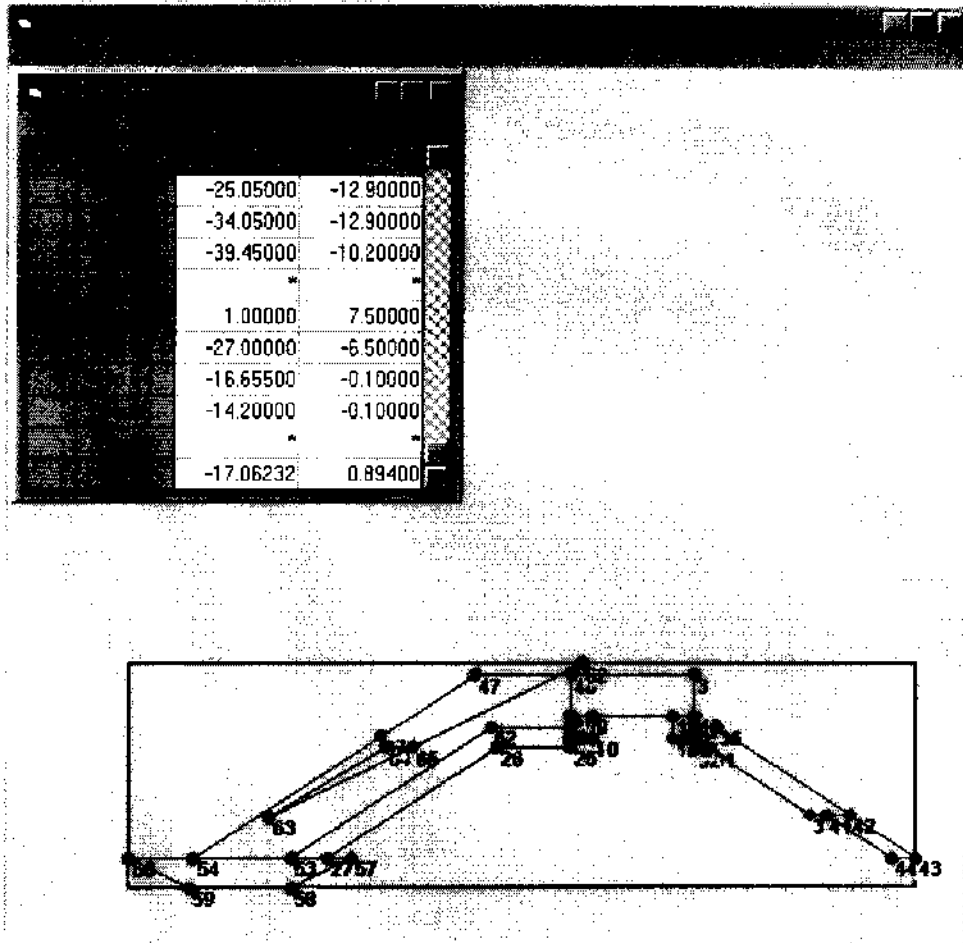


그림 3.24 거리 메뉴 실행 후

다음에 “두점” 메뉴 내에 포함된 “좌직교” 메뉴를 설명하기 전에 그림 3.24가 너무 복잡하기 때문에 계산된 일부의 점을 삭제하여 간단하게 만들자. 이를 위해서는 “좌표저장” 메뉴에 포함된 “좌표삭제” 메뉴를 이용하면 된다. 이 메뉴는 삭제하고자 하는 점을 “구조물 좌표”의 표에서 마우스로 선택하면 되고 다수의 점을 선택할 수 있다. 61번부터 65번까지 선택한 후 “좌표삭제” 메뉴를 누르면 67번의 점이 62번의 점으로 바뀌게 된다. 이제 54번과 62번을 순서대로 선택하고 “좌직교” 메뉴

를 누르면 “입력” 창이 나타난다. “입력” 창의 표에는 첫 점인 54번에서의 거리를 알려주는 란이 있으며 둘째 란이 실제 입력란이 된다. 즉 54번부터 62번의 점이 만든 직선의 끝에서 “좌직교의 거리”를 “8”로 입력한 결과를 보여주는 것이 그림 3.25이다. 그림 창에는 선택된 54번과 62번 점의 색이 하늘색으로 바뀌어 나타나 있다.

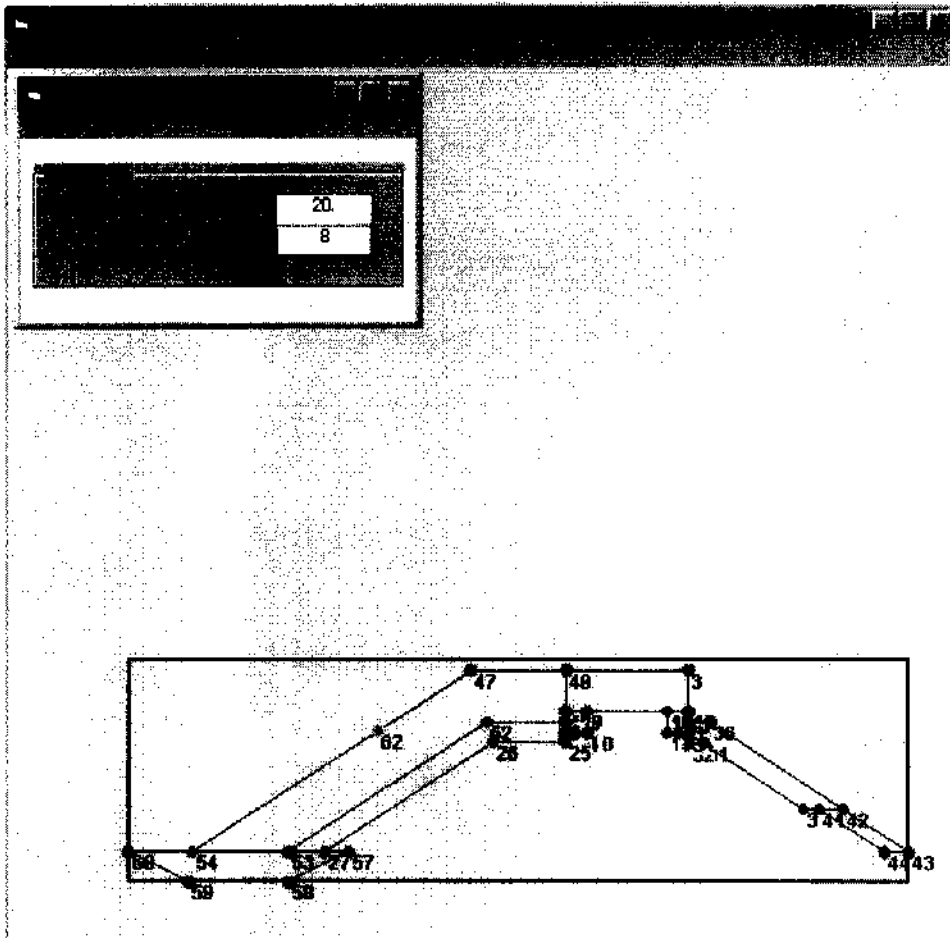


그림 3.25 좌직교 메뉴 실행 전

“입력” 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 54번부터 62번으로 진행하는 좌측에 62번으로부터 8미터 직각으로 떨어진 점이 계산된다. 계산 결과를 나타낸 그림이 그림 3.26이다. 그림 창에는 63번의 점이 표시되어 있고 “구조물 좌표” 창에는 63번의 좌표가 나타난 것을 알 수 있다.

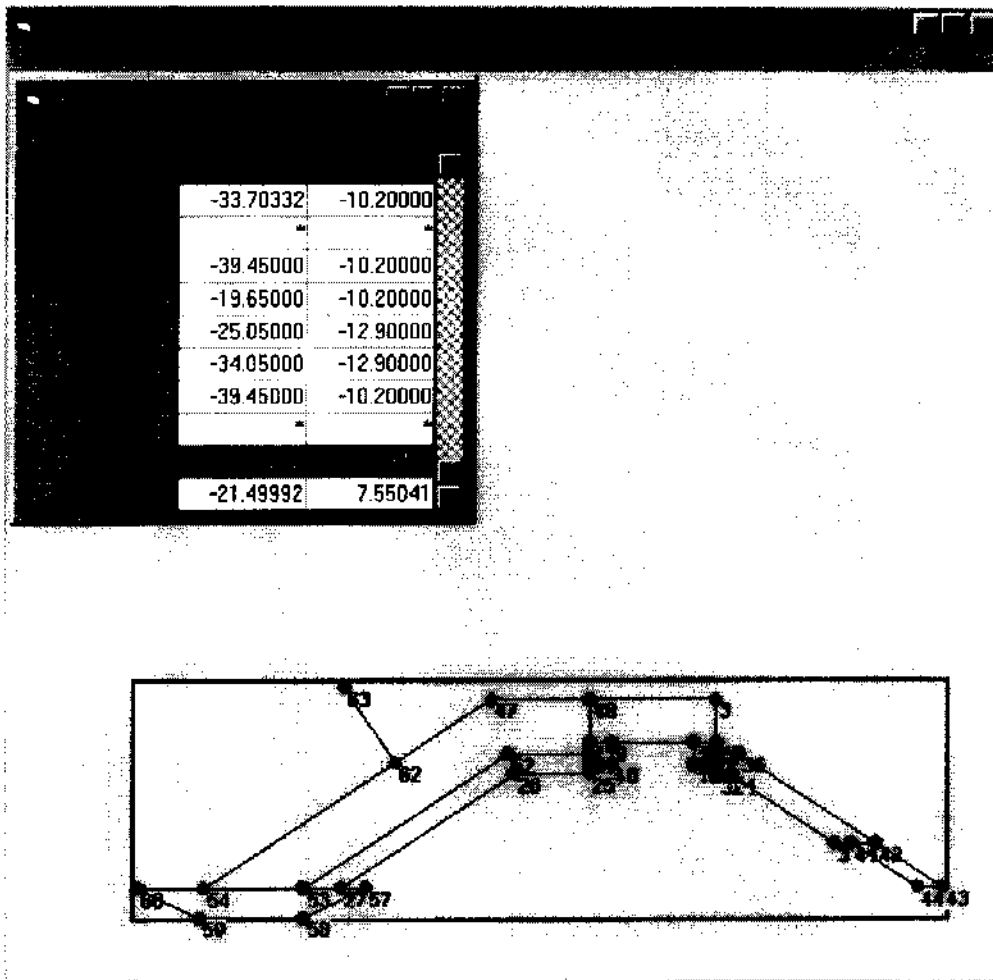


그림 3.26 좌직교 메뉴 실행 후

“우직교” 메뉴를 설명하면 “두점” 메뉴 내의 모든 메뉴에 대한 설명을 마치게 된다. “우직교” 메뉴는 “좌직교” 메뉴와 유사하지만 첫 점으로부터 선택된 둘째 점까지 진행하면서 둘째 점에서 우측에 주어진 거리만큼 직각으로 떨어진 점을 계산하는 기능을 행한다. 예로 54번과 62번을 순서대로 선택하고 “우직교” 메뉴를 누르면 그림 3.27과 같이 된다. 이 때도 “입력” 창이 나타나며 “입력” 창의 표에는 첫 점인 54번에서의 거리를 알려주는 란과 입력 란인 둘째 란에는 “우직교의 거리”라는 설명이 표에 나타나 사용자에게 도움을 준다. 그림 3.25의 “좌직교”의 경우와 같이 우직교의 거리를 “8”로 입력하였다. 그리고 그림 창에는 선택된 54번과 62번 점의 색이 하늘색으로 바뀌어 나타나 있다.

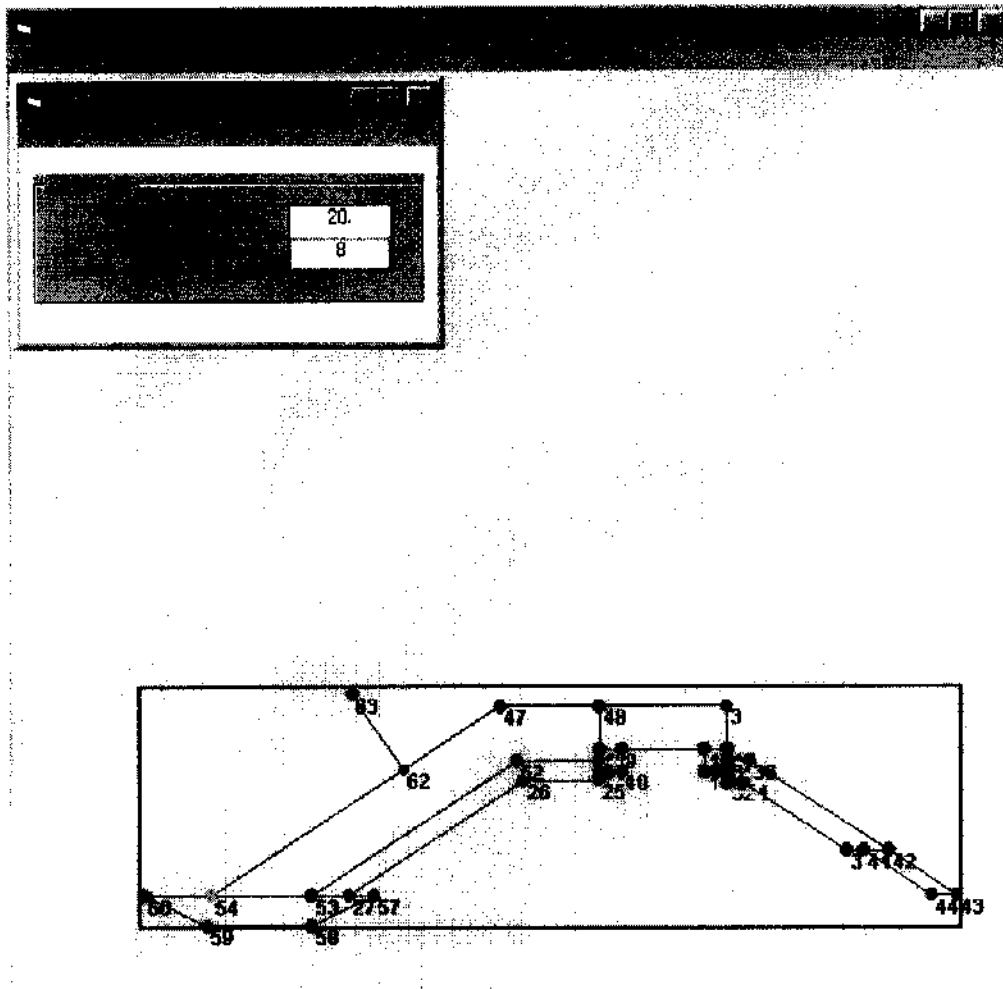


그림 3.27 우직교 메뉴 실행 전

“입력” 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 54번부터 62번으로 진행되는 우측에 62번으로부터 8미터 직각으로 떨어진 점이 계산된다. 계산 결과를 나타낸 그림이 그림 3.28이다. 그림 창에는 64번의 점이 표시되어 있고 “구조물 좌표” 창에는 64번의 좌표가 나타나 있다.

“좌표저장” 메뉴에는 “좌표삭제”, “순서바꿈” 그리고 “좌표복사”의 하위 메뉴가 있으며 이 중 설명하지 않은 “순서바꿈” 메뉴는 “구조물 좌표” 창에서 선택된 2개점의 순서를 바꾸는 기능을 한다. 지금까지는 구조물의 단면을 일부 수정하거나 추가하기 위한 기능에 대해 설명하였다.

-39.45000	-10.20000
-19.65000	-10.20000
-25.05000	-12.90000
-34.05000	-12.90000
-39.45000	-10.20000
-17.06232	0.89400
-21.49392	7.55041

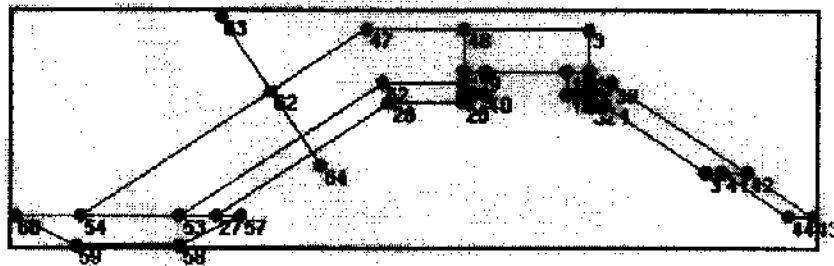


그림 3.28 우직교 메뉴 실행 후

“파랑특성” 메뉴에 대해 설명하기로 한다. 이 메뉴에는 두 개의 하위 메뉴인 “파랑계산”과 “쇄파고”가 존재한다. 우선 “파랑특성” 메뉴를 알아보기 전에 이제까지 추가된 단면좌표를 다시 원래의 상태로 바꾸어 보자. 이를 위해 불필요한 좌표를 선택한 후 “좌표저장”의 “좌표삭제”를 사용할 수도 있고 또는 “구조물 좌표” 창의 “파일읽기” 메뉴를 사용하여 원래의 파일을 다시 읽는 방법이 있다. 원래의 좌표에 의한 그림을 생성한 후 “파랑계산” 메뉴를 선택하면 그림 3.29와 같은 “입력” 창이 나타난다. “입력” 창의 “수심(DL)”에 기본수준면으로부터의 구조물 전면의 수심을 입력한다. 본 경우에는 제3.2.1절의 설계조건에 결정에서 구한 “10.2”를 사용한다. 수심 입력시의 중요한 점은 기본수준면을 기준으로 하기 때문에 수심 값은

(-)부호를 갖는다. 마찬가지로 설계해면은 “0.17”, 주기는 “10.5”, “파고”는 “6.3”을 각각 입력한다.

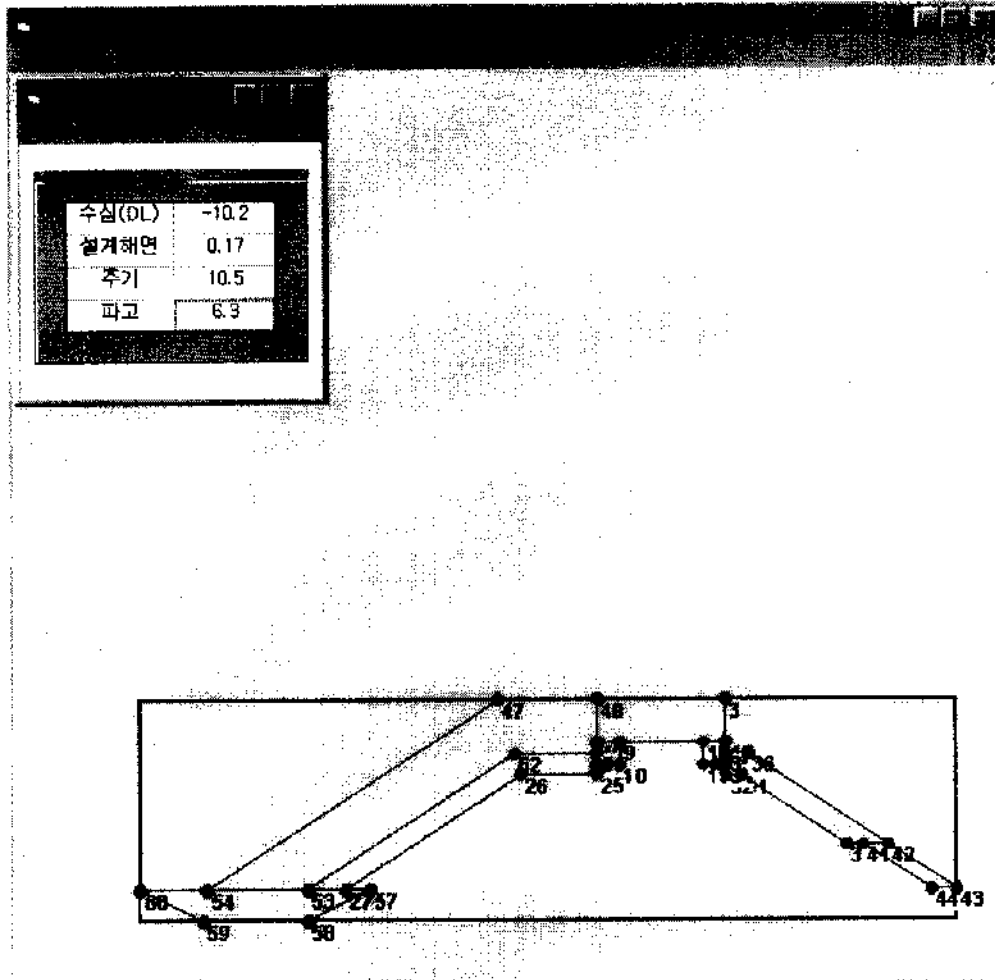


그림 3.28 파랑계산 메뉴 실행 전

그림 3.28의 “입력” 창의 입력 값들이 올바르면 “확인” 메뉴를 누르면 파랑특성의 값들이 계산되어 “출력” 창에 나타난다. 그림 3.29가 그림 3.28의 입력에 대한 출력 결과이며 여기에는 “심해파장”, 설계수심(수심 + 설계해면)에서의 “천해파장”, 해당 수심에서의 천해파랑의 에너지 전파속도인 “파군속도”, “선형천수계수” 및 이와 관련된 “환산심해파고”에 대한 계산결과가 출력된다.

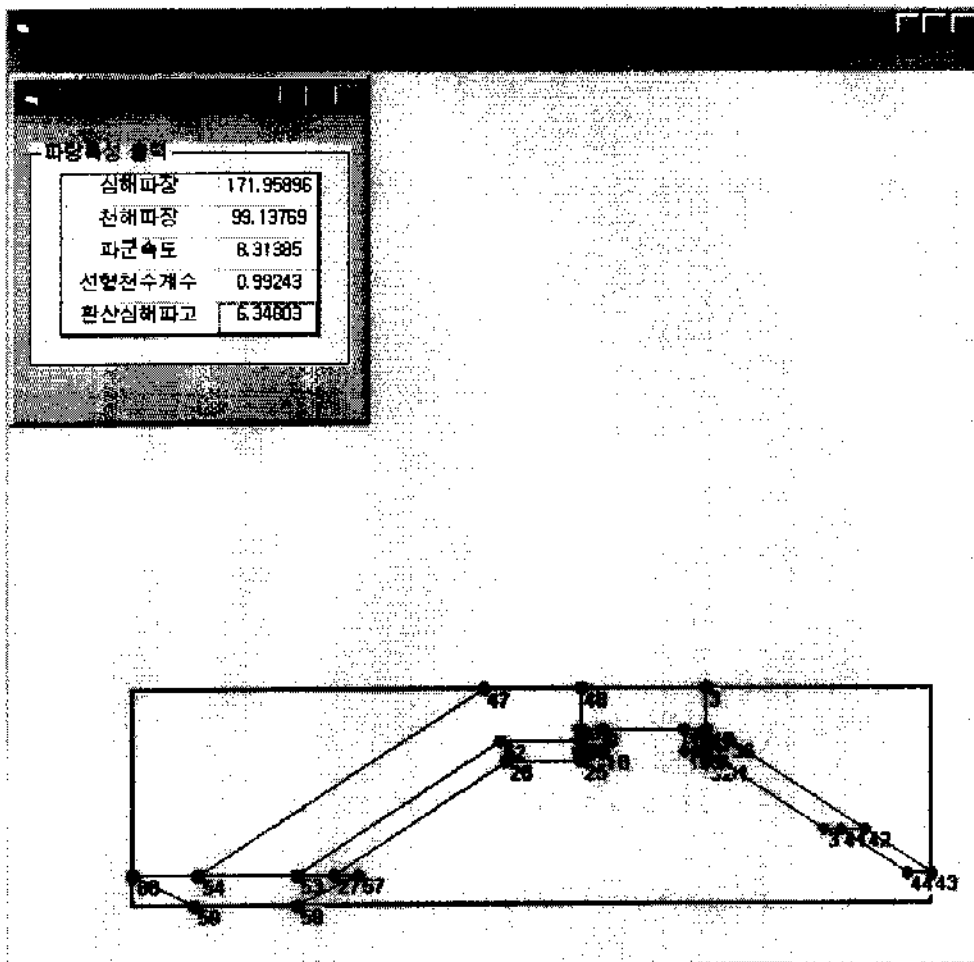


그림 3.29 파랑계산 메뉴 실행 후

심해파장은 171.96미터이고 설계수심 10.37미터에서의 천해파장은 99.14미터 선형천수계수는 0.99243 그리고 환산심해파고는 6.35미터로 제3.2.1절에서 구한 값과 유효숫자 내에서 같다.

4. 제체의 중량 및 외력계산

소파재는 가장 일반적으로 사용되는 TTP(Tetrapod)로 결정하고 제2장에 소개한 프로그램을 이용하여 중량을 결정한다. 중량 결정에 사용되는 Hudson 식(2.1)에 필요한 값은 제3.2.2절에서 결정된 값을 사용한다. 즉 사면 경사는 1 : 1.5, 파고는 6.3m, 콘크리트 단위체적 중량은 $2.3\text{톤}/\text{m}^3$, 해수의 단위체적 중량은 $1.03\text{톤}/\text{m}^3$

을 사용한다. 한편 안정계수 K_D 을 결정하기 위해서는 쇄파에 대한 검토를 먼저 하여야 한다.

규칙파의 쇄파한계파고를 식(3.13)으로 구할 수 있다.

$$\frac{H_b}{L_o} = A \left[1 - \exp \left\{ -1.5 \frac{\pi h}{L_o} \left(1 + 15 \tan \theta^{\frac{4}{3}} \right) \right\} \right] \quad (3.13)$$

여기서, H_b : 한계쇄파고

L_o : 심해파장(=171.96)

h : 수심(=10.37)

$\tan \theta$: 해저경사(=0.02)

$$A = \begin{cases} \text{규칙파} & : 0.17 \\ \text{불규칙파하한} & : 0.12 \\ \text{불규칙파상한} & : 0.18 \end{cases}$$

식(3.13)에 의한 규칙파의 쇄파고를 검토하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \frac{H_b}{L_o} &= 0.17 \times \left[1 - \exp \left\{ -1.5 \frac{\pi h}{L_o} \left(1 + 15 \tan^{\frac{4}{3}} \theta \right) \right\} \right] \\ &= 0.17 \times \left[1 - \exp \left\{ -1.5 \frac{\pi \times 10.37}{171.96} \left(1 + 15 \times \frac{1}{50}^{\frac{4}{3}} \right) \right\} \right] \\ &= 0.04498 \end{aligned}$$

$$H_b = 171.96 \times 0.04498 = 7.73m$$

규칙파에 의한 설계수심에서의 한계쇄파고는 7.73미터이므로 이는 설계파 6.3미터보다 크므로 설계지점의 파랑은 비쇄파가 된다. 따라서 K_D 의 값은 비쇄파이며 구조물의 위치는 방파제 간부로 정한다.

쇄파고에 대한 프로그램은 “파랑특성” 메뉴의 “쇄파고”이며 이를 선택하면 “입력” 창이 화면에 표시된다. 입력란은 수심, 설계해면, 파랑의 주기, 환산심해파고 그리고 해저경사가 있으며, 이 메뉴는 보통 “파랑특성” 메뉴의 “파랑계산”을 수행한 후 이루어지기 때문에 이 경우에는 해저경사만을 입력하면 된다. 해저경사는 경

사율을 표시한다. 예를 들면 해저경사가 0.02이면 이는 1 : 50에 해당하므로 “50”을 입력한다. “쇄파고” 메뉴의 입력 창은 그림 3.30과 같다.

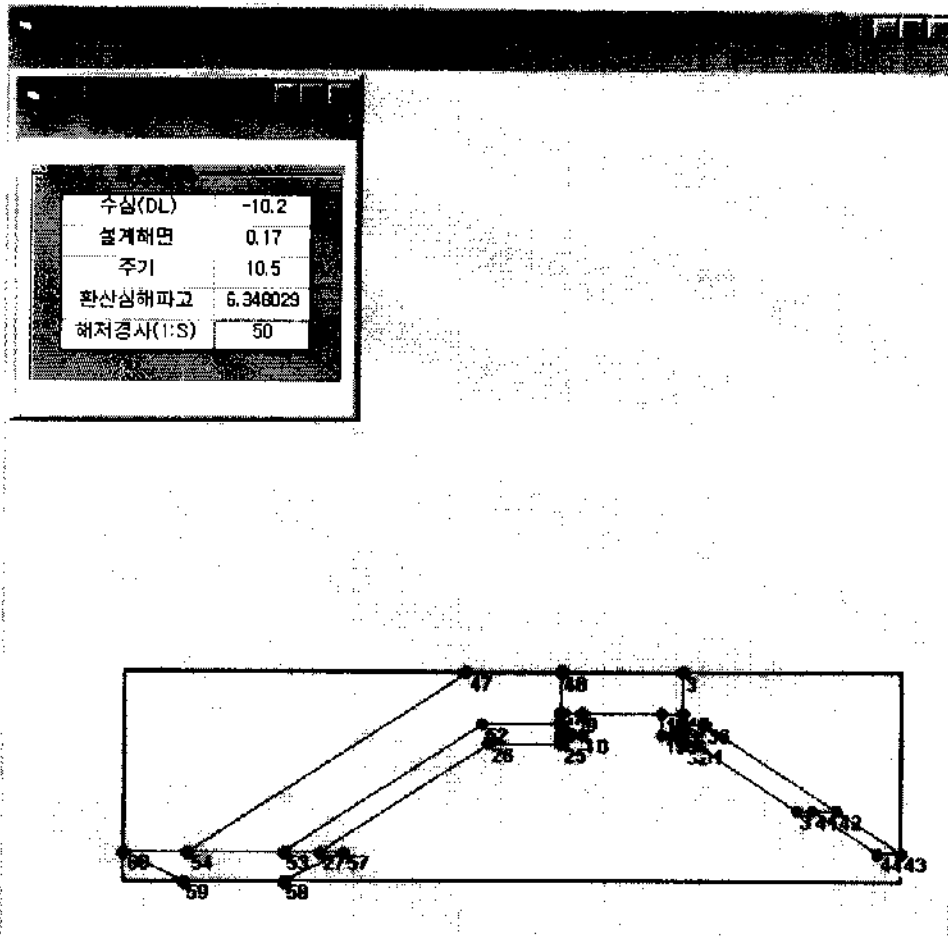


그림 3.30 쇄파고 메뉴 실행 전

입력 창의 사항이 올바름을 확인하고 나서 “확인” 메뉴를 누르면 계산된 출력들이 “출력” 창에 나타난다. 출력 결과는 그림 3.31이며 환산심해파고, 해저면 경사율, 쇄파고 범위 그리고 규칙파에 대한 쇄파고의 계산된 값들이 나타난다. 쇄파고 범위는 파랑의 불규칙성을 고려하여 식(3.13)의 A 값의 상한과 하한에 대한 값을 나타낸 것이다. 규칙파의 쇄파고는 위에서 계산한 7.73미터와 비교하면 출력된 값이 거의 같음을 알 수 있다. 이들의 차이는 유효숫자의 차이에 의한 것으로 매우 작다.

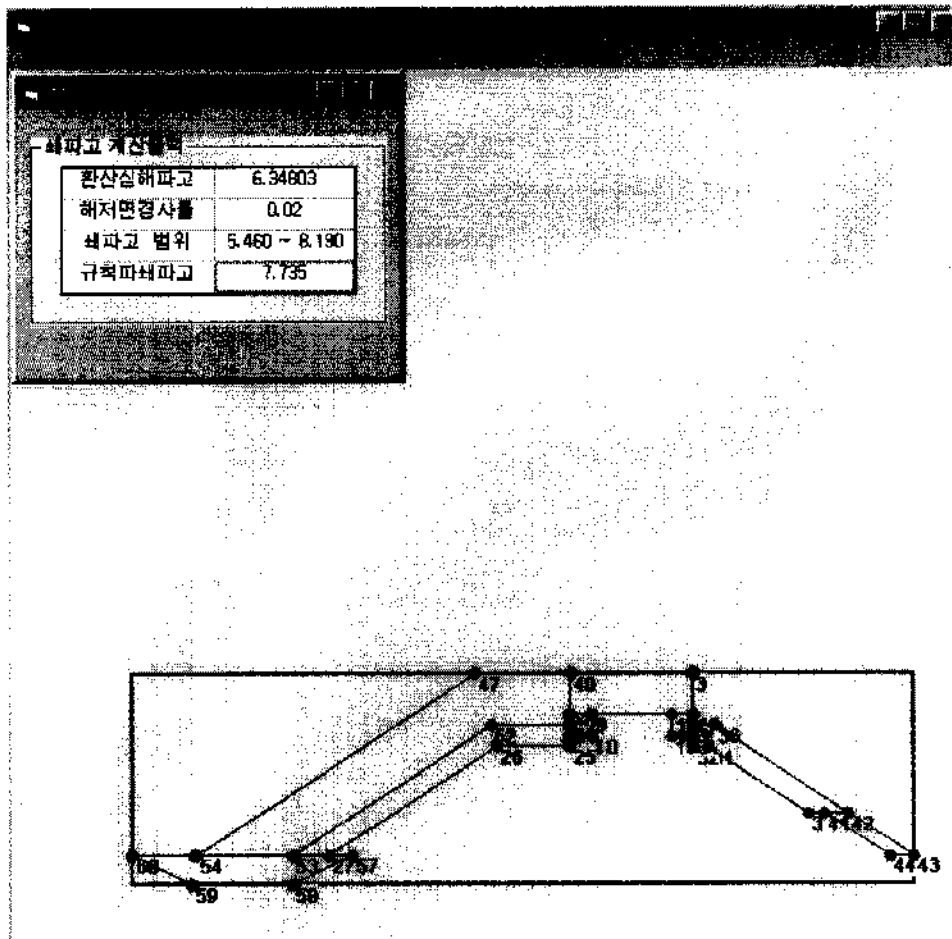


그림 3.31 쇄파고 메뉴 실행 후

다음에 방파제의 피복재의 중량을 계산하기로 한다. 위에서 설정된 값들을 사용하여 계산하면

$$\begin{aligned}
 W &= \frac{\gamma_r \times H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \times \cot \theta} \\
 &= \frac{2.3 \times 6.3^3}{8.0 \times \left(\frac{2.3}{1.03} - 1\right)^3 \times 1.5} \\
 &= 25.5663
 \end{aligned}$$

TTP의 계산중량은 25.57톤이 된다. 이제 제2장에서 설명한 TTP 중량 계산 프로그램을 사용하여 이를 계산하면 그림 3.32와 같다. 위에서 계산한 값과 출력된 계산중

량이 일치하며 표 2.2의 TTP 25본의 순중량 23본보다 크고 32본의 순중량 28.75톤보다 작기 때문에 TTP 본수는 32본이 된다. 따라서 이 경우 TTP는 32본을 사용하여 2층 난적 형식으로 정한다. 그밖에 TTP 2층 두께는 12.5미터, 천단에 4개를 거치하면 폭은 7.2미터가 된다.

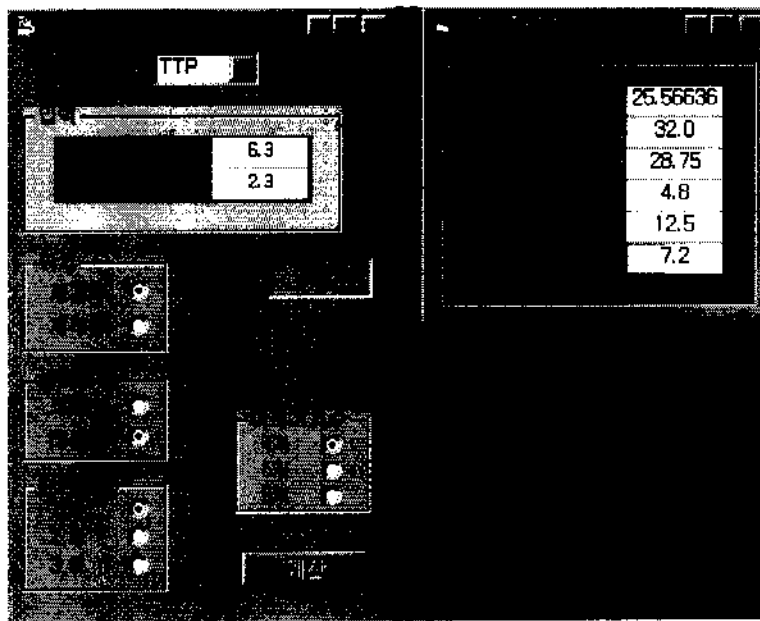


그림 3.32 TTP 중량계산(파고 6.3m)

본 프로그램에서는 이형블록 아래층 피복석의 단면은 포함되지 않았으나 이를 계산하면 다음과 같다. 방파제의 중간 피복재는 제체의 대부분을 구성하는 속채움석이 파랑의 작용에 의해 흡출되는 것을 방지하여 제체를 보호하기 위해 설치한다. 이의 중량은 수리모형실험의 결과에 의해 것으로 이형블록(TTP) 중량의 $W/15 \sim W/10$ 을 사용한다. 여기서 TTP의 경우 순중량은 계산중량보다 크거나 같으며 이형블록의 실제 중량은 순중량이므로 W 는 순중량을 사용하여 계산한다.

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \frac{W}{15} \sim \frac{W}{10} = \frac{28.75}{15} \sim \frac{28.75}{10} \\
 &= 1.9167 \sim 2.8750 \text{ 톤/개}
 \end{aligned}$$

위에서 구한 중간 피복재의 중량을 부피로 나타내는 피복재의 규격으로 환산하기 위해 석재의 단위체적중량 $2.6\text{톤}/m^3$ 로 나누면 피복재 규격 (V_1)은

$$V_1 = \frac{1.9167}{2.6} \sim \frac{2.8750}{2.6} = 0.7372 \sim 1.1058m^3/\text{개}$$

가 되기 때문에 피복석의 규격은 $0.8m^3$ 를 사용하여 2단으로 쌓는다.

한편 내향 측에는 단면에 가해지는 파력이 외해보다 약하기 때문에 피복재로 피복석을 사용하고 중량은 외해측의 중간 피복재의 중량과 같이 이형블록(TTP) 중량의 $W/15 \sim W/10$ 을 사용한다. 통상 내해측의 피복석은 외해측 중간 피복재보다 큰 규격을 사용하기 때문에 $1.0m^3$ 를 사용하여 2단으로 쌓는다.

5. 제체의 안정계산

가. 파력

방파제의 외력인 파력은 구조물의 형태, 해저지형, 수심 및 파랑의 특성을 고려하여 적합한 파력계산 또는 수리모형실험 결과에 의해 산정한다. 본 사업의 경우에는 파력계산을 다루며 방파제 직립부에는 전면수심과 파고의 관계에 따라 중복파 또는 쇄파가 작용하며 일반적인 기준으로는 전면수심 즉 설계수심 h 와 설계파고 H 에 따라 파랑을 구별하여 사용한다.

$$\begin{cases} \text{중복파} : \frac{h}{H} \geq 2 \\ \text{쇄파} : \frac{h}{H} < 2 \end{cases} \quad (3.14)$$

식(3.14)의 쇄파는 파력을 계산하기 위해 파랑을 구분한 것으로 이형블록의 안정계수를 구할 때 사용된 쇄파의 개념과는 다르다. 안정계수의 쇄파는 파랑이 쇄파에 의해 영향을 받는가에 따라 결정되기 때문에 식(3.14)의 기준보다는 작다. 따라서 식(3.14)는 구조물의 안전에 보다 치중한 분류라 할 수 있다.

본 경우에 이를 적용하면 설계수심 10.37미터, 설계파고 6.3미터이므로 그 비는 1.65가 되어 쇄파압식을 사용한다. 쇄파압식으로는 고다식, 모리히라식 그리고

히로이식이 많이 사용되고 있다. 우선 히로이식(廣井式)은 소파블록이 없는 직립벽에 가해지는 파력을 구하는 식으로 중복파압과 쇄파압으로 구분하여 사용한다. 이 경우 설계계산에 쓰이는 파고는 벽체설치 위치에 있어서 진행파로서의 유의파고가 된다.

중복파의 경우는 상플루의 간략식에 의한 파압에 부분쇄파압을 고려한 파압분포로 한다. 즉 설계해면의 상하 $0 \sim H/2$ 의 범위에서는 쇄파압 P_b 식(3.15)를 사용하고 설계해면상 $H/2$ 이상 또는 설계해면하 $H/2$ 이하의 범위에서는 상플루의 간략식에 의한 중복파압 식(3.16)을 사용하며 파향보정은 하지 않는다.

$$P_b = 1.5 w_o H \cos^2 \beta \quad (3.15)$$

여기서,

P_b : 쇄파에 의한 파압강도 (t/m^2)

w_o : 해수의 단위중량 (t/m^3)

β : 구조물의 수직선과 주파향의 $\pm 15^\circ$ 범위내 파향보정 선분과의 사잇각($^\circ$)

단 중복파의 경우 파향보정을 한 부분쇄파압 강도가 세인플루식에 의한 파압강도보다 작게될 때는 상플루식을 쓴다. 파향보정은 파향선과 방파제 제체선(법선)에 직각인 선분의 각을 계산하여 이 각을 15° 범위내로 조정하여 파압이 최대가 되는 각으로 보정하는 것을 의미하며 이는 설계파향 추정의 불확실성을 감안한 것으로 관례적으로 사용되고 있어 보다 큰 파압을 사용하게 된다.

$$\begin{cases} P_1 = (P_2 + w_o h) \left(\frac{H + \delta_o}{h + H + \delta_o} \right) \\ P_2 = \frac{w_o H}{\cosh \frac{2\pi h}{L}} \\ \delta_o = \frac{\pi H^2}{L} \coth \frac{2\pi h}{L} \end{cases} \quad (3.16)$$

여기서,

P_1 : 벽면에 파봉이 있을 때 설계해면에 있어서의 파압강도(t/m^2)

P_2 : 벽체 하단에 있어서의 파압강도(t/m^2)

δ_0 : 벽면에 있어서의 파고중분면의 설계해면으로부터 높이(m)

L : 수심 h 에 있어서의 유의파의 파장(m)

단 마루높이가 $H + \delta_0$ 보다 낮은 경우 또는 직립벽 아래에 사석마운드가 있을 때 사석부의 폭 B_1 이 파장의 1/2보다 짧은 경우에도 파압분포는 그대로 하고 작용 범위는 직립벽의 마루높이에서 저면까지로 한다. 만일 B_1 이 $L/2$ 보다 긴 경우에는 사석마운드를 해저지형의 일부로 생각하여 마운드 상단을 해저면으로 하여 수심을 사용하고 이로부터 파고와 파장을 계산한다.

한편 쇄파의 경우에는 평균 파압강도는 설계해면상 $1.25 H$ 와 마루높이 중 낮은 편 높이까지 파압이 일정하게 작용하는 것으로 하고 식(3.15)를 사용한다

마루높이가 높아서 월파가 생기지 않을 경우에는 항내와 항외측 파고의 차이가 커져 직립벽 하단의 압력에 차이가 나타나며 이로 인해 직립벽 저면에 양압력이 발생한다. 구조물의 마루높이가 설계해면상 $H + \delta_0$ (중복파인 경우) 또는 $1.25 H$ (쇄파인 경우)보다 높을 때는 월파가 생기지 않는 것으로 간주하고 설계해면 이하의 부분에 작용하는 부력을 포함한 직립부 저면에 작용하는 양압력을 고려해야 한다. 양압력의 강도는 직립벽 제체의 앞부분의 끝에는 P_u , 뒷부분의 끝에는 0이 되는 삼각형분포로 간주한다. 제체 저면 앞부분 끝의 양압력강도는 식(3.17)에 의해 계산한다.

$$P_u = \begin{cases} \frac{w_a H_D}{\cosh \frac{2\pi h}{L}} & \text{: 중복파} \\ 1.25 w_a H_0 & \text{: 쇄파} \end{cases} \quad (3.17)$$

한편 구조물의 마루높이가 낮아서 월파가 생긴다고 생각되는 경우는 구조물 전체에

대해서 부력이 작용하는 것으로 간주한다.

모리히라(森平)식은 소파블록이 충분히 피복되고, 유의파고가 쇄파압을 받는 경우에 사용되며 평균 파압강도가 직립벽 기부부터 설계해면상 $1.0 H_{1/3}$ 또는 직립벽 마루의 가운데 낮은 편이 높이까지 일정하게 작용하는 것으로 간주한다.

$$\bar{P} = 1.0 w_0 H_{1/3} \quad (3.18)$$

여기서,

\bar{P} : 소파블록을 피복했을 때의 직립벽에 작용하는 평균 파압강도(t/m²)

w_0 : 해수의 단위체적중량(t/m³)

$H_{1/3}$: 설계유의파고(m)

양압력은 벽체 전체에 대해서 부력이 작용하므로 그 중에 포함되는 것으로 생각한다. 따라서 마루높이가 $1.0 H_{1/3}$ 보다 큰 경우에는 양압력이 과대하게 평가된다. 그리고 파가 비스듬히 입사할 때의 파력은 식(3.18)대신 식(3.19)을 써서 파력의 경감을 고려하는 경우가 많다. 그러나 파력의 작용높이는 변하지 않는다고 가정한다.

$$\bar{P} = \begin{cases} 1.0 w_0 H_{1/3} \cos \beta, & 0 \leq \beta \leq 45^\circ \\ 0.7 w_0 H_{1/3}, & \beta > 45^\circ \end{cases} \quad (3.19)$$

이 경우 파압을 구하면 다음과 같다.

$$\bar{P} = 1.0 w_0 H_{1/3} \cos \beta = 1.0 \times 1.03 \times 6.30 \times \cos 5^\circ = 6.464$$

마지막으로 고다(畝田)식에 대해 설명한다. 종래의 방식은 중복파에 있어서 상플루(Sainflou)식, 쇄파는 히로이식을 각각 적용한 것에 비해 고다의 파압공식은 파압실험결과와 현지 방파제에 활동과 비활동의 여러 경우를 조사한 성과를 감안한 것으로서 중복파에서 쇄파에 이르는 파력을 연속적으로 구할 수 있다. 이 장점은 방파제 설계시 파압식이 쇄파와 중복파로 나누어져 이들의 경계점에서 예측 파압은 30%이상 변하는 경우가 있어 이를 보완한 것이다.

직립부에 작용하는 파압은 수직벽을 따라 사다리꼴 압력분포로 가정한다. 설계 해면에서 압력분포는 최대가 되며 이를 P_1 , 설계해면으로부터 파압이 0인 η^* 까지 삼각형 분포를 하며, 저면에서 P_2 가 되는 직선분포로서 직립벽 저면으로부터 마루까지의 파압을 고려한다.

$$\begin{aligned}
 \eta^* &= 0.75(1 + \cos \beta)H_D \\
 P_1 &= \frac{1}{2}(1 + \cos \beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta)w_0 H_D \\
 P_2 &= \frac{P_1}{\cosh(2\pi h/L)} \\
 P_3 &= \alpha_3 P_1 \\
 \alpha_1 &= 0.6 + \frac{1}{2} \left[\frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right]^2 \\
 \alpha_2 &= \min \left[\frac{h_b - d}{3h_b} \left(\frac{H_D}{d} \right)^2, \frac{2d}{H_D} \right] \\
 \alpha_3 &= 1 - \frac{h'}{h} \left[1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right]
 \end{aligned} \tag{3.20}$$

여기서,

- η^* : 정수면상 파압강도가 0이 되는 높이 (m)
- P_1 : 정수면에 있어서의 파압강도 (t/m^2)
- P_2 : 해저면에 있어서의 파압강도 (t/m^2)
- P_3 : 직립벽저면에 있어서의 파압강도 (t/m^2)
- h_b : 직립벽 전면에서 외해(심해측)로 유의파고의 5배 만큼 떨어진 지점의 수심 (m)
- h' : 직립벽저면의 수심 (m)
- d : 근고공 또는 마운드 피복공 마루 중 작은 수심 (m)
- H_D : 설계계산에 쓰이는 파고(m)
- $\min(a, b)$: a 또는 b 중 작은 값

설계하면 위에서의 파압강도 P_1 의 계수 α_1 은 실험자료를 분석하여 경험적으로 결정한 것이며 주기가 긴 파랑의 파압이 큰 특성을 평균적으로 나타낸다. 또한 α_2 는 사석 마운드의 높이에 따라 파압이 증가하며 이는 사석 마운드의 존재로 인해 파압의 증가가 비쇄파에서 쇄파로 전환되는 거동의 변화를 감안한 것이다. 그러나 실제로 파는 그러한 현저한 변화를 보이지 않기 때문에 사각 입사파의 영향을 고려한 감쇠 계수 $\cos^2\beta$ 를 전체 감쇠계수 $0.5(1 + \cos\beta)$ 에 추가하여 계수 α_2 에 곱한다. 한편 계수 α_3 는 수직벽을 따라 P_1 과 P_2 사이의 압력변화가 직선적으로 변한다고 가정하여 계산한 것이다.

직립벽 저면에 작용하는 양압력은 외해측 끝부분에 식(3.21)로 표시되는 P_u (톤/㎡), 내해측 끝부분에서 零인 삼각형분포로 한다.

$$P_u = \frac{1}{2}(1 + \cos\beta)\alpha_1\alpha_3w_oH_D \quad (3.21)$$

이 경우 부력은 靜水中의 排水體積에 대해서만 고려한다. 이론적으로는 수직부의 전단부에 걸리는 양압력은 전단하면의 파압강도 P_3 와 같아야 한다. 그러나 현지 조사결과 및 다른 자료를 비교하여 볼 때 P_u 를 P_3 와 같게 정한다면 양압력이 과다하게 계산되기 때문에 이를 고려하여 P_u 를 식(3.21)로 정한다. 그리고 양압력은 월파의 유무에 그다지 영향을 받지 않는 것으로 실험결과 밝혀졌지만 방파제의 마루높이가 매우 낮을 때는 양압력이 어느 정도 감소한다고 보는 것이 타당하다.

파압계산에 쓰이는 파고는 파고관측 자료가 축적됨에 따라 파랑의 불규칙성에 대한 보다 분명한 개념이 정립되어 왔고 $H_{1/3}$, $H_{1/10}$ 또는 H_{\max} 의 파고 가운데 어떤 파고를 사용해야 하는가에 대한 논란이 제기되었다. 현재의 추세로는 유의파고보다는 $H_{1/10}$ 의 파고로 상향하는 조정하여 사용하는 추세를 보인다. 그러나 식(3.20)과 (3.21)에 있어 설계계산에 쓰이는 파고 H_D 및 파장 L 은 최고파의 파고 및 파장으로 한다. 최고파의 파장은 유의파 주기에 대응하는 파장으로 하고, 파고

에 있어서는 다음의 최고파고 H_{\max} 를 사용하는 것을 표준으로 한다.

이를 분명히 하기 위해 ① 최고파고가 쇄파의 영향을 받지 않는 경우에는

$$H_D = H_{\max} = 1.8 H_{1/3}$$

여기서 $H_{1/3}$ 은 직립벽 전면수심에 있어서 진행파의 유의파고(Ⅲ)이다. 그리고 ② 최고파고가 쇄파의 영향을 받는 경우는 쇄파대 내의 파고를 계산하여 쓰되 이 때의 수심은 직립벽 전면에서 $5 H_{1/3}$ 만큼 외해측에 떨어진 지점에서의 값(h_b)을 사용한다.

$$H_D = \text{불규칙파의 쇄파변형을 고려한 } H_{\max}$$

소파블록으로 피복된 직립벽에 작용하는 파력은 소파공의 마루높이, 폭, 소파블록의 특성 등에 의해 변화하므로 이를 고려하여 수리모형실험 또는 적절한 산정식에 따라 산정한다. 소파공의 마루높이가 직립벽의 마루와 같은 정도이고 파의 작용에 소파블록의 안정이 충분히 확보될 때 직립벽에 작용하는 파력은 고다식에 피복에 의한 파압 감쇄율을 감안한 다음 식으로 계산한다.

$$\eta^* = 0.75(1 + \cos \beta)\lambda H_D$$

$$P_1 = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta)\lambda a_1 w_0 H_D \quad (3.22)$$

$$P_u = \frac{1}{2}(1 + \cos \beta)\lambda a_1 a_3 w_0 H_D$$

여기서 λ 는 소파블록 피복에 의한 파압의 저감률이다. 소파블록 피복에 의한 파압의 저감률은 피복 정도나 파의 조건 등에 의해 정해지는 계수이지만 소파블록을 충분히 피복한 경우 직립벽의 안전성 등의 검토에 대해서는 일반적으로 $\lambda = 0.8$ 을 쓴다. 단 경사제 상부공과 같이 직립벽의 밑면이 설계하면 부근에 있는 경우의 값은 주기에 의해 크게 변하고 주기가 길 경우 $\lambda = 1.0$ 정도가 되는 것이 있으므로 주의를 요한다.

이제 프로그램에서 파압 및 파력계산에 대해 설명하기로 한다. 파압은 구조물의 형태에 따라 달라지기 때문에 구조물의 단면이 정하여지지 않으면 의미를 가지지 않는다. 따라서 구조물의 단면은 앞에서 정한 것을 사용한다. 프로그램에서 파일을 읽고 "확인" 메뉴를 선택하면 구조물의 좌표에 대한 표와 함께 단면의 그림이 표시된다. 단면그림 form에 메뉴 가운데 "안정계산" 아래에 "설계조건", "벽체좌표", "파력", "벽체", "지반반력" 그리고 "직선활동" 메뉴가 있으며 이 중 "설계조건", "파력", "벽체"는 차하위 메뉴를 갖는다. "설계조건" 메뉴에는 "해면", "파고", "하중" 그리고 "마찰계수"의 메뉴가 있다.

"해면" 메뉴를 선택하면 설계해면과 관련된 자료에 대한 "입력" 창이 나타나며 그림 3.33과 같다.

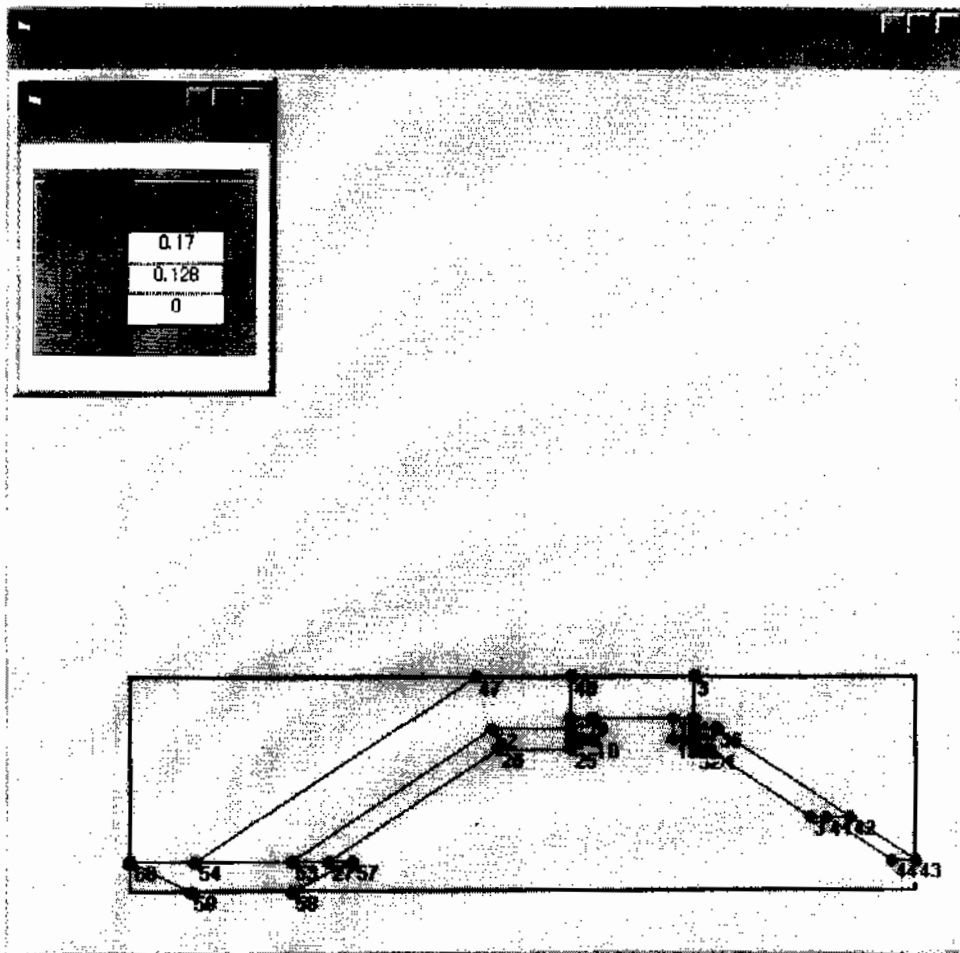


그림 3.33 해면 메뉴의 실행

그림에는 HWL에 설계하면 값 “0.17”, 평균해면인 MWL “0.128” 그리고 기준해면 LWL에 “0”을 넣은 것이다. LWL은 초기값으로 “0”을 정해 놓아 특별히 수정할 필요가 없다. 그리고 평균해면은 단면을 구성하는 재료의 물량산출시 “수상”과 “수중”을 구분할 때 사용된다.

입력 표에 해당 자료의 입력이 올바른 지를 확인한 후 “확인” 메뉴를 선택하면 그림 3.34와 같이 설계해면에 해당하는 좌표에 빨간색의 파선이 그려지고 이 파선 위에 “설계해면: DL 0.17”과 같이 설계해면의 값이 표기된다. “해면” 메뉴가 선택 되면 메뉴의 앞에 체크표시(✓)가 나타나 이 메뉴가 선택되었음을 알려준다. 이러한 체크표시는 “설계조건”의 하위 메뉴 모두에 적용된다.

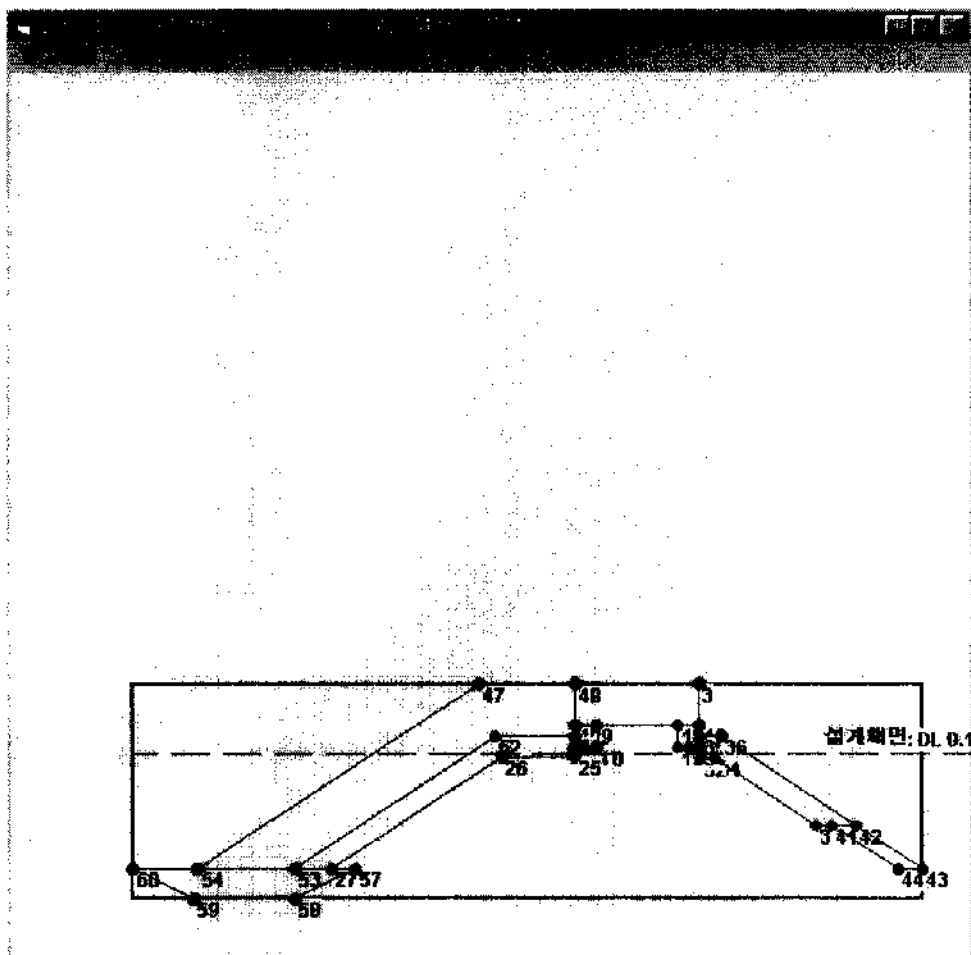


그림 3.34 해면 메뉴의 실행 후

다음 메뉴인 “파고” 메뉴를 선택하면 그림 3.35와 같이 “입력” 창에는 수심, 설계해면, 파랑주기, 설계파고의 칸이 있으며 해당란에 자료를 입력한 후 “확인”을 누르면 “출력” 창이 나타나 파랑특성이 계산된다. 파랑특성의 출력은 “파랑특성”의 “파랑계산” 메뉴의 결과와 동일한 내용을 갖게 되므로 안정검토 시에는 별도로 “파랑계산”의 메뉴를 사용할 필요가 없다.

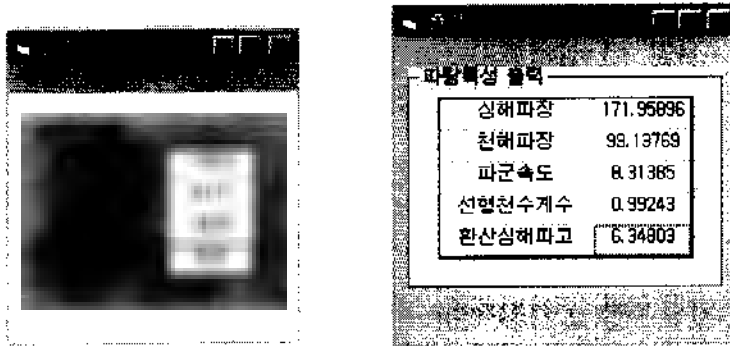


그림 3.35 파고 메뉴의 실행과 출력

“하중” 메뉴를 선택하면 그림 3.36과 같은 “입력” 창이 나타난다. 만일 초기 값으로 설정된 값을 바꾸기 위해서는 해당란에 마우스의 포인터를 위치시키고 키보드를 이용하여 원하는 값을 입력하면 된다. 이 메뉴는 “출력” 창을 가지지 않으며, 후에 입력된 값을 변경하기 위해서는 다시 한번 이 메뉴를 선택하여 원하는 값을 입력하면 최종 입력된 값으로 설정된다.

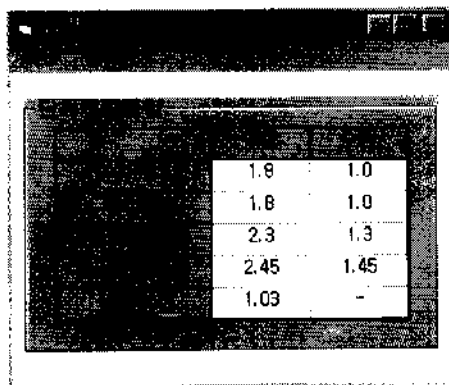


그림 3.36 하중 메뉴의 실행

“설계조건”의 마지막 메뉴인 “마찰계수”를 누르면 그림 3.37과 같은 “입력” 창이 나타난다. 이 창의 입력란도 초기 값으로 모든 칸이 설정되어 있으며 설정된 값

을 변경할 수도 있다. 그리고 이 메뉴 역시 “하중” 메뉴와 같이 “출력” 창이 없다.

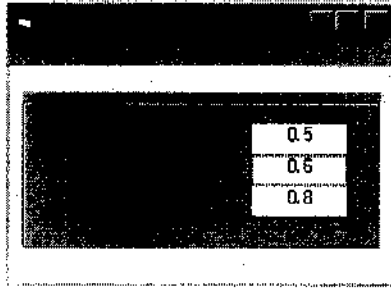


그림 3.37 마찰계수 메뉴의 실행

“설계조건” 메뉴 모든 입력을 이루어진 후에는 “벽체좌표”의 메뉴를 선택하여야 하며 그림 3.38과 같은 “입력” 창을 가진다. 여기에 벽체마루의 좌단번호와 우단번호 그리고 벽체저면의 좌단번호와 우단번호를 입력하여야 한다.

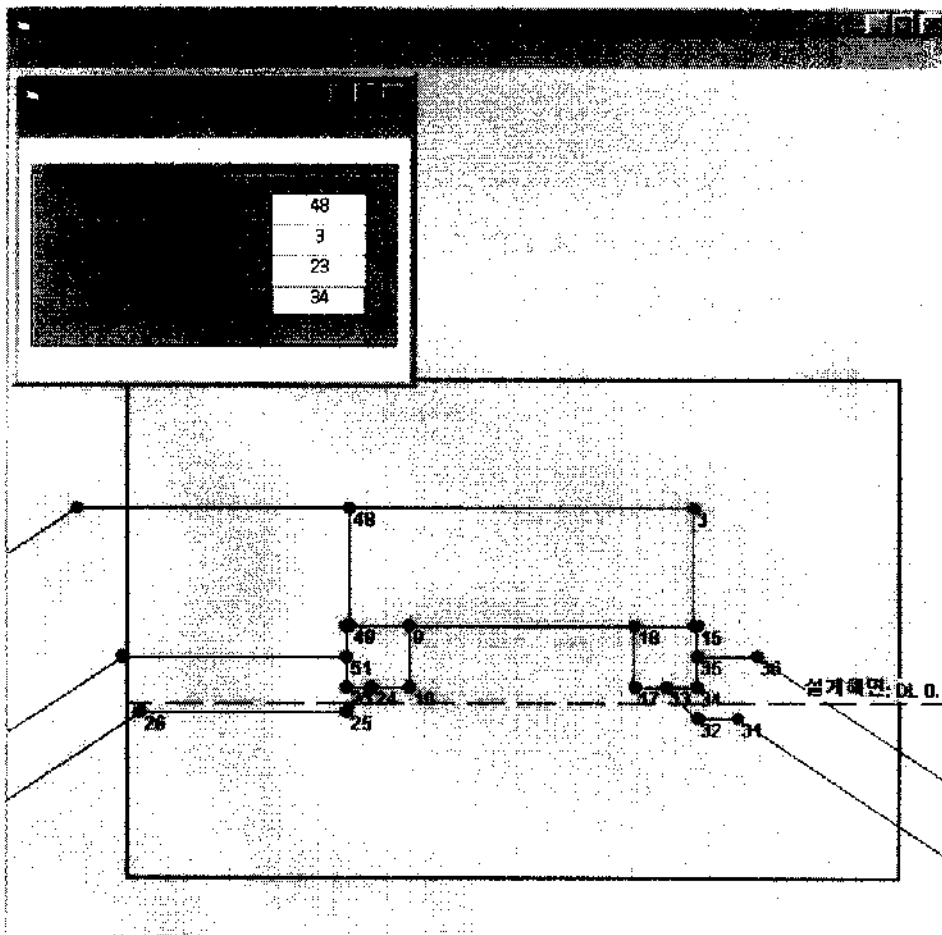


그림 3.38 벽체좌표 메뉴의 실행

“벽체좌표”와 “설계조건” 메뉴의 선택 순서는 바꿀 수 있으나 논리적으로는 “설계조건” 뒤에 “벽체좌표”를 선택하는 것이 맞다. 그림 3.38은 그림 3.34를 “확대축소” 메뉴를 사용하여 벽체를 이루는 좌표의 번호를 입력하기 용이하도록 벽체 부분만 확대한 것이다. 여기서 “벽체”는 파력 계산을 하여 안정검토하는 가장 큰 단위를 의미한다. 즉 상치 콘크리크에 대해서는 당연히 안정검토가 이루어져야 하고 상치 밑의 방괴를 포함한 경우에도 안정검토를 하는 것이 필요하기 때문에 이 경우에는 방괴의 밑면을 이루는 선 위에 있는 단면을 벽체로 간주한다. 따라서 이에 대한 입력자료가 “입력” 창에 나타나 있다.

“벽체좌표”의 입력이 올바르게 확인한 후 “확인” 메뉴를 선택하면 “그림” 창에 선택된 벽체번호에 해당하는 좌표의 색이 붉은 색에서 하늘색으로 그림 3.39와 같이 변하게 된다.

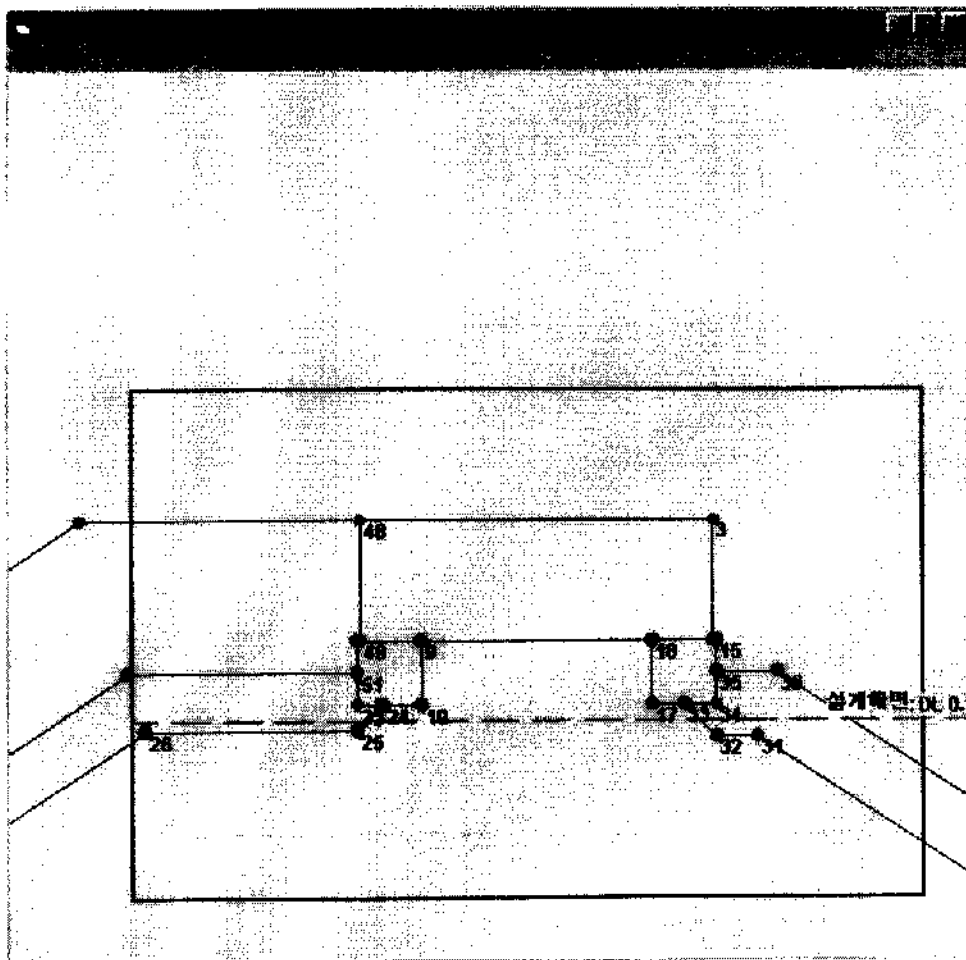


그림 3.38 벽체좌표 메뉴의 실행

“벽체좌표”의 “확인” 메뉴가 선택되면 이전에 활성화되지 않은 “파력”, “벽체”, “지반반력” 그리고 “직선활동” 메뉴가 활성화됨과 동시에 “벽체좌표” 메뉴가 “안정계산” 메뉴에서 사라지게 된다. 이제 구조물에 미치는 파력을 계산할 수 있게 된다.

“파력” 메뉴에는 “고다”, “모리히라”, “히로이” 그리고 “재계산” 메뉴가 하위 메뉴로 구성되어 있다. 히로이식은 소파블록으로 피복되지 않은 경우에 사용하는 것으로 본 경우에는 해당되지 않는다. “재계산” 메뉴는 각 파압식 메뉴의 입력이 잘 못 되었을 때 고치기 위해 사용하는 것으로 이에 대한 구체적인 내용은 뒤에 설명하기로 한다. 우선 본 경우와 관련된 “모리히라” 메뉴부터 설명하기로 한다.

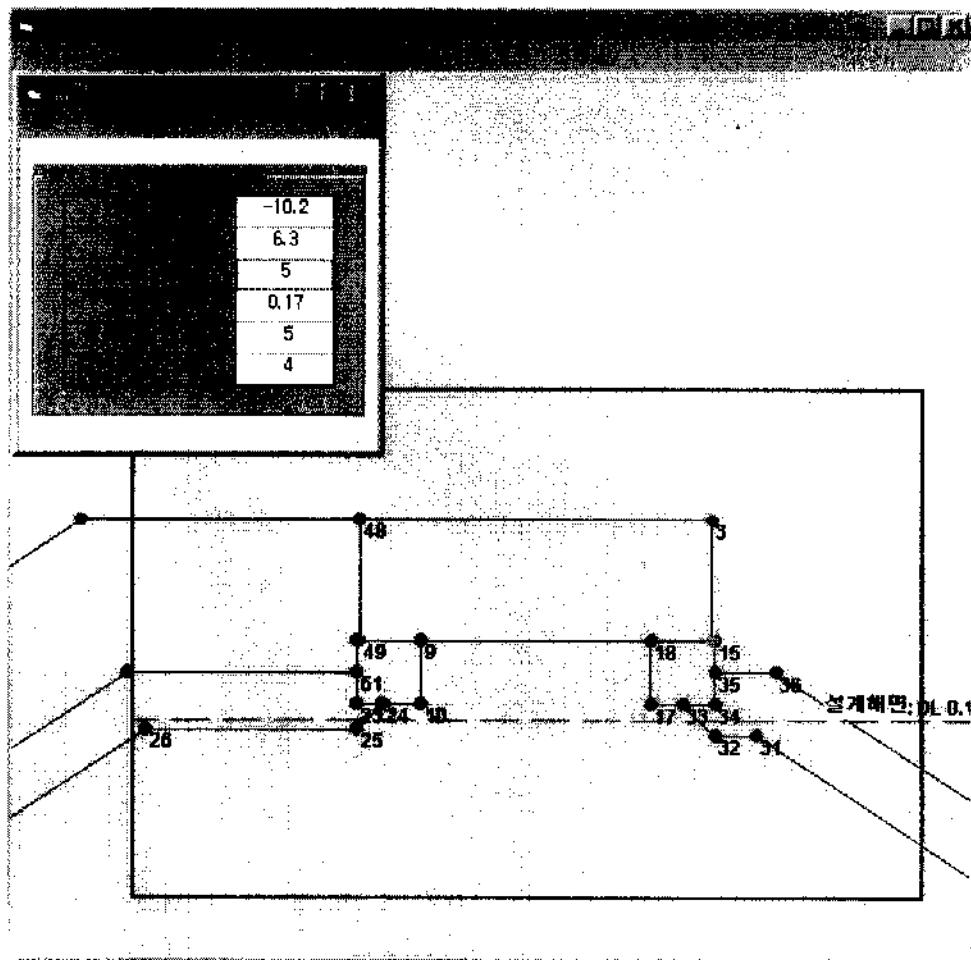


그림 3.39 모리히라 메뉴의 실행

파압식 메뉴에는 “구조물 좌표”에서 검토면의 좌표를 마우스로 선택하지 않으면 “검토면의 좌표를 표에서 클릭하십시오?”라는 안내문이 나타난다. 그림 3.39와 같이 선택된 점의 색이 하늘색으로 바뀌어 그림 창에 나타나고 “입력” 창에는 수심, 설계파고, 설계파향, 설계해면, 검토면의 좌단번호, 모멘트점의 번호의 란이 나타난다. 수심, 설계파고, 설계해면은 “설계조건” 메뉴에 입력된 자료가 있으면 최신 자료의 값이 주어지나, 설계파향은 그 값을 입력하여야 하며 파향보정된 값을 사용한다. 즉 설계파의 파향선과 방파제 제체선에 직각인 선분의 각을 계산하여 이 각을 15° 범위내로 조정된 값을 의미한다.

검토면의 좌단번호는 안정검토를 하는 면의 구조물 좌측번호를 말하며 본 경우에는 “5”번 또는 “49”이 된다. 구조물의 단면을 그림 때 폐곡선으로 그려야 단면의 개체로 나타낼 수 있기 때문에 경우에 따라서는 좌표번호가 위의 경우처럼 중복될 수도 있다. 모멘트 점의 번호는 선택된 검토면의 순번을 가지게 되며 이 경우에는 처음 선택되어 “(1)”의 값을 가진다. 이 번호는 검토면의 우단번호와 같으며 프로그램에서는 단면의 좌측이 외해로 표시되어 파력은 왼쪽에서 오른쪽의 방향으로 향하기 때문에 모멘트는 검토면의 우단에 걸리게 된다. “입력” 창의 “확인” 메뉴를 누르면 모리히라식에 의해 계산된 값들이 그림 3.40과 같이 출력된다.

그림 창에 나타난 출력상의 특징으로는 모멘트점의 좌표번호는 파란색의 ○가 좌표점 주위에 표시되고 파력이 작용하는 범위 및 파압간의 상대적인 크기가 그림으로 표시되어 있다. “출력” 창에는 파압계수, 적용수심(설계수심), 적용수심과 설계파고의 비, 파압최대고, 파압작용고, 평균파압강도, 파력, 파력 모멘트의 값이 출력된다. 모리히라식은 소파블록으로 피폭된 경우로 파압계수는 식(3.18)과 같이 “1.0”이 되며 적용수심과 설계파고의 비는 1.636으로 파압식은 2보다 작아 쇄파압으로 계산되어야 한다. 모리히라식의 경우 제체의 마루높이가 설계해면에서 $1.0 H_{1/3}$ 보다 큰 경우에는 파압작용고와 파압최대고가 같게 되며 “6.47”이 된다.

한편 평균파압 강도는 “6.464”로 앞에서 계산한 값과 같다. 그리고 파력과 파력 모멘트는 선정된 검토면에서의 값을 나타내므로 검토면이 변하면 그 값도 바뀌게 된다. 논리상 어떤 검토면이 설정되면 이 면에서의 활동 및 전도에 대해 계산하

는 것이 타당하기 때문에 프로그램의 순서로는 이제 “벽체” 메뉴로 가서 벽체의 자중 및 주어진 검토면에서의 벽체 저항모멘트를 계산하게 된다. 여기서는 벽체의 중량 및 모멘트를 후에 계산하고 다음 검토면에 대한 파력계산에 대한 설명을 먼저하기로 한다.

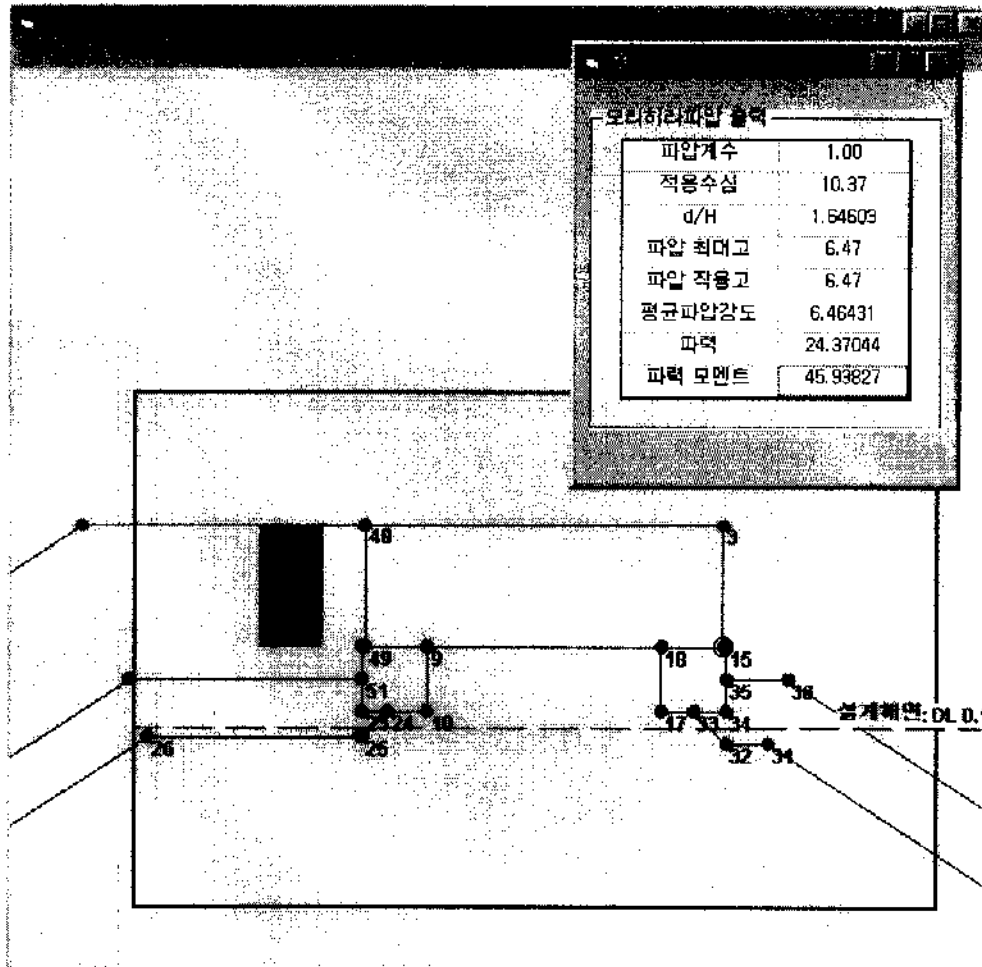


그림 3.40 모리히라 메뉴의 실행 후

새로운 검토면을 설정하기 위해서는 “구조물 좌표”에서 검토면의 새로운 좌표를 선정한다. 표에서 23을 선택하면 표의 “선택”란에 “1”이 표시됨과 동시에 그림창에 23번 좌표의 색이 하늘색으로 바뀐다. 또한 34번을 표에서 선택하면 “선택”란에 “2”가 표시되고 이 번호의 좌표 색도 하늘색이 된다. 그리고 “입력” 창에는 모멘트점의 번호는 “(1)”에서 “(2)”로 바뀐 것이 주목하길 바란다. 즉 새로운 검토면이 설정되면 이 번호는 차례로 증가하며 이로부터 현재 설정된 검토면의 개수를

알게 된다. 검토면의 좌단번호는 “23”, 모멘트 점의 번호는 “34”로 되어 있으며 그 밖의 입력자료는 검토면 “(1)”의 그림 3.39에 표시된 전 값과 동일하다. 새로운 검토면의 설정에 대한 사항은 그림 3.41과 같다.

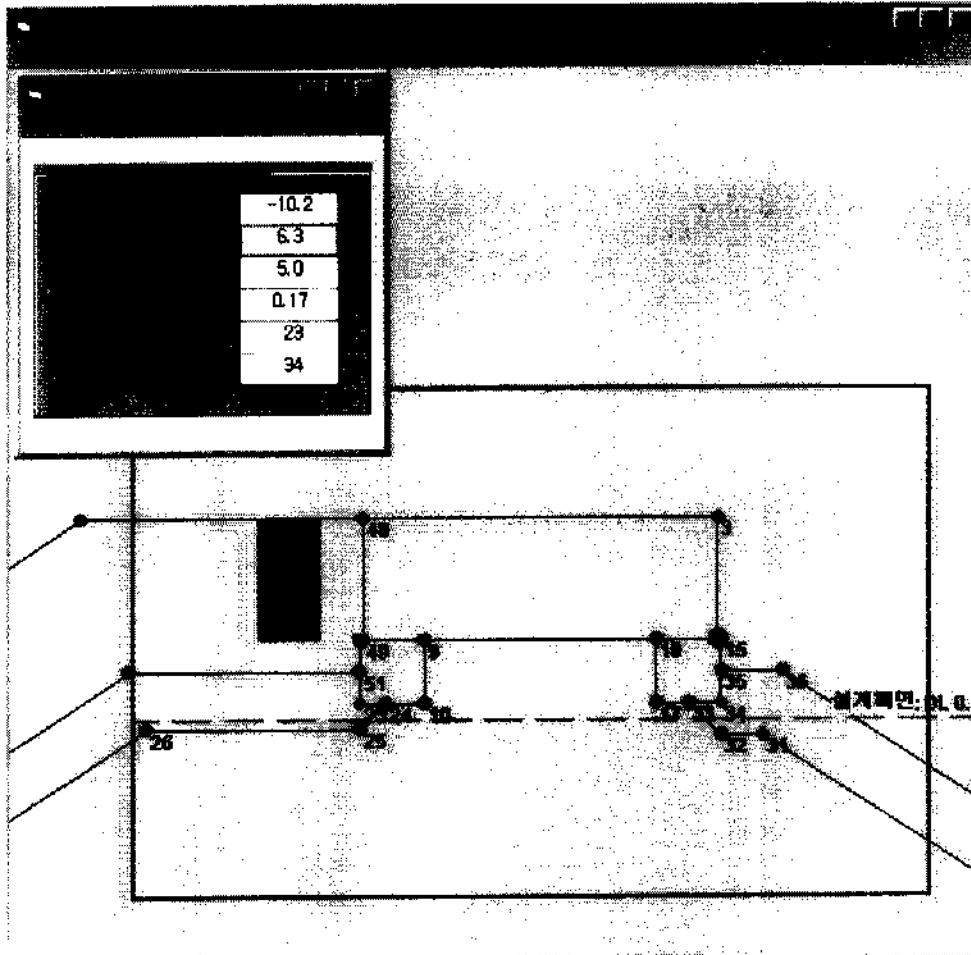


그림 3.41 모리히라 메뉴의 실행

“입력” 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 입력 창에 나타난 자료를 사용한 모리히라식에 대한 계산이 이루어진다. “파력” 메뉴에서 동일한 하위 메뉴는 동일한 형태의 입력 창 및 출력 창을 갖게 된다. 그리고 이 하위 메뉴를 선택하면 체크 표시가 나타나게 되며 체크 표시가 있으면 이 전에 이 메뉴가 선택된 적이 있었음을 알려 준다.

그림 3.42는 그림 3.41의 입력에 대한 계산 결과를 나타낸다. 그림 창에서 모멘트 작용점의 좌표가 “15”번에서 “34”번으로 바뀌어 있고 파력의 작용범위는 검토 면에서부터 설계해면에서 $1.0 H_{1/3}$ 높이까지로 이전보다 큰 것을 알 수 있다. “출력” 창의 평균파압강도 이전까지의 값은 그림 3.40의 값과 동일하나 파력의 작용범위가 처짐에 따라 파력과 파력 모멘트의 값이 “37.23”과 “107.61”로 각각 증가하게 된다.

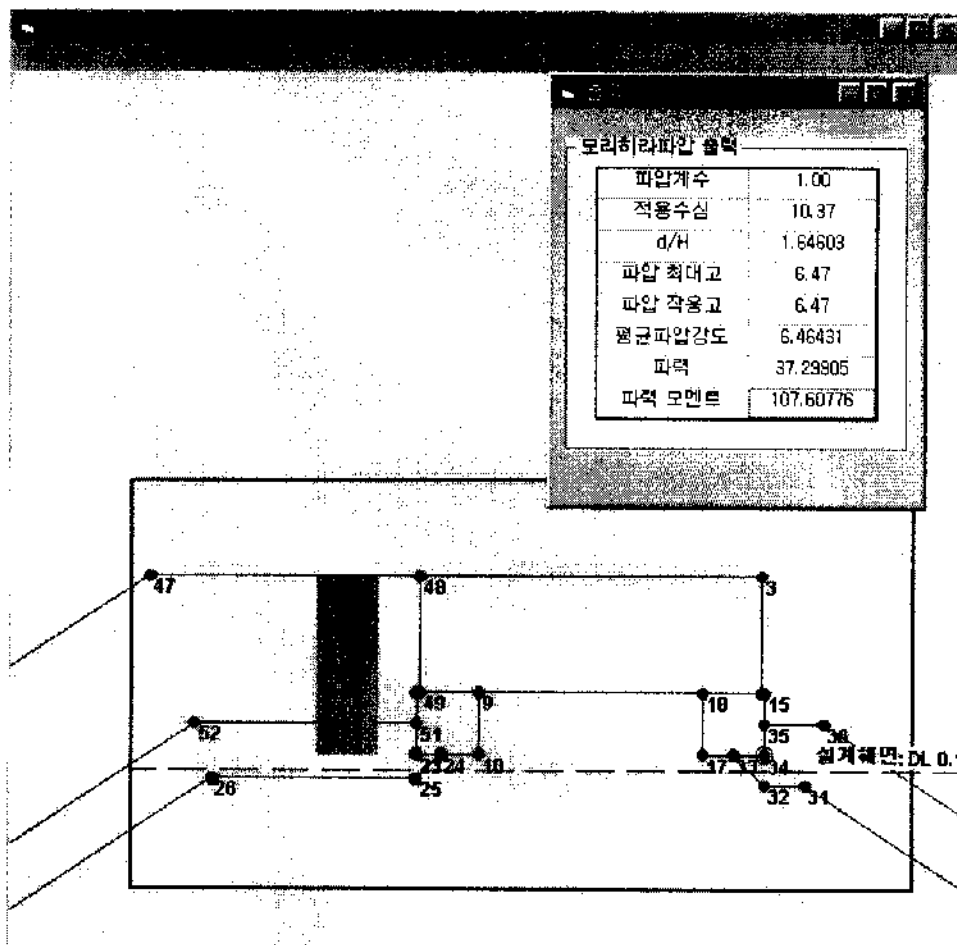


그림 3.42 모리히라 메뉴의 실행 후

이제 고다의 식을 사용하여 파력 및 파력모멘트를 계산하는 방법에 대해 설명하고 두 식의 결과를 비교하기로 한다. “고다” 메뉴를 사용하기 위해서는 “안정계산” 메뉴를 처음부터 다시 시작하는 것이 안전하다. 따라서 앞에서 기술한 과정 및 동일한 자료를 입력하여야 한다. 그림 3.43과 같이 “고다” 메뉴의 입력 창에는 “모

리하라” 메뉴의 그것과 다른 항목들이 존재한다.

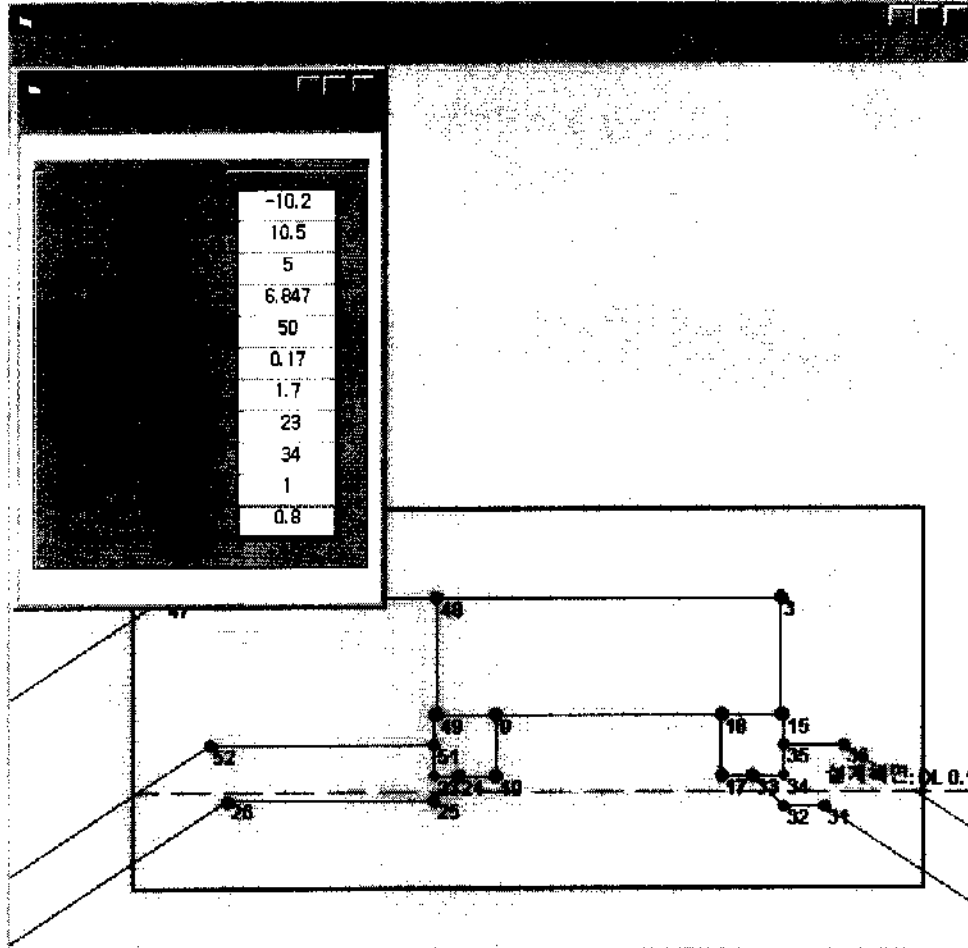


그림 3.43 고다 메뉴의 입력

설계파향은 앞의 예와 같이 “5”를 입력하고 환산심해파고는 “설계조건”의 “파고” 메뉴에서 계산한 값이 입력자료로 사용된다. 여기서 계산된 환산심해파고는 선형천수계수를 사용한 것으로 이를 식(3.4)에 정의된 바와 같은 비선형천수계수를 사용한 환산심해파고를 사용하여야 한다. 이 과정은 주어진 값은 유의파고 6.3미터가 얻어질 때까지 반복법에 의해 계산한다. 이에 의해 환산심해파고의 값을 “6.847”로 입력한다. 해저경사는 그림 3.30의 “쇄파고” 메뉴 입력 자료와 같은 “50”을 사용하며 마운드 높이는 “구조물 좌표”에서 스크롤 바를 아래로 이동하여 “51”번 또는 “52”번의 y좌표를 알아내어 “1.7”을 입력한다. 검토면의 해당 좌표는 위의 예와 같이 설정하여 “23”번과 “34”번을 각각 해당 난에 입력한다. 고다식은

소파블록이 피복된 경우와 피복되지 않은 경우 모두 사용할 수 있으며 본 경우는 피복된 것으로 “피복재 유(1)무(0)” 난에 “1”을 입력한다. 만일 이 난에 “0”을 입력하면 “파압저감율”에 입력된 값은 프로그램이 무시한다. 그리고 마지막 난인 파압저감율을 표준 값인 “0.8”로 설정하면 “입력” 창 자료의 입력이 마치게 된다. 그리고 나서 “입력” 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 고다식에 의한 출력 그림 3.44가 얻어진다.

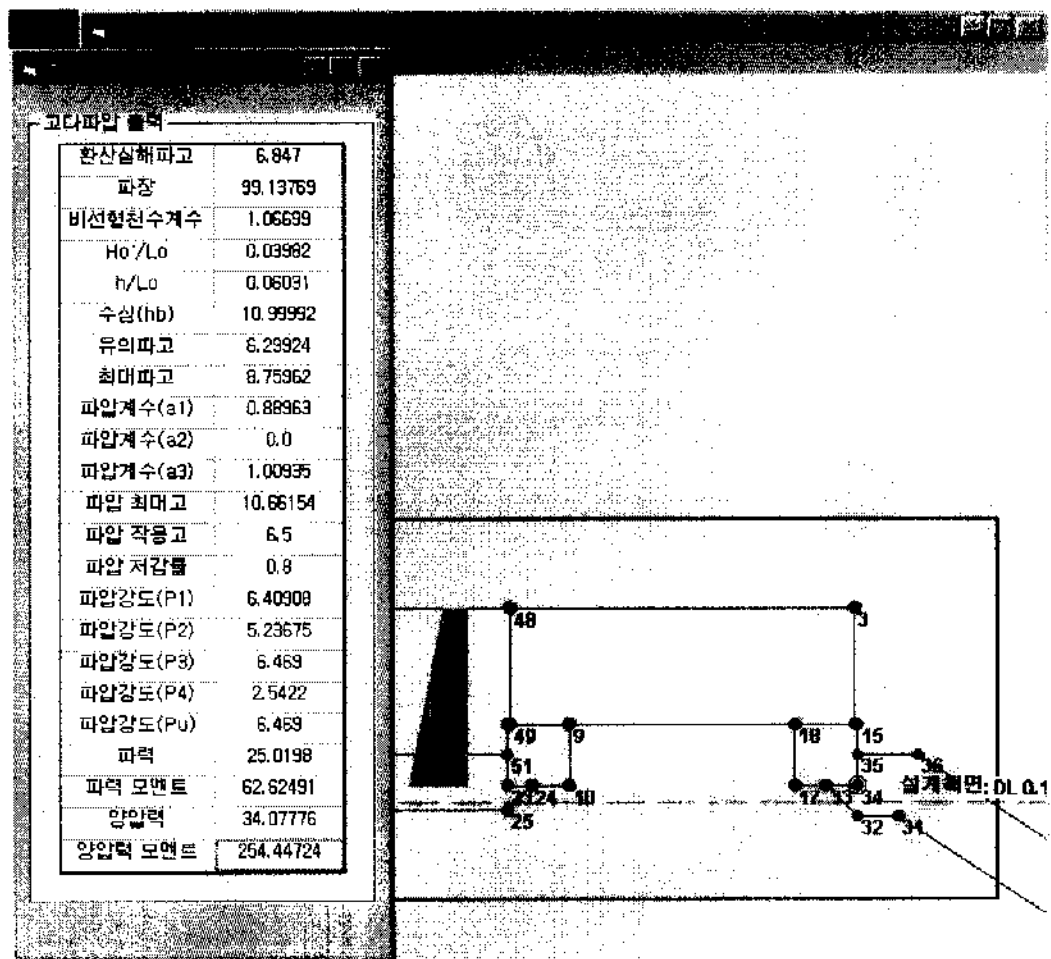


그림 3.44 고다 메뉴의 실행 후

“고다” 메뉴의 출력 항목은 매우 많으며 새로운 항목으로는 비선형 천수계수, 최대파고, 파압계수 계산에 필요한 수심(h_b), 파압계수(a_1, a_2, a_3), 파압최대고, 파압작용고, 파압강도(P_1, P_2, P_3, P_4, P_u), 파력 및 양압력 그리고 이들의

모멘트가 있다. 비선형 천수계수는 유의파고와 최대파고를 구할 때 사용되며 식 (3.4)으로 정의된다. 파압최대고는 파압강도의 값이 0인 점의 높이를 말하며 파압 강도 P_1 은 설계해면에서의 파압강도로 가장 큰 값을 보인다. 파압강도 P_2 는 설계 수심 즉 해저면에서의 파압이며 P_3 는 벽체저면에서의 파압이다. 그리고 P_4 는 벽체의 마루높이에서의 파압강도이다.

그림 3.44는 고다 파압식을 사용하여 계산한 결과이나 벽체 저면의 높이가 설계해면 보다 높기 때문에 고다식을 그대로 적용하기에 부적합 것으로 판단된다. 따라서 프로그램의 검증을 위해 고다의 저서인 “불규칙파와 항만 구조물 설계(1991)”에 사용된 예를 사용한다.

검토할 단면은 그림 3.35와 같으며 구조형식은 케이슨이고 마루높이 D.L.(+) 4.0m, 마루폭 15m, 벽체저면 높이 D.L.(-) 6.5m이며 수심은 D.L.(-) 9.5m이다. 설계해면은 D.L.(+) 0.6m, 파랑은 환산심해파고가 6.3m, 주기 11.4초 그리고 보정파향은 15° 이고 해저경사는 1 : 100이다.

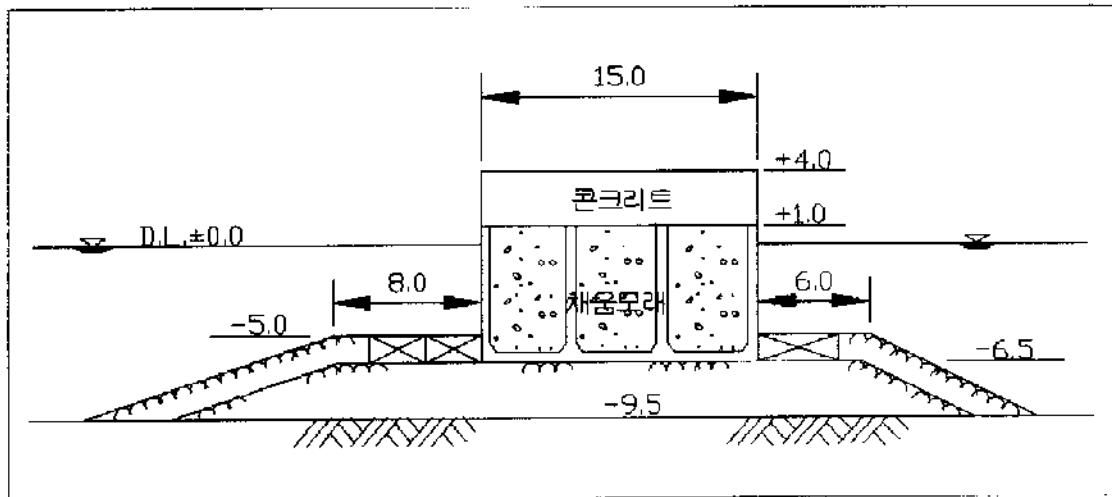


그림 3.45 케이슨 방파제의 파압계산 단면

우선 “불규칙파와 항만 구조물 설계”의 예제에 계산된 내용을 정리하면 설계수심 $h = 9.5 + 0.6 = 10.1\text{m}$, 벽체의 설계해면 아래의 높이 $h' = 6.5 + 0.6 = 7.1\text{m}$,

설계해면 아래 사석 마운드까지 높이 $d = 5.6\text{m}$, 설계해면으로부터 벽체 마루까지 높이 $h_c = 3.4\text{m}$ 이 된다.

위의 제원으로부터 심해파장 및 유의파고, 최대파고를 구하면 다음과 같다.
 $L_o = 1.56 \times 11.4^2 = 202.74\text{m}$, $H_o'/L_o = 6.3/202.74 = 0.0311$, $h/L_o = 0.050$ 로 계산된다. 유의파고와 최대파고를 구하기 위해 식(3.23)과 식(3.24)를 사용한다.

$$H_{1/3} = \begin{cases} K_s H_o' & : \frac{h}{L_o} \geq 0.2 \\ \min\{(\beta_0 H_o' + \beta_1 h), \beta_{\max} H_o', K_s H_o'\} & : \frac{h}{L_o} < 0.2 \end{cases} \quad (3.23)$$

$$H_{\max} = \begin{cases} 1.8 K_s H_o' & : \frac{h}{L_o} \geq 0.2 \\ \min\{(\beta_0^* H_o' + \beta_1^* h), \beta_{\max}^* H_o', 1.8 K_s H_o'\} & : \frac{h}{L_o} < 0.2 \end{cases} \quad (3.24)$$

여기서 파고의 개략식의 계수는 다음과 같다.

$$\begin{cases} \beta_0 & = 0.028 \left(\frac{H_o'}{L_o}\right)^{-0.38} e^{20 \tan^{1.5} \theta} \\ \beta_1 & = 0.52 e^{4.2 \tan \theta} \\ \beta_{\max} & = \max\left\{0.92, 0.32 \left(\frac{H_o'}{L_o}\right)^{-0.29} e^{2.4 \tan \theta}\right\} \end{cases} \quad (3.25)$$

$$\begin{cases} \beta_0^* & = 0.052 \left(\frac{H_o'}{L_o}\right)^{-0.38} e^{20 \tan^{1.5} \theta} \\ \beta_1^* & = 0.63 e^{3.8 \tan \theta} \\ \beta_{\max}^* & = \max\left\{1.65, 0.53 \left(\frac{H_o'}{L_o}\right)^{-0.29} e^{2.4 \tan \theta}\right\} \end{cases} \quad (3.26)$$

윗 식을 이용하여 유의파고를 구하기 위해서는 비선형 천수계수를 계산하여야 하며 이는 식(3.4)으로부터 계산된다. 이로부터 식(3.23)을 이용하여 계산하면 $H_{1/3} = 5.8\text{m}$ 가 된다. 최대파고를 구하기 위해서는 방파제에서 외해쪽으로 $5 H_{1/3}$ 떨어진 지점의 수심을 구하여야 한다.

$$h_b = 10.1 + 5 \times 5.8 \times \frac{1}{100} = 10.4\text{m}$$

이 수심으로부터 위에서 구한 비선형 천수계수와 식(3.24)을 이용하여 구하면 최대

파고는 $H_{\max} = 8.0\text{m}$ 이 된다.

파압계수는 위에서 계산된 값들을 사용하여 구한다. 우선 α_1 은 h/L_0 의 함수로 표시되며 그림 3.46을 이용하여 구하면 $\alpha_1 = 0.920$ 이 된다.

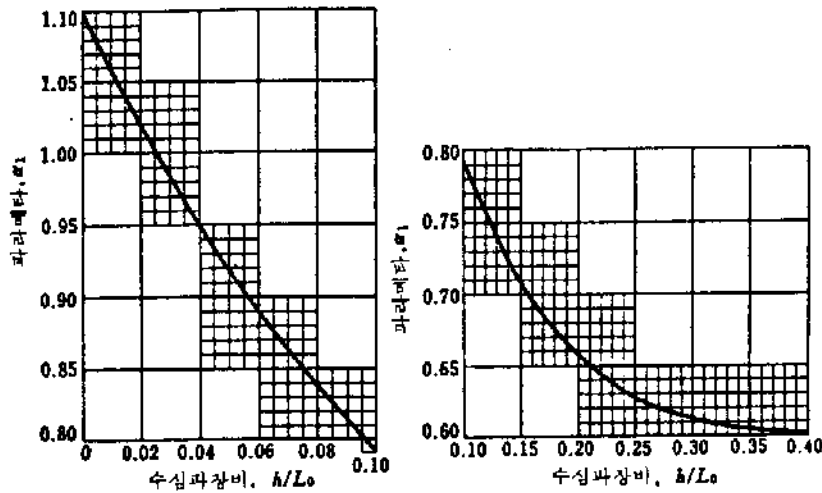


그림 3.46 파압계수 α_1 산정도

α_2 의 계산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= \min \left\{ \frac{10.4 - 5.6}{3 \times 10.4} \times \left(\frac{8.0}{5.6} \right)^2, \frac{2 \times 5.6}{8.0} \right\} \\ &= \min \{ 0.314, 1.40 \} = 0.314 \end{aligned}$$

한편 $1/\cosh(2\pi h/L)$ 함수값은 그림 3.47로부터 구할 수 있으며 이 값은 0.847이 되므로 α_3 는 다음과 같이 계산된다.

$$\alpha_3 = 1 - \frac{7.1}{10.1} \times (1 - 0.847) = 0.892$$

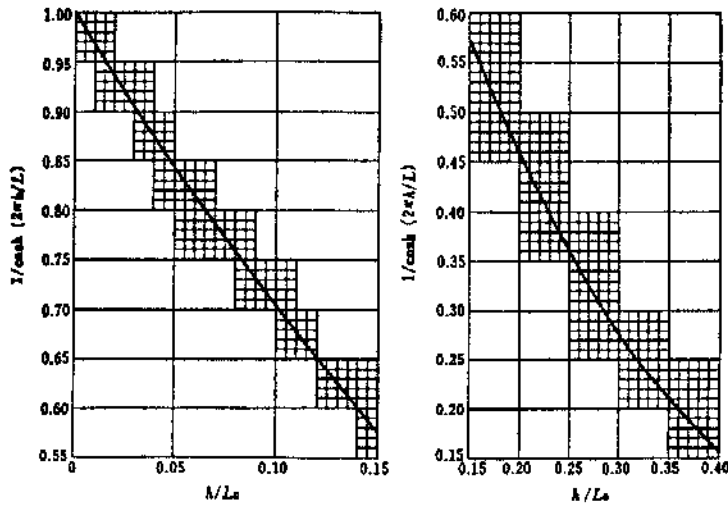


그림 3.47 $1/\cosh(2\pi h/L)$ 의 산정도

파압 작용고를 계산하기 위해 관련 값을 계산하면 $\cos \beta = 0.966$ 이 되며 작용고는 $\eta^* = 0.75 \times (1 + 0.966) \times 8.0 = 11.8\text{m}$ 으로 계산된다. 이 값은 설계해면으로부터의 높이이므로 이를 기준면으로부터 계산하면 D.L. (+)12.4m가 된다. 위의 계산을 이용하여 마지막으로 파압강도를 계산하면 다음과 같다.

$$P_1 = 0.983 \times [0.920 + (0.966)^2 \times 0.314] \times 1.03 \times 8.0 = 9.82\text{t/m}^2$$

$$P_3 = 0.892 \times 9.82 = 8.76\text{t/m}^2$$

$$P_4 = 9.82 \times \left(1 - \frac{3.4}{11.8}\right) = 6.99\text{t/m}^2$$

$$P_u = 0.983 \times 0.920 \times 0.892 \times 1.03 \times 8.0 = 6.65\text{t/m}^2$$

앞에서 계산한 결과와 개발된 프로그램의 결과를 비교하기 위해 그림 3.48과 같은 입력자료를 사용한다. 입력자료의 높이는 기준면에 대한 높이로 통일하여 나타내었다. 예제의 방파제는 소파블록이 없기 때문에 피복재의 유무의 값은 "0"으로 설정한다.

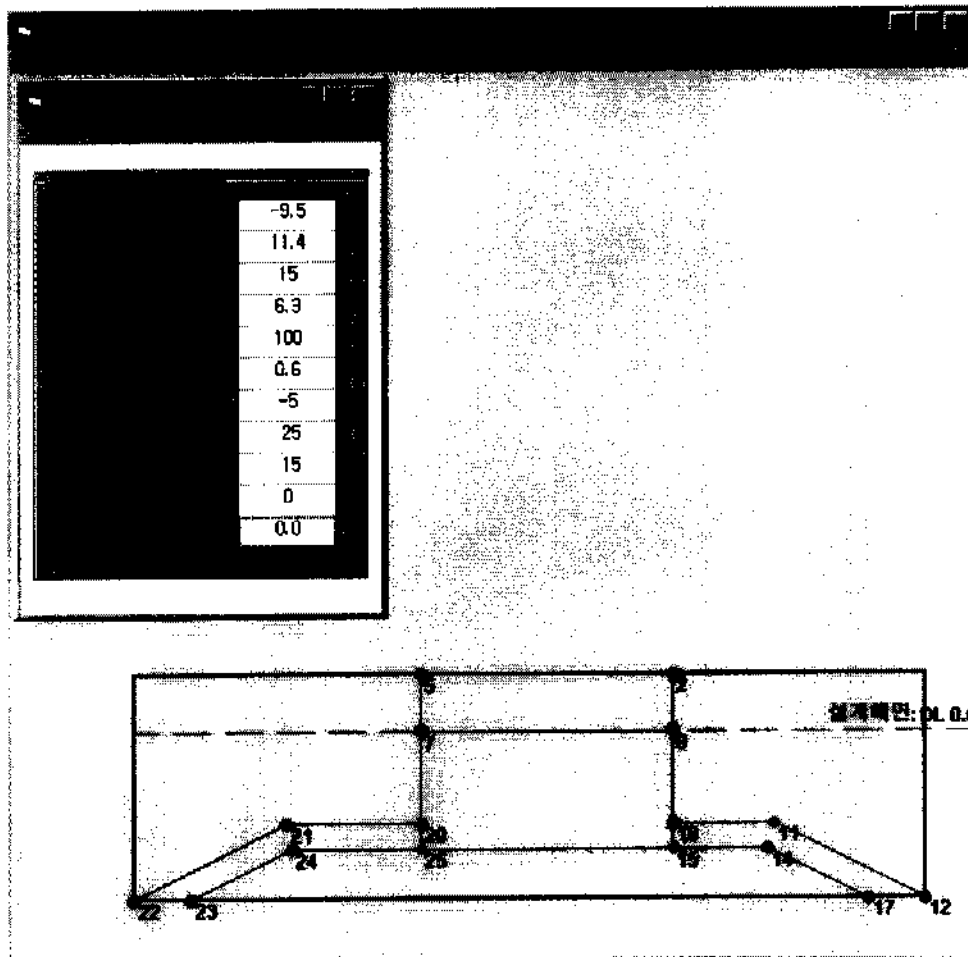


그림 3.48 케이스 방파제 파력계산 입력자료

그림 3.48의 입력자료를 사용하여 계산된 결과가 그림 3.49이다. 제체 전면수심에서의 파장은 107.48미터이고 식(3.4)를 사용하여 계산한 비선형 천수계수는 1.12로 선형 천수계수의 값 1.023과 상당한 차이가 있다. 그림 창의 파압분포는 설계해면에서 상하로 삼각형의 분포를 보이며 파장이 수심에 비해 매우 크기 때문에 거의 직선에 가까운 천해역의 특성을 보이고 있다.

계산된 유의파고는 5.8로 예제에서 계산한 값과 거의 같으며 h_b 는 10.39미터이나 예제 계산의 10.4미터는 소수 첫째자리까지 계산한 값임을 알 수 있다. 따라서 이후의 계산은 유효수자의 자리에 의해 약간의 차이를 보이게 된다. 최대파고는 예제 계산값은 8.0m이나 프로그램의 값은 8.05로 유효수자의 처리에 의해 차이가 벌어지게 된다.

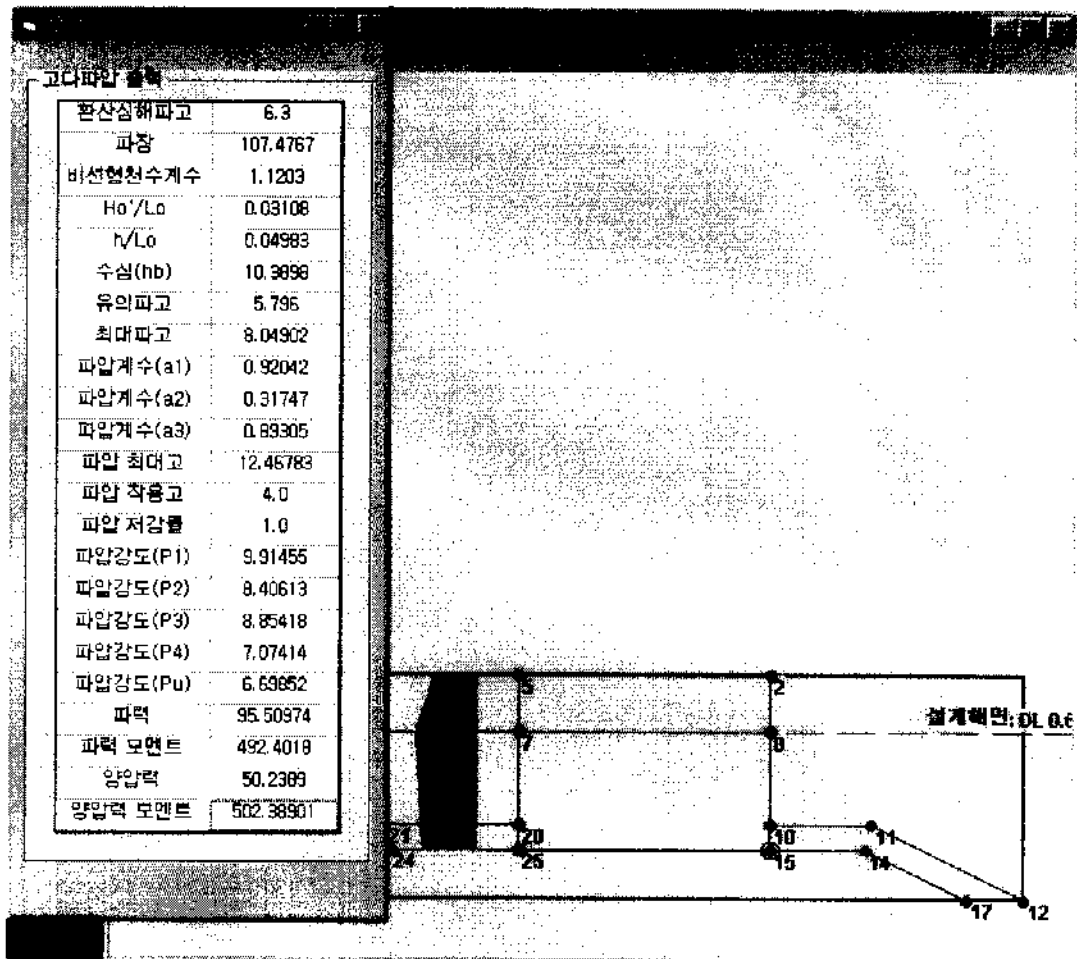


그림 3.49 케이슨 방파제 파력계산 결과

파압계수는 비교적 단순한 연산에 불과하나 예제에서는 도표를 이용하여 계산한 결과로 프로그램의 계산과는 약간의 차이를 보인다. 가장 큰 차이는 α_2 의 계산으로 나타났으며 이는 최대파고의 값에 의한 것으로 분석된다. 이 값들은 파압강도 계산에 직접적인 영향을 주게 되므로 계산된 파압강도는 비교적 큰 차이를 보인다. 또한 파압의 최대높이는 프로그램에서는 기준면을 기준으로 계산한 값 즉 D.L. 상의 값이므로 이를 고려하면 예제의 계산과 비슷하다. 결론적으로 프로그램에서 계산된 값이 예제계산의 값보다는 정확한 것을 알 수 있다.

나. 안정검토

안정검토에 대해 프로그램을 설명하기로 한다. 중력식 방파제는 구조물의 자중을 이용하여 가해지는 외력에 대항하게 된다. 즉 자중이 저항력이 되며 파력이 제

체의 활동을 유발시키는 외력이 된다.

안정검토는 벽체의 활동 및 전도, 사면에서의 직선활동, 원호활동 그리고 지반 지지력의 검토를 행한다. 지반지지력은 벽체 저면에서 지반반력 및 편심경사 하중을 검토하고 사석 저면에서의 지반반력 및 기초지반의 허용지지력을 검토한다.

안정계산은 검토를 하는 각 단면(벽체)의 저면 내향측 점을 기준점으로 한다. 각 벽체의 중량 및 중심위치의 계산은 안정계산을 요하는 블록의 저면마다 그 상부의 중량 및 중심위치를 구하는 과정이 필요하다. 사석부의 직선활동면은 직립부 저면 항외측 점에서 사석부 사면의 항내측 비탈끝 점을 연결하는 면으로 한다.

안정계산에 의해 산출된 안전율 활동 및 전도의 경우 1.2이상으로 하고 원호활동의 경우에는 1.3이상을 기준으로 한다. 만일 활동율이 1.2이하로 되었을 경우에는 체체의 중량을 늘이기 위해 체체폭을 넓히고 재검토를 하며 통상 각 단면에 대해 산출된 안전율 가운데 최소 안전율이 1.2 ~ 1.29로 되었을 경우 가정된 체체제원을 결정단면으로 한다. 각 단면에 대해 전도 검토한 안전율이 1.2이하로 되었을 경우에는 체체중량에 의한 저항모멘트를 증가시키기 위하여 체체폭을 넓히고 재검토를 한다. 단 직립부 저면에서의 안전율이 1.2 이하로 되었을 경우에는 최하단의 양측 블록에 푸팅을 설치하여 재검토를 하며 푸팅의 길이는 길지 않게 하는 것이 좋다. 산출한 전도 안전율이 1.2 ~ 1.29로 되었을 경우에는 가정된 체체제원을 결정단면으로 한다.

기초의 허용지반지지력이 사석저면에서의 지반반력보다 약간 작을 경우에는 지반반력을 감소하기 위하여 체체폭을 확대하거나 혹은 사석층 두께를 두껍게하여 재검토한다. 단 현저하게 안전율이 부족한 경우에는 기반개량공법을 검토하거나 혹은 구조·형식을 다른 것으로 변경한다. 직립부의 편심 경사하중의 안전율이 부족할 경우에는 체체폭을 넓히고 재검토를 한다. 그리고 사석부 직선활동의 안전율이 부족할 경우에는 사석부 비탈어깨폭을 넓히고 재검토한다.

이제 다시 모리히라식으로 돌아가 안정계산을 하기로 한다. 검토면은 상치 콘

크리트의 벽체와 방괴를 포함하는 면으로 정해 안정계산을 한다. 이미 앞에서 파력은 계산하였으며 상치 콘크리트 저면에 대한 계산을 하기 위해 계산된 값을 정리하면 다음과 같다.

상치 콘크리트의 자중은 폭 11미터, 높이 3.8미터 그리고 모리히라식은 벽체전체에 부력이 작용하는 것으로 간주하기 때문에 콘크리트 단위체적중량은 수중의 값 1.3을 사용하여 계산한다.

$$\begin{aligned} \text{자중} &= B \times h \times 1.3 \\ &= 11 \times 3.8 \times 1.3 = 54.34 \end{aligned}$$

마찰계수는 상치 콘크리트와 방괴는 0.5이며 두 개의 방괴가 있으며 방괴의 길이는 2미터이나 상치 콘크리트의 타설을 용이하게 하기 위한 거푸집 조립을 위해 방괴에 0.1m의 여유를 두었기 때문에 실제 접촉길이는 방괴 한 개당 1.9m이다. 그리고 상치 콘크리트가 사석과 접한 길이는 7.2m가 되며 마찰계수는 0.6이 된다. 따라서 검토면의 평균 마찰계수를 구하면 다음과 같다.

$$\text{평균마찰계수} = 0.6 \times \frac{7.2}{11} + 0.5 \times \frac{3.8}{11} = 0.565$$

작용하는 파력은 평균 파압강도가 직립벽 기부부터 설계해면상 $1.0 H_{1/3}$ 또는 직립벽 마루의 가운데 낮은 편의 높이까지 일정하게 작용하는 것으로 간주하므로 이 경우에는 상치저면의 높이 D.L. (+)2.7m부터 벽체마루 높이보다 약간 낮은 D.L. (+)6.47m까지 3.77m에 평균파압강도 $6.464 \text{톤}/\text{m}^2$ 가 동일하게 작용한다.

$$\text{파력} = 1.0 \times 1.03 \times 6.3 \times \cos 5^\circ \times 3.77 = 24.3704$$

활동율을 자중에 마찰계수를 곱하여 파력으로 나눈 값이 되며 위의 값으로부터 활동율을 구하면 다음과 같다.

$$\text{활동율} = \frac{54.34}{24.3704} \times 0.565 = 1.26$$

모멘트는 모멘트점으로부터 힘의 중심까지의 거리를 곱한 것으로 전도율은 자중모멘트에 대한 파력 모멘트의 비로 나타내며 전도율은 다음과 같다.

$$\text{전도율} = \frac{54.34 \times \frac{11}{2}}{24.3704 \times \frac{3.77}{2}} = 6.51$$

계산된 활동율과 전도율은 모두 1.2보다 크기 때문에 가정한 제체제원은 적합하다.

위의 검토면에 대한 활동 및 전도계산을 프로그램으로 산출하는 방법을 설명하기로 한다. 그림 3.50은 그림 3.40의 파력계산을 마친 후 “안정검토” 메뉴의 하위 메뉴인 “벽체” 메뉴를 선택하고 이 메뉴의 차하위 메뉴 “단위별”과 “검토면” 가운데 “단위별” 메뉴를 선택한 경우이다.

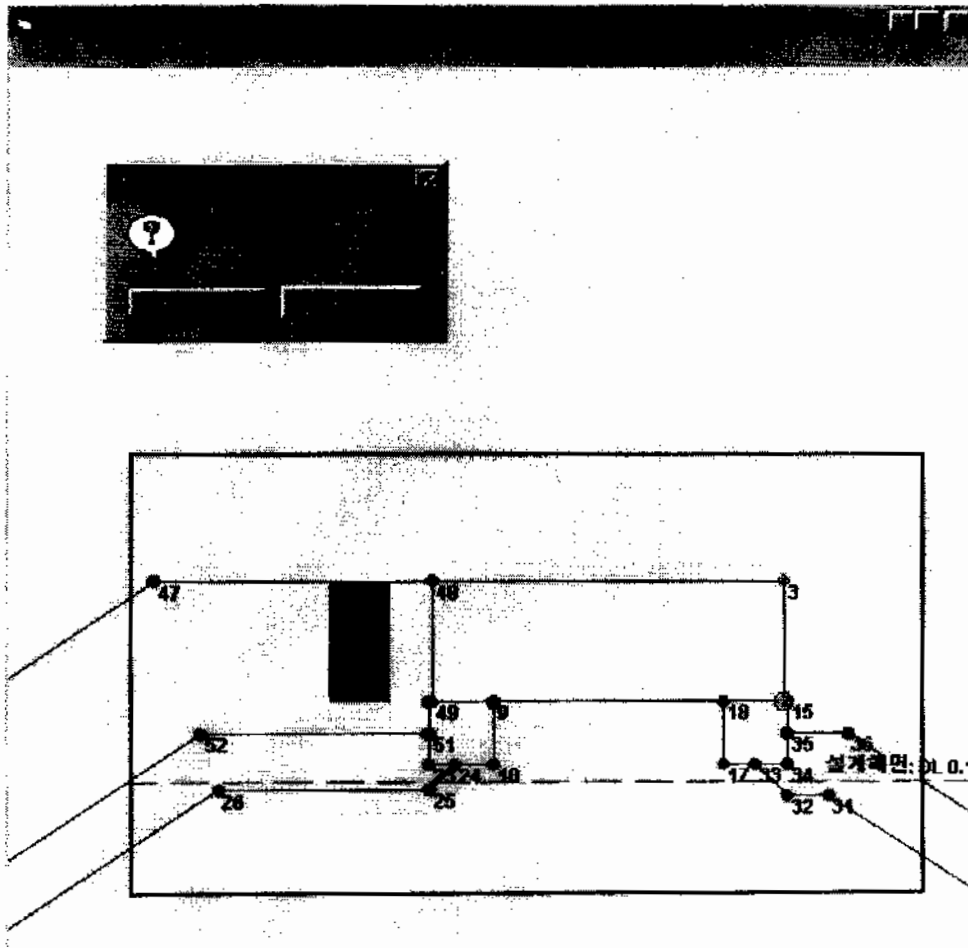


그림 3.50 상치 콘크리트의 단면계산 입력

그림 3.50에서 하늘색으로 표시된 점들은 “구조물 좌표”에서 계산하고자 하는 단면

을 선택하여 이를 나타내는 것으로 “단위별” 메뉴를 실행하기 위해서는 반드시 계산단면의 점들을 미리 선택하여야 한다. 이는 계산단면의 형태가 일정하지 않을 경우를 대비하여 불규칙한 형태의 단면에도 적용할 수 있도록 고안한 것이다. 계산단면의 단위체적중량은 서로 상이할 수 있으며 이를 계산하기 위해 재질에 대한 선택을 요구하게 된다. 상치는 콘크리트 재질이므로 “예”를 선택하면 그림 3.51과 같이 검토단면의 중량과 모멘트 계산 결과가 나타난다.

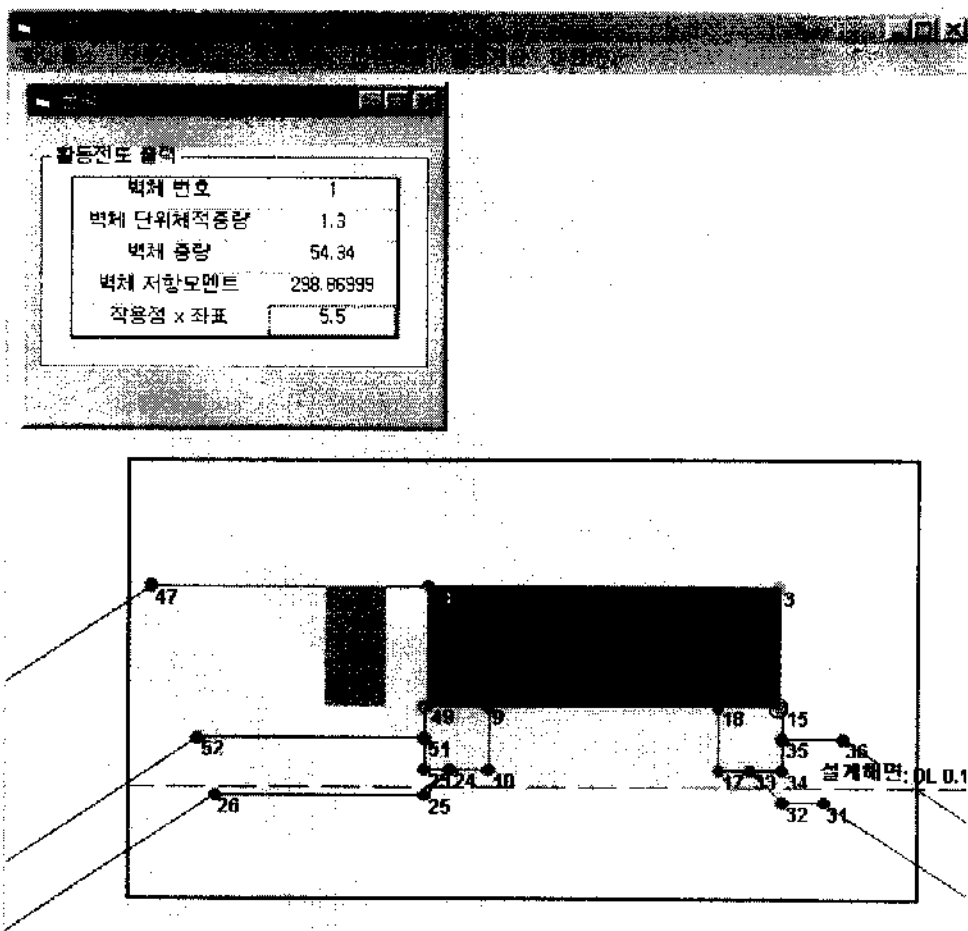
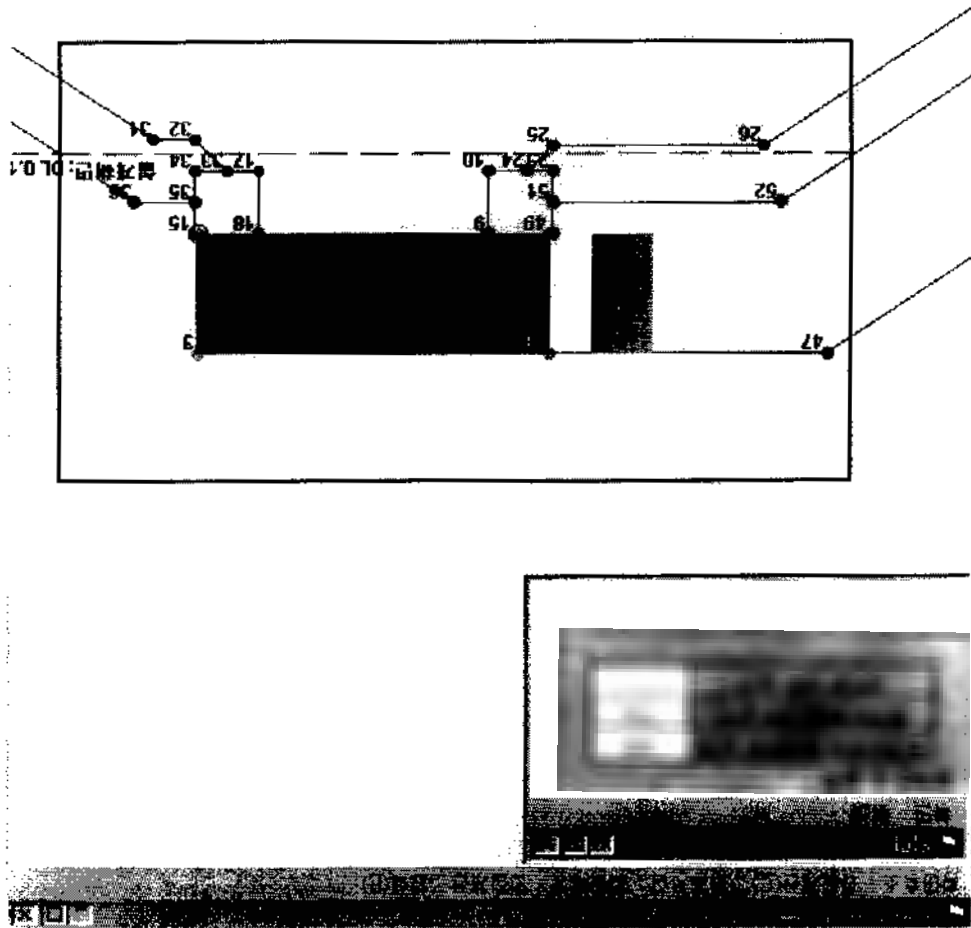


그림 3.51 상치 콘크리트의 단면계산 출력

그림 3.51의 상치 단면에 계산결과는 이 단면에는 가해지는 파력의 범위를 나타내었고 “15”번 모멘트 점을 나타내기 위해 이 점에 파란색의 ○가 표시되어 있다. 그리고 상치 단면의 색이 회색으로 칠해져 콘크리트임을 알 수 있도록 하였으며 단면계산의 일련번호가 부여된다. 단위체적중량은 입력시 선택된 재질을 “설계

그림 3.52의 "입력" 창의 "확인" 메뉴를 누르면 이 면에서의 안전검토의 계산이 수행되어 그 결과가 그림 3.53과 같이 된다. "출력" 창에는 사용된 피입식이나 타나며 이 경우에는 모리히라 식이 사용됨을 알려준다. 그림 3.40에서 구한 파력

그림 3.52 상치 콘크리트 저면에서의 안전검토 입력



상치 콘크리트 저면은 검토면이므로 이 면에서 활동용 및 전도용을 계산하기 위해서 "별제" 메뉴의 하위 메뉴인 "검토면"을 선택하면 그림 3.52와 같이 된다. 이 입력자료는 평균 마찰계수를 구하기 위한 것으로 계산단면과 그 아래 단면의 절

속진이를 "입력" 창에 나타낸 바에 따라 입력하면 프로그램에서 이를 계산한다. 출력 내용에 벽체의 중앙 및 모멘트 값과 무게중심의 좌표 값이 포함된다. 조건" 메뉴의 하위 메뉴 "하중"에 선택한 적정한 값을 프로그램이 알아 부여한다.

결과, 그림 3.51의 단면중량 결과, 마찰계수, 모멘트 점의 좌표 그리고 안정계수가 표로 나타내어져 있다.

이 결과는 앞에서 구한 결과와 일치하며 안정계산에 관련된 모든 자료가 표로 나타내어져 사용자가 계산된 내용을 파악하기에 매우 편리하다. 사용자는 프로그램의 내부를 모든 과정을 알 필요가 없으나 프로그램에서 필요한 자료의 입력부분과 출력부분은 이용에 편리하게 만들어져야 한다. 본 프로그램은 도표, 그림 그리고 그림의 색을 사용하여 사용자에게 편리하고 많은 정보를 주도록 구성되었다.

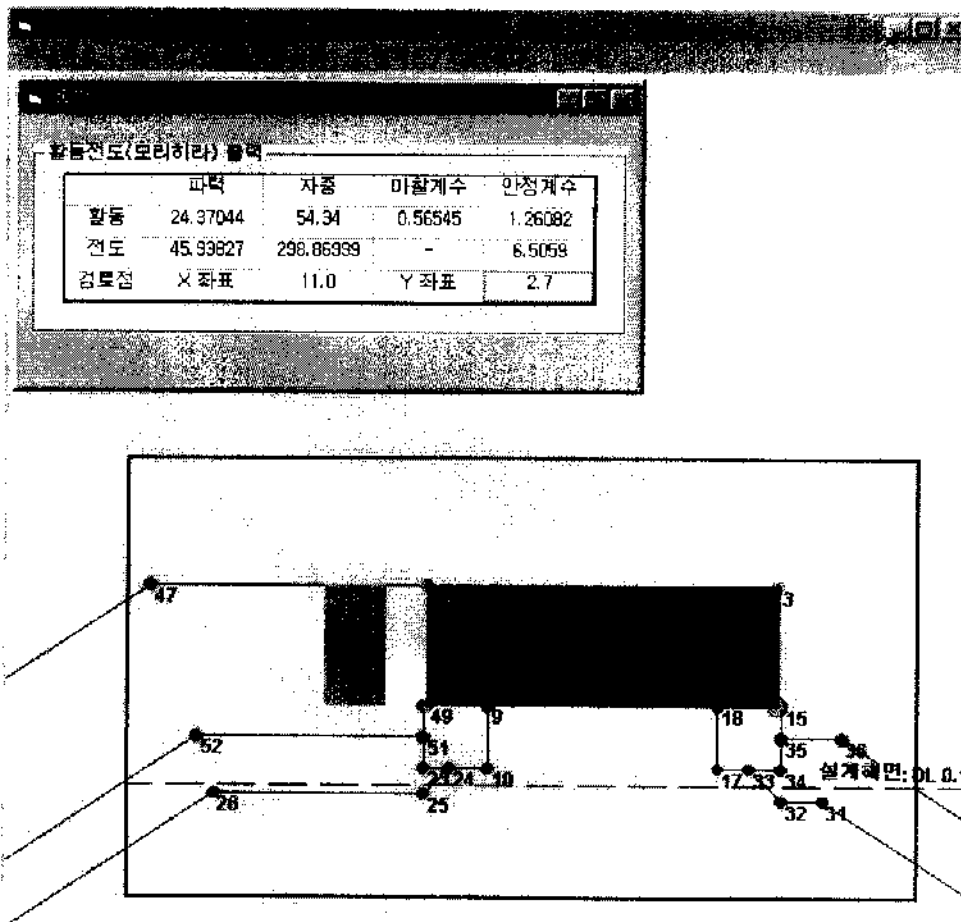


그림 3.53 상치 콘크리트 저면에서의 안정검토 출력

방괴를 포함한 다음 검토면에 대한 계산을 비교하기 위해 그 내용을 정리하면 다음과 같다. 파력의 적용범위는 방괴저면 D.L. (+)0.7m에서 설계해면상 $1.0 H_{1/3}$

인 D.L. (+)6.47m까지이다. 마찰계수는 방괴와 사석은 0.6이며 사석과 사석은 0.8이 되기 때문에 검토면에서 평균마찰계수를 구하기 위해 각 단면의 접촉 길이를 구하여 계산하면 다음과 같다.

$$\text{마찰계수} = 0.8 \times \frac{7.2}{11.2} + 0.6 \times \frac{4.0}{11.2} = 0.729$$

파력은 모리히라 파압강도에 검토단면에 작용하는 길이 5.77m를 곱하면 구해진다. 즉

$$\text{파력} = 1.0 \times 1.03 \times 6.3 \times \cos 5^\circ \times 5.77 = 37.2991$$

파력 모멘트는 파력에 모멘트 점에서의 모멘트 길이를 곱하면 된다.

$$\text{파력모멘트} = 37.2991 \times \frac{5.77}{2} = 107.608$$

자중은 상치콘크리트, 방괴 2개 그리고 방괴 사이의 사석으로 나누어지며 상치콘크리트 무게는 위에서 구한 54.34톤이다. 방괴 2개의 무게와 그 사이의 사석의 무게를 구하기 위해 각 단면의 부피와 단위체적중량을 알아야 한다. 모리히라식은 제체 전체에 부력이 작용하는 것으로 간주하기 때문에 방괴의 단위체적중량은 1.3, 사석은 1.0이된다. 따라서 이들의 자중은 다음과 같다.

$$\text{방괴자중} = 2 \times 2.0 \times 2.0 \times 1.3 = 10.4$$

$$\text{방괴 사이의 사석자중} = 7.2 \times 2.0 \times 1.0 = 14.40$$

$$\text{검토면의 자중} = 54.34 + 10.4 + 14.4 = 79.14$$

각 단면의 모멘트는 모멘트 점의 x 좌표 11.1에서 각 단면의 부계중심의 x 좌표를 빼서 곱하면 된다. 상치콘크리트, 외해측 방괴, 방괴 사이 사석, 내해측 방괴 순으로 모멘트를 계산한 결과는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{자중 모멘트} &= 54.34 \times (11.1 - 5.5) + 7.2 \times (11.1 - 0.9) + \\ & 10.4 \times (11.1 - 5.5) + 7.2 \times (11.1 - 10.1) \\ &= 443.18 \end{aligned}$$

활동에 대한 안정검토는 자중에 마찰계수를 곱해 파력으로 나눈 값이 활동율이

되내 전도율은 자중 모멘트를 파력 모멘트로 나눈 값이며 이 들은 1.2이상 이 되어야 한다.

$$\text{활동율} = \frac{79.14}{37.2991} \times 0.729 = 1.55$$

$$\text{전도율} = \frac{443.18}{107.608} = 4.12$$

계산된 활동율과 전도율은 모두 1.2보다 크기 때문에 가정한 제체계원은 적합하다.

위의 예에 대한 프로그램의 안정계산을 하여 비교하자. 우선 새로 설정된 파력을 계산하여야 하며 이는 그림 3.42에 해당된다. “구조물 좌표” 창에서 해당 단면의 좌표를 선택하면 선택된 점들의 색이 하늘색으로 변하고 “단위별” 메뉴를 선택한 후 “재질” 창에 “예”를 누르면 그림 3.54와 같이 된다.

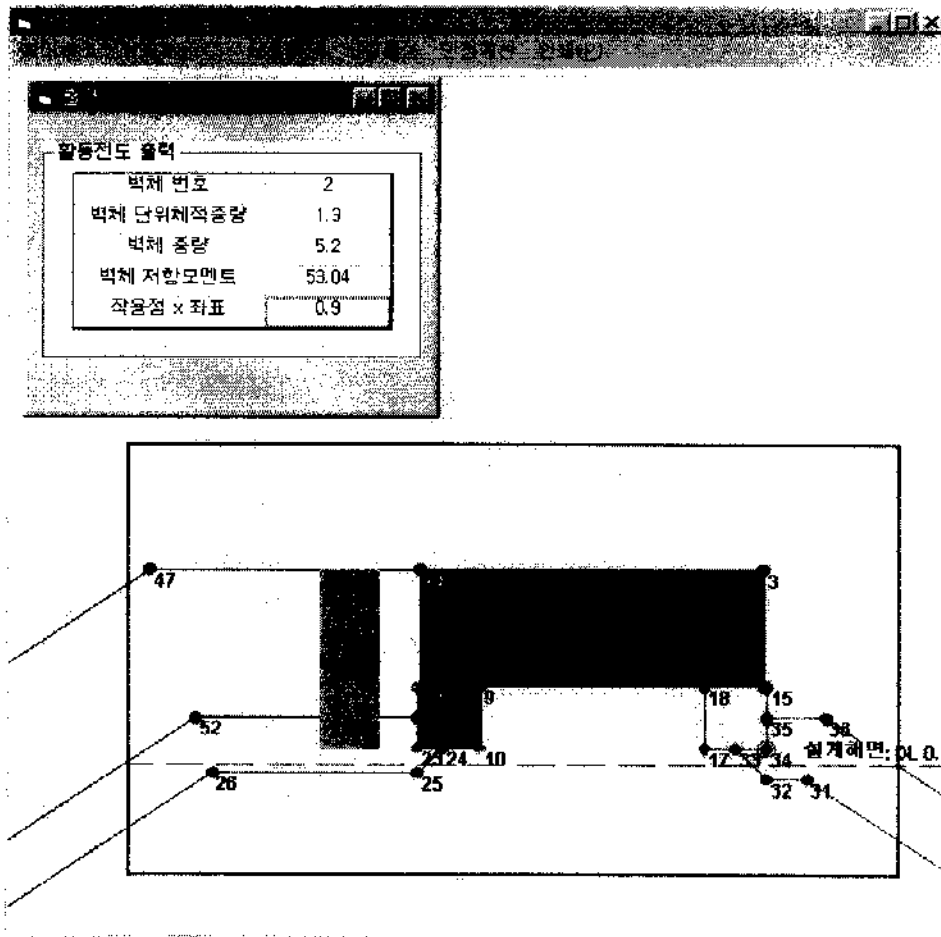


그림 3.54 외해측 방괴 단면계산 출력

그림 3.54에는 파력 작용범위가 바뀌어 나타나며 해당 모멘트 점이 푸른색 ○ 표로 식별되며 방괴의 재질이 콘크리트이기 때문에 색이 회색으로 나타난다. 그리고 외해측 방괴는 단면계산의 두 번째이기 때문에 "(2)"가 이 단면내부에 표기되었다. 단위체적중량은 "1.3"으로 올바른 값을 나타내며 중량 및 모멘트의 값도 위에서 계산한 값과 같다. 그리고 이 단면의 무게 중심의 x 좌표는 0.9임을 알 수 있다.

마찬가지의 방법으로 내향측 방괴에 대해 필요한 과정을 반복하면 그림 3.55와 같은 결과를 얻는다. 내향측 단면의 계산 순번은 3으로 나타났고 작용점의 x 좌표는 10.1로 올바른 값을 나타낸다. "출력" 창의 기타 항목들의 값도 앞에서 계산한 값과 비교하면 이 역시 올바름을 알 수 있다.

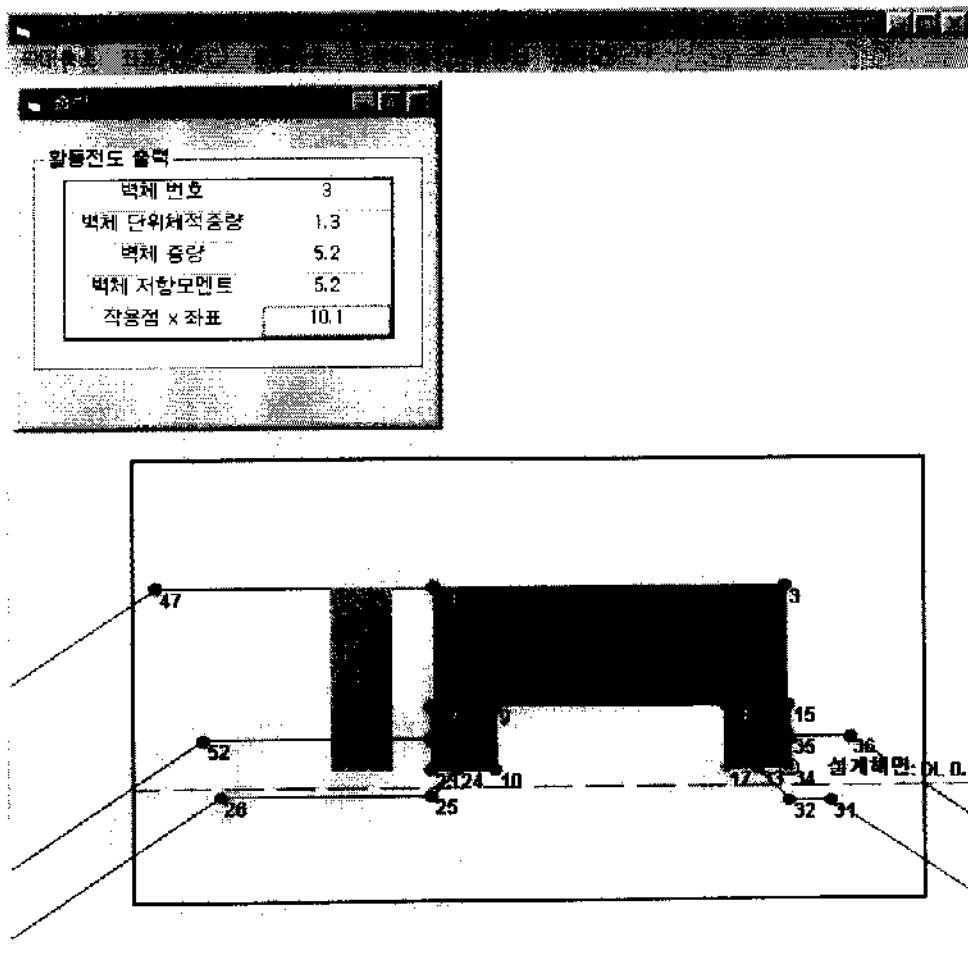


그림 3.55 내해측 방괴 단면계산 출력

검토면의 마지막 단면인 방괴 사이의 사석에 대한 출력 결과가 그림 3.56이다. 사석 단면을 구성하는 점들을 “구조물 좌표” 장에서 선택할 때 선택 순서는 일정한 방향으로 이루어져야 한다. 즉 한 점으로부터 단면 내의 시계방향이거나 반시계 방향으로만 이루어져야 자중 및 모멘트의 값이 올바르게 되며 이는 모든 단면의 경우에도 해당된다. “재질” 창에 사석이기에 때문에 “아니오”를 선택하면 그림과 같이 단면의 색이 주황색으로 표시되며 이에 대한 단위체적중량은 프로그램이 알아 정하게 된다.

사석 단면의 계산 순번은 4번으로 표와 이 단면 내에 이를 나타낸다. 단위체적중량은 사석의 수중 중량인 1.0의 값으로 계산되었고 앞에서 계산한 것과 “출력” 창의 내용을 비교하면 올바른 값임을 알 수 있다.

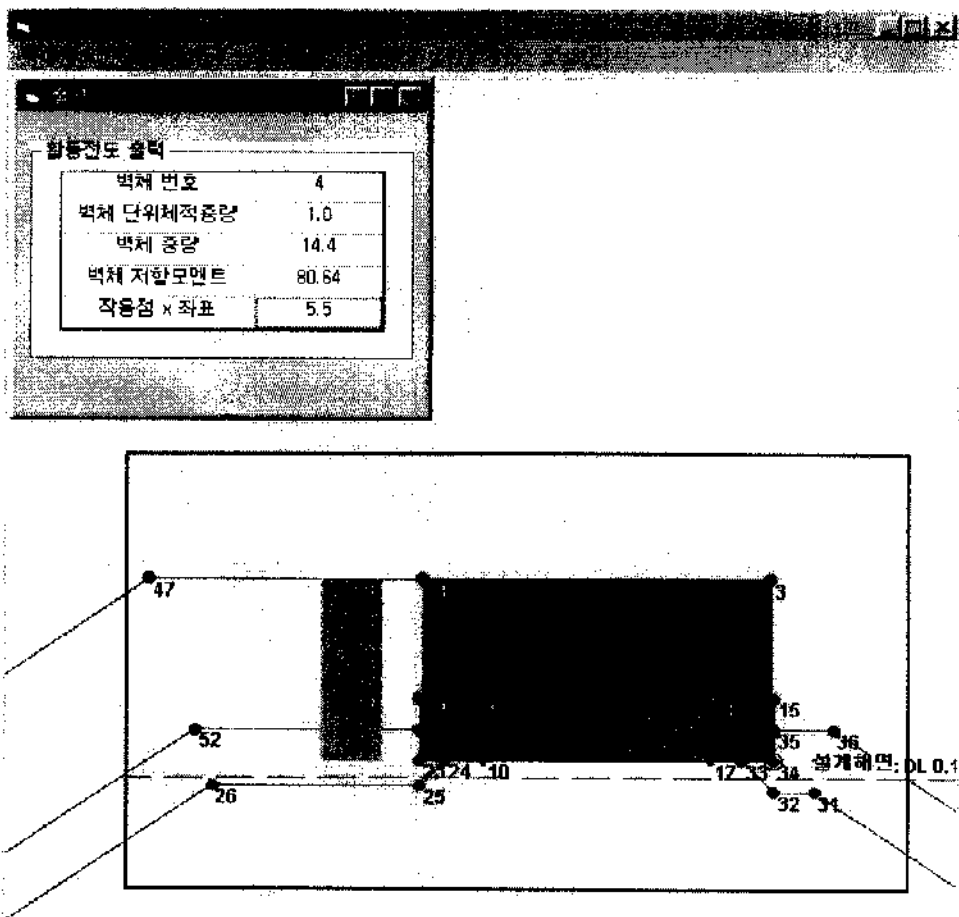


그림 3.56 방괴 사이의 사석 단면계산 출력

해당 검토면 위 모든 단면에 대한 자중 및 모멘트가 계산되면 “검토면” 메뉴를 실행하여 활동과 전도율을 계산한다. “검토면” 메뉴를 누르면 “입력” 창이 나타나고 여기에 검토면에 접한 단면과 그 아래 단면의 접촉길이를 표의 내용대로 입력하면 된다. 방괴의 길이는 2m이고 두 개의 방괴가 있기 때문에 콘크리트와 사석의 길이는 4m가 되며 거푸집 여유폭 0.1m 때문에 사석과 사석 사이의 길이는 7.2m가 된다. 이 자료를 이용하여 프로그램은 “하중”의 해당 자료를 사용하고 접촉면 총길이에 대한 평균 마찰계수를 구하게 된다. 방괴 밑면에서의 안정검토를 위한 “입력” 창 및 그림 창은 그림 3.57과 같다. 단면의 계산이 수행되면 해당 단면의 색이 흰색에서 회색 또는 주황색으로 바뀌고 파력 적용범위 또는 모멘트 점을 위치를 보면 “검토면” 메뉴의 실행시기를 정할 수 있다. 이제 “입력” 창의 “확인” 메뉴를 누르면 전도 및 활동 계산이 수행된다.

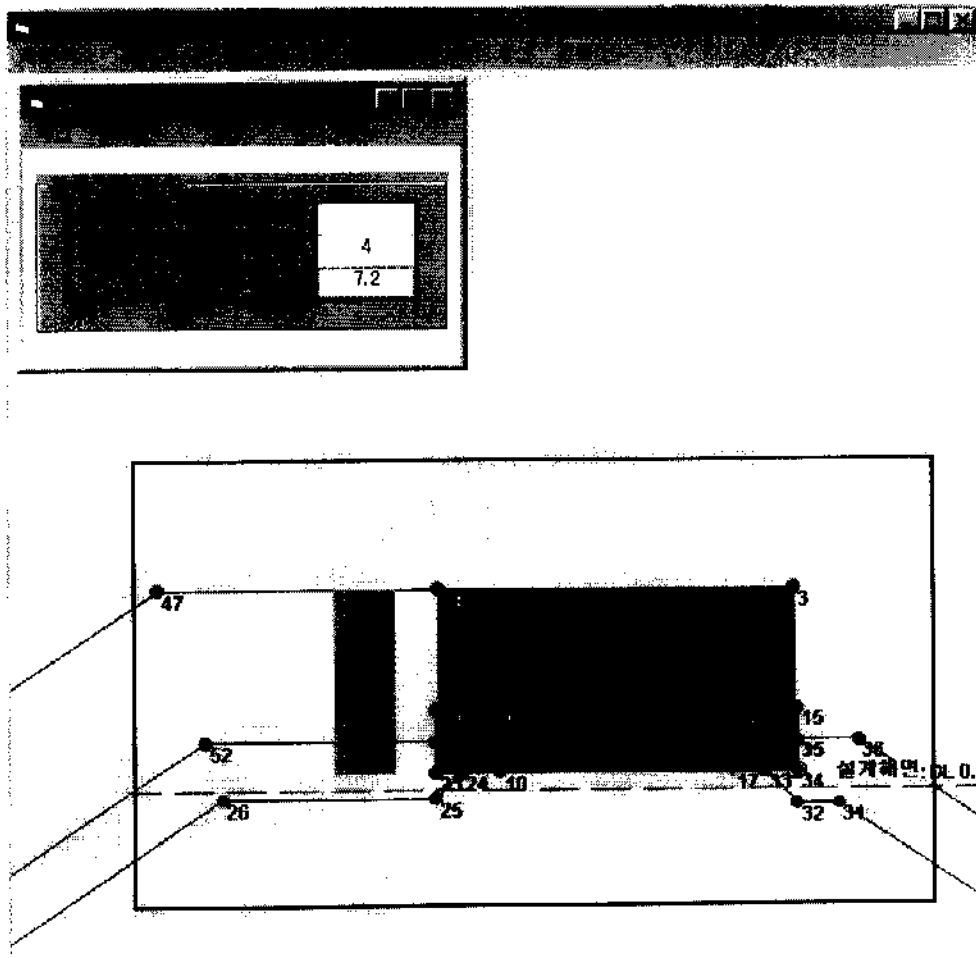


그림 3.57 방괴 밑면에서의 안정검토 입력

방괴 밑면에서의 안정검토의 출력은 그림 3.58과 같이 된다. “출력” 창에 나타난 값들은 앞에서 계산된 값과 비교할 때 동일한 값임을 알게 된다. “검토면” 메뉴를 실행하기 전에는 반드시 파력 계산을 먼저 실행시켜 파력과 모멘트 그리고 모멘트 점에 대한 정보를 프로그램이 갖고 있어야 한다. 현재의 검토면에서의 필요한 자료인 자중 및 자중 모멘트는 각 단면별로 계산된 값을 이용하여 직직한 연산을 수행한 후 검토면 위의 모든 단면에 대해 합산을 한 결과이다. 만일 또 다른 검토면이 있으면 위에 기술한 방법과 마찬가지로의 과정을 거쳐 안정검토의 계산을 하면 된다. 본 예는 검토면이 두 개이므로 여기서 활동과 전도에 대한 검토는 종료된다.

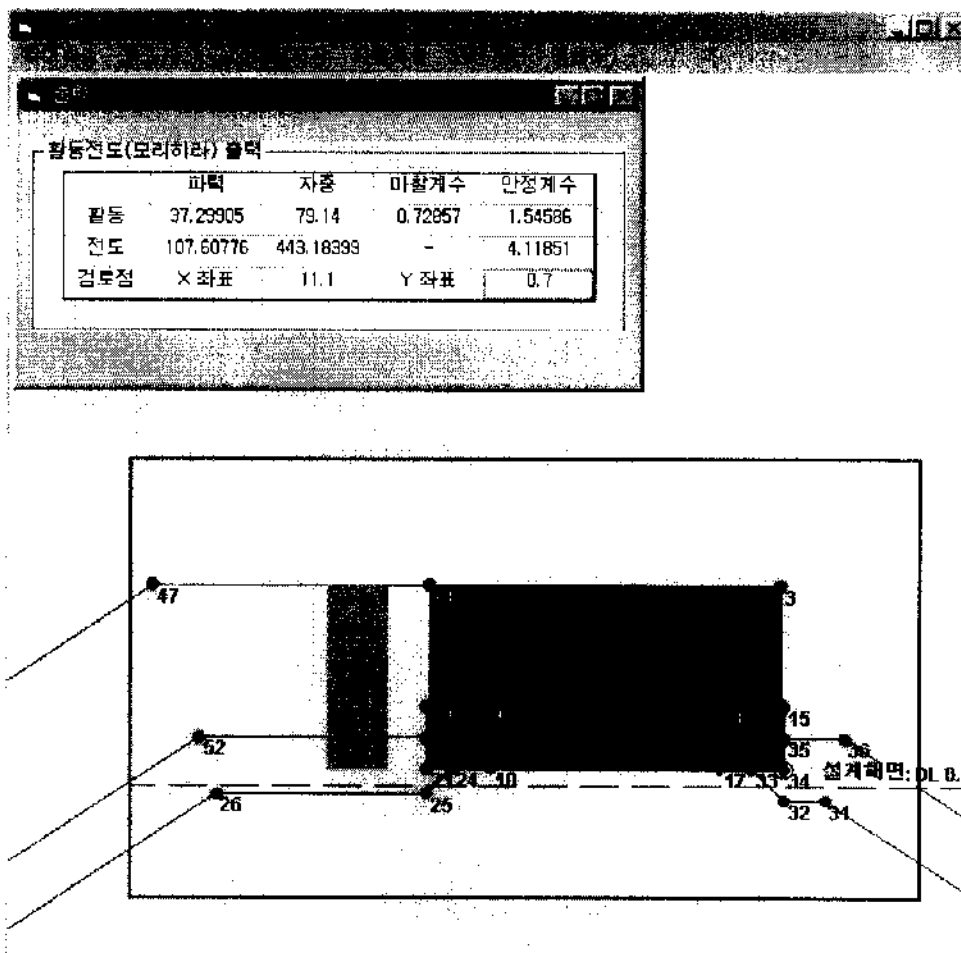


그림 3.58 방괴 밑면에서의 안정검토 출력

다음에는 사석부의 직선활동에 대해 기술하기로 한다. 경사제 및 혼성제의 사석부는 직선활동과 피복석의 중량에 대해서 검토해야 하며 활동에 대한 안정검토는

항내측 비탈면을 통하는 모든 면에 대해서 해야 한다. 그러나 사석부의 직선활동면은 직립부 저면 항외측 점에서 사석부 사면의 항내측 비탈끝 점을 연결하는 면이 가장 취약하므로 이 면에 대한 검토가 통상 이루어진다. 이 경우의 안정계수는 1.2 이상으로 해야 한다.

프로그램 계산을 검증하기 위해 먼저 직선활동의 계산을 한다. 파력의 적용범위는 직립벽에 대한 부분에만 해당되기 때문에 앞에서 구한 값을 사용한다. 즉

$$\text{파력} = 1.0 \times 1.03 \times 6.3 \times \cos 5^\circ \times 5.77 = 37.2991$$

이 되고 마찰계수는 사석면이기 때문에 0.8이 된다. 활동 경사각은 외해측 방괴 좌하단의 좌표가 (-0.1, 0.7)이고 내향측 사면 끝점의 좌표는 (30.85, -10.2)이므로 이를 이용하여 활동 경사각을 계산한다.

$$\text{활동 경사각} = \tan^{-1} \frac{0.7 + 10.2}{30.85 + 0.1} = 19.40^\circ$$

단면 벽체의 자중은 위에서 구한 부분 이외에 사면 위의 사석에 대한 자중을 구하여야 한다. 위에서 구한 벽체의 총 자중은 79.14이고 사면 위의 사석에 대한 자중은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{활동면에 의한 사석자중} &= \left(\frac{1.9 + 3.4}{2} \times 1.0 + \frac{14.6 \times 10.9}{2} \right) \times 1.0 \\ &= 82.22 \end{aligned}$$

따라서 경사면 위의 총자중은 161.36이 된다. 이로부터 사면활동에 대한 안정계산은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{직선활동} &= \frac{W \cos \theta - P \sin \theta}{W \sin \theta + P \cos \theta} \times \text{마찰계수} \\ &= \frac{161.36 \cos 19.40^\circ - 37.2991 \sin 19.40^\circ}{161.36 \sin 19.40^\circ + 37.2991 \cos 19.40^\circ} \times 0.8 \\ &= 1.26 \end{aligned}$$

계산된 직선 활동율은 1.2보다 크기 때문에 가정된 제체제원은 적합하다.

프로그램을 이용한 직선활동을 계산하여 위의 결과와 비교하기로 한다. 이를 위해 “구조물 좌표” 창에서 사석부의 경사면을 구성하는 단면의 점들을 일정한 방

항의 순서대로 선택하고 “안정계산” 메뉴를 눌러 하위 메뉴인 “직선활동”을 선택하면 그림 3.59와 같이 “입력” 창이 나타난다. 직선활동은 사면전체에 대한 그림이 나타나는 것이 이용에 편리하기 때문에 “확대축소” 메뉴의 “원래그림” 메뉴를 선택하여 단면의 그림을 축소한다.

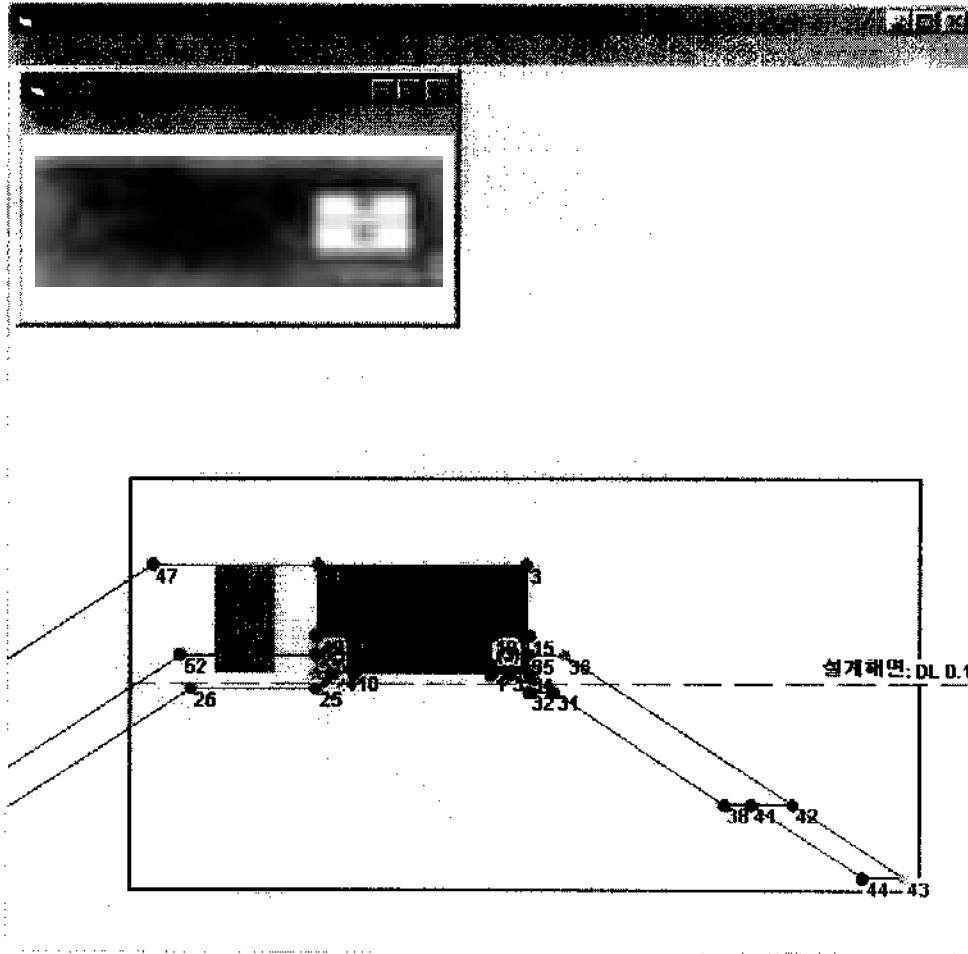


그림 3.59 사석부의 직선활동 입력

“입력” 창에 내향측 피복식 어깨 우단번호인 “36”을 입력하고 직선활동의 기준점의 번호 “43”을 입력한다. 그리고 나서 “입력” 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 직선활동에 대한 계산이 행하여 진다. 그림 3.59에서 사석부 경사면 위에 사석의 단면을 구성하는 점들이 선택되었음을 알 수 있다. 이 단면은 불규칙하지만 자중을 계산하거나 주어진 모멘트 점에 대한 모멘트를 프로그램 상에서는 쉽게 계산된다. 결국 본 프로그램은 이러한 불규칙한 형태의 단면의 자중 및 모멘트를 구하기 위해

“구조물 좌표” 창에서 점을 선택하면 되며 이는 사용자 입장에서 매우 편리한 기능이 된다.

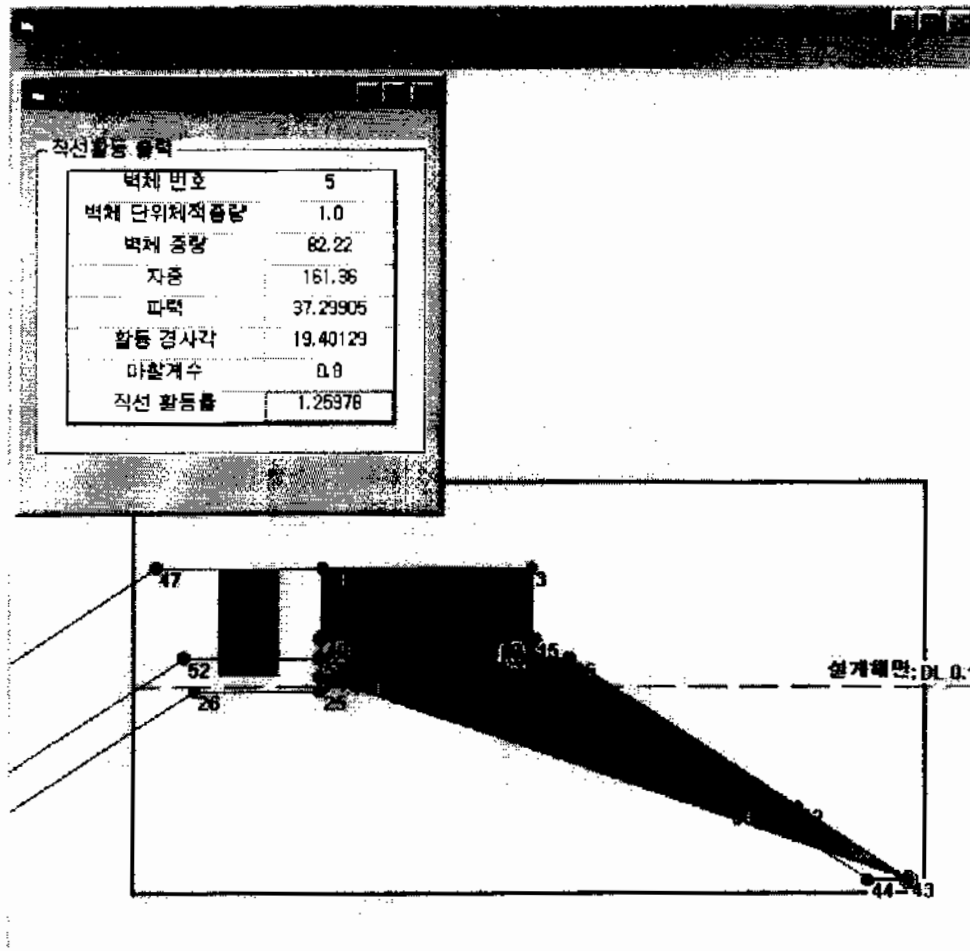


그림 3.60 사석부의 직선활동 출력

그림 3.60은 예제에 대한 직선활동의 출력이며 “출력” 창에는 사석부 경사면 위의 자중 뿐 아니라 직선활동 계산에 필요한 자료 및 결과가 표로 나타나 있다. 또한 그림은 사석부 경사면 위의 사석 단면을 주황색으로 칠해 이 단면에 대한 계산이 이루어졌음을 알리며 점 43이 기준점 임을 알 수 있는 표시가 되어있다.

“출력” 창의 자료를 앞에 계산한 결과와 비교하면 거의 동일한 값임을 알 수 있고 작은 차이는 유효숫자에 의한 것으로 프로그램의 결과가 보다 정밀하다.

제3절 블록쌓기식 안벽

본 절에서는 접안시설의 대표적인 중력식 계선안중 블록쌓기식 안벽에 대한 구조해석 프로그램을 다루기로 한다. 접안시설은 선박의 화물 또는 승객이 승하선하는 제반시설을 말하며 구조형식으로는 중력식, 널말뚝식, 잔교식, 돌핀, 부잔교식 등이 있다. 중력식은 구조물에 가해지는 외력인 토압, 수압 등의 외력에 대하여 자중과 그 마찰력에 의해서 저항하는 구조로 지반이 견고한 경우에 주로 사용한다. 중력식 계선안에도 케이슨, 우물뚝, 블록, L형 등으로 구분할 수 있으며 주로 콘크리트로 되어 있고 블록식은 가장 단순하기 때문에 보편적으로 사용되고 있다.

1. 설계조건 결정

접안시설의 설치목적과 화물량의 증가추세, 船型의 변화, 육해상의 운송체계 추이 등을 고려하여 규모를 결정하고 기상, 海象, 지형, 배후지 등의 자연조건과 선박의 접안 및 이안의 용이도 및 육상교통과의 연계를 고려하여 배치하게 된다. 접안시설의 배치계획이 결정되면 구조물의 설계를 위한 조건을 결정하게 된다. 여기에는 이용조건, 해상조건, 지반조건, 재료, 기타로 구분하여 결정한다.

이용조건에는 계획길이, 계획수심, 마루높이, 에이프론 폭 및 경사, 상재하중, 계선주의 배치, 선박의 접안속도 및 견인력이 해당된다. 계획길이는 배치안에 의해 결정되며 계획수심은 대상선박의 최대흘수에 여유수심을 가한 것으로 정한다. 여기서는 대상선박의 흘수를 2.5m로 정하고 여유수심 0.5m를 더한 기준수면하 3m로 정한다. 마루높이는 설계해면에 여유높이를 더한 것으로 표 3.7을 표준으로 한다. 단 이상조위, 파랑 및 지반침하를 고려하여야 될 곳에서는 이점을 충분히 고려하여 적절하게 결정하여야 한다.

표 3.7 계선안의 마루높이

계선안	조차 3m 이상	조차 3m 미만
대형선의 계선안 (수심 4.5m 이상)	설계해면 + (0.5m~1.5m)	설계해면 + (1.0m~2.0m)
소형선의 계선안 (수심 4.5m 미만)	설계해면 + (0.3m~1.0m)	설계해면 + (0.5m~1.5m)

여기서는 설계해면이 1.8m, 소형선박이 이용하므로 여유높이 0.9m를 더한 2.7m로 정한다.

에이프런은 부두 배후에 화물의 하역작업을 위한 기중기 작업공간, 화물의 일시 보관 또는 임항 교통로 등에 사용되는 장소이다. 에이프런 폭은 계선안의 이용 형태, 헛간(상옥)이나 창고의 종류, 하역기계의 유무 및 종류, 임항 교통시설의 유무 및 규모를 고려하여 안전하고 원활하게 하역이 이루어지도록 결정하여야 하고 계획수심의 따라 일반적인 폭으로는 표 3.8을 기준으로 한다.

표 3.8 에이프런의 폭

계획수심(m)	에이프런 폭(m)
4.5 미만	10~20
4.5~7.5	15~25
7.5 이상	20~30

에이프런에는 횡단경사를 설치한다. 횡단경사는 강우강도나 배후의 이용상황 등을 충분히 고려하여 하역에 지장이 없도록 결정하여야 하며 일반적으로는 바다쪽으로 1~2% 경사지게 한다. 여기서는 에이프런 폭 10m, 경사를 2%로 정한다.

상재하중은 흙의 자중에 의한 하중을 제외한 지반 위에 가해지는 모든 형태의 하중을 말하며 보통 구조물전체의 안정계산을 할 때는 에이프런, 헛간, 창고 등 일 정구역에 대한 평균치를 사용한다. 여기서는 1.0톤/㎡로 정한다.

선박의 접안속도는 방충재의 형식과 형태를 정하기 위해 사용하는 것으로 0.5 ㎞로 하고 견인력은 3톤으로 정한다.

해상조건에는 조위와 잔류수위가 있다. 조위는 설계해면을 1.8m, 평균해면 0.9m를 사용한다. 한편 잔류수위는 벽체는 수밀성이 크고 벽체후면의 뒤채움재가 투수성이 나쁜 경우 전면의 수위보다 뒷면의 수위변화가 느려 통상 전면조위차의

1/3 ~ 2/3가 올라가게 된다. 잔류수위의 표준치(조치의 1/3)는 투수성이 장기간에 걸쳐 확보되는 경우의 것이고 처음부터 투수성이 좋지 않거나 장기간에 걸쳐 투수성의 저하가 예상되는 경우에는 큰 잔류수위차를 고려할 필요가 있다. 여기서는 표준치를 사용하여 0.6m로 정한다.

지반조건으로는 토질조사 결과에 의하여 지반의 종류, 전단정수(내부마찰각, 점착력 등), 성층상태 등을 정하게 된다. 흙의 내부마찰각은 시험결과치를 사용하는 것이 원칙으로 사질토의 내부마찰각은 30° ~ 40° 이며 여기서는 33° 로 정한다.

재료에는 기초사석재, 뒤택움재의 내부마찰각, 단위체적 중량 그리고 콘크리트와 해수의 단위체적 중량을 정하게 된다. 여기서 기초사석재와 뒤택움재의 내부마찰각은 40° 로 한다. 벽체마찰각은 어떤 구조형식의 경우라도 15° 로 하기 때문에 이를 사용한다. 단위체적 중량으로는 다음 값을 사용한다. 무근 콘크리트 : 2.3t/m³(공기중), 1.27t/m³(해수중), 뒤택움재와 사석: 1.8t/m³(공기중), 1.0t/m³(해수중), 흙 : 1.0t/m³(해수중), 해수 : 1.03t/m³

기타 사항으로 마찰계수, 안전율 등이 있으며 이는 설계기준서에 따라 마찰계수는 콘크리트블록과 콘크리트블록은 0.5 콘크리트블록과 사석은 0.6, 사석과 사석은 0.8로 정한다. 안전율은 활동의 경우 1.2이상, 전도는 1.2이상, 지반지지력은 2.5이상 그리고 편심경사하중은 1.0을 사용한다.

2. 구조물 제원의 가정

벽체제원의 가정에 있어서는 계획해역의 동형식 구조물의 실례단면 등을 참고하는 것이 좋다. 따라서 본 형식은 상단블록 저면에 있어서의 안정은 대체로 활동의 검토에 의해 정해지고 특히 최상단 블록의 저면에서의 활동에 대한 안전율이 특히 낮아지게 됨에 유의하여야 한다. 최하단 블록 저폭을 가정할 때는 다음 관계식에 의하여 구한 값을 표준으로 삼는다.

$$B = (0.4 \sim 0.6)H$$

여기서,

B : 최하단 블록의 저폭

H : 벽체의 전체 높이

위의 식을 이용하여 B 를 $0.58H$ 에 해당하는 3.6m 로 정한다. 그리고 벽체의 안정은 지반지지력의 검토에 의해 정해지므로 이를 검토 확인한다.

블록 한 개의 중량은 기중기의 인양능력, 작업반경 등을 고려하여 가정하며 블록의 층수는 가급적 작게 하는 것이 좋다. 최상단 블록의 마루높이는 작업이 용이하도록 하기 위해 평균해면 이상에 위치시키도록 한다. 그리고 최하단 블록의 저면은 전면 피복공의 마루면 보다 0.5m 정도 내린다. 따라서 벽체블록은 3단 쌓기로 하고 상단블록의 마루높이는 평균해면상의 1.0m 로 하고 상중 블록의 경계면은 $(-)0.6\text{m}$, 중하 블록의 경계면은 $(-)2.2\text{m}$, 또한 하단블록의 저면은 $(-)3.5\text{m}$ 로 정한다.

상부 콘크리트의 마루폭은 설계기준서를 참고하여 결정하며 소단면의 경우에는 0.5m 도 가능하나 1.0m 이상으로 하고 배면경사는 $1:0.5$ 정도가 좋다. 상부 콘크리트의 마루폭은 0.5m 로 하고 배후 경사는 $1:0.5$ 로 정하여 그 저폭은 1.35m 로 한다. 그리고 전면 피복의 두께는 0.5m 로 하고 기초사석의 두께는 1.0m 로 한다.

3. 프로그램에서 구조물 제원의 설정

중력식 안벽에 대한 안정검토를 위해 "quay.exe"라는 프로그램을 개발하였다. 우선 앞 절의 구조물 제원에 대한 프로그램의 내용을 설명하기로 한다. 프로그램을 실행하면 초기화면은 방파제 프로그램과 같이 파일읽기 창이 나타난다. 이 창에서 해당 "D:\STRUCTR\안벽\Q96New.dat" 파일을 읽기 위하여 "확인" 메뉴를 누르면 컴퓨터의 기억장치에 저장된다. 파일의 읽음이 끝나면 새로운 창이 나타나며 이 창의 제목은 "D:\STRUCTR\안벽\Q96New.dat" 파일명이 나타난다. 구조물좌표 창과 단면그림 창은 나란히 나타나게 되나 편의상 구조물좌표 창을 단면그림 창안으로 이동하여 나타낸 것이 그림 3.60이다. 구조물 좌표는 표로 나타내지며 여기에는 점의 좌표와 점 번호 그리고 선택란이 있다. 단면그림 창에는 여러 가지의 메뉴가 있으며 "확대축소", "좌표계산", "좌표저장", "설계조건" 그리고 "인쇄"가 주 메뉴가 된다. "인쇄"메뉴를 제외한 각 메뉴에는 하위 메뉴가 존재하며 처음 세 메뉴는 방파제 프로그램과 유사하기 때문에 반복 설명하지 않기로 한다.

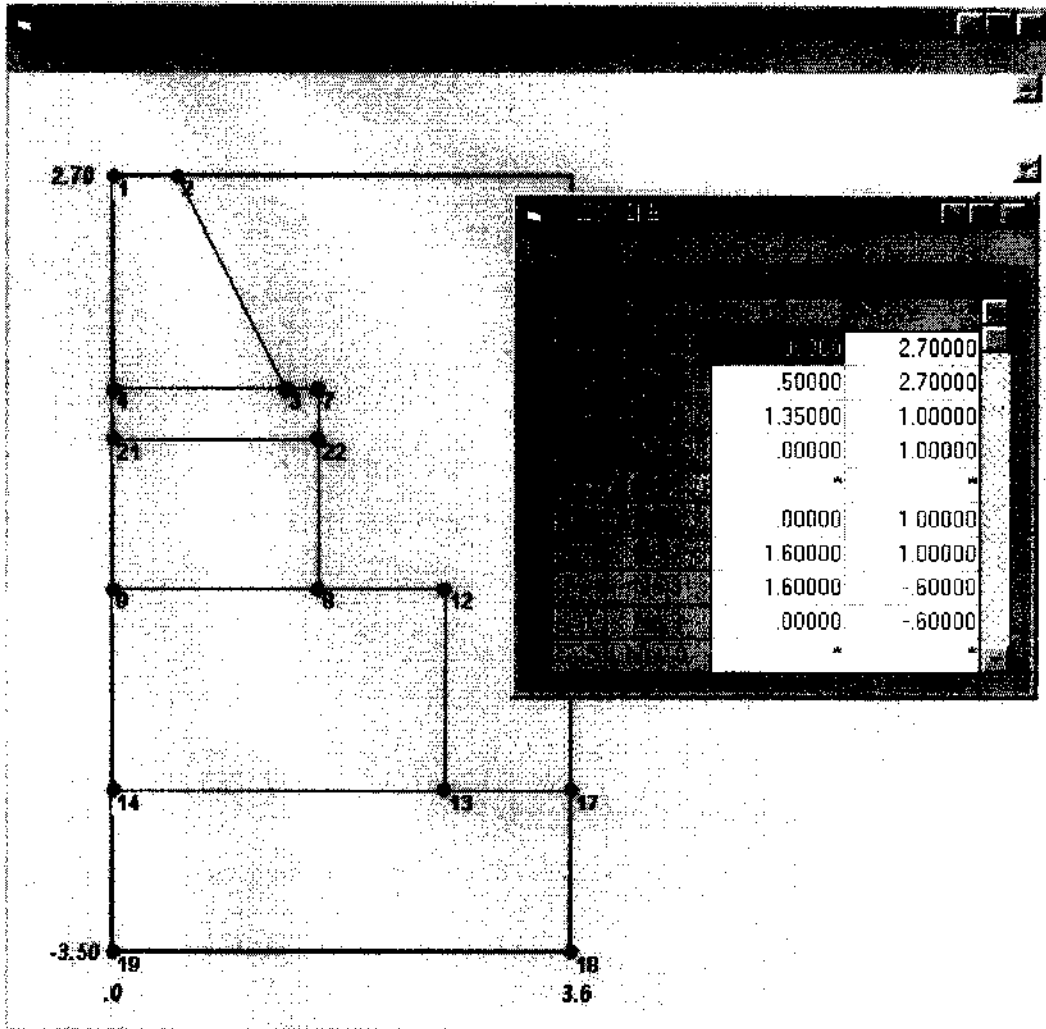


그림 3.60 중력식 안벽의 단면그림

“설계조건” 메뉴 아래에는 “해면자료”, “하중자료” 그리고 “검토면”의 메뉴가 있다. 이제 “해면자료” 메뉴를 선택하면 그림 3.61과 같은 해면자료 입력 창이 나타나게 된다. 여기에 위에서 정한 조건인 설계해면(HWL) 1.8m, 평균해면(MWL) 0.9m를 각각 입력하게 된다. 입력 창에는 기본수준면(LWL) 칸도 있으며 이 값은 0.0m의 초기 값을 가진다. 기본수준면은 항상 0.0m의 값을 가지므로 표시할 필요가 없을지도 모르나 사용자에게 기본수준면의 값을 다시 한번 주지시키기 위해 나타낸 것이다. 해당 값을 키보드를 통해 입력한 후 입력창의 “확인”메뉴를 누르면 입력창이 사라짐과 동시에 단면그림 창에 잔류수위면이 표시된다. 그림 3.61도 편의상 세 개의 창의 위치를 변경하여 한 그림안에 표시한 것이다.

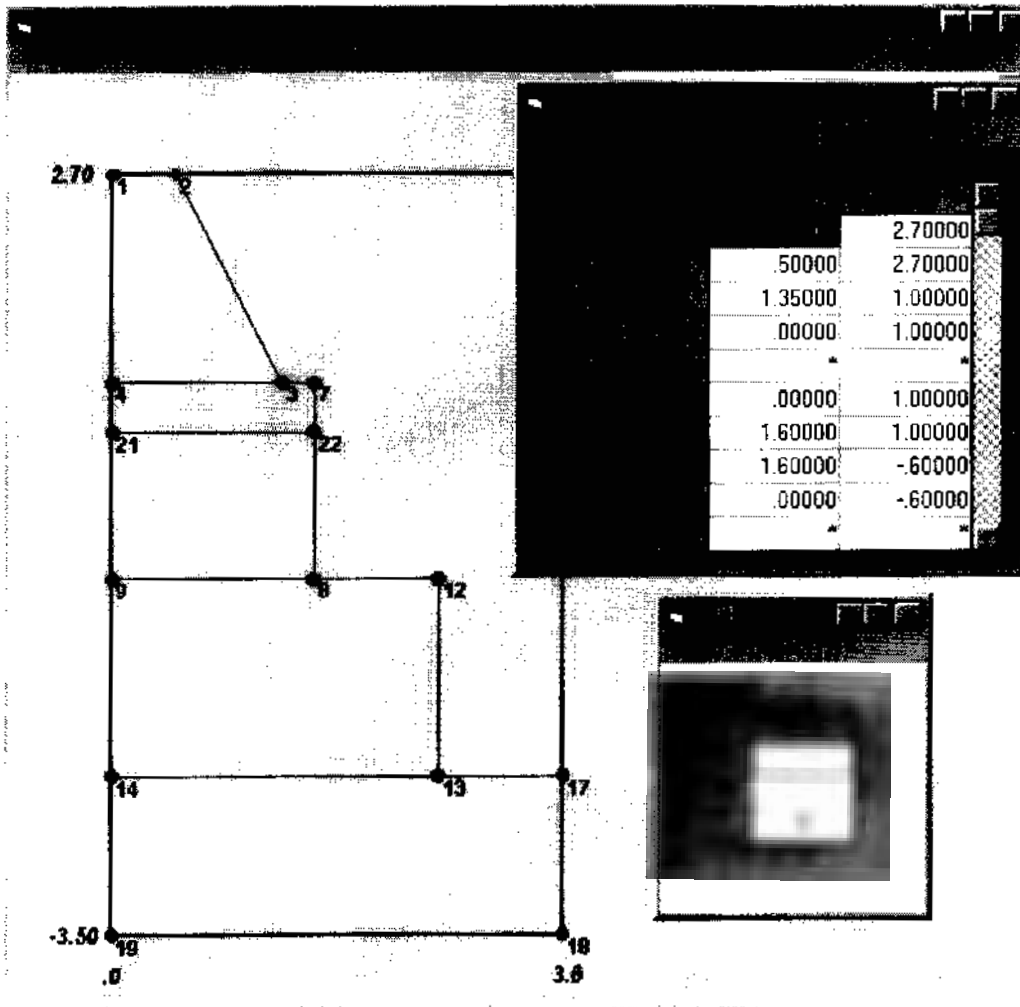


그림 3.61 해면자료 입력 창

잔류수위면은 설계조건에 결정에서 정한바와 같이 설계해면에서 기본수준면을 뺀 값에 1/3을 곱한 0.6을 내부에서 계산하여 나타내게 된다. 이제 단면그림에서 21번과 22번이 잔류수위 면상에 위치하게 되며 이는 부력이 잔류수위까지 작용하는 것으로 간주하게 되므로 벽체의 단위체적 중량을 계산할 때 수상과 수중에 따라 그 값이 달라지는 것을 고려한 것이다. 단면그림에서 블록은 세 개를 쌓고 상부 블록 위에는 상부 콘크리트를 타설하는 것을 보여주고 있다. 벽체의 제원은 앞에서 정한 바와 같이 벽체 저면은 (-) 3.5m, 마루높이는 (+) 2.7m 그리고 벽체 저면의 폭은 3.6m로 나타내어져 있다. 그리고 상부 콘크리트의 마루폭은 구조물 좌표창에서 2번의 x 좌표로부터 0.5m가 되며 상부 콘크리트의 저면 폭은 1.35m로 배면경사 1:0.5를 확인할 수 있다. 그림 3.62에 잔류수위가 표시된 단면그림을 나타내었다.

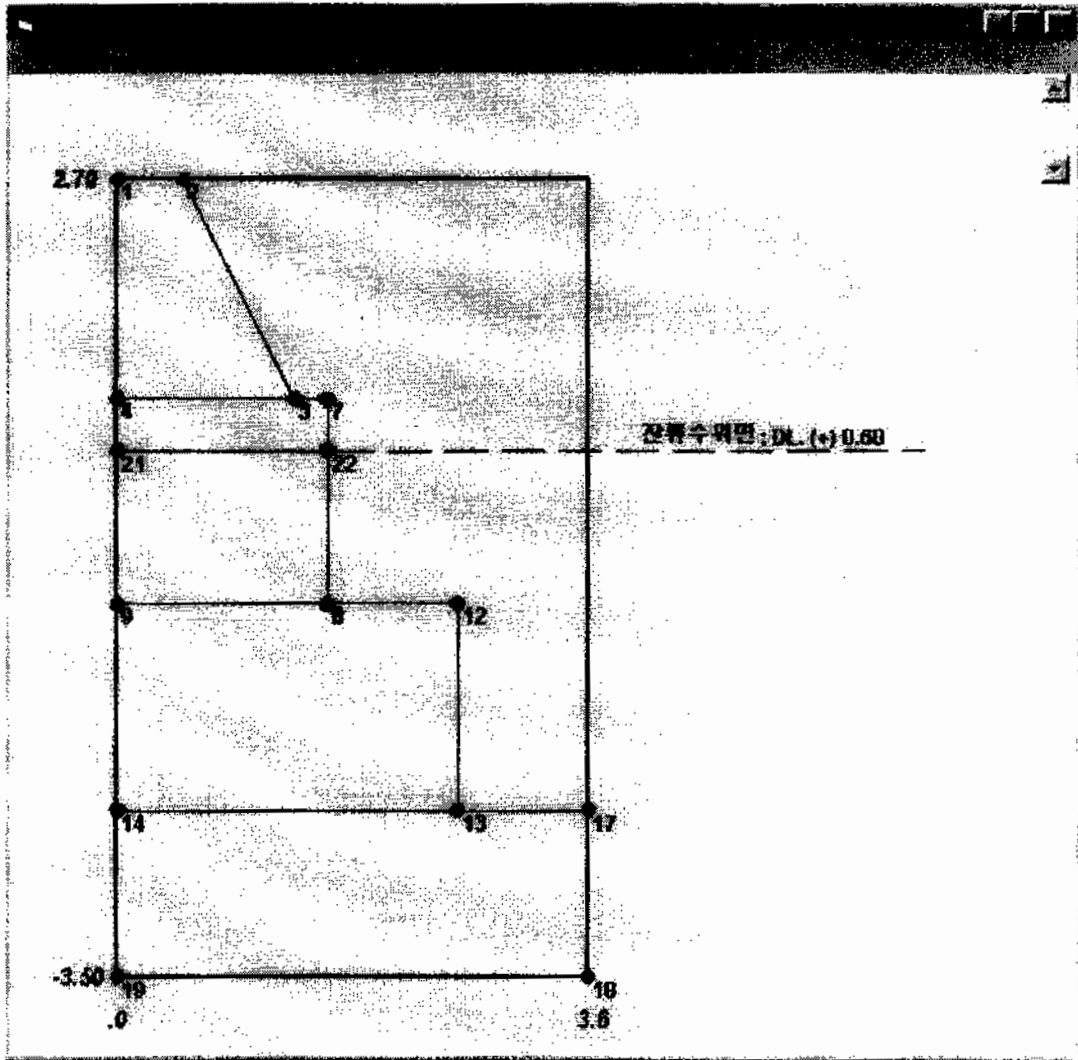


그림 3.62 잔류수위가 표시된 안벽의 단면그림

1.8	1.0
1.8	1.0
2.3	1.27
2.45	1.45
1.09	-

그림 3.63 안벽의 하중자료 입력창

이제 설계조건외 “하중자료” 메뉴를 선택하면 그림 3.63과 같은 입력창이 나타난다. 여기에 앞에서 정한 자료를 입력하고 “확인” 메뉴를 누르면 입력창이 사라지나 별도의 출력창은 나타나지 않는다.

4. 벽체의 중량 및 외력계산

벽체의 중량 및 중심점의 계산은 안정계산을 필요로 하는 각 블록의 저면마다 그 상부에 위치한 모든 블록의 중량 및 중심점을 구한다. 잔류수위면 이하의 부분의 단위체적 중량은 부력을 제한 값 즉 수중의 단위체적 중량을 사용한다. 벽체 배후에 외력의 작용면은 안정 검토면 상의 벽체 육지쪽 뒷 점에서 지표로 향하는 연직선을 그어 이 선보다 전면에 있는 뒤채움재도 벽체로 가상하여 검토한다.

토압은 일반적으로 常時에 대하여 구하고 수평분력과 연직력을 계산한다. 연직력은 가상벽면에 따라 연직으로 작용하는 것으로 하고 그 값은 수평분력에 $\tan 15^\circ$ 를 곱한다. 토압강도는 벽체의 마루, 상부 콘크리트 저면, 잔류수위면, 각 블록의 저면 및 토층이 변화하는 점에 대해서 구한다. 벽체 저면의 육지쪽 끝점에서 그은 연직선이 지표면과 이루는 교점에서 뒤채움재의 마찰각과 같은 경사각이 되도록 삼각형의 뒤채움 형식을 취하면 벽체 배후를 전부 뒤채움재로 매립하였을 때와 같은 토압으로 생각하여 토압의 감소효과가 있다.

잔류수압 강도는 잔류수위의 상승에 의해 정수압이 작용하는 것으로 한다. 즉 잔류수위에서 기본수준면까지 삼각형의 수압분포를 보이며 기본수준면 아래에서는 일정한 분포로 가정한다.

선박의 견인력은 계선주에 작용하는 수평력이다. 이 값은 통상 계선주 한 개에 작용하는 힘으로 표시되기 때문에 외력으로 계산할 경우에는 계선주의 배치간격으로 나눈 값이 된다.

프로그램에서 위에 언급한 벽체 중량 및 외력계산을 하기위해 프로그램으로 들어가 설명하기로 한다. “설계조건”의 마지막 메뉴 “검토면”을 누르면 그림 3.64와 같은 벽체 검토면의 입력창이 나타난다.

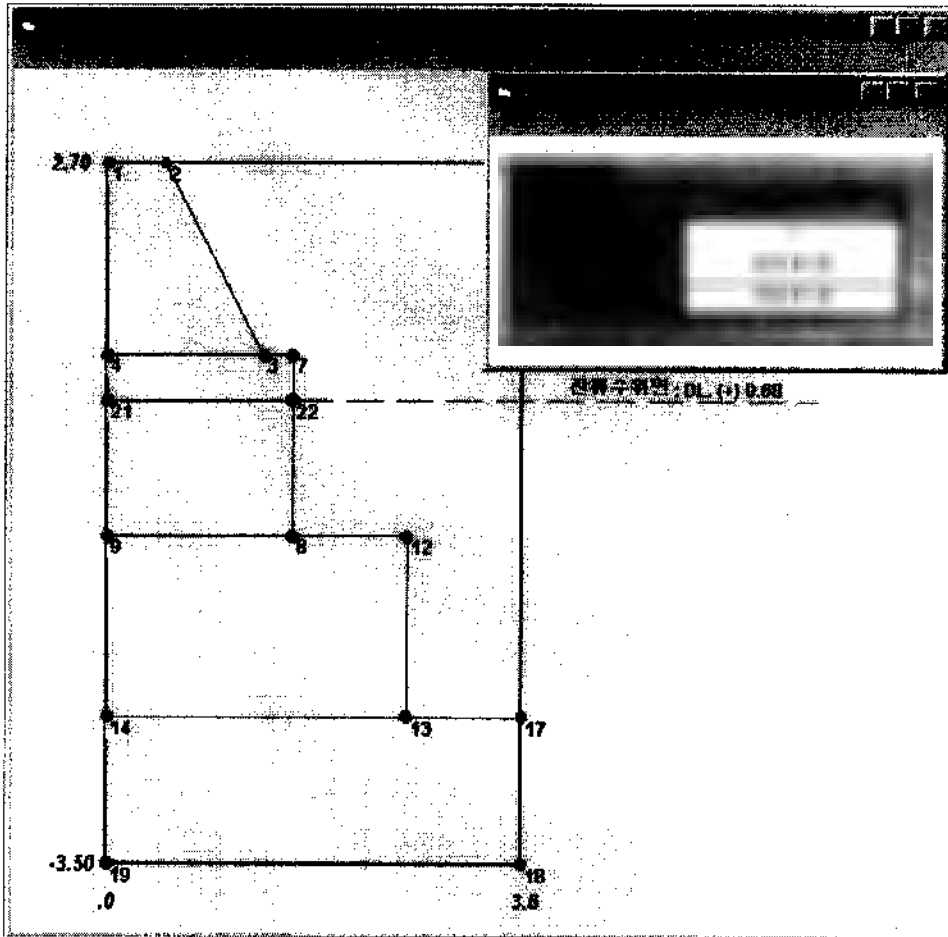


그림 3.64 벽체 검토면의 입력창

벽체 검토면의 입력창에는 상치 좌상단, 벽체의 좌하단 점들 그리고 우하단 점들을 입력할 수 있도록 되어있다. 상치 좌상단의 초기 값은 1로 정해졌으나 경우에 따라 바꿀 수 있다. 이 경우에는 1이 되며, 좌하단의 점들은 4, 9, 14, 19가 되며 반드시 번호사이에는 칸을 띄워야 한다. 그리고 우하단의 점들은 3, 8, 13, 18이 되며 이는 검토면 상에서 벽체의 우단을 나타내는 점으로 이 점에서 그은 연직선 전면에 속한 뒤채움재는 가상 벽체로 간주하여 계산하기 위한 것이다. 앞의 설명에서는 상부 콘크리트가 소규모이기 때문에 안정검토를 생략할 수도 있다고 하였으나 여기서는 이를 포함하여 계산하였다.

벽체 검토면의 입력창의 “확인” 메뉴를 선택하면 그림 3.65와 같은 벽체 검토면의 출력이 나타난다. 이 때 선택된 검토면 상의 점들의 색은 붉은색에서 밝은 하

늘색으로 바뀌고 검토면의 높이가 함께 나타나게 된다. 그리고 이 모든 자료가 올바른지를 확인하기 위한 메시지 창이 나타난다. 메시지 창의 “예” 단추를 선택하면 입력창이 사라지고 “설계조건”의 메뉴는 “안정계산” 메뉴로 바뀌어 단면그림 창에 나타나게 된다.

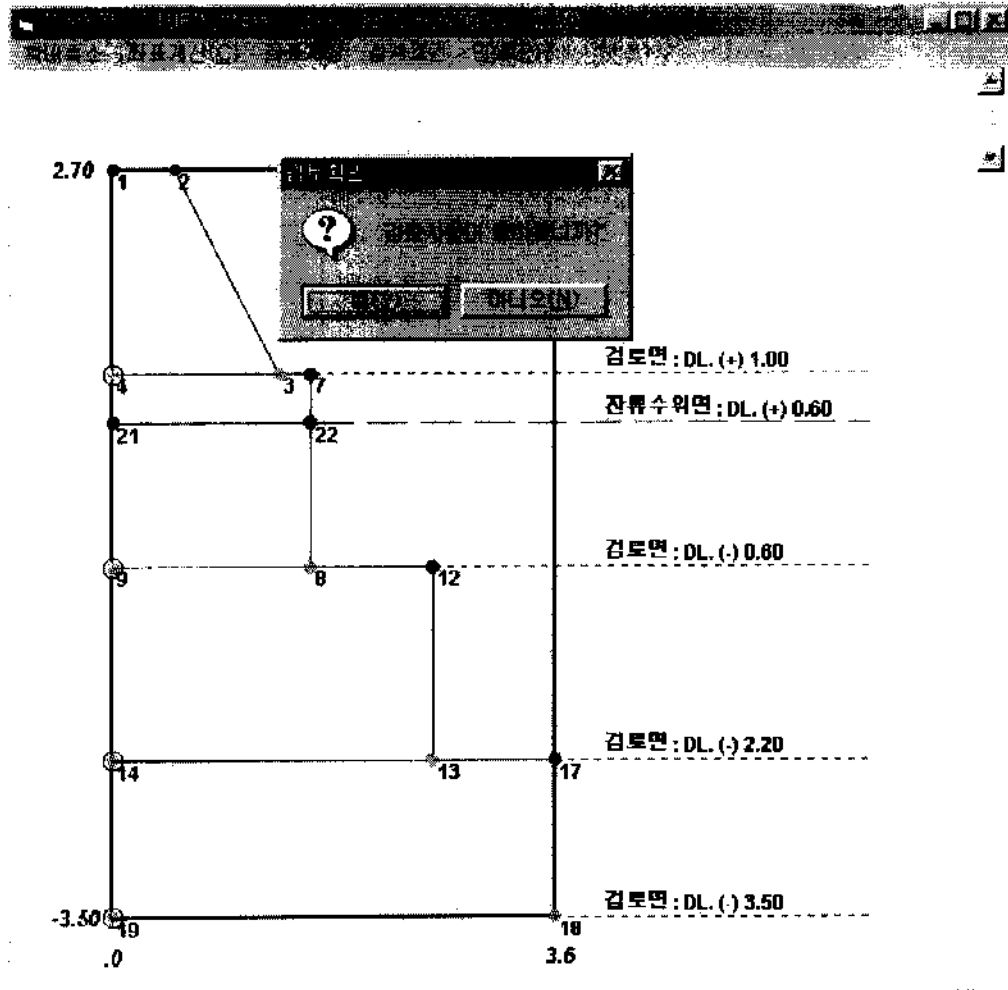


그림 3.65 벽체 검토면의 출력

“안정계산” 메뉴에는 “벽체”, “토압”, “잔류수압”, “건인력”, “안정검토” 그리고 “지반반력” 메뉴가 포함되며 “벽체” 메뉴 아래에는 “벽체별”, “재계산”, “검토면”의 차하위 메뉴가 있다. 벽체의 중량을 계산하기 위해서는 우선 구조물 좌표 창에서 중량을 계산하기 위한 점들을 선택하여야 한다. 이때 선택 점들은 벽체 내에서 인접한 점들의 순서대로 선택하면 된다. 구조물 좌표 창을 이용하여 점들을 선

택하는 이유는 일반적으로 벽체의 형태가 불규칙하기 때문에 이러한 방법을 사용하지 않으면 벽체 중량 및 모멘트를 계산할 수 없기 때문이다.

그림 3.66는 벽체중량을 계산하는 과정 중 최하단의 블록에 대한 계산을 나타낸다. 검토면 상의 좌단 점들은 모멘트 점으로 작용하기 때문에 이를 나타내기 위해 번호 주위에 파란색 ○가 표시되어 있다. 벽체를 구성하는 점을 선택한 후 “벽체별” 메뉴를 선택하면 중량, 모멘트, 무게중심점에 대한 계산이 이루어지며 단면 그림 창 우상단에 계산된 값이 표시된다. 그리고 벽체의 색깔이 회색으로 바뀌며 계산된 순번을 나타내는 번호가 괄호와 함께 표시된다. 그림에서는 마지막 벽체의 번호 16, 17, 18을 선택하고 19를 선택하기 직전의 상태를 보이면서 선택된 점들의 색은 붉은색에서 밝은 하늘색으로 바뀌어 선택된 것임을 알려준다.

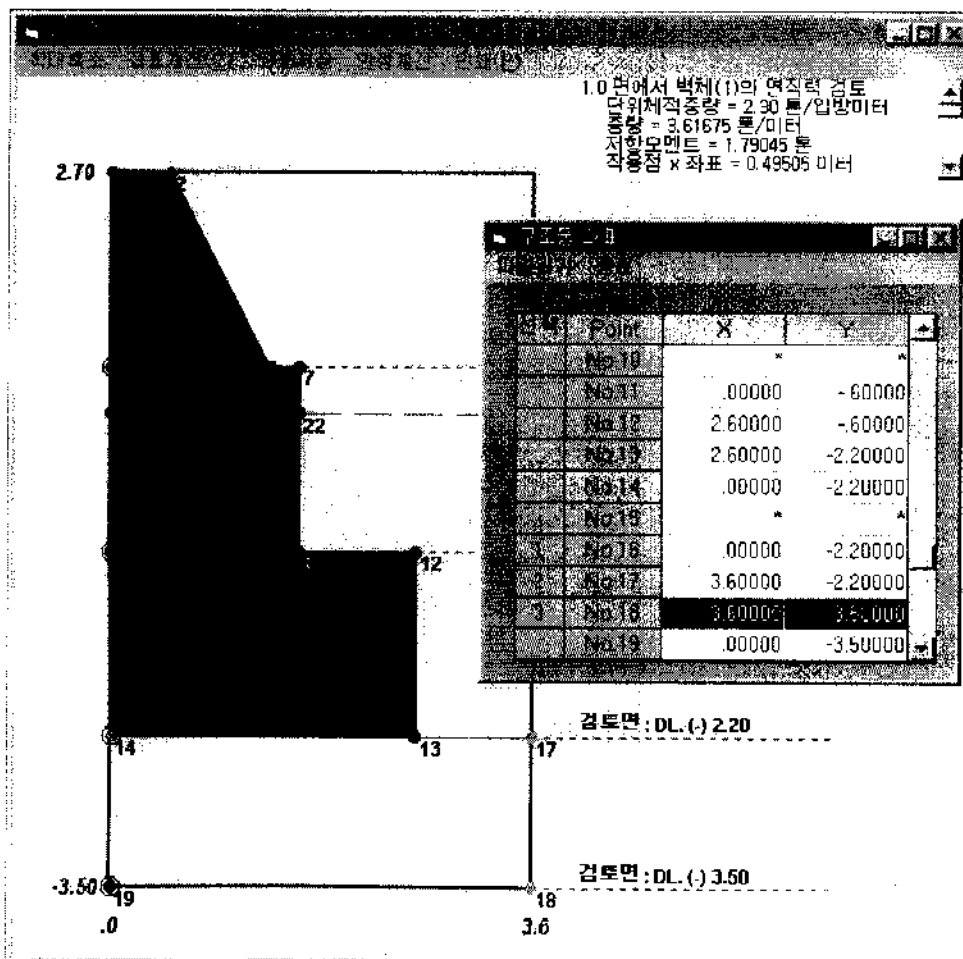


그림 3.66 벽체별 중량계산

벽체별 중량계산을 마치면 “벽체”의 차하위 메뉴 “검토면”을 선택하면 된다. 이때에는 그림 3.67과 같은 메시지 창이 나타나 사용자의 선택을 기다린다. 메시지 창의 “예” 단추를 선택하면 메시지 창과 구조물 좌표 창이 사라지고 가상벽체에 대한 중량 및 모멘트 계산이 행해진다.

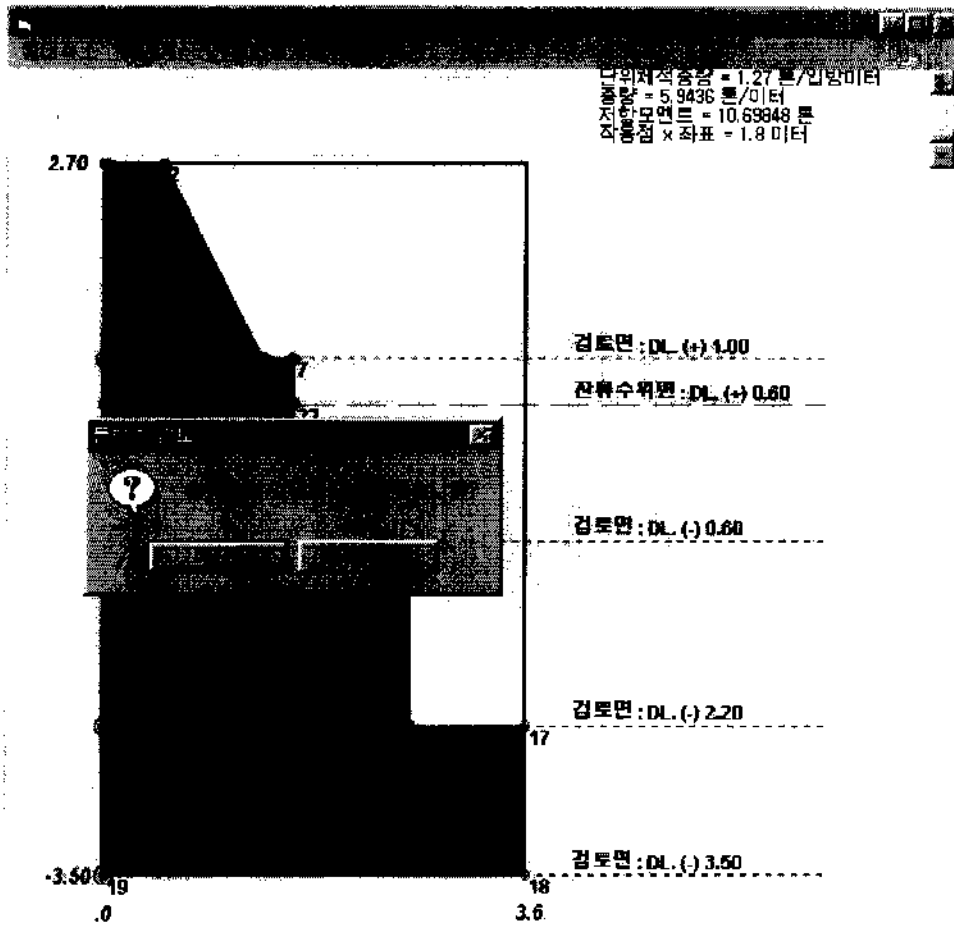


그림 3.67 검토면에서 중량계산

그림 3.68은 벽체의 검토면에서 중량계산 및 모멘트 계산을 한 결과를 나타낸다. 우상단의 칸에는 계산된 내용이 나타나며 스크롤 바를 이용하면 계산된 내용을 볼 수 있게 된다. 그리고 검토면에서 계산이 끝났기 때문에 “벽체” 메뉴는 비활성화 되어 이후에는 선택할 수 없게 된다. 그리고 가상벽체는 통상 사색으로 이루어져 있기 때문에 이를 나타내는 색은 주황색으로 표시하였으며 벽체마다 순번의 번호가 나타나 있다.

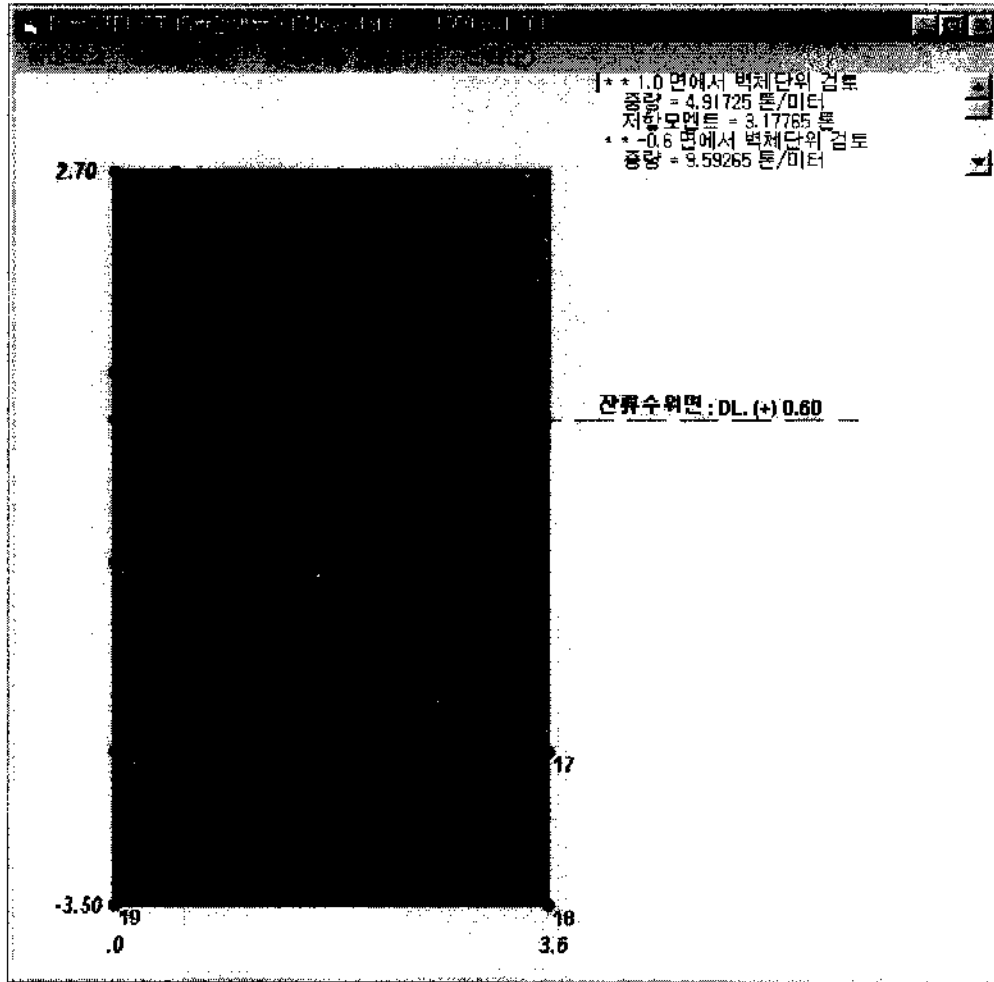


그림 3.68 검토면에서 중량계산 결과

다음에는 토압을 계산하게 된다. 이를 위해 "안정계산" 메뉴의 하위메뉴 "토압"을 선택하면 그림 3.69와 같은 토압계산의 입력 창이 나타난다. 토압강도는 벽체의 마루, 상부 콘크리트 저면, 잔류수위면에서 이루어지는데 이는 프로그램 내부에서 알아 계산하게 된다. 우선 입력 창에는 지표면의 경사율, 상재하중을 입력하여야 하며 경사율은 앞에서 정한 1:50으로 50만 입력한다. 만일 경사가 없이 지표면이 평탄하면 0을 입력하면 된다. 상재하중은 이미 결정한 1을 사용하고 입력 창의 "확인" 메뉴를 선택하면 토압강도, 토압, 수평력과 연직력 그리고 상응하는 모멘트가 계산되며 "토압" 메뉴는 비활성화 되어 이후에는 사용할 수 없게 된다. 계산된 결과는 단면그림 창의 우상단에 역시 나타나게 된다.

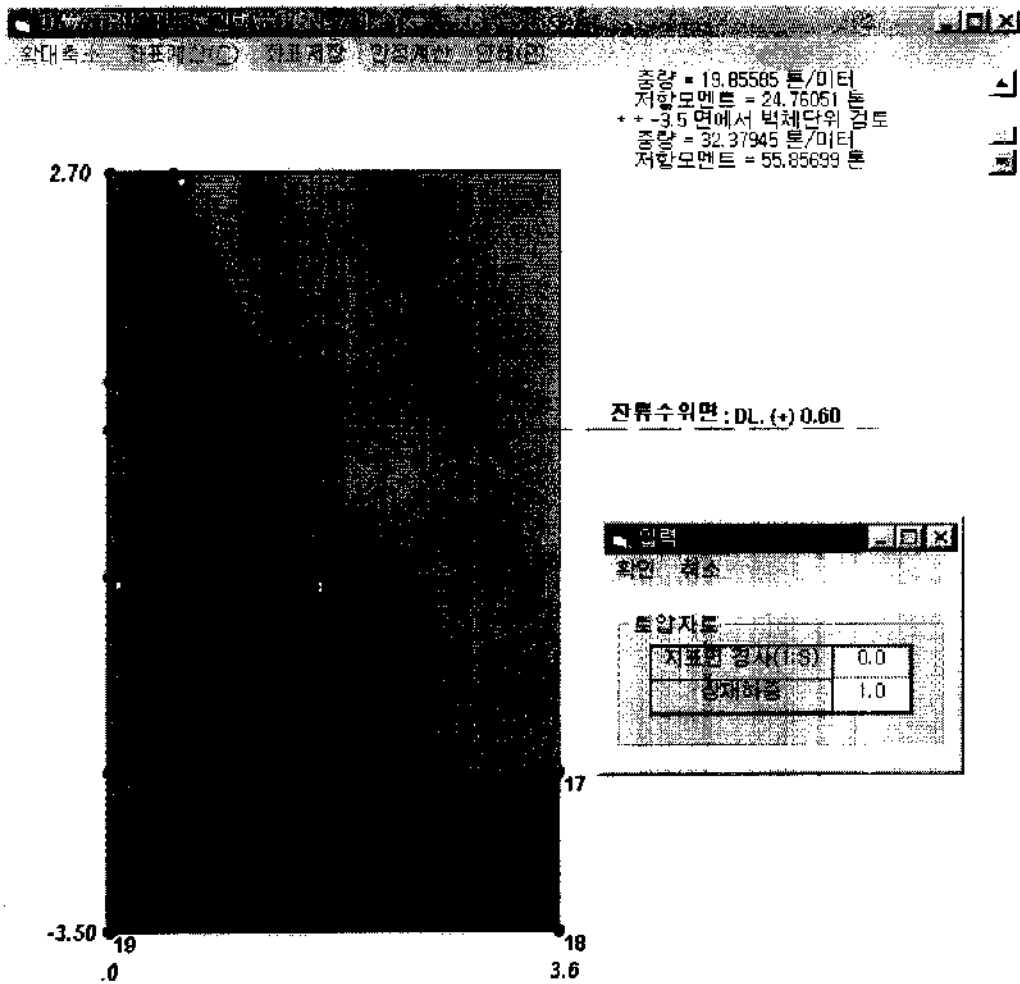


그림 3.69 토압계산의 입력창

토압계산 후에 잔류수압을 계산하며 잔류수압은 별도의 입력 창이 존재하지 않는다. 이는 잔류수위는 “해면자료” 메뉴에서 계산하고 기본수준면은 동 메뉴의 값을 사용하기 때문이다. “잔류수압” 메뉴를 선택하면 계산이 되고 이 메뉴는 비활성화되어 이후 사용할 수 없다.

선박의 견인력을 계산하기 위해서 “견인력” 메뉴를 선택하면 그림 3.70과 같은 입력 창이 나타난다. 이 창에는 선박 견인력, 계선주 간격, 계선주의 높이를 나타내는 칸이 있으며 선박 견인력을 3, 계선주 간격에는 5 그리고 계선주 수하상은 0.2를 입력하고 “확인” 메뉴를 선택하면 선박 견인력과 모멘트가 계산된다. 그리고 계산 후 이 메뉴는 비활성화 된다.

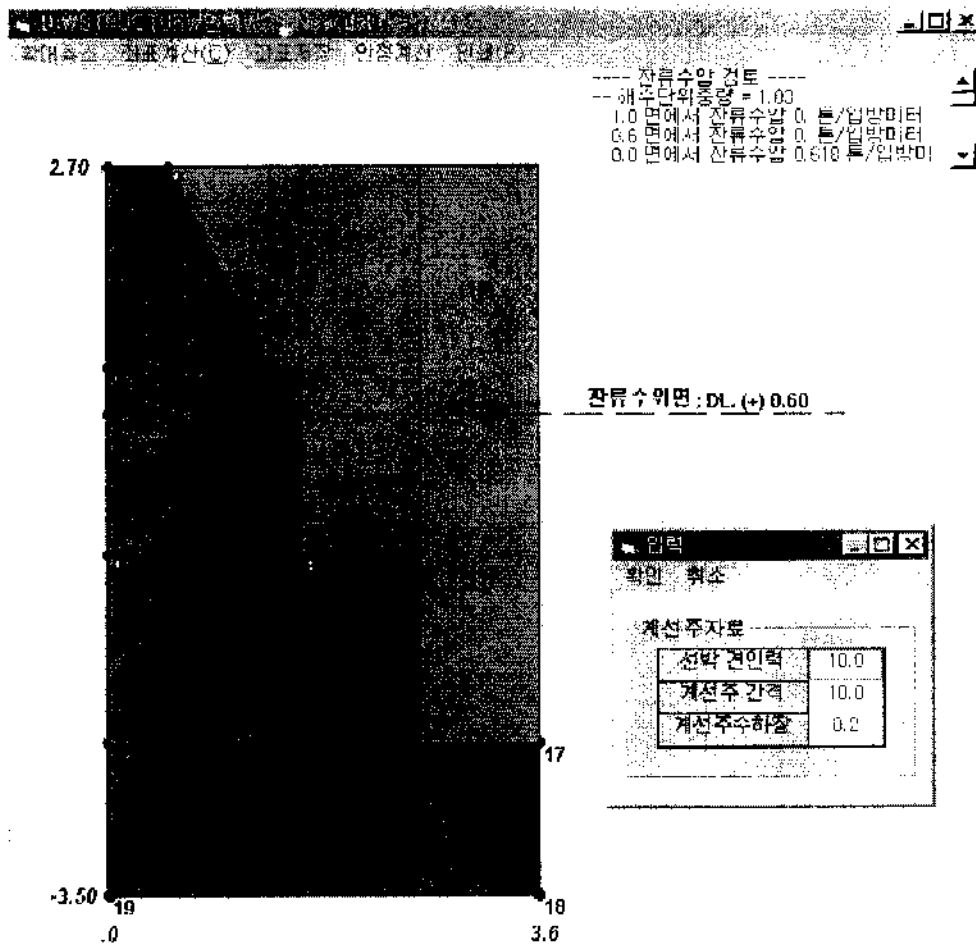


그림 3.70 선박 견인력 계산의 입력창

이로써 벽체의 안정검토를 위한 각 항목별 계산이 끝나게 된다. 지금까지 계산된 내용은 프로그램 내에 저장되어 안정검토 및 지반반력의 계산에 이용된다.

5. 벽체의 안정계산

안정계산은 일반적으로 각 블록의 저면에 대하여 검토하는 것으로 한다. 상부 콘크리트 저면에서는 그 마루폭이 0.5m 이상 그리고 배후경사가 1:0.5 이상의 경우에는 생략할 수 있다. 활동에 대한 검토에 사용하는 전 연직력은 부력을 고려한 벽체중량에 가상벽면에 작용하는 연직분력의 힘으로 나타낸다. 한편 수평력은 상재하중을 재하한 상태에서 가상벽면에 작용하는 상시 토압력의 수평분력, 잔류수입 그리고 선박 견인력을 합한 값을 사용한다.

전도에 대한 검토는 검토면 상의 블록 바다쪽 시점을 모멘트 계산점으로 생각하며 검토면에 여러개의 블록이 있는 경우에는 바다쪽 블록 한 개에 얹힌 블록들의 최후단에서 그은 연직선보다 앞 부분의 뒤채움은 벽체로 간주한다. 전 저항모멘트는 검토면 위의 벽체들의 전 연직력에 이에 상응하는 중심점의 모멘트 거리를 곱해 계산한다. 한편 전 전도모멘트는 검토면 위의 벽체들의 전 수평력에 이에 상응하는 중심점의 모멘트 거리를 곱해 계산한다.

지반지지력은 벽체저면에서의 지반반력, 기초사석 저면에서의 지반반력 및 기초지반의 허용지지력을 구한다. 또한 기준서에 의한 편심경사 하중도 검토한다. 지반이 점토질의 경우에는 원호활동을 검토하고, 재래지반 상에 사석으로 기초를 설정한 경우에는 직선활동을 검토한다.

활동 및 전도에 대한 안정계산의 계산값이 허용 안전율보다 작은 경우에는 블록의 저폭을 넓힌다. 편심경사 하중에 대한 안전율이 부족할 경우에도 벽체 저폭을 넓힌다. 기초사석 저면에서 지반지지력의 안전율이 부족할 경우에는 벽체저면을 넓히든지 또는 기초사석의 층 두께를 증가시킨다. 그리고 직선활동의 안전율이 부족할 경우에는 사석 마운드의 어깨폭을 넓힌다.

프로그램을 이용한 안정검토를 행하기 위해 “안정검토” 메뉴를 선택하면 그림 3.71과 같은 입력창이 나타난다.

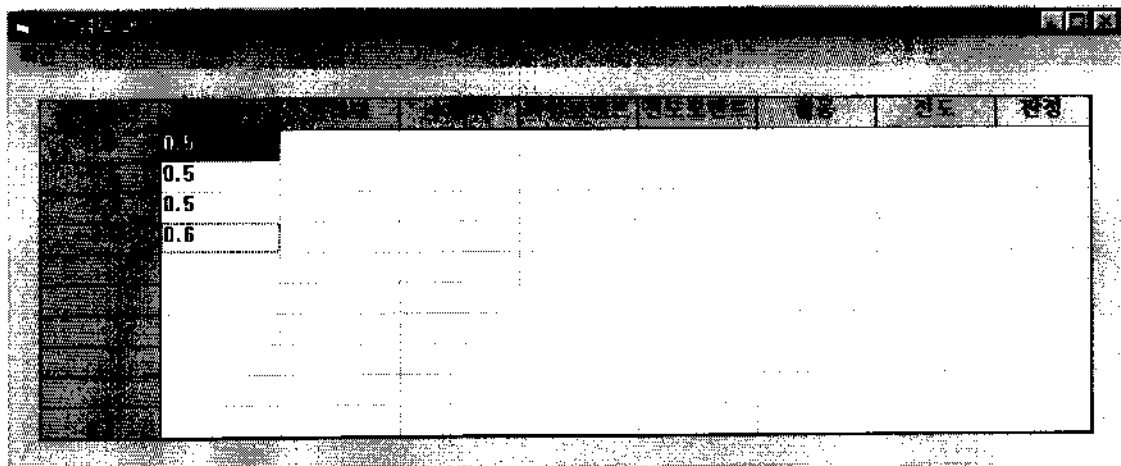


그림 3.71 안정검토의 입력창

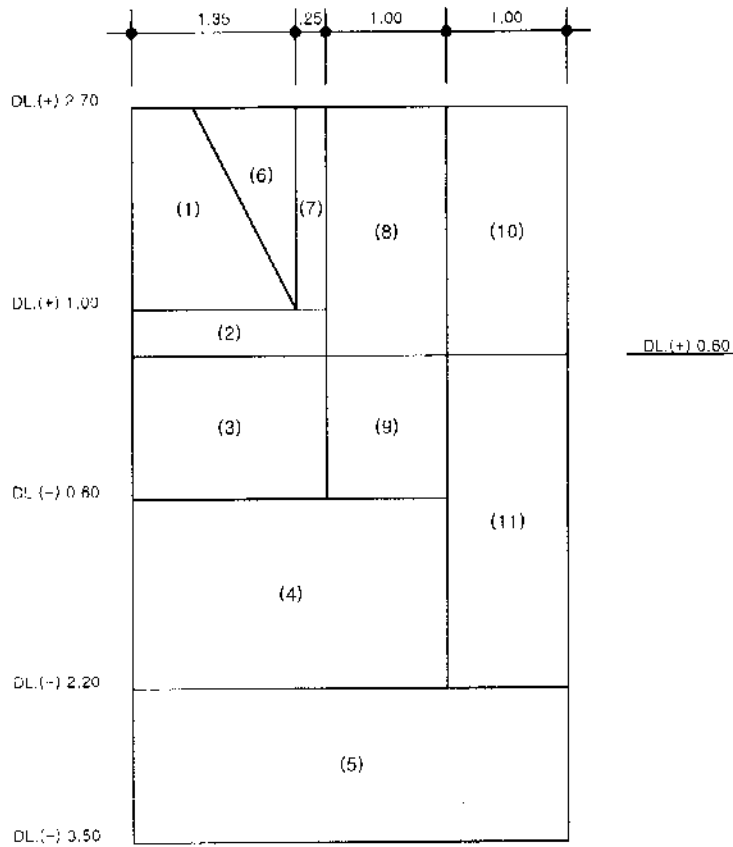
안정검토의 입력 창은 검토면에서의 마찰계수를 입력하기 위한 것으로 초기 설정값이 주어져 있으며 마지막 블록은 콘크리트와 사석이므로 0.6이 되나 그 위의 블록은 콘크리트와 콘크리트이므로 0.5의 값을 갖게 된다. 입력 창의 “확인” 메뉴를 선택하면 검토면에서 계산이 이루어지며 “안정검토” 메뉴가 비활성화 되고 메시지 창이 나타나 안정검토 결과의 출력물 매수를 묻게 된다. 매수를 입력하고 “확인” 단추를 누르면 그림 3.72와 같은 출력 창이 나타나며 결과물은 프린터에서 출력된다.

입력값	활동	전도	합계				
0.5	5.14337	1.44389	3.48292	1.71272	1.78108	2.03355	적합
0.5	10.25112	3.61365	8.4879	5.49802	1.41839	1.54381	적합
0.5	21.08461	6.73081	27.95529	13.70661	1.56628	2.03955	적합
0.6	34.17067	9.63333	62.30538	24.30738	2.12828	2.56323	적합

그림 3.72 안정검토의 출력창

출력 창에는 연직력과 수평력, 이에 상응하는 모멘트, 활동 및 전도의 계산 값이 나타나며 이 값들은 각 검토면에서 계산된 값이다. 그리고 주어진 안전율과 비교하여 적합 여부를 나타내는 난이 있어 사용자가 안정검토 결과를 판정하기 쉽게 되어 있다.

프린터의 출력물은 화면의 출력창과 다른 형태를 보이며 벽체를 구분한 단면과 벽체 활동 및 전도에 대한 안정검토 결과로 이루어진다. 이 출력물은 그래픽으로 이루어져 프로그램의 결과를 도면의 전산화로 이어질 수 있게 된다. 보다 전문적인 도면을 작성하기 위해서는 도면작성용 프로그램 예를 들면 Auto Cad 프로그램이 있을 수 있는 파일로 만드는 것이 필요하다. 그림 3.73은 프린터에 인쇄된 출력을 나타낸다.



벽체활동 및 벽체전도에 대한 안정검토

DL.(+) 1.00m면에서 마찰계수 = 0.5
 연직력 = 5.14337 톤/미터 : 수평력 = 1.44389 톤/미터
 전도모멘트 = 1.71272 톤 : 저항모멘트 = 3.48292 톤
 활동 = 1.781 > 1.2 이므로 적합 : 전도 = 2.034 > 1.2 이므로 적합

DL.(-) 0.60m면에서 마찰계수 = 0.5
 연직력 = 10.25112 톤/미터 : 수평력 = 3.61365 톤/미터
 전도모멘트 = 5.49802 톤 : 저항모멘트 = 8.4879 톤
 활동 = 1.418 > 1.2 이므로 적합 : 전도 = 1.544 > 1.2 이므로 적합

DL.(-) 2.20m면에서 마찰계수 = 0.5
 연직력 = 21.08461 톤/미터 : 수평력 = 6.73081 톤/미터
 전도모멘트 = 13.70661 톤 : 저항모멘트 = 27.95529 톤
 활동 = 1.566 > 1.2 이므로 적합 : 전도 = 2.04 > 1.2 이므로 적합

DL.(-) 3.50m면에서 마찰계수 = 0.6
 연직력 = 34.17067 톤/미터 : 수평력 = 9.63333 톤/미터
 전도모멘트 = 24.30738 톤 : 저항모멘트 = 62.30538 톤
 활동 = 2.128 > 1.2 이므로 적합 : 전도 = 2.563 > 1.2 이므로 적합

그림 3.73 프린터의 안정검토의 출력물

마지막으로 “지반반력” 메뉴를 선택하여 지반반력과 편심경사 하중을 검토하게 된다. 이 메뉴를 선택하면 그림 3.74와 같은 입력 창이 나타나며 기초사석층의 두께를 1로, 피복토의 근입깊이는 1, 사석 내부마찰각은 33°, 지반의 형상계수는 0.5를 입력하고 “확인” 메뉴를 선택하면 편심하중 경사각의 Tan 값이 계산되어 입력 창에 나타내지고 지지력 계수의 입력을 기다린다. 여기에 27을 입력한 후 “확인” 단추를 선택하면 지반반력의 모든 계산이 이루어진다. 계산된 내용은 단면그림 창 우상단에 나타날 뿐 아니라 프린터에 계산결과 및 지반반력도 함께 출력된다. 프린터 출력물은 그림 3.75에 나타내었으며 지금까지 계산된 모든 내용은 프로그램이 별도의 파일 “quayout.hwp”에 저장하게 되며 이를 그림 3.75 뒤에 나타내었다.

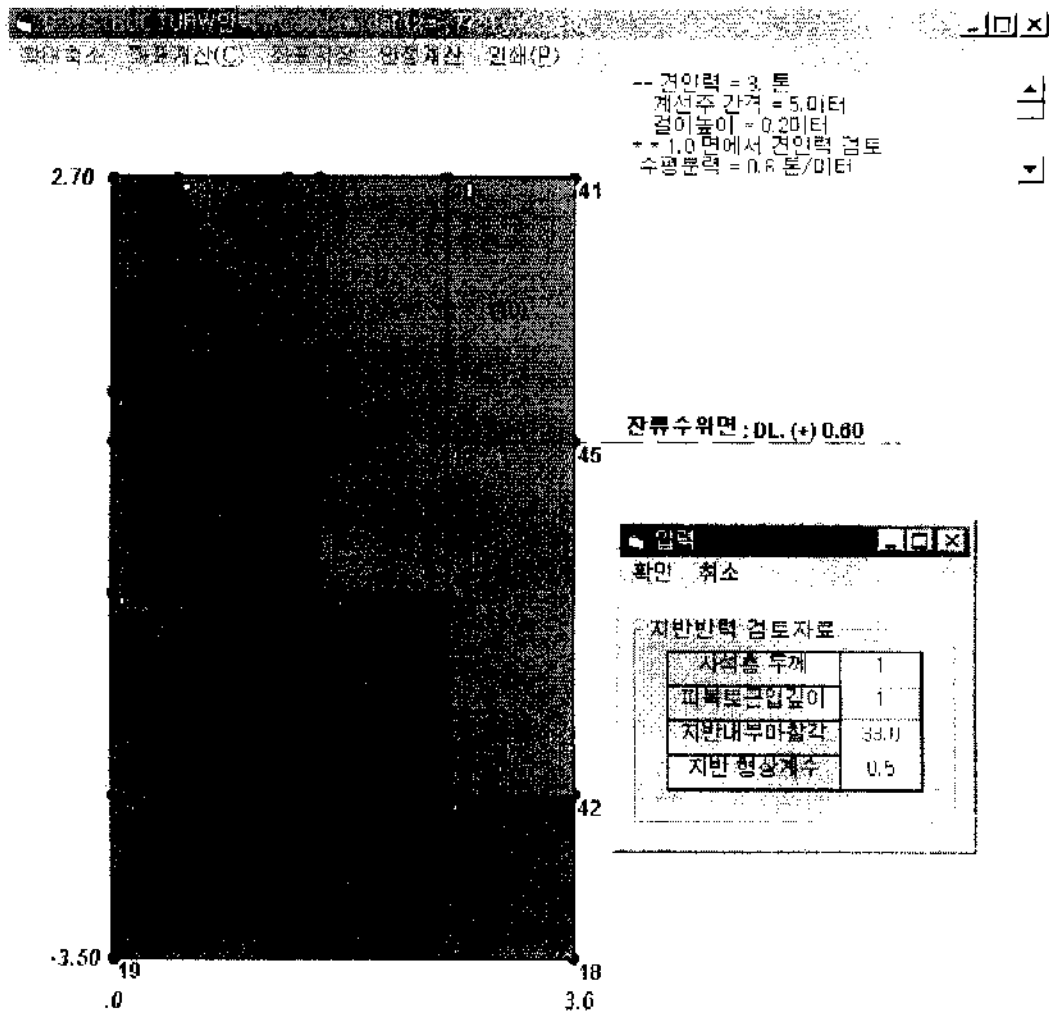
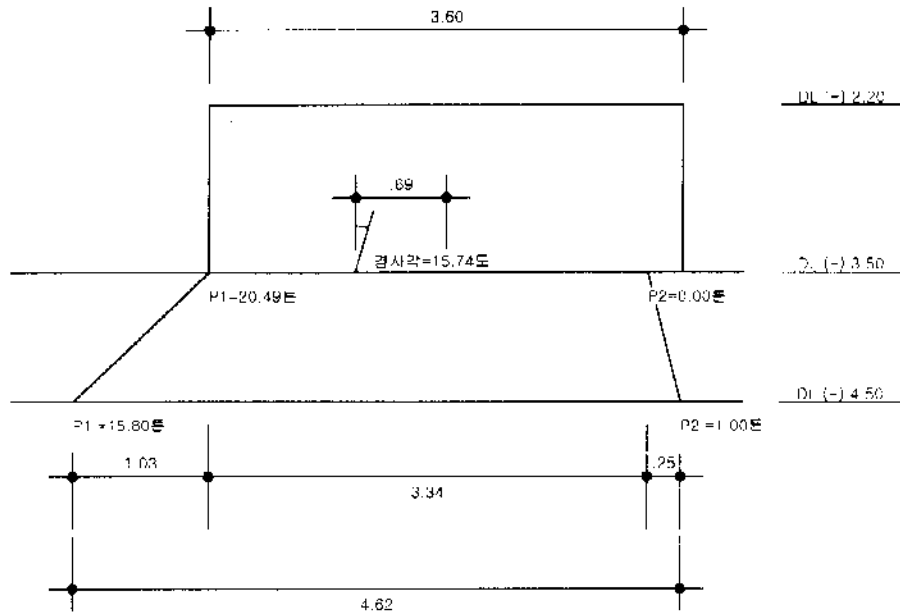


그림 3.74 지반반력 계산 입력창



기초사석지면에서의 지반반력검토

- * * 벽체 지면에서 지반반력 계산
 - 합력 작용방향 = 15.744도
 - 편심량 = 0.688m
 - 최대반력(P1) = 20.486톤/평방미터
 - 최소반력(P2) = 0.톤/평방미터
- * 편심 경사하중에 대한 검토
 - 한계지지력 = 48.6톤/평방미터
 - 안전율 = 5.12 > 1.0이므로 적합
- * * 기초사석 지면에서 지반반력 계산
 - 최대반력(P1) = 15.804톤/평방미터
 - 최소반력(P2) = 1.톤/평방미터
 - 허용지지력 = 24.296톤/평방미터 > 15.804톤/평방미터

그림 3.75 프린터의 지반반력의 출력물

프로그램의 계산내역

- * 1.0 면에서 벽체번호(1)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 2.30 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 3.61675 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 1.79045 톤
 - 작용심 x 좌표 = 0.49505 미터
- * 0.6 면에서 벽체번호(2)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 2.30 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 1.472 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 1.1776 톤
 - 작용점 x 좌표 = 0.8 미터
- * -0.6 면에서 벽체번호(3)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.27 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 2.4384 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 1.95072 톤
 - 작용심 x 좌표 = 0.8 미터
- * -2.2 면에서 벽체번호(4)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.27 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 5.2832 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 6.86816 톤
 - 작용심 x 좌표 = 1.3 미터
- * -3.5 면에서 벽체번호(5)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.27 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 5.9436 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 10.69848 톤
 - 작용심 x 좌표 = 1.8 미터
- * 1.0 면에서 벽체번호(6)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.80 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 1.3005 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 1.3872 톤
 - 작용점 x 좌표 = 1.06667 미터
- * 1.0 면에서 벽체번호(7)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.80 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 0.765 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 1.12837 톤
 - 작용점 x 좌표 = 1.475 미터
- * 0.6 면에서 벽체번호(8)의 연직력 검토

- 벽체 단위체적중량 = 1.80 톤/입방미터
- 벽체 중량 = 3.78 톤/미터
- 벽체 저항모멘트 = 7.938 톤
- 작용점 x 좌표 = 2.1 미터
- * -0.6 면에서 벽체번호(9)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.00 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 1.2 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 2.52 톤
 - 작용점 x 좌표 = 2.1 미터
- * 0.6 면에서 벽체번호(10)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.80 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 3.78 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 11.718 톤
 - 작용점 x 좌표 = 3.1 미터
- * -2.2 면에서 벽체번호(11)의 연직력 검토
 - 벽체 단위체적중량 = 1.00 톤/입방미터
 - 벽체 중량 = 2.8 톤/미터
 - 벽체 저항모멘트 = 8.68 톤
 - 작용점 x 좌표 = 3.1 미터
- * * 1.0 면에서 벽체단위 검토
 - 벽체중량 = 4.91725 톤/미터
 - 벽체저항모멘트 = 3.17765 톤
- * * -0.6 면에서 벽체단위 검토
 - 벽체중량 = 9.50265 톤/미터
 - 벽체저항모멘트 = 7.43435 톤
- * * -2.2 면에서 벽체단위 검토
 - 벽체중량 = 19.85585 톤/미터
 - 벽체저항모멘트 = 24.76051 톤
- * * -3.5 면에서 벽체단위 검토
 - 벽체중량 = 32.37945 톤/미터
 - 벽체저항모멘트 = 55.85699 톤

*** 토압검토 ***

- 토압계수 = 0.19619
- 지표면 각 = 1.14576도
- 상재하중 = 1.톤/입방미터
- 2.7 면에서 토압 0.196 톤/입방미터
- 1.0 면에서 토압 0.797 톤/입방미터
- 0.6 면에서 토압 0.938 톤/입방미터
- 0.6 면에서 토압 1.173 톤/입방미터
- 2.2 면에서 토압 1.487 톤/입방미터

- 3.5 면에서 토압 1.742 톤/입방미터
- * * 1.0 면에서 토압수평력 계산
 - 토압 수평분력 = 0.84389 톤/미터
 - 토압수평모멘트 = 0.57272 톤
- * * -0.6 면에서 토압수평력 계산
 - 토압 수평분력 = 2.45745 톤/미터
 - 토압수평모멘트 = 3.13846 톤
- * * -2.2 면에서 토압수평력 계산
 - 토압 수평분력 = 4.58581 톤/미터
 - 토압수평모멘트 = 8.70609 톤
- * * -3.5 면에서 토압수평력 계산
 - 토압 수평분력 = 6.68493 톤/미터
 - 토압수평모멘트 = 15.99615 톤
- * * 1.0 면에서 토압연직력 계산
 - 토압 연직분력 = 0.22612 톤/미터
 - 토압연직모멘트 = 0.30526 톤
- * * -0.6 면에서 토압연직력 계산
 - 토압 연직분력 = 0.65847 톤/미터
 - 토압연직모멘트 = 1.05355 톤
- * * -2.2 면에서 토압연직력 계산
 - 토압 연직분력 = 1.22876 톤/미터
 - 토압연직모멘트 = 3.19479 톤
- * * -3.5 면에서 토압연직력 계산
 - 토압 연직분력 = 1.79122 톤/미터
 - 토압연직모멘트 = 6.4484 톤

* * * * 잔류수압 검토 * * * *

-- 해수단위중량 = 1.03

- 1.0 면에서 잔류수압 0. 톤/입방미터
- 0.6 면에서 잔류수압 0. 톤/입방미터
- 0.0 면에서 잔류수압 0.618 톤/입방미터
- 0.6 면에서 잔류수압 0.618 톤/입방미터
- 2.2 면에서 잔류수압 0.618 톤/입방미터
- 3.5 면에서 잔류수압 0.618 톤/입방미터
- * * 1.0 면에서 잔류수압력 계산
 - 잔류수압 수평분력 = 0. 톤/미터
 - 잔류수압 모멘트 = 0. 톤
- * * -0.6 면에서 잔류수압력 계산
 - 잔류수압 수평분력 = 0.5562 톤/미터
 - 잔류수압 모멘트 = 0.25956 톤
- * * -2.2 면에서 잔류수압력 계산

- 잔류수압 수평분력 = 1.545 톤/미터
 잔류수압 모멘트 = 1.94052 톤
- * * -3.5 면에서 잔류수압력 계산
 잔류수압 수평분력 = 2.3484 톤/미터
 잔류수압 모멘트 = 4.47123 톤
- * * * * 견인력 검토 * * * *
- 견인력 = 3. 톤
 개선주 간격 = 5.미터
 결이높이 = 0.2미터
- * * 1.0 면에서 견인력 검토
 견인력 수평분력 = 0.6 톤/미터
 견인력 모멘트 = 1.14 톤
- * * -0.6 면에서 견인력 검토
 견인력 수평분력 = 0.6 톤/미터
 견인력 모멘트 = 2.1 톤
- * * 2.2 면에서 견인력 검토
 견인력 수평분력 = 0.6 톤/미터
 견인력 모멘트 = 3.06 톤
- * * -3.5 면에서 견인력 검토
 견인력 수평분력 = 0.6 톤/미터
 견인력 모멘트 = 3.84 톤
- * * * * 안정검토 * * * *
- * * 1.0 면에서 안정검토
 마찰계수 = 0.5
 연직력 = 5.14337 톤/미터
 수평력 = 1.44389 톤/미터
 전도모멘트 = 1.71272 톤
 저항모멘트 = 3.48292 톤
 활동 = 1.781 > 1.2 이므로 적합 :
 전도 = 2.034 > 1.2 이므로 적합 :
- * * -0.6 면에서 안정검토
 마찰계수 = 0.5
 연직력 = 10.25112 톤/미터
 수평력 = 3.61365 톤/미터
 전도모멘트 = 5.49802 톤
 저항모멘트 = 8.4879 톤
 활동 = 1.418 > 1.2 이므로 적합 :
 전도 = 1.544 > 1.2 이므로 적합 :
- * * 2.2 면에서 안정검토
 마찰계수 = 0.5

- 연직력 = 21.08461 톤/미터
 수평력 = 6.73081 톤/미터
 전도모멘트 = 13.70661 톤
 저항모멘트 = 27.95529 톤
 활동 = 1.566 > 1.2 이므로 적합 :
 전도 = 2.04 > 1.2 이므로 적합 :
- * * -3.5 면에서 안정검토
 마찰계수 = 0.6
 연직력 = 34.17067 톤/미터
 수평력 = 9.63333 톤/미터
 전도모멘트 = 24.30738 톤
 저항모멘트 = 62.30538 톤
 활동 = 2.128 > 1.2 이므로 적합 :
 전도 = 2.563 > 1.2 이므로 적합 :
- * * * * * 지반반력 검토 * * * * *
- * * 벽체지면에서 지반반력 계산
 서폭 = 3.6m
 사석층 두께 = 1.m
 편심량 = 0.688m
 합력 작용방향 = 15.744도
 지지력계수 = 27.
- * * 벽체 지면에서 지반반력 계산
 분포폭 = 3.336m
 최대 지반반력 = 20.486톤/평방미터
 최소 지반반력 = 0.톤/평방미터
- * * 기초사석 지면에서 지반반력 계산
 분포폭 = 4.616m
 지지력계수 N_r = 17.
 지지력계수 N_q = 19.
 암말토두께 = 1.m
 최대 지반반력 = 15.804톤/평방미터
 최소 지반반력 = 1.톤/평방미터
- * * 편심 검사하중에 대한 검토
 한계지지력 = 48.6톤/평방미터
 안전율 = 5.12 > 1.0
- * * 기초사석 지면에서 지반반력 검토
 허용지지력 = 24.296톤/평방미터 > 15.804톤/평방미터

제4장 결론

개인용 컴퓨터의 기본환경으로 Windows 또는 이와 비슷한 환경을 사용하고 있으며 최근의 경향은 화면상에 나타난 개체에 대한 사용자의 직관적인 기대를 만족시키는 방향으로 구성되어 있다. 즉 프로그램은 사용자들 자신들이 기대했던 대로 훌륭하게 작업을 수행하는 유용한 도구를 가지고 있다는 느낌이 들도록 작성되어 있으며 지속적으로 보완·발전하고 있다.

따라서 대부분의 사용자가 이용하고 있는 Windows의 자원을 이용할 수 있는 응용 프로그램의 개발이 필요하며 이는 기본 환경을 바꾸지 않고 작업을 수행할 수 있어 사용이 편리하고, Windows의 호환은 물론 그 자원을 이용할 수 있어 매우 효율적이다.

응용 프로그램 개발에 고려해야 할 사항은 대부분의 사용자는 응용 프로그램 이면에 숨어있는 기술적인 면을 이해하지 못하고 관심도 없다는 사실을 염두에 두어야 한다. 사용자들은 응용 프로그램을 목적을 위한 하나의 수단으로 보기 때문에 사용자는 컴퓨터의 도움이 없을 때보다 더 쉽고 이상적으로 작업을 수행하는 방법으로 간주하게 된다. 이 때문에 사용자 인터페이스는 기초가 되는 기술적인 측면을 이해하지 못해도 원하는 작업을 쉽게 수행되도록 구성되어야 한다.

사용자 인터페이스는 화면에 나타나는 부분으로 응용 프로그램에서 가장 중요하다. 화면 뒤에서 실행되는 코드를 인식할 수 없으므로 인터페이스는 사용자에게 응용 프로그램 그 자체이다. 코드를 작성하고 최적화하는 데 걸리는 시간과 노력에 관계없이 응용 프로그램의 유용성은 인터페이스에 달려있다. 가장 좋은 인터페이스는 사용자가 자신이 무엇을 해야 하는지 끊임없이 인식시켜 주도록 구성되어야 한다.

여러 종류의 Windows용 프로그램의 개발도구 가운데 Visual Basic은 경험있는

전문가나 Windows 프로그램의 초보자 모두가 응용 프로그램을 빠르고 쉽게 개발할 수 있도록 완전한 도구를 제공한다. 예를 들면 Visual Basic 프로그래밍 언어는 Visual Basic에만 한정된 것만은 아니고 Visual Basic 프로그래밍 시스템, MS Excel, MS Access 및 다른 많은 Windows 응용 프로그램에 있는 Applications Edition은 같은 언어를 사용할 수 있어 사용자층이 두터워 언어의 발전 속도가 빠르다. 따라서 프로그램의 개발도구로 Visual Basic을 선정하였다.

Visual Basic 언어를 사용하여 피복재 중량계산 프로그램과 방파제의 안정검토 프로그램을 개발하였다. 중량계산 프로그램은 비교적 간단하나 인터페이스의 디자인에 중점을 두어 입력 자료의 대부분을 선택 버튼을 사용하여 편리하며 효과적인 DB의 구축 방법을 시도하였다.

방파제 및 안벽의 안정검토 프로그램은 보다 복잡하며 불규칙한 단면의 자중 및 모멘트 계산이 용이하도록 구성하였으며 입력자료 및 계산결과는 표를 통해 입·출력하도록 설계하여 내용 파악이 쉽도록 구성하였다. 또한 입력된 내용을 그림에 나타내어 확인하는 과정을 거치기 때문에 사용자가 하고 있는 일이 무엇인 지 쉽게 파악할 수 있다.

개발된 프로그램은 초급 기술자도 구조물 설계를 할 수 있도록 인터페이스를 구성하였으며 프로그램의 코드는 설계 기준서의 관련 항목을 사용하여 지침서 없이도 쉽게 짧은 시간에 설계할 수 있도록 배려하였다. 그러나 개발된 부분은 아주 일부분에 국한되어 있으며 프로그램의 확장성을 높이기 위한 여러 가지 방법은 해양수산부 후속사업에서 보다 많은 부분을 포함하고 자료를 도표에서 읽어 구하는 것을 디지털 값으로 변환하여 한번에 설계에 관한 모든 업무를 마칠 수 있도록 프로그램을 개선하고자 한다.

그리고 위에 언급한 바와 같이 컴퓨터의 도움이 없을 때보다 더 쉽고 이상적으로 작업을 수행하는 방법에 대한 사용자의 끝없는 욕구를 충족시키기 위해 개발된 프로그램을 사용자에게 배포하여 유용성에 대한 검증하고 제기된 개선 방안을 수용하여 보다 사용에 편리한 프로그램을 만들고자 한다.

참 고 문 헌

- 수산청, 1996. 어항구조물 설계 계산예
- 해양수산부, 1999. 항만용어사전
- 해운항만청, 1993. 항만구조물 설계기준서
- Goda, Y., 1985. Random Seas and Design of Maritime Structures, University of Tokyo, Tokyo, Japan.
- U.S. Army Coastal Engineering Research Center, 1984. Shore Protection Manual, Vol. I - III, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

