LRFD

XPILE-LRFD Ver 1.0 For Windows!

User's Manual

2016. 05.



씨 이 지 [C E G]

주 소 : 경기도 안양시 동안구 관양로 176 1218호 (관양동, 한솔센트럴파크2) 전자우편:kmson@ceg4u.com 전화번호:031-3

현재구원·kinson@ceg4u.com 홈페이지:http://www.ceg4u.com 전화번호:031-383-6864 팩스번호:031-383-2566 목 차

제1장 S/W 소개1
1. 프로그램 개요 1
2. 프로그램 주요특징 2
2.1 프로젝트 관리 기능
2.2 데이터베이스 관리 기능
2.3 다양한 말뚝 해석 알고리즘 적용
2.4 하중계수 및 저항계수 설정
2.5 보고서 출력 기능 5
3. 프로그램 흐름도
3.1 전체 흐름도
3.2 저항계수 선정 흐름도6
4. 고객지원 체계
5. 프로그램 사용환경 7
제2장 S/W 시작8 1. 프로그램 설치8
제3장 S/W 주요기능13
1. 주메뉴 13
1.1 활성화 13
1.2 프로젝트 관리 13
1.3 프로젝트 정보 14
1.4 지층 정보 15

1.5 기초 정보15
1.6 말뚝 정보
1.7 하중 정보
1.8 해석 정보17
1.9 해석 실행
1.10 보고서 출력
1.11 신뢰성 해석
1.12 해석 결과 (2D)
1.13 해석 결과 (3D)
1.14 설정 20
1.15 업데이트
2. 3차원 가시화 21
3. 객체 지향 프로그래밍 22
4. GUI 지원 기능 22

제4장	S/	₩ 사용방법	24
	1.	프로그램 구성;	24
		1.1 프로젝트 화면구성	24
		1.2 메뉴	25
		1.3 데이터 정보 트리	28
		1.4 화면(뷰) ·····	34
		1.5 제어판	35
	2.	프로젝트 구성	36
		2.1 작업 디렉토리 설정	36
		2.2 프로젝트 매니저	36
	3.	데이터 구성	39
		3.1 프로젝트 정보 편집	39
		3.2 지층 정보 편집	40
		3.3 기초 정보 편집	44
		3.4 말뚝 정보 편집	46

		3.5 하중 정보 편집	52
		3.6 해석 정보 설정	55
	4.	해석 실행	63
		4.1 지지력 해석	63
		4.2 신뢰성 해석	66
	5.	해석 결과	72
		5.1 해석 결과 (2D)	72
		5.2 해석 결과 (3D)	76
	6.	리포트	80
	7.	업데이트	83
		7.1 업데이트 확인	83
		7.2 업데이트 진행	83
		7.3 업데이트 완료	84
	8.	옵션 설정	85
		8.1 설정	85
제5장	S,	₩ 적용이론	89
			~ ~
	1.	말뚝지지력 해석에 관한 이론	89
	1.	말뚝지지력 해석에 관한 이론	89 89
	1.	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD)	89 89 90
	1.	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수	89 89 90 91
	1.	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석	89 89 90 91 92
	1. 2.	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석 2.1 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation)	89 89 90 91 92 92
	1. 2.	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석 2.1 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation) 2.2 신뢰성해석	89 89 90 91 92 92 94
	 1. 2. 3. 	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석 2.1 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation) 2.2 신뢰성해석 확률분포	 89 89 90 91 92 92 94 98
	 1. 2. 3. 	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 모테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석 2.1 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation) 2.2 신뢰성해석 확률분포 3.1 GSL (GNU Science Library)	 89 89 90 91 92 92 94 98 98
	 1. 2. 3. 	말뚝지지력 해석에 관한 이론	 89 89 90 91 92 92 94 98 98 99
	 1. 2. 3. 	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 모테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석 2.1 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation) 2.2 신뢰성해석 확률분포 3.1 GSL (GNU Science Library) 3.2 확률분포 3.3 분포검정	89 90 91 92 92 94 98 98 98
	 1. 2. 3. 4. 	말뚝지지력 해석에 관한 이론 1.1 하중저항계수 설계법의 개념 1.2 하중저항계수 설계법(LRFD) 1.2 한계상태함수 모테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성 해석 2.1 몬테카를로 시뮬레이션 (Monte Carlo Simulation) 2.2 신뢰성해석 확률분포 3.1 GSL (GNU Science Library) 3.2 확률분포 3.3 분포검정	89 90 91 92 92 94 98 98 98 99 104

	4.2 라그랑제 승수법	108
	4.3 가우스 소거법(Gauss Elimination) ······	109
5.	지지력 이론	115
	5.1 타입말뚝	116
	5.2 현장타설말뚝	122
6.	침하량 이론	126
	6.1 타입말뚝	126
	6.2 현장타설말뚝	130
7.	인발저항력 이론 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	130
	7.1 타입말뚝	130
	7.2 현장타설말뚝	134
8.	기초해석 이론	136
	8.1 하중조합	136
	8.2 하중분배	137

제6장 참고문헌 ······	· 140
-----------------	-------

그 림 목 차

제1장	S/W 소개	1
	그림 1.1 프로그램 메인화면	1
	그림 1.2 프로젝트 관리 기능	2
	그림 1.3 데이터베이스 관리 기능	3
	그림 1.5 하중계수 및 저항계수 설정	5
	그림 1.6 보고서 출력 기능	5
	그림 1.7 프로그램 전체 흐름도	6
	그림 1.8 저항계수 선정 흐름도	7
제2장	S/W 시작	8
제3장	S/W 주요기능1	3
	그림 3.1 활성화 1	3
	그림 3.2 프로젝트 관리 ~~~~~ 1	4
	그림 3.3 프로젝트 정보1	4
	그림 3.4 지층 정보 1	5
	그림 3.5 기초 정보 1	6
	그림 3.6 말뚝배열 정보 1	6
	그림 3.7 하중정보 1	7
	그림 3.8 해석 정보 1	7
	그림 3.9 해석 실행 1	8
	그림 3.10 레포트 출력 1	8
	그림 3.11 신뢰성 해석	9
	그림 3.12 해석결과 (2D) ~~~~~ 1	9
	그림 3.13 해석결과 (3D) ~~~~~ 2	0
	그림 3.14 설정 ~~~~~~ 2	0
	그림 3.15 자동 업데이트 2	1
	그림 3.16 3차원 가시화 2	2

	그림 3.17 Visual Studio 및 Delphi XE 개발환경	· 23
제4장	S/W 사용방법	24
	그림 4.1 화면 구성	· 24
	그림 4.2 메인 메뉴 구성	· 25
	그림 4.3 메인메뉴 아이콘 구성	- 26
	그림 4.4 데이터 정보 트리	· 28
	그림 4.5 3D 화면(뷰) ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	· 34
	그림 4.6 제어판	· 35
	그림 4.7 작업 디렉토리 설정	· 36
	그림 4.8 프로젝트 매니저	· 37
	그림 4.9 그룹 추가	· 38
	그림 4.10 프로젝트 추가	· 38
	그림 4.11 프로젝트 정보 편집	39
	그림 4.12 지층 정보 편집	· 40
	그림 4.13 지층 정보 추가	· 41
	그림 4.14 지층 정보 수정	· 42
	그림 4.15 지층 정보 삭제	• 42
	그림 4.16 지층 정보 삭제 완료 ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	43
	그림 4.17 기초 정보 편집	· 45
	그림 4.18 말뚝 정보 편집	· 46
	그림 4.19 말뚝 제원 대화상자	47
	그림 4.20 말뚝 제원 선택	· 47
	그림 4.21 말뚝 제원 편집 대화상자	48
	그림 4.22 말뚝 제원 편집	• 48
	그림 4.23 말뚝 정보 대화상자	50
	그림 4.24 말뚝 배열 실행	· 51
	그림 4.25 말뚝 배열 완료	· 51
	그림 4.26 하중 정보 대화상자	52
	그림 4.27 하중 정보 추가	• 53
	그림 4.28 하중 정보 수정	• 53
	그림 4.29 하중 정보 수정 완료	54
	그림 4.30 하중 정보 삭제	· 54
	그림 4.31 하중 정보 삭제 완료	55
	그림 4.32 해석 정보 설정 대화상자	56
	그림 4.33 타입말뚝 - α 방법	· 56

그림	4.34	타입말뚝의 부착계수 설계 곡선	57
그림	4.35	비배수 전단강도 설정	58
그림	4.36	저항계수 설정	58
그림	4.37	저항계수 설정 대화상자	59
그림	4.38	타입말뚝 - β 방법	59
그림	4.39	타입말뚝 - λ 방법	60
그림	4.40	타입말뚝 - SPT 방법	61
그림	4.41	현장타설말뚝 - CIP 방법	62
그림	4.42	암질정수 선택화면	63
그림	4.43	말뚝 지지력 해석 대화상자	63
그림	4.44	말뚝 지지력 해석 실행	64
그림	4.45	말뚝 지지력 해석 완료	64
그림	4.46	수평지반반력계수 산정	65
그림	4.47	신뢰성 해석 대화상자	66
그림	4.48	신뢰성 해석 실행	67
그림	4.49	신뢰도 지수 확인	68
그림	4.50	신뢰도 지수 그래프	68
그림	4.51	신뢰성 해석 옵션 설정 화면	69
그림	4.52	신뢰성 해석 옵션 설정	70
그림	4.53	선단저항계수 설정	70
그림	4.54	주면저항계수 설정	70
그림	4.55	사하중 및 사하중편향계수	70
그림	4.56	활하중 및 활하중편향계수	70
그림	4.57	풍하중 및 풍하중편향계수	71
그림	4.58	확률분포 그래프	71
그림	4.59	분포검정 그래프	72
그림	4.60	해석 결과 (2D) ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	72
그림	4.61	해석 결과 보고서	73
그림	4.62	보고서 관리자	73
그림	4.63	비교 보고서 추가 방법	74
그림	4.64	비교 보고서 추가 완료	74
그림	4.65	보고서 비교	75
그림	4.66	폴더열기	75
그림	4.67	해석 결과(3D) ~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	76
그림	4.68	해석 결과 화면 조정	77
그림	4.69	지지력 보고서 확인	77

그림 4.70 지지력 차트 확인	
그림 4.71 요약 보고서 확인	
그림 4.72 데이터 표시	
그림 4.73 데이터 표시 여부 결과	
그림 4.74 리포트 출력 대화상자	
그림 4.75 리포트 파일 저장	
그림 4.76 리포트 출력	
그림 4.77 업데이트	
그림 4.78 업데이트 실행	
그림 4.79 업데이트 완료	
그림 4.80 옵션 설정	
그림 4.81 옵션 설정 - General	
그림 4.82 옵션 설정 - Canvas	
그림 4.83 조명 위치	
그림 4.84 옵션 설정 - Color	
제5장 S/W 적용이론	
그림 5.1 한계상태설계법의 개념	
그림 5.2 하중저항계수설계법	
그림 5.3 역변환법(inverse transformation technique)	
그림 5.4 하중(S), 저항(R), 안전여유(S-R)의 확률밀도함수(PDF)	
그림 5.5 변수공간과 표준화된 변수공간	
그림 5.6 신뢰도지수의 개념	
그림 5.7 정규분포	
그림 5.8 대수정규분포	
그림 5.9 균등분포	
그림 5.10 와이블분포	
그림 5.11 지수분포 ·····	
그림 5.12 베타분포	
그림 5.13 감마분포	
그림 5.14 P-P Plot	
그림 5.15 Q-Q Plot	
그림 5.16 신뢰도 지수	
그림 5.17 평균 비배수 전단강도	
그림 5.18 OCR과의 관계에 대한 계수	117
그림 5.19 관입깊이에 따른 경험 계수	

그림	5.20	계수 K_{δ} 및 δ 와	ϕ_f 의 관계 ······ 1	19
그림	5.21	정사각형 기초의	Boussinesq 연직응력 분포 (Sowers, 1979) 1	27
그림	5.22	등가 확대기초의	위치(Duncan과 Buchignani, 1976) ······ 1	28
그림	5.23	사질토에서 말뚝	사이의 간격이 작은 무리말뚝의 인발 1	33
그림	5.24	점성토에 설치된	무리말뚝의 인발(Tomlinson, 1987)	33

제1장	S/W	소개 1
제2장	S/W	시작 8
제3장	S/W	주요기능 13
제4장	S/W	사용방법 24
	표 4.1	파일 관리 메뉴
	표 4.2	데이터 입력 메뉴
	표 4.3	해석 실행 데이터 메뉴
	표 4.4	해석 결과 분석 메뉴
	표 4.5	도움말 메뉴
	표 4.6	프로젝트 노드
	표 4.7	지층 노드
	표 4.8	주상도 노드
	표 4.9	기초 정보 노드
	표 4.1	0 하중 정보 노드
	표 4.1	1 말뚝 정보 노드
	표 4.1	2 기타 정보 노드
	표 4.1	3 보고서 보기 기능 버튼

	제5장 S/W 적용이론
	표 5.1 GSL 구성요소
111	표 5.2 연립 1차 방정식의
대한 저항계수 122	표 5.3 축하중을 받는 타입
	표 5.4 암반절리를 고려한
략적인 관계 125	표 5.5 비선형 강도 정의실

Ŧ	5.6	축하중을 받는 현장타설말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수	26
Ŧ	5.7	미 해군성(1982)과 Bowles(1988) 이후에 수정된 다양한 흙에 대한 탄성계수	
	•••••	12	29
Ŧ	5.8	강성에 따른 형상계수 (EPRI, 1983) ~~~~~ 1	30
Ħ	5.9	W_g 산정방법 ····································	32
Ŧ	5.10	0 축하중을 받는 타입말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수	34
Ŧ	5.1	1 축하중을 받는 현장타설말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수 1	35
Ŧ	5.12	2 말뚝의 축직각방향 스프링정수1	38

제1장

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! S/W 소개

1. 프로그램 개요

구조물의 대형화와 복합화 경향에 따라 경제적이고 합리적인 최적 설계방안에 대한 요구가 증 가하면서 신뢰성 분석을 기반으로 하는 한계상태설계법이 세계적인 추세가 되어가고 있다. 이는 경험적 연구를 통해 구축된 데이터베이스에 대한 신뢰성 분석을 통해 파괴확률 및 대응 신뢰도지 수(reliability index)를 산정하고 이를 이용하여 구조물의 안전도를 정량적으로 평가함으로써 일관 되고 경제적이며 효율적인 설계가 가능하기 때문이다. 이를 바탕으로 생성된 하중계수 및 저항계 수를 적용하여 구조물의 지지력 및 침하량 등을 산정할 수 있으며, 도로교 설계기준에 제시된 타 입말뚝과 현장타설말뚝 산정기준을 바탕으로 통계적 신뢰도간 상호조합을 포함하는 확률론적 LRFD개념을 하부구조에 적용하여 말뚝지지력을 산정하고 검토할 수 있는 프로그램의 필요성에 따 라 XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! - 말뚝 지지력 산정 및 해석 프로그램이 개발되었다.



그림 1.1 프로그램 메인화면

2. 프로그램 주요특징

2.1 프로젝트 관리 기능

프로젝트를 묶어 관리하여 추가, 수정, 삭제, 백업, 복원, 복사 등의 여러가지 기능을 수행한다. 추가, 수정, 삭제 기능을 이용하여 프로젝트의 파일 목록을 관리할 수 있으며, 복원, 복사, 백업 기 능을 이용하여 프로젝트의 재사용 및 관리가 용이하다. 따라서 프로젝트간 이동이 가능하고, 그로 인해 편의성 및 공유성 그리고 사용성이 증대된다.



그림 1.2 프로젝트 관리 기능

2.2 데이터베이스 관리 기능

반복작업이 주로 사용되는 번거로움이 있는 데이터는 데이터베이스화하여 관리한다. 이 프로그 램에서는 지층물성 정보 및 말뚝 제원 정보를 데이터베이스화 하여 저장하고 추후에 재사용이 가 능하도록 한다.



그림 1.3 데이터베이스 관리 기능

2.3 다양한 말뚝 해석 알고리즘 적용

말뚝의 해석방법을 선택하고 각각의 해석방법에서 요구되는 물성정보를 입력 및 수정하는 작업 을 수행하는 대화상자이다. 좌측 상단의 타입말뚝과 현장타설말뚝 중 해석하고자 하는 말뚝 종류 를 선택한 후 선택한 말뚝종류에 따른 해석방법을 결정할 수 있다. 타입말뚝 해석방법에는 α법, β 법, λ법, SPT 법이 있으며, 현장타설말뚝 해석방법에는 CIP 법이 있다. 각 해석 방법에 따른 입력 사항과 지층종류에 따른 입력사항이 다르며 지층에 별도의 저항계수가 입력될 수 있고, 지지력을 계산하기 위해 필요한 여러 가지 계수들도 같이 입력이 가능하게 하여 사용자로 하여금 데이터를 편리하게 관리할 수 있다.



타입말뚝 - α 법

타입말뚝 - β 법





타입말뚝 - SPT 법



현장타설말뚝 - CIP법 그림 1.4 말뚝 해석 방법

2.4 저항계수 산정

신뢰성해석 결과로 나온 저항계수를 산정할 수 있다. 즉, 신뢰성해석을 실시하여 목표파괴확률 을 만족하거나 시도회수를 초과하게 되면 작업을 종료하게 된다. 이 경우 하중을 줄이거나 저항을 증가시켜서 시도회수 안에서 한계상태식이 만족하도록 한다. 하중의 증가는 하중값을 변경한 후 다시 실행하면 되고, 저항을 증가시키기 위해서는 토질정수를 증가시키는 방법이 있다. 또한 말뚝 의 길이나 직경을 직접 변경하는 방법으로 저항을 증가시킬 수 있다.

	LALT)			KICT セオクロイタセイゼ				
	목표파괴확률(1)		탐색방법					
0000	÷ 1	C Method	Method 2					
률(I)	시도회수	AH	바중(DL) 활하중(LL)	풍하중(乳)				
000000 × E0	50	17	X 3	X 10 X				
IKh.	lethod 1 Nethod 2							
er Weight e Diameter e Perimeter	사하중(DL)	활하중(LL)	풍하중(肌)	1				
a Net Area a Young								
) M01) Sz	17 🕺	3 🕺	10 🔀					
i Fu	(137.00 kN/b2)			MANUE IN	RFD			
Count	Method 1 Method 2			음신 신뢰성해석				in createrie
Split Intva	사하중계수	활하중계수	풍하중계수	선단지지력	주면마찰력	사하중	활하중	응하중
Scour Depth ondition		2.3.41	5.5.41	0.730	1019.140	0.850	0.150	0.500
/zation Meth lund Pile Ki	1.25 🐕	1.35 🔀	0.40 🐕	፼선단편향계수	😺 주면편향계수	🕑 사하중면향계수	😼 활하중편향계수	😿 풍하중편향계수
erence OK				Normal 🗢 📟	Normal 0	Normal 0	Normal C	Normal
k Start!			- Frankriker	€ 498274 ×	 주면변함계수 × 	사하중변함경수 ×		
			해석시작	신뢰: 전단편함계수	· 주면원함께수	○ 사하훈면함계수] Normal	활하증편함계수 Normal	 중하중면함계수 Normal
	RUCTION TECHNOLOGY		411-712 경기도 고양	시 일산사			(set and	Baso
ISTITUTE of CONST				1	1	1	1	1
ISTITUTE of CONST					Signa	Sigma	Signa	0.1
ISTITUTE of CONST				0.1	0.1	0.1	0.1	
ISTITUTE of CONST				5 (gen 0.1 8 (es 0	0.1 Bias 0	0.1 Bies 0	0.1 Bias 0	Bias 0
ISTITUTE of CONST				31(mm) 0.1 Bies 0 取録使工	0.1 Bias 0 학행분포	0.1 Bies 0 확률분포	0.1 Bias 0 화용문포	8145 0 자율문포
ESTITUTE of CONST				3 (gmb 0.1 Blas 0 학립분포 문고감정	0.1 Blas 0 학렬분조 문포감정	0.1 Bies 0 取録使王 문王감정	0.1 Bias 0 학물분포 분포검정	8146 0 차월분포 문포김정
NSTITUTE of CONST				2 (gen 0.1 원 iss 0 학생분호 및 전도강경 Frit# 2020 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 0	0.1 Bias 0 新發型工 型工品型 (P#Fixed) (ART vend.phps) (PFF pecTope) (PFF pecTope) (CPE pecTope)	0.1 Biss 0 학활분보 분포감장	0.1 9ias 0 분포김장	Bias 0 자물문포 문토김정
NSTITUTE of CONST				2 (gen 0) 한 88 0 전로 관광 전로 관광 전로 관광 1 the "second How How How Norol Young Pile Kind Pile Tip Plugging Preference G	0.1 Bias 0 東田田田 (PFI Find) (PFI	0.1 Bies 0 전포감장	0.1 81a5 0 호텔문포 문포감장	8140 0 자물문포 문포감정

그림 1.5 저항계수 산정

2.5 보고서 출력 기능

프로젝트의 해석 결과 및 데이타를 레포트 형식으로 표시하는 대화상자이다. 상단의 여러 기능 버튼을 이용하여 페이지 설정을 할 수 있으며, .pdf 파일 형식으로 저장이 가능하고 출력이 가능 하다.



그림 1.6 보고서 출력 기능

3. 프로그램 흐름도

3.1 전체 흐름도

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! - 말뚝 지지력 산정 및 해석 프로그램의 전체 흐름도이다.



그림 1.7 프로그램 전체 흐름도

3.2 저항계수 선정 흐름도

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! - 말뚝 지지력 산정 및 해석 프로그램의 저항계수 선정의 흐름도입니다.



그림 1.8 저항계수 선정 흐름도

4. 고객지원 체계

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! 말뚝 지지력 산정 및 해석 프로그램의 고객지원은 토목 전문 사이트 [건설엔지니어링그룹 : http://www.ceg4u.com]를 통하여 다양한 형식의 고객지원을 수행한다. 단순한 사면안정 데이타 고객지원을 하는 체계가 아닌 이 해석 데이타를 이용하여 이루 어지는 각종 공학적인 문제를 해결할 수 있는 고객지원이 될 수 있도록 되어 있다.

5. 프로그램 사용환경

- ① 개발언어 : Delphi XE7 + Visual Studio 2010
- ② 개발운영체제 : Windows 8
- ③ 개발 그래픽 해상도 : 1280 X 1024
- ④ 사용가능 운영체제 : Windows 호환운영체제(XP, Vista, 7, 8, 10)
- ⑤ 사용가능 그래픽 해상도 : 최소 1280 X 1024 이상, 권장 1280 X 1024

제2장

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! S/W 시작

설치 CD 또는 파일 준비

• 설치 CD 또는 파일이 위치한 폴더에서 설치파일을 확인한 후 실행시킨다.



설치 진행

• 설치파일을 실행하면 Welcome to the LRFD Setup Wizard 창이 생서외고 프로그램 설치를 진행하 려면 Next >버튼을 클릭한다.



 XPILE - LRFD 프로그램을 설치할 폴더를 확인하고 계속 진행여부를 확인한 후 Next > 버튼을 클릭 한다. 만약 HASP Key를 연결하지 않은 상태로 설치할 경우 다음과 같은 메시지가 뜨면, HASP Key 를 연결한 후 다시 진행한다.



• XPILE - LRFD program을 설치할 폴더를 확인하고 진행여부를 확인한 후 Next> 버튼을 클릭한다.

15	Setup - LRFD		×
Select De	estination Location		
where	should LKFD De Installeu?		
	Setup will install LRFD into the following folder.		
To con	tinue, dick Next. If you would like to select a differe	ent folder, click Bro	owse.
C:₩Pr	rogram Files (x86)₩CEG₩LRFD	В	rowse
At leas	t 42.1 MB of free disk space is required.		
	< Back	Next >	Cancel

• 시작메뉴 폴더를 확인한 후 변경사항이 없으면 Next > 버튼을 클릭한 후 설치를 계속 진행한다.

3	Setup - LRFD	- 🗆 🗙
Select Start Menu Where should Se	I Folder tup place the program's shortcuts?	
Setup w	ill create the program's shortcuts in the following	Start Menu folder.
LRFD	INEXT. 17 you would like to select a different fold	Browse
	< Back N	ext > Cancel

 Desktop에 Icon을 생성할 것인지 여부를 선택하고 설치를 계속 진행하고자 한다면 Next > 버튼을 클릭한다.

13	Setup - LRFD 🚽 🗖 🔀
s	elect Additional Tasks Which additional tasks should be performed?
	Select the additional tasks you would like Setup to perform while installing LRFD, then dick Next.
	Additional icons:
	Create a desktop icon
	< Back Next > Cancel

 설치 작업을 위한 설정이 완료되었다. 최종적으로 XPILE - LRFD 프로그램을 설치하고자 한다면 Install 버튼을 클릭한다.

Re	e ady to Install Setup is now ready to begin installing LRFD on your computer.	1
	Click Install to continue with the installation, or click Back if you want to review or change any settings.	
	Destination location: C:\#Program Files (x86)\#CEG\#LRFD Start Menu folder: LRFD Additional tasks: Additional tasks: Create a desktop icon	^
	< >	×
	< Back Install C.	ancel

Install 과정이 완료된 후 설치가 완료되었다는 대화상자가 생성된다. 모든 설치 작업이 완료되었으
 므로 Finish 버튼을 클릭한 후 종료한다.

15	Setup - LRFD	0.000	
1	Installing Please wait while Setup installs LRFD on your computer.		
	Extracting files C:₩Program Files (x86)₩CEG₩LRFD₩Bearing.dll		
			Cancel



제3장

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! S/W 주요기능

1. 주메뉴

1.1 활성화

프로그램 설치 후 활성화 단계를 거친다. 프로그램 활성화를 통해 사용자명 사용자의 회사명 및 이메일 주소를 입력함으로써 프로그램 사용권한을 획득할 수 있다. 다음 활성화 작업 화면은 프로 그램 설치 후 한번만 생성되며, 한번 활성화를 완료한 후에는 재활성화 되지 않는다.

Ject Name			C:WProgram Files (x86)WCEOWLUFDW	単香酒속: 2016-05-27 14:26:41
	Property 0 EA 0 EA 0 EA 0 EA 0 EA 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 4 5 5 5 5 6 7 0 9 6 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7 8 7	Control	Piecheck - Load & Resistance Factor Design · · · × 제품을 활성화 합니다. 사원자 사원자 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	

그림 3.1 활성화

1.2 프로젝트 관리

프로젝트를 묶어 관리하여 프로젝트의 재사용 및 관리를 용이하게 한다. 프로젝트에 대한 추가 수정 삭제 기능이 있어야하며 백업, 복사, 복원 등의 기능을 이용해서 다양한 방법을 통해 프로젝 트를 관리할 수 있다.

Name	XPILI	LRFD			साटा धन्नयः	118978
	구분	01	설명	수정날파	Project Sketch	
프로젝트	😑 🆢 Group	MyFirstGroup	Remark			-
 지층 	Project	test		2016-5-27 18:09:40		
よ 주상도	😑 🆢 Group	Test Group 1	Test Group 1	Colorador a color de la color		····
⊡ 기초	Project	Project No.1	Project No.1	2016-6-1 15:05:55		
■ 지름체용 ■ Strata Wall 정보 >)이라 X Y Z					실명 이를 Project No.1 실명 Project No.1 수건한 날짜 2016-6-1 15:05:56 과일 그기 702 18 (61,000 bytes) 한을 날짜 2016-6-1 15:05:56	
		수정 식제	백업 복원	해사 가져오기	1201	취소

그림 3.2 프로젝트 관리

1.3 프로젝트 정보

프로젝트 정보는 사용자가 작업할 현재 프로젝트의 기본적인 정보를 입력하는 대화상자이다. 입 력항목으로는 공사정보, 작업정보 고객정보로 분류되며 각 항목에 대한 세부 정보가 존재한다.

WOULI Exe ProgrammLRFD	fproject#CDBF1	vie - Load & Resistance Factor Design	- ⁻ ×	
ine - 프로젝트 	Proper 0 5 EA	XPALE LEFD	KICT 한국간설기술연구원	
 조 주상도 고 기초 조 하조 	5 EA	공사정보 작업코드 :	작업정보 설계자: SLUI PARK	CHONT D
교 말목 로 법 지하수위선	0 EA	공 사 명 : Project No.1 고 객 명 : 박수지	감독자: SUJI PARK 공사기간: 2016.05.27 - 2016.09.20	
 Im 입사마크 나침반 Image: Image: Image:	o->	공사위치 : 경기도 안양시 동안구	공정 :	
0 정보 (중) 카에라	0	고객정보		
		담당자: MYUNG Jin KANG 전자우편: brightstar@ceg4u.com	Tel : Fex :	
	- 11	주 소 : 경기도 안양시 동안구 관평로	한술센트럴따크 2차	
	- 11		Ok Close	
		KOREA INSTITUTE of CONSTRUCTION TECHNOLOGY	411-712 경기도 고양시 알산서구 고양대로 2020대회동~	

그림 3.3 프로젝트 정보

1.4 지층 정보

현재의 프로젝트에 사용할 지층에 대한 물성정보를 입력할 수 있는 대화상자이다. 지층 물성 정 보를 데이터베이스화하여 관리할 수 있어 편리한 지층 편집 환경을 제공하며, 지층의 색상을 그라 데이션 색상으로 구성하여 다양한 방법으로 지층을 표기할 수 있다. 지층에 별도의 저항계수가 입 력될 수 있고 지지력을 계산하기 위해서 필요한 계수들도 같이 입력이 되어야 한다.

			\$	- 28	
00) 1 EXE 1100 GMC/41	Property	SPALE LEFT	-	KICT 8-2227822-8	
● ○ 지초 ● △ > 주상도 ● △ > 하종 ● □ 기초 ● △ > 하종 ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □ ● □ □	5 EA 5 EA 0 EA 0 EA 0 0 0 0 0	EM 016 203 42 1 200 20 2 200 20 3 Low2 005 5 Low4 327	지원수석 : 1000 • 단성용전 기준성교 · · 비 프 : · · 비 프 : · · 비 프 : · · 비 프 : · · 비 프 : · · 비 프 : · · 기 프 · · · 비 프 · · · 기 프 · · · 기 프 · · · 기 프 · · · 기 프 · · · 기 프 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		(post
		20성호호에 두에는 기초양성시 7동등으로 공장됩니다. 주요도 127 중37 수정 400	Bown fat (+s): 15 MOV* Device: 0 MOV* Device: 1:5 + Es: 220 MOV* V: 6:3 -		

그림 3.4 지층 정보

1.5 기초 정보

말뚝을 배열하기에 앞서 우선 지반정보 위에 기초를 구성해야 하며 현 대화상자에서 기초의 크 기 및 위치, 색상 그리고 재료의 속성값을 결정할 수 있다.

₩ ▲ 보로젝트	Property 0	ETOURALE LEFT)	Foundation	tatarial Proper	ต		KICT BKB	18279	
🕑 🛞 지출	IS EA	Rectangle		Center		Design Level		DL Offset (m)		1000
🛃 💄 주상도	5 EA	-*		X 0	m	X 0	m	1.000	26	
🖌 🕰 기초				Y O	m	Y O	m	Color		PRONT
🖌 하중	O EA			Z 0	m	Z 0.0	m			in a second s
🛃 血 監護	IO EA			Division		Vertex Phase (*)		DL Arm Scale (×)		
🛃 🔠 지하수위선	0	L	+	36	x	0.000	26	1.000	26	
🖉 🌐 십자마크	0									
🕗 🕜 나침반	0									
🛃 📱 지층채음	10									
0 정보	0	-*	1							
છે મળારા	0		B							
576		D								
			CL							
		W Foundation Information								
	_	Radus	Thick							
	_	a: 10.0	D: 1.0							
	_	1- 10.0 m	11 Mar 1							
								Contraction (

그림 3.5 기초 정보

1.6 말뚝 정보

기초를 생성한 후 기초위에 말뚝 정보 및 말뚝 배열 정보를 구성한다. 말뚝 여유 폭 및 말뚝 길 이, 말뚝 제원을 편집할 수 있으며, 지층 정보와 마찬가지로 말뚝 제원요소를 데이터베이스화하여 말뚝 정보 입력 시 편리하다. 말뚝반력과 변위량은 확대기초를 강체로 보고 확대기초의 변위를 고 려한 탄성해석법으로 계산한다.

	\$ ⊡ ⊡ ±	十大团众	斑回	\$								
Cuii Exe ProgramMLRFDM	project#CD9F7A3E2A	224E8E9778A	nce Factor Desi	pn .	_	_	_	_	_	_	- = ×	
8 그 부경제도	Property						1					
 전 ④ 지층 전 ▲ 주상도 	5 EA 5 EA	Margin (a)		•	•	•	•	•				
2 (山) 기초 2 (山) 하종 2 (山) 말뚝	0 EA 0 EA	01a (mn) 중 318.5 알려길이 (m)	•	•	•	•	•	•	•	•		PRONT
2 법 지하수위선 2 태 십자마크 2 (나서바	0	10 말뚝종류 a.Close :		•		•	•	•	•	•		
에 L 지속채용 이 정보	0	최소간격(×0) 2.5 회대간격(×0)					•			•	BQ.	
<u>9</u> 카메라	0	5 선단폐색물(I) 100 🗙	•	•	•	8 3	× 8	•	•	•		
		#	•	•	٠	•	٠	٠	•	•	0	
		۹		•	•	•	•	•	•	•		
		•	Q									

그림 3.6 말뚝배열 정보

1.7 하중 정보

기초에 작용할 하중을 입력하는 대화상자이다. 하중정보 및 상세정보를 편집할 수 있으며, 하중 은 축방향 하중과 2방향의 횡하중과 모멘트로 구성된 총 5개의 하중을 고려하여 입력한다.

Suil Exe ProgramMLRFD#s	Property	A22469	oad & Resistanc	e Factor Design						- = ×	1
- 프로젝트	0 -			RFD						KICT 世국건설기용연구원	
 값 주장도 값 주장도 값 주장도 값 환옥 값 발육 값 발육 값 발육 값 나사만 값 나사만 값 나사만 값 사용제용 값 치용제용 값 기에라 	5 EA 0 EA 0 EA 0 0 0 0	# ● 1 ● 2	Type POINTLoed POINTLoed	Nese Londt	Factor 1 1	Dolor	Name : Schröde Point Loss V 0 2 0	Losd2	Color : Load Factor I	NC IN N NV IN N NC IN N NK IN N NK IN IN	Crow D
		47	1	2 6174	모두사용안입	모두사용합				OK Cancel	

그림 3.7 하중정보

1.8 해석 정보

말뚝기초 해석에 필요한 정보를 입력하는 대화상자이다. 말뚝의 종류 및 토질특성에 따른 해석 방법 그리고 해석방법에 따른 추가적인 토질 물성치를 입력할 수 있다. 자동계산이 가능한 부분이 있으므로 구분하여 입력하도록 한다.

u) Exe ProgramMLRFDWproject	Load & Resis	stance Factor Design						-		×	-
· 프로젝트 0	XPAL	LRFD						C	CT #R	건설기술연구원	
 · 지흡 · 지흡 · 조상도 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	EA PRIMA	기본정보									- M -
a 🕰 기초	α.	Driven 정상도(#)/사람도(Nor	diund)/940								FRONT
0 846 C	P	Beaterry Heating	ardina y F Es E								1000
김 티 지하수위선 0	λ .	추가지반정보									
김 🌐 십자마크 0	SPT	# Title	지반종류	MASK 2	Toelinson	Su	8	sd	td	qu	
· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		2 Lavert	사실토	2	Duran A	-	Ű	- 20		-	
0 3 2 0		4 Layer3	20 E	4	-	-	-	-	-		
한 카메라 0		5 Layer4	암 만	16		-	-	1	0	0	
			사질로		0300		저한계	÷			
		Curve A	s: 0		sd 1 [-		주면저	1			
		Durve C			to : [*		부주면	저함 1	0	48	
	현장타삶말목	Toul inson('79) B			d) : [-	\$26/8*	인발저	1 12			
	7(E)	Su : 0 🕥 kN/k²					신연서	w [1			
	현장타설말득 기타	Octorive L Tomi inscrit '75) A Tomi inscrit '75) B Su : 0 D an/ar			an : [125/8*	1 부산 인발저 선단저	19 1 19 1	9	48	

그림 3.8 해석 정보

1.9 해석 실행

말뚝지지력 해석을 수행할 수 있는 대화상자이다. 좌측에는 해석에 필요한 물성치들이 입력되어 있으며, 편집할 내용이 없으면 해석작업을 수행한다. 화면 중앙에는 해석 수행 내역이 표시된다.

uii Exe ProgramWLRFDWo	roject#CD8F7A3E	2A224E8E9778A5A7A8F2E7EA01	日本 (2000) 日本 (1000) 1000) 日本 (1000) 日本 (1000) 1000) 日本 (1000) 1000) 日本 (1000) 1000)	
	Property			
- 王母相曰	0 .	AVIDALE BE	e"	
 图 ④ 利益 	5 EA	ZUSTINE LRFD	KICT Broshedre	1940
김 👗 주상도	5 EA	Note Proper) 기초해석대용	5
▲ 引조	0.51	● Fixed	pile (48) 0K : skin = 5.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, action = 2.05, sum = 5.47 Elepsed tir = pile (43) 0K : skin = 5.47, nega = 0.00, pull = 5.47, base = 0.00, action = -0.17, sum = 5.47 Elepsed t	FRONT
0 018	O EA	- Free	pile (50) 0K - skin = 6.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, act on = 0.14, sum = 0.47 Elapsed tir pile (51) 0K - skin = 6.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, act on = 0.46, sum = 6.47 Elapsed tir	
비비지하수위서	0	- Scour Depth (m) 0	pile (52) 0K : skin = 6.47, negs = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, attion = 0.78, sum = 6.47 Elapsed tir pile (50) 0K : skin = 6.47, negs = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, attion = 1.10, sum = 6.47 Elapsed tir	
이 이 신자아크	ő	- Solii Kh (MV/m ²) 217.25 - Split Interval (m) 1.000	pile (54) (K: 3kin = 5.47, nega = 0.00, pull = 5.47, 045e = 0.00, action = 1.41, 048 = 5.47 Elepsed til pile (55) (K: 3kin = 5.47, nega = 0.00, pull = 5.47, base = 0.00, action = 1.73, sus = 5.47 Elepsed til pile (56) (K: 3kin = 5.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, action = 2.05, sus = 5.47 Elepsed til	
	0	- Water Weight (iN/m ^a) 9.8	pile (57) (K : skin = 6.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, action = -0.17, sum = 6.47 Elapsed t pile (58) (K : skin = 6.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, action = 0.14, sum = 6.47 Elapsed tir	
■ 지층채용	0	응 저함수정계수 1	pile (59) 0K : skin = 6.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, action = 0.46, sum = 6.47 Elepsed tir pile (60) 0K : skin = 6.47, nega = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, action = 0.70, sum = 6.47 Elepsed tir	
정보	0	- 0 0.97	pile (62) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.10, sum = 6.47 Elepsed th pile (62) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.23, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.23, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.20, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, bese = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, bese = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, bese = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (63) 0K : skin = 6.47, bese = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (64) 0K : skin = 6.47, bese = 0.00, pull = 6.47, bese = 0.00, ection = 1.41, sum = 6.47 Elepsed th pile (64) 0K : skin = 6.47, bese = 0.47, sum = 6.47, bese = 0.47, sum = 6.47, sum = 6.	
카메라	0	8 MINU 0	pile (64) 0K : skin = 6.47, nege = 0.00, pull = 6.47, base = 0.00, ection = 2.06, sum = 6.47 Elepsed tir Desring (K(64)	
		Cayer	Pile Berring Saving. Pile Berring Saving (K(64)	
		-O File	Save Preference DL., ID/III Calculation	
			Uplift Weight = 14997.75 (splif = 0.00, csp = 2400.00, splif = 12297.75, holew = 0.00, pliew = 0.00) Uplift Puli = 414.10	
			Uplift Load = 0.00 Uplift Safe (0.00 < 414.10)	
			Report Generating	
			Settlement Report Generating Settlement Report DK	
			Summary Reporting Summary OK	
			Work: Completed!	
			Total Elapsed time = 2547	
CC .	23.11.2			
and a search and be	Engineering Course		100%	

그림 3.9 해석 실행

1.10 보고서 출력

보고서를 확인, 저장 및 출력할 수 있는 대화상자이다. 상단의 기능 버튼들을 이용하여 페이지 옵션을 설정할 수 있으며, .pdf 형식으로 파일을 저장할 수 있다.

Guil Exe ProgramMLRFDWproject#CD0F7	○ 〒 次 ○ 124 28 ♀ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	D:#Suii Exe ProgramtRED#project#	
R ME Pro	al & Resistance Factor Design		- 0 *
 ▲ 수 산도 ▲ 가초 ④ 가초 ④ 가초 ④ 가종 ④ 관계 ● 실 지하수 위신 ● 실 지하수 위신 ● 실 지하고 ● 실 지초 ● 전 치초 		Control to 12	

그림 3.10 레포트 출력

1.11 신뢰성 해석

앞서 입력된 말뚝 데이터 및 축방향 지지력에 대한 신뢰성 해석 작업을 수행한다. 프로그램 내 부에서 자동으로 계산되는 값을 제외한 나머지 사항을 입력한 후 해석을 실행한다.

Buji Exe ProgrammLRFD	Droject#CD8F7A3\$2A	↑ ★〒2468770₩	KICT ESCEN
10 	Property 0 - 5 EA	Red Canada	
😼 🕹 주상도 🖃 🕰 기초 😼 占 하중	5 EA 0 EA	남수지수 육표의권원(1) 저번계수 당석방법 100000 1 대 · Method 1 (Method 2	FRONT I
 回 말똑 國 팀 지하수위선 國 國 십자마크 	0 EA 0 0	取到数据(1)	
 ☑ (나라만) ☑ 집 가하지읍 ○ 정보 ③ 카메라 	0		
		Techanition	

그림 3.11 신뢰성 해석

1.12 해석 결과 (2D)

해석을 완료한 후 말뚝으로 분배된 하중과 변위 등을 확인할 수 있는 대화상자입니다. 화면 우 측에는 분배된 하중과 변위를 확인할 수 있는 데이터가 존재하고, 화면 좌측에는 최대 및 최소값 의 분포가 범례형태로 나타나 있다. 중앙에는 해석결과가 2D 형식으로 보여진다.

II Exe ProgramMLRFDM	project#CDBF7A3	E2A224E9E0	-	A sec. 1	-									
	Property	CIDIT IS	ctor Design	-	-	-	-	_	-	-	0	×		
프로젝트	0	ANT TWIP IN	FD								KICT #R	272078		
 • 지층 	5 EA	0.000E+000								À B	Diselement 7 Co	~~		1000
👗 주상도	5 EA	accesso in		~			100	100			Bisplecement	OPY	15	
四月差		0.0000 +000	e e	ø	۲	O	1941 1941		- C	Y 01	Displacement	OPZ	<u> </u>	PRONT
소 하중	0 EA									01	Rotation	OR		Concession of the local division of the loca
血 監독	0 EA	0.000E+000		(ii)	60	6	60	(II)	G	0	Rotation	OW		
님 지하수위선	0									0	Reaction	O.N.		
副 십자마크	0	6.000E+000									Restion			
④ 나침반	0				9	9	9	9	6	01	Resction			
▮ 지층채용	0	0.0008 +000								01	Howert			
정보	0			8	0	-	0	60	6	2	Howent			
151017	0	0.0000 +000			1997	10		NOP			PORCE			
		Concerns a										Temperat		
	_	0.000E+000	0		6	0		6	6		'ile	Pile No.		
	_										egend	Frequency		
	_	0.000E+000		~	142	20	100				tt ink.			
	_		9 69	(0)	69	-99	1	1	6	Col	or	1000		
	_	0.000E+000								Max	vetue			
				60	60	69	69		50	Hin.	velue E	19		
		0.000(+000			100	-				Biss	k Print (m-4	•		
	_									Bitin	k Range (±5	•		
		0.000E+000	2	(ii)	(A)	(0)	2	0	61					

그림 3.12 해석결과 (2D)

1.13 해석 결과 (3D)

입력된 말뚝 정보를 3D 화면으로 출력하여 말뚝 입력 정보를 3차원으로 확인 수 있으며, 3D화 면 우상단에는 나침반이 있어 3D화면에 있어서 방위나 기준축에 대한 회전량도 표시가 가능하다.



그림 3.13 해석결과 (3D)

1.14 설정

프로그램 전반의 작업사항을 설정하는 대화상자이다. 메인화면에 도시되는 격자 및 층상정보 등 의 축척 및 색상 등의 기본적인 정보를 설정할 수 있다.

NGUJI Exe ProgramWLRFDMproj	Ict#008F7A3E2A224F	×	
80 20 0 지초 20 3 지초 20 3 지초 20 3 지초 20 3 지초 20 3 지초 20 3 3 3 5 20 11 15 20 11 20 11 2	S CALLER LARGE Color Boring Scale	सिटा सन्दर्थक्षाक्ष्यनस	(most l)
 ※ [1] 지하수위선 값 신자마크 값 신자마크 값 신나칭반 값 진출체음 값 진출처음 값 전보 () 카메라 	Vertex Selection Allowable Distance IE-6 Brid Translation X Translation V Translation 0	30 Scale I	
		7	

그림 3.14 설정

1.15 업데이트

프로그램의 업데이트 작업을 담당하는 대화상자이다. 프로그램이 업데이트된 경우 프로그램 내 부에서 업데이트 작업을 진행한다. 업데이트는 유지보수기간 내에만 가능하며 진행 중인 프로젝트 를 닫아야 실행이 가능하다.

		Kiclester
E Nome	Proper _ 4을 가능한 업데이트가 있습니다.	- = ×
프로젝트 () 지종 출 주상도 () 기초	비전 회실버전: 2016.05.30.15.53.58 현재버전: 2016.05.27.15.33.15	
◆ 마종 血 말뚝 님 지하수위선 副 십자마크	0 입데이트 내용 2016-05-30 0 11.0.0 build 지하분성 데이티베이스 테이블 누락필드 추가	-
✔ 대답한 ▲ 지층채용 정보 카메라 ·································	0 2016-05-27 VI.0.0 build 0 자동업데이트 기능 항상 가능하게 변경함	_
Y Z	2016-16-24 - V1.0. buld 0 수강엔지니어링 단일말뚝 기능 추가 2016-05-12	
	1,0,0 build 0 업데이트정보작성	
~~	중 업데이트확인 1주일 후 ↔ 업데이트 확인	달기

그림 3.15 자동 업데이트

2. 3차원 가시화

입력된 지층의 층상정보를 화면상에서 3D로 표현한다. 해석결과를 3D화면으로 출력할 수 있다. 또한 메인화면 상에 층상정보와 함께 표시되는 조명, 카메라 위치 등의 세부정보를 설정할 수 있다.



그림 3.16 3차원 가시화

3. 객체 지향 프로그래밍

명령어의 목록으로 프로그램을 보는 것이 아니라 여러 개의 독립된 단위인 객체의 모임으로 파 악하는 프로그램 기법의 적용으로 사용자의 프로그램 이해도를 높일 수 있다.

4. GUI 지원 기능

본 프로그램은 난수 발생부분과 메인 프로그램으로 나누어지고 난수 발생을 담당하는 부분은 Visual Studio를 이용한 C++ 언어로 개발되고 메인프로그램의 데이터 입력 및 해석 그리고 결과 출력은 델파이를 이용하여 개발한다. 두 가지 모두 객체지향언어를 개발하는데 사용되는 개발환경 으로 개발과 유지보수에 용이하다.

-	Start Page - Microsoft Visual Studio		- D ×	0	www.web.web. Failure.edu.	Ref. Franke Will, Mildower Rose W. M.			
File Gdt View Debug Team Duta Taols Yest M	Index Help			File Add Search View Re-	fator Rolez Rur Component Tools ACtive Vindou Help	Belations(0) + 4 4			_
Dest from the		- Taking Index	X Subar A B X	0 # 15 15 45 + 10	######################################	(2 Q * 0 * Ø Inunk	- 🗋 🏷 🧶 🖉 🖉 🖓		
Stational a		E Contract of the Party of the	+ Orreal	di Unione Page Millett & Ub	dir Are		De geoundwork.darce - Proport 911	A cter.need	w ())
CONTRACT IN A			And the second sec	🔷 - 0 - 12 (2 d) 🎫	37000	- 4	8 - 6 6 8 -	Fornd Tona	
Visual Studio 2000 Professio	24		this group. Drag an item onto				55518-04-0-	JPaperio Crem	a)
			toolice.			embarcadero	ris .	ADVICUTOR	
The Contract In Team Counterion Contra	Get Started Coldance and Resources Latent News		1 1			<u> </u>	Strandorsk en	Spillitarpo	Price
	Welcome Windows Web Cloud Office SharePoint Data		1 1	fraight line is	neero Decementation		8 da but configuration (bibling)	Aphalencialue	205
C1 meridian			1 1				 C tage state that to be the tage 	el Archies Infait	Restance .
C1 che voiec-	What's New in Visual Studio 2000		1 1	Enceri Projesia	Recently Opened Projects		Chielpes	870	214
Territor Decision	Ward Starte 2020 Description		1 1	CISTA	 GroundWork, groupproj. (Haka nee a Faverte) Location: D/P/DEDUPAD/WDR/RPACE/DRO/RDVDR/DP/DP/DP/P/P/P/P/P/DP/DP/DP/DP/DP/DP/DP	<u>^</u>	CENex Jac	Ables	Ret
Netest Projects	What's New in 7617 humawook 4		1 1	FCRUM-Fy	Personality: Project Group		Contract and	Arefore	D'én
GB LHO	What's New in Visual C++ Contractors the Visual Curds Dark Dark		1 1	Estabel	Candidess PeopleTech/self-teck.dore) Institutional Institution Agents		C. Piedinstan	50P000	Doubrehousers
OB pile			1 1	5945	Revenue Cubill Holme (Austellander Apre) Miller (wielen, Apre)		Chabitfun an	80-30-25-8	bdaube
of post			1 1	afad			- Chodelaw	* Caylor.	A12 81 18 18 19 19
C at the	Creating Applications with Visual Studio		1 1	platernesh Brychil	CastrA dyraj (Hake wa a Fearris)			Gentlight	961
38 YOM			1 1	KAO Duelo XII	Personality: Dobh			K CONTINUES	(TRECIPTING)
CLAMACK			1 1	Draw Excert Projects Hanana Danant Projects				CHID	814
CB FEM	Entending Visual Studio		1 1	New Dreight	🥹 ssafe.dproj (Make me a Favorite)			Galantini	CONT.
CONTRACTORNELS	in the second se		1 1	Open Project	Personality Cristi			Celsuithenter CodSits	D'és
C8 Never			1 1	Hy favorites				Co.tkm/field	0164
	Community and Learning Resources		1 1	Nou have not unleated any feveries. Extent Projects or	26 FORTWARE, (reappro) (Make me a Pavante)			Dragflade	destanuel
	a sector a s		1 1	Shea Geore Insjects from	Personality: Project Group			2 Pert	(Week)
			1 1	create your favorites.	Candaton publicatio durity mole and durity			Perricula	Oleastrand
			1 1					Height	100
			1 1		G flatchell.dproj (Nake we a Feverite)	•		100/10	
			1 1		Copyright [®] 2014 2011 Bridaniadans Technologies, Inc. All rights reserve			replace	InContext.
			1 1			,		Brogicille	Contractor
			1 1	**	herese /			DM NO.	dane)
			1 1	D Hougo				Left.	0
			1 1	DCC-WE DISTLANDING HEDDAY	Variable 1.7 in declared 5.4 rever used in "Point LL85ter-SCattorito avoid dan" Variable Verfeit in declared for rever used in "Point L (ment abelia)		*	Fire Lostining	
Citize age aby poert load			1 1	DOCHING INTEGRATION POST	Variable 1.17 is declared but rever used in "Prom 1 OpenTableVie"				
Show page on startup				SCCIPIC INTERMINED ICEAN	Variable VII is designed but not an used in "Thire's". Open "adde"for Variable VIII is designed but not an use used in "Thire's Count" adde"for the			Caption	
	A sector before B sector	ry and a Cont. In Fig.		Case Output Search for Panel	Reck		The Westman College of College and College	windows.	
Contraction of the contraction of the contract				Company of the local data and th					

그림 3.17 Visual Studio 및 Delphi XE 개발환경

델파이는 객체 지향형 RAD(Rapid application Development) 도구로써 프로그래밍에서 컴포넌트 를 이용하여 개발의 효율성이 높다. 마우스를 이용해서 컴포넌트를 선택하고 폼이라는 창에 추가 하는 방식으로 응용프로그램을 작성한다. 컴포넌트나 폼의 속성을 선택하거나 바꾸면, 관련된 소 스 코드의 내용이 자동으로 바뀐다. 반대로 소스 코드를 수정하면 관련된 컴포넌트나 폼의 속성이 변한다. 이처럼, 프로그래머가 원하는 대로 프로그램을 수정할 때 관련된 프로그램의 다른 부분들 에 즉시 영향을 미치게 되므로, 프로그램 개발이 쉽다. 델파이는 파스칼을 바탕으로 하는 오브젝 트 파스칼을 채택하고 있다. 오브젝트 파스칼이라는 이름에서도 알 수 있듯이 일종의 객체 지향형 언어이다.

일반적으로 객체 지향 언어는 캡슐화, 상속성, 다형성의 세 가지 기본 개념을 지원하는 언어이 다. 오브젝트 파스칼 역시 이런 세 가지 개념을 지원하고 있고, 윈도우즈 프로그래밍의 기본 개념 인 객체 중심의 프로그래밍에도 적합하다. 따라서, 객체와 이벤트를 중심으로 하는 델파이 프로그 래밍에서는 객체 지향 프로그래밍이 매우 자연스럽게 구현된다.

프로그램은 데이터를 입력하는 부분과 지지력을 구하는 부분 그리고 신뢰성 해석을 수행하는 부분으로 크게 구분할 수 있다. 데이터를 입력하는 부분에서는 토질정수에 대해서 입력, 수정, 삭 제를 화면으로 확인하면서 작업하게 한다. 지지력을 구하는 부분과 신뢰성 해석 과정에서 발생하 는 처리결과 메시지를 윈도우창에서 실시간으로 보여주고 더불어 현재까지의 진행과정을 사용자 에게 보여주어 해석에 필요한 시간을 가늠하게 한다.

제4장

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! S/W 사용방법

1. 프로그램 구성

1.1 프로그램 화면구성

프로그램을 실행하면 다음과 같은 초기화면이 생성된다. 화면은 정보트리, 상단메뉴, 제어판, 그 리고 화면(뷰)와 같이 크게 네 개의 부분으로 구분할 수 있다. 먼저 정보트리는 데이터를 트리형태 로 관리하여 데이터를 화면에서 쉽게 확인할 수 있도록 하며, 상단 메뉴는 사용자가 선택하기 목 록별로 정리되어 있어 대화상자를 쉽게 선택할 수 있고 그 아래 간단한 아이콘으로 표시되어 있 다. 제어판은 화면(뷰)에 보이는 다양한 데이터를 제어하거나 관리할 수 있는 기능을 한다.



그림 4.1 화면 구성
1.2 메뉴

상단 메뉴 탭에는 데이터 정보를 입력 및 편집 기능을 하는 대화상자를 실행하는 버튼의 모음 이며, 또한 각 기능 버튼은 상단 메뉴 탭 아래에 작은 아이콘으로 구성되어 있다.

(1) 메뉴

							ドレス を 大 に て 乾 天 辺 谷 刀 倉 役 谷 フ 倉 役 谷 「 や 天 辺 谷 一 の し 一 の し の う の し の う の し の の し の し の し の し の し の し の し の し の の の の の の の の の し の の の の の の の の し の し の し の の の の の の の の し の し の し の し の し の の の の の の し の の の の の の の の の の の の の
	2 4	30 * 5	3 函 函 ▲	>			
Suji Exe Pr	ogramMLRFDMproject#CD8F?/	A3E2A224E8E9778A5A7A6F2	?EAWIrfd.db	D:WSuji E	xe Program¶Li	FD#project#	
	변 0 생 프로젝트	2 작업디렉.		프로젝트정보 로질정보 가 푸팅정보 하중입력 환경설정	4 敬え 密	해석방법 저항계수 해석 결과보기 해석결과	5 정보 말 입데이트확인
CEO	4 e						

그림 4.2 메인 메뉴 구성

① 파일

- 새 프로젝트 : 새 프로젝트를 생성
- 불러오기 : 기존에 작업하던 프로젝트를 열기
- 저장하기 : 작업한 프로젝트를 저장
- 다른 이름으로 저장 : 작업한 프로젝트를 다른 이름으로 저장
- 작업위치 : 프로젝트가 저장된 작업 위치를 불러옴
- 프로젝트 : 프로젝트 대화상자를 열기
- 끝내기 : 프로그램을 종료

② 보기

• 작업 디렉토리 : 현재 작업 중인 프로젝트의 디렉토리 위치 열기

③ 프로젝트 : 해석에 필요한 기본적인 데이터를 구성 및 편집하는 대화상자로 구성

● 프로젝트 정보 : 프로젝트 정보 편집 대화상자

- 토질정보 : 지층정보 편집 대화상자
- 기본정보 : 기본정보 편집 대화상자
- 환경설정 : 환경설정 대화상자

④ 실행

- 해석방법 : 해석방법 설정 대화상자
- 저항계수 : 저항계수 선정 대화상자
- 해석 : 해석 실행 대화상자
- 결과보기 : 해석 결과 보기 대화상자
- 해석결과 : 해석 결과 확인 대화상자
- 보고서 : 보고서 열람 대화상자

⑤ 도움말

- 정보 : 프로그램 정보 확인 대화상자
- 업데이트 확인 : 프로그램 업데이트 대화상자

(2) 메뉴 아이콘



그림 4.3 메인메뉴 아이콘 구성

표 4.1 파일 관리 메뉴

아이콘	명 령	설 명	
	작업위치 지정	지정 프로젝트를 저장할 작업위치 폴더 설정	
	프로젝트 매니저	프로젝트 목록을 확인 및 편집하는 대화상자 생성	
H	저장	작업 중인 프로젝트를 저장	
(\mathbf{i})	프로젝트 정보	프로젝트의 기본 정보를 편집하는 대화상자 실행	

표 4.2 데이터 입력 메뉴

아이콘	명 령	설명
-	지층 정보	지층 정보를 편집하는 대화상자 실행
	기초 정보	기초 정보를 편집하는 대화상자 실행
	말뚝 정보	말뚝 정보를 편집하는 대화상자 실행
5	하중 정보	하중 정보를 편집하는 대화상자 실행

표 4.3 해석 실행 데이터 메뉴

아이콘	명 령	설명
= -	해석 방법 설정	말뚝지지력 해석 방법을 설정하는 대화상자 실행
X,	해석 실행	말뚝지지력 해석 대화상자 실행
N	리포트 출력	해석 결과 레포트 출력
G	신뢰성 해석	신뢰성 해석 대화상자 실행

표 4.4 해석 결과 분석 메뉴

아이콘	명 령	설명
函	해석결과 분석 (2D)	해석결과를 2D로 결과 확인할 수 있는 대화상자 실행
30	해석결과 분석 (3D)	해석결과를 3D로 결과 확인할 수 있는 대화상자 실행

표 4.5 도움말 메뉴

아이콘	명 령	설	명	
\$	정보	프로그램 정보를 설정		

1.3 데이터 정보 트리

정보트리 창은 해석에 사용하는 데이터 정보를 저장하고 있는 트리로써 프로젝트, 지층, 주상도, 기초, 말뚝, 하중 정보 및 그 외 기타정보로 구성이 되어있다. 다음 그림은 각각 프로젝트의 정보를 읽기 전 후의 데이터 목록으로 나타낸 것이다. 트리는 Name과 Property 열로 구성된다.



그림 4.4 데이터 정보 트리

(1) 프로젝트 노드

프로젝트의 기본정보를 표시한다. Name열에는 현재 입력된 기본 정보명을 표시하고 있다. Property 열에는 각 기본정보에 해당하는 공사명, 고객명, 설계자 및 단위계 정보의 입력 값으로 구성되어 있다. 노드에 대한 설명은 다음 표와 같다.

🖃 🔂 프로젝트	0
Code	
Name	Project
- Client	박수지
- Manager	MYUNG JI
- Engineer	SUJI PARK
- Supervisor	SUJI PARK
- EMAIL	brightst
Unit Unit	UNIT_SI

표 4.6 프로젝트 노드

Name	Property	설 명
Code	공사코드	공사코드를 표시
Name	공사명	공사명을 표시
Client	사용자명	사용자명을 표시
Manager	관리자명	관리자명을 표시
Engineer	설계자명	설계자명을 표시
Supervisor	감독자명	감독자명을 표시
Email	전자우편	사용자의 이메일 주소를 표시
Unit	사용 단위계	현 프로젝트에서 사용하는 단위계 표시

(2) 지층 노드

프로젝트에 사용하고 있는 지층의 리스트를 표시한다. Property 열에는 현재 입력된 지층의 개 수를 표시하고 있다. 지층의 자식노드에는 지층의 리스트와 지층의 색상이 표시되고 각각의 지층 은 다시 단위중량, 포화단위중량 등의 물성 정보들로 구성된다. 각 노드 앞에 체크박스는 각 데이 터의 ON/OFF기능을 담당한다.

🖃 🕢 💿 지층	5 EA
🕀 📝 성토	
🖃 😡 Layer1	2
SID	2
설명	사질토
절성토	0
🕀 📝 Layer2	(3
🕀 🔽 Layer3	(4)
🕀 🕢 Layer4	(5

표 4.7 지층 노드

Name	Property	설명
지층명	지층명	지층명을 표시
SID	아이디	Sequence IDentification
설명	지층 설명	지층 설명을 표시
절성토	절성토	절성토량을 표시

SID는 Sequence IDentification을 나타내며 중복되지 않는 값으로 표현된다. 이 값은 수정할 수 없으며 프로그램에서 자동으로 생성된다. Description은 지층에 대한 설명이다. Volume은 계획고 에 의해서 지층이 성토 혹은 절토될 경우 그 양을 표시한다. 예를 들어 그림에서와 같이 Embankment의 경우에는 성토량을 표시하고 그 외 지층은 절토량을 의미한다. 지층명 앞에 있는 체크박스는 지층의 ON/OFF 기능을 담당한다.

(3) 주상도 노드

프로젝트에 사용하고 있는 주상도 리스트를 표시한다. Property 열에는 현재 입력된 주상도의 개수를 표시하고 있다. 주상도의 자식노드에는 주상도의 리스트와 주상도의 색상이 표시되고 각각 의 깊이, 지하수위 및 좌표 등의 정보로 구성된다. 각 노드 앞에 체크박스는 각 데이터의 ON/OFF 기능을 담당한다.

🖻 🗾 👗 주상도	5 EA
🖃 😡 BH-1	(1)
SID	11
- 깊이	9
- 지하수위	1000
- X 좌표	3.75
···· Y 좌표	3.75
드 Z 좌표	0
🕑 📝 BH-2	(12)
🕀 😡 BH-3	(13
🕑 🔽 BH-4	
🕀 😡 BH-5	(15

표 4.8 주상도 노드

Name	Property	설명
주상도명	색상	주상도 개수를 표시한다.
SID	아이디	Sequence IDentification
깊이	깊이	주상도 깊이를 표시한다.
지하수위	지하수위 깊이	지하수위를 표시한다.
X 좌표	좌표값	주상도의 X좌표를 표시한다.
Y 좌표	좌표값	주상도의 Y좌표를 표시한다.
Z 좌표	좌표값	주상도의 Z좌표를 표시한다.

주상도 앞에 있는 체크박스는 주상도의 ON/OFF 기능을 담당한다. Boring 노드에서 오른쪽 버 튼을 클릭하면 명령메뉴가 뜨는데 실행이 불가능한 경우는 비활성화 되고 실행이 가능한 명령만 활성화 되어 표시된다.

(4) 기초 정보 노드

프로젝트에 사용하고 있는 기초의 리스트를 표시한다. Property 열에는 현재 입력된 기초의 개 수를 표시하고 있다. 기초의 하부노드에는 입력된 기초의 색상, 위치, 분할, 정점, 요소, 면적 등의 항목으로 구성된다. 노드에 대한 설명은 표와 같다. 기초 앞에 있는 체크박스는 기초와 말뚝의 ON/OFF 기능을 담당한다.

🖃 🗾 🗔 기초	
모양	Rectangle
OX	0
OY	0
0Z	0
분할	0 EA
정점	5 EA
- 요소	4 EA
면적	100.00
윤변	40.00
	(

표 4.9 기초 정보 노드

Name	Property	설명
모양	기초의 모양	기초의 모양을 표시
OX, OY, OZ	위치	기초의 중심의 위치를 표시
분할	분할	원형 기초의 경우 외부 분할 개수를 지정
정점	정점	기초의 정점개수를 표시
요소	요소	기초의 요소개수를 표시
면적	면적	기초의 면적을 표시
윤변	윤변	기초의 둘레의 길이를 표시
색상	색상	기초의 색상을표시

(5) 하중 노드

프로젝트에 사용하고 있는 하중의 리스트를 표시한다. Property 열에는 현재 입력된 하중의 정 보를 표시하며 하중명의 하부노드에는 각 하중의 세부 내용이 표시된다. 세부내용에는 하중 종류 하중계수 및 위치와 하중크기 등을 표시한다.

🖃 🔽 📥 하중	2 EA
🖃 📝 Load1	(1)
Туре	POINTLoad
- Factor	1
- X	0
γ	0
- Z	1
PX	0
PY	0
PZ	-10
MX	0
MY	0
MZ	0
🕀 📝 Load2	(2)

표 4.10 하중 정보 노드

Name	Property	설명
하중	하중개수	하중의 개수를 표시
하중명	하중번호	하중의 번호를 표시
Туре	하중종류	하중의 종류를 표시
Factor	하중계수	하중 계수를 표시
X, Y, Z	좌표	하중의 X, Y, Z 좌표를 입력
PX, PY, PZ	축하중	X, Y, Z 방향의 축하중을 입력
MX, MY, MZ	모멘트하중	X, Y, Z 방향의 모멘트 하중을 입력

(6) 말뚝정보 노드

프로젝트에 사용하고 있는 말뚝의 리스트를 표시한다. Property 열에는 현재 입력된 말뚝의 개 수를 표시하고 있다. 말뚝의 하부노드에는 입력된 말뚝의 좌표 값이 표시된다. 기초가 말뚝기초인 경우에는 말뚝의 노드에 말뚝개수만큼 새로운 노드가 추가되어 표시된다. 노드에 대한 설명은 표 와 같다.

🖃 🗾 🏛 말뚝	64 EA
🖃 📝 #1	1
X	-4.84075
ΥΥ	4.84075
길이	10
🕀 😿 #1	2
🕀 😥 #1	3
🕀 😿 #1	4
🕀 🕢 #1	5
🕀 📈 #1	6

표 4.11 말뚝 정보 노드

Name	Property	설명
말뚝번호	말뚝번호	말뚝번호를 표시
X	X 좌표	말뚝의 X 좌표를 표시
Υ	Y 좌표	말뚝의 Y 좌표를 표시
길이	말뚝길이	말뚝의 길이를 표시

(7) 기타 정보 노드

기타정보는 프로젝트, 지층, 기초, 말뚝, 하중 정보를 제외한 그 외 화면(뷰)에 표시되는 정보들 의 정보를 표시하거나 화면(뷰) 컨트롤 기능을 담당하는 정보트리이다.

🛛 🛃 지하수위선	0
- 🔽 🏢 십자마크	0
	0
🛛 📝 📱 지층채움	0
🖻 🚯 정보	0
Vertex	13 EA
- Triangle	16 EA
- X min.	-6
- X max.	6
- Y min.	-6
Y max	6
- Z min.	-9
🖵 Z max	0
🖻 👩 카메라	0
X	24,
Y	2
L. Z	4

표 4.12 기타 정보 노드

Name	Property	설명
지하수위선	지하수위선 ON/OFF	지하수위선 ON/OFF 표시
십자마크	십자마크 ON/OFF 기초의 십자마크 ON/OFF 표시	
나침반	나침반 ON/OFF	나침반의 ON/OFF 기능을 표시
지층채움	지층 채우기 ON/OFF	지층 채움 여부를 표시
정보	정보	지층의 절점과 최대 및 최소위치 등을 표시
카메라	카메라 정보	카메라 위치 표시

1.4 화면(뷰)

데이터를 화면에 표시하는 뷰는 지반정보를 3D 형식으로 보여준다. 3D는 그래픽엔진으로 OpenGL을 사용하였으며 마우스를 이용하여 상하좌우 이동은 물론 회전을 통해 다양한 각도에서 조망할 수 있다. 데이터를 3차원으로 볼 수 있는 뷰로 지반의 고저를 광원을 이용하여 음영으로 표현하므로 지반상태를 쉽게 파악할 수 있다. 계획고를 설정한 경우에는 절성토면을 상세하게 표 현한다. 3D 화면 우상단에는 나침반이 있어서 현재 3D 화면에서의 방위나 기준축에 대한 회전량 을 표시해준다. 도넛모양의 띠의 좌우상하에는 방위를 나타내는 N, W, S, E 가 표시되어 있고, 타 원모양의 가운데에는 지반모델링을 의미하는 정육면체가 있고 각 면에는 TOP, BOTTOM, LEFT, RIGHT, BACK, FRONT가 표시되어있어 확대하였을 때 현재 보고 있는 시선의 방향을 쉽게 파악할 수 있다. Z축 방향에 대해서는 별도의 축척을 적용하여 지반의 요철을 좀 더 상세히 조정할 수 있 다.



그림 4.5 3D 화면(뷰)

1.5 제어판

화면(뷰) 기능을 설정 및 편집하는 기능을 수행한다. 화면(뷰)에 나타나는 시각적인 데이터를 관 리 및 편집할 수 있다. 제어판은 두 개의 탭으로 구성되어 있는데, 첫 번째 탭에는 카메라 정보를 설정할 수 있다. 두 번째 탭은 조명요소를 설정할 수 있다.

X Axis < > -30	6	🛛 Active Cordinate	
Y Axis < > 0 Z Axis < > 0 (-) Zoom Out Zoom In (+) Camera Initialize Top Right Front Bottom Left Back	Display	X 66.446 Y -66.446 Z 59.202 Ambient Diffuse R	Specular Color tialize

그림 4.6 제어판

2. 프로젝트 구성

2.1 작업 디렉토리 설정

본 프로그램은 프로젝트 단위로 데이터를 관리하므로 프로젝트 단위가 저장될 작업디렉토리를 지정하는 작업을 한다. 작업디렉토리는 추후에 변경할 수 있으며 이전에 지정된 작업디렉토리를 다시 지정하게 되면 이전 프로젝트 정보를 그대로 다시 사용할 수 있다. 작업 디렉토리를 설정하 기 위해서는 우선 상단의 작업위치 설정 버튼을 클릭한 후 생성된 대화상자에서 프로젝트가 저장 될 폴더를 선택한다. 만약 작업 디렉토리를 새로 지정하고 싶다면 좌측 하단 새 폴더 만들기 작업 을 통해서 설정할 수 있다. 폴더를 선택한 후 하단의 확인버튼을 누르면 작업 디렉토리 설정이 완 료된다.



그림 4.7 작업 디렉토리 설정

2.2 프로젝트 매니저

작업 디렉토리를 지정하고 나면 현재 작업디렉토리에 프로젝트를 생성하거나 기존 프로젝트에 대한 수정 및 삭제 등의 작업을 할 수 있다. 프로젝트 관리자 오른쪽 상단에는 프로젝트의 스케치 화면이 출력되고 아래에는 프로젝트에 대한 간단한 내용이 출력된다. 프로젝트 매니저에서는 프로 젝트를 다양한 방법으로 관리할 수 있는 기능을 가진다.

		キオ 🗔 🧿 🎚 Lexistance Factor Design	¥ = ¢)<		KICT	·국건설기술연구원
Name · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Pros 22000 77 37 50 5000 0 6 50 5000 0 6 50 5000 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 2 2 4	ois Ny instance	상영 Resert	수값 yrp		Canera Light X Axis < Y Axis < Z Axis < C-) Zoon Dut Canera Ini Top Rish	> -53 > 0 > 0 Zoon In (+) tialize t Front
CEG construction	8-27 - KORA PASTTUTE an Engineering Group	+2 424 el construction monicolegy	42 49	만든 날자 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	5-27 18 06 40 R20 44 ± 712 27 18 28 44 12 44 ± 21 45 5 20 10		

그림 4.8 프로젝트 매니저

- 추가 : 단위 프로젝트를 새롭게 추가하는 기능 및 새로운 프로젝트 그룹을 생성
- 수정 : 기존 프로젝트의 기본정보를 수정
- 삭제 : 기존 프로젝트 및 프로젝트 그룹을 삭제할 수 있다. 현재 사용중인 프로젝트는 삭제할
 수 없으며 프로젝트 그룹 하부에 프로젝트가 존재하면 삭제할 수 없으므로 하부의 프
 로젝트를 삭제한 후에 그룹을 삭제할 수 있다.
- 백업: 프로젝트를 백업하는 기능으로 사용자가 지정한 위치에 프로젝트 백업파일을 저장한다.
 선택한 프로젝트의 하부내용을 모두 백업하므로 불필요한 파일은 사전에 삭제하여 백 업파일의 용량을 최소화한다.
- 복원: 백업된 프로젝트를 복원하여 작업디렉토리에 생성하는 기능으로 프로젝트를 이동하거나 공유할 수 있도록 해준다.
- 복사 : 복사기능은 백업기능과 유사한 기능을 하지만 따로 백업파일을 만들지 않고 모든 내용
 율 새로운 프로젝트에 그대로 복사하는 기능을 한다.
- 가져오기 : 데이터 파일을 가지고 새로운 프로젝트를 생성한다.

(1) 그룹 추가

프로젝트를 추가하기 전에 우선 프로젝트 그룹을 추가해야 한다. 프로젝트 매니저를 생성하면 디폴트로 기본 그룹이 설정되어 있다. 다른 그룹을 추가하기 위해서 하단의 추가버튼을 누르면 생 성되는 팝업메뉴에 두 가지 목록이 생성되는데 여기서 첫 번째 메뉴인 add group 버튼을 클릭한 다. 그룹을 추가할 수 있는 대화상자가 생성되면 정보를 입력한 후 OK 버튼을 누른다. 다시 프로 젝트 매니저로 돌아가서 그룹추가가 완료되었는지 확인한다.



그림 4.9 그룹 추가

(2) 프로젝트 추가

다음은 위의 과정으로 생성된 그룹에 프로젝트를 추가한다. 생성한 그룹을 선택한 후 하단의 추가버튼을 누르면 생성되는 팝업메뉴에서 두 번째 메뉴인 add project 버튼을 누르면 프로젝트 를 추가할 수 있는 대화상자가 생성된다. 정보를 입력한 후 하단의 OK 버튼을 누른다. 다시 프로 젝트 매니저로 돌아가서 추가한 목록을 확인한다.

🕞 Pile - Load & Resistance Fac	tor Design			_					- 🗆 ×
	D D						C.K	े ICT सन्द	건설기술연구원
D: WSUJI Exe ProgramMLRFD#pro Name 문 문 프로젝트		- X 🗔 🐼 🖟 Intence Factor Design RFD 018	1	수정날자	and rec	× KICT 8789/887-8	Camera I	Light	•
(1) 월 @ 4 Ås ↓ 주상도 (1) 월 △ 3 (2) 1 Å (3) 1 Å (4) 1 Å (3) 1 Å (4) 1 Å (5) 1 Å (6) 1 Å (7) 1	1 El Porte Broop	Nột (rătiĝogo Test 8 cor)	Reark Test Group 1 remPrgEditor Solect No. 1 B Solect No. 1	0		est Group 1	Y Axis Z Axis (-) Zoon	<	> -53 > 0 > 0 > 0
	2			C	-Cuncet		Came	Right	Front
		42 424		周 八 733	파일 크기 만든 날자 (2기) 	지 (14년 전) (14년 1715) 1715: 고양시 일신서구 고양대 8 200(18년 2011)	Bottom	Left	Back
		roje x44719.841, Y:	74659.056, Z:-67078.	234 (-1)		(10 ort-11)	C 261 311	2 79012	A 201/(R015-2011)
NORCE INSTITUTE OF CONSTRUCTION	TECHNOLOGY			씨이지	-sip 유지보수: 201	7-05-27 (정상) 최종접속: 20	16-05-27 15:	16:37 v1	0.0 build 0

그림 4.10 프로젝트 추가

3. 데이터 구성

3.1 프로젝트 정보 편집

프로젝트 정보관리 대화상자에서는 현재 사용할 프로젝트에 대한 정보를 입력하는 기능을 수행 한다. 공사정보, 작업정보 및 고객정보 등을 입력한 후 OK버튼을 눌러서 입력한 정보를 저장한다.

TSuji Exe ProgramWLRFDMp		うてXIM W 単単単 ♥ 10F99846E29F787F08B828B142W1rfd.db	D:WSuji Exe ProgramWLRFDMprojectW	최종졉속: 2016-05-27 15:34:22
Name	2	🗧 Pile - Load & Resistance Factor Design		= ×
● 🕞 프로젝트 ● 😼 ● 지층	C EA	XPALE LEFD	८२२ KICT छन्रयक्ष्णक्षरी	78
B 📴 🗗 기초		공사정보	작업정보	
🛛 🕹 하중	0 EA	작업코드 :	설 계 자 : 박수지	PRONT
·····································	0 EA		21 5 71 1 210(3)	
·····································	0	8 4 8	8 4 / 1 000	
🖉 🖉 나용반	0	고 객 명 : 박수지	공사기간 : 2016.05.27~2016.9.28	
🛃 지층채움	0	공사위치 : 경기도	공정율: 30	
0 정보	0			
이 카메라	0	고객정보		
Y	2	담당자: 손규만		
z	4	전자우편 : kmson@ce94u.com	Tel : 031-383-6864 Fax : 031-383-2566	
		주 소 : 경기도 안양시 동안구 관평로 1	한술센트럴파크 2채	
			Close	
		KOREA INSTITUTE of CONSTRUCTION TECHNOLOGY	411-712 21기도 고양시 입사서구 고양대로 283(대한동	2311)

그림 4.11 프로젝트 정보 편집

프로젝트 정보 데이타 입력

- 1. 공사정보
 - ① 작업코드 : 작업코드를 입력
 - ② 공사명 : 프로젝트의 공사명을 입력
 - ③ 고객명 : 사용자명을 입력
 - ④ 공사위치 : 공사위치를 입력
- 2. 작업정보
 - ① 설계자 : 공사 설계자명을 입력
 - ② 감독자 : 공사 감독자명을 입력
 - ③ 공사기간 : 공사기간을 입력

④ 공정율 : 공정율을 입력

3. 고객정보

- ① 담당자 : 담당자명을 입력
- ② 전자우편 : 담당자의 전자우편 주소를 입력
- ③ Tel : 담당자의 전화번호를 입력
- ④ Fax :담당자의 팩스번호를 입력
- ⑤ 주소 : 담당자의 주소를 입력

3.2 지층 정보 편집

지층별로 기본정보를 관리하는 작업으로 지층에 따라 토질물성값, 토질특성, 저항계수, 지지여 부, 지하수위 등을 입력하거나 수정할 수 있고 지층의 순서도 변경할 수 있다. 해석방법에 따라 별도로 입력해야 하는 정보는 해석방법관리에서 작업하도록 한다. 순서 1번의 지층은 성토층으로 프로젝트의 생성과 동시에 만들어 지며 기본층으로서 삭제할 수 없으며 두께를 제외한 나머지 물 성값은 수정이 가능하다. 입력에 필요한 정보로는 이름, 두께, 지지여부 등이 있으며, 지층의 두께 와 색상을 통해서 지층의 단면도를 작성한다. 그리고 단위중량 및 점착력 등 여러 가지 지층의 물 성정보를 입력하여 지지력해석을 하는데 이용되며, 지반 특성정보를 다수선택을 가능하게 하여 각 각의 지반 특성을 적용할 수 있다. 또한 저항계수 및 부주면 중립점을 집적 입력해서 관리할 수 있다.

Image: Section of the section of th	LRFD	🔗 Pile - Load & Resistance Factor Design			CT 한국건설기
111 Exe Programm LPCMProte 11 Exe Programm LPCMProte 12 Exe Programm LPCMProte 12 Exe Programm LPCMProte 12 Exe Programm LPCMProte 12 Exe Programm LPCMProte <th></th> <th>XPME LRFD</th> <th></th> <th>KICT #32%78978</th> <th></th>		XPME LRFD		KICT #32%78978	
● ○ 月高 ○ ○ □ ○ □ ○ □ ○ □ ○ □ ○ □ ○ □ ○ □ ○ □ ○	e e	순서 이름 설명 색상 1 성도 성도	지하수위 지하수위 : 0 = 단위중령	r: 9.8 i3//a*	-05-27 15:34:
※성토율의 투제는 기초성성시 자동으로 철정됩니다. 내보내가 2개역오기 체사하기 분야당기 무상도들기 추가 수정 424 0K Oancel	● ● 지종 ● ● 지종 ● △ 기초 ● △ 기초 ● △ 기초 ● △ 키종 ● △ 키종 ● △ 기초 ● △ 기초 ● △ 기초 ● △ 기초 ● △ 100 ● ○ ○ 148<		1년정보 0 등 : 신유성영 : 대표특성 : 전상로 : 고 대 전문영쟁 : 전상로 : 고 대 전문영쟁 : 전상로 : 고 대 전문영정 · 사일트 · 소 대 전문영상 · 사일트 · 소 대 전문양도 · 사일트 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	선전지에야 ● 월71 ○ 71월 두 20월 월61年 ● 월71 ○ 71월 주 20월 71 ○ 71월 주 20월 72 ○ 71월 72 주 20월 72 ○ 718 주 20월 72 ○ 718 주 20월 72 ○ 718 주 20월 72 ○ 718 주 20월 72 주	
		*생토출의 투제는 기초생성시 자동으로 결정됩니다. 주상도움기 추가 수정 식계	내보내기 기져오기	0K Cancel	1-1

그림 4.12 지층 정보 편집

- 추가 : 입력된 정보로 새로운 지층을 추가한다.
- 수정 : 지층정보를 수정한다.
- 삭제 : 선택된 지층을 삭제한다.
- ▲▼ : 지층의 순서를 변경한다.
- 대화상자구성 : 선택된 지층의 정보를 수정하는 창이 활성화 된다.
- 내보내기 : 지층 정보를 내보낸다.
- 가져오기 : 지층 정보를 가져온다.

(1) 지층 추가

지층을 추가하는 방법입니다. 지층정보 편집 대화상자 좌측의 지하수위, 단위중량, 기본정보, 지 반특성 등 토질 물성 정보를 입력한 후 좌하단의 추가버튼을 누른 후 상단의 지층목록에서 추가 된 지층정보를 확인합니다.

Pile - Load & Resistance Factor Design	
순서 이를 설명 ·····북상······	지하수위 : 0 m 단위중량 : 9.8 MVs*
3	기본정보 선던지지여부 이 를: Laver1 상세설명: 점상도 대표특성: 점정도 지층두째: 3 값 동당법 Y 스 책 상: 또
	지반특성 저일계수 중 점성로 사질로 실트 자값 일반 로 질정수 응ama (y): 19 kV/m² 인발저함: 1 Gamas Sat (ys): 19 kV/m² 선단저함: 1
2	Conesion : 30 HV/w ³
※성토출의 두께는 기초성성시 자동으로 결정됩니다. 주상도읽기 수개 ← 수정 수 석제	대보내기 27적오기 백사하기 분여님기 (K Cancel 411-772 21/5 794시 일사세크 7947로 2997년 59

그림 4.13 지층 정보 추가

(2) 지층 수정

수정할 지층 목록을 선택하신 후 우측의 정보를 수정한 후 좌측 하단의 수정버튼을 클릭합니다. 다음은 목록에서 수정된 지층내역을 눌러 변경된 정보를 확인합니다.

Pile - Load & Resistance Factor Design 2 XPALE LRFD 2	শটার প	_ => KICT
순서 이름 설명 - 책상	V 지하수위 : 0 🔹 🔹	단위중량 : 9.8 kN/m°
© 2 Layer1 5455 © 3 Layer2 A 55 1	- 기본정보 이 홈 : Layer2 상세설명 : 사질로 대표특성 : 사질로 지층두께 : 2 ⊮ 상당법 ₩ ¥	선단지지여부 불가 @ 가능 부주면발생여부 @ 불가 가능 주면지지여부
	색 상: ♥ 지반특성 정성도 ♥ 사질도 월드 자갈 임 도질정수	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	Gamma Sat (y): 19 Gamma Sat (y s): 19 Conesion : 0 \$\phi\$: 25	• KA/8, KA/8, 영관님하 : [
(3)	Es: 200000 v: 0.3	kN/8* 부주면아철택 종립정: 0.000 54
*성토출의 두깨는 기초생성시 자동으로 결정됩니다. 주상도읽기 추가 수정 ← 삭제	내보내기 가져오기	해시하기 범여넣기 0K Cancel
KOREA INSTITUTE of CONSTRUCTION TECHNOLOGY		411-712 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동 231

그림 4.14 지층 정보 수정

(3) 지층 삭제

지층 목록에서 삭제할 지층 목록을 선택하신 후 좌측 하단의 삭제 버튼을 클릭합니다. 삭제가 완료되었는지 지층 목록에서 확인합니다.

Pile - Load & Resistance Factor Design	T01-01		С	_ = > 한국간삶기술연구용
순서 이름 설명 색상 1 성로 성로	지하수위 : 0 ***	단위중량	: 9.8	kN/m°
	기본정보		선단지지여부	
	01 🔮 : [Layer3		○ 불가	 가능
×	상세설명 : 실트			
	대표특성 : 실 트	0	루수면할생녀두	
	지총두께 : [3		() 불가	이 가동
U	☑ 농담법	VA	주면지지여부	
	색 상 : 🗖	19	○ 불가	 가능
	지반특성 - 점성토 · 사용토 · 상 실트 · 자갈	임반	저합계수 주면저함 :	
	토질정수		018/1201	
	Gamma (y) : 19	kN/m ^a	MCREAT - M	
	Gamma Sat (ys): 19	kN/m ^a	CONTRACT I	
	Cohesion : 10	kN/m²		
	i 25 i	•		
\bigcirc	Es : 200000	kN/m²	부주면마찰력	
(2)	v : 0.3		중 립 점 : 0	.000 🕺
	내보내기 가져오기		복사하기	[월여넣기]
· 주상도읽기 추가 수정 삭제			OK	Cancel
KOREA INSTITUTE OF CONSTRUCTION TECHNOLOGY		411-712 경	기도 고양시 일산서구 고역	양대로 283(대화동 231

그림 4.15 지층 정보 삭제

			지하수위		Rici eserarei
는서 이름 1 성로	설명 성로	색상	지하수위 : 0 **********************************	단위중량	: 9.8 kN/m
3 Layer1	임영토 사질토		기본정보 이 를 : Layer3 상세설명 : 실트 대표특성 : 실 트		선단지지여부
			지출두께: 3 중동법		• 물가 가능 주면지지여부 월가 • 가능
			지반특성 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		- 저항계수 주면저함 : 1 부주면저함 : 1
			Gamma (y): 19 Gamma Sat (ys): 19	kN/m ^o kN/m ^a	인발저함 : 선단저함 :
			Cohesion : 10	kh/m²	
			Es : 200000 v : 0.3	kN/m²	부주면마철력 중 립 점 : 0.000 🏂
			(internet) (internet)		Constant Constant of

그림 4.16 지층 정보 삭제 완료

지층 정보 데이타 입력

- 1. 지하수위
 - ① 지하수위 : 지하수위를 입력
 - ② 단위중량 : 물의 단위중량 입력
- 2. 기본정보
 - ① 이름 : 타이틀을 입력
 - ② 상세설명 : 지층에 대한 설명을 입력
 - ③ 대표특성 : 지층에 대한 대표특성을 입력
 - ④ 지층두께 : 지층의 두께를 입력
 - ⑤ 농담법 : 지층의 색상을 농담법을 이용하여 적용
 - ⑥ 색상 : 지층의 색상을 선택
- 3. 지반특성 : 적용할 토질종류 선택
- 4. 토질정수
 - ① Gamma : 전체단위중량을 입력
 - ② Gamma Sat : 포화단위중량을 입력
 - ③ Cohesion : 점착력을 입력

- ④ ϕ : 지층마찰각을 입력
- ⑤ Es : 탄성계수를 입력
- ⑧ ν : 포아송비를 입력
- 5. 지지여부 선택
 - ① 선단지지여부 : 선단지지여부 선택
 - ② 부주면 발생여부 : 부주면 발생 여부 선택
 - ③ 주면지지여부 : 주면지지 여부 선택
- 6. 저항계수
 - ① 주면저항 : 주면저항계수 입력
 - ② 부주면저항: 부주면저항계수 입력
 - ③ 인발저항 : 인발저항계수 입력
 - ④ 선단저항 : 선단저항계수 입력
- 7. 부주면마찰력

① 중립점 : 부주면 중립점 입력

3.3 기초 정보 편집

지반에 기초를 설치하는 작업으로 사각형 크기와 설치위치 및 계획고를 입력한다. 계획고가 양 수이면 성토가 되고 음수이면 절토가 된다. 프로그램 메인화면에서 기초 정보 대화상자 버튼을 누 른 후 생성된 대화상자에서 정보를 입력한 후 Design 버튼을 눌러서 입력 정보를 저장한 후 기초 를 생성합니다. 기초를 생성하기 위한 입력요소는 지층의 크기, 모양, 위치, 색상 등이 있다. 지층 의 위치를 입력함으로써 기초의 위치 및 계획고의 정보를 확인할 수 있다. Foundation Shape 기 초에 대한 가장 기본적인 정보를 생성하고 구성한다. 이는 프로젝트에 사용되는 각종 기초에 대한 정보를 입력하고 이에 대한 정보를 관리하며 기초에 대한 해석을 수행할 수 있는 역할을 한다.

Pile - Load & Resistance Fa 과일 보기 프로젝트 실행 : XPPALE III () ()	ctor Design 변도우 도용말 [7]])			_		_		_		
D:WSuji Exe ProgramWLRFDMpr	o/ect#63222F10	Pile Load & Resistance Factor I	JAR ↔ ¥ Urfd db Nation	D:#Sui i	Eve Pro	arauMLREDMornie	ct#		* 2	016-05-27 15:34:22
Name * 🗟 프로젝트 * 🖉 👁 지종	Property 0 1 EA	E Foundation Shape	Social and L	Foundation	aterial Prope	τy		KICTO	2180+9	
· ▷ 조상도 · ○ 기초 · ○ 기 방택 · ○ · ○ 지하수위선 · ○ · ○ · ○ · ○ · ○ · ○ · ○ · ○ · ○ · ○	0 EA 0 EA 0 EA 0 0 0 0 0 0 0	Rectangle	•	Center X 0 Y 0 Z 0 Dvision 36		Design Level X 0 Y 0 Z 0.0 Vertex Phase (*) 0.000	, m , m , m , M	DL Offset (m) 1.000 Color DL Arm Scale (x) 1.000	ж ж	
Ÿ	2 4	D Bi foundation Information Radius B: 10.0 m	C _L That D _C 1.0 m						3	
	Engineering Group	Lr 10.0 m	HNOLOGY			411-7	n2 1171도 I	280 9 M M M M M M M M M M M M M M M M M M	0058 200/0815 2310	

그림 4.17 기초 정보 편집

- Design : 입력된 기초의 크기와 계획고를 이용해서 절토 혹은 성토작업을 한 후 지정한 위치에 기초를 설치한다.
- Close : 기초의 변경된 정보를 저장하고 종료한다.

기초 생성 데이타 입력

- 1. Foundation Shape : 기초의 정보 입력
 - ① Rectangle
 - B : 기초의 폭을 입력
 - L : 기초의 길이를 입력
 - D : 기초의 두께를 입력
- 2. Foundation : 기초의 기본 데이터

① Center

- X : 기초의 중심으로부터 X좌표를 입력
- Y : 기초의 중심으로부터 Y좌표를 입력
- Z : 기초의 중심으로부터 Z좌표를 입력

② Design Level

- X : 계획고의 X좌표를 입력
- Y : 계획고의 Y좌표를 입력
- Z : 계획고의 Z좌표를 입력
- ③ DL Offset (m) : 기초 외부로부터의 설계 계획고 영역을 지정
- ④ Color : 기초의 색상을 선택
- 2. Material Property : 기초에 대한 물성값 입력
 - ① ν : 포아송비를 입력
 - ② E : 탄성계수를 입력
 - ③ G : 전단탄성계수를 입력
 - ④ Soil ks: 횡방향 토압계수 (수평지반 반력계수)
 - 5 Unit Weight : 기초의 단위중량 입력

3.4 말뚝 정보 편집

기초를 설치한 후 말뚝을 배열하는 작업을 한다. 말뚝을 배열하기에 앞서 기초의 여유 폭을 설 정하고 말뚝의 길이를 결정한다. 말뚝기초 해석에서 가장 중요한 요소는 사전 입력된 지반조사 자 료를 분석한 후 설계 조건을 입력 및 선택하는 것이다. 말뚝 제원을 입력한 후 말뚝의 최적 배열 에 대한 설계를 검토할 수 있다.

Nile - Load & Resistance Factor 파일 보기 프로젝트 실행 윈도:	r Design 우 도움말				- ¤ ×
XIN LEFD				6	
		你 函 ● み			ACT ENCERTECTE
		₩ ¤ = +			0010 0F 07 1F:04:00 0
b. wou) i Exe ProgrameErbeprojec	Pile - Load & Resist	ance Factor Design			2010-03-27 15-34-22
Name 1 ● ① 프로릭트 1 ● ② ● 지층 0 ● ② ● 지층 0 ● ② ○ 기点 0 ● ③ ○ 기点 0 ● ③ ○ 기点 0 ● ④ ○ ○ 기点 0 ● ④ ○ ○ ○ ○ ○ 0 ● ④ ○ ○ □ ○ 0 ● ④ ○ ○ 0 ● ④ ○ 0 ● ● ○ 0 ● ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0 ● ○ 0	Property 0 =1 1 EA 0		. 9		Divider
CEG construction Engli	neering Group			V:3.254, V:5.946	
KOREA INSTITUTE of CONSTRUCTION	TECHNOLOGY			411-712 경기도 고양시	일산서구 고양대로 283(대화동 2311)
			씨이지-sjp 유지보수: 2017-05-27	(정상) 최종접속: 2016-05-2	7 15:34:22 v1.0.0 build 0

그림 4.18 말뚝 정보 편집

(1) 말뚝 제원 선택

말뚝 배열 작업에 앞서 우선 말뚝 제원을 선택하는 작업을 수행한다. 말뚝 배열 대화상자에서 우측의 맨 상단의 🖻 버튼을 누르면 다음과 같이 말뚝 데이터베이스 목록이 생성된다. 사용자가 사용하고자 하는 말뚝 DB를 콤보박스와 하단의 리스트박스에서 선택한 후 OK 버튼을 눌러서 선 택한 말뚝DB를 저장한다.

😸 Pile - Load & Resistance Factor De	sign			×
파일 보기 프로젝트 실행 윈도우 .	도용말			
KOUR LEFD			KICT #27/27/29	191
	Pile - Load & Resistance Factor Design		_ = ×	
D: WSuii Exe Program REDMorniect W6	and the second se		2016-05-27 15:34:22	
Namo	Margin (s)			
Hole Pro. ⊕ 🕞 프로젝트 0				
🛞 💆 💿 지층 1 E	0 S			
	말뚝길이 (m)			
·····································	0		THE PART	
- 😼 血 말뚝 0 E	말뚝종류 * 01eee *			
- V III 지하수위선 0 - VIIII 제하수위선 0	alciose -			
- 2 2 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	2.5			
- 김 지층채움 0	최대간격(×0)		69	
● ① 경보 0 □ ② 보 0	5	0 × 0		Disp
	선단폐색율(%)			lay
- Y 2				
	#			
	e,			
CCC	5.3			
	2		X:-0.001 X:0.022	
		1		
KOREA INSTITUTE of CONSTRUCTION TECH	INOLOGY	씨이지-sin 유지보수 2017-05	411~712 경기도 고양시 일산서구 고양대로 288(대화동 : -27 (정상) 최종전송: 2016-05-27 15:34:22 v1 0.0 build	2911)

그림 4.19 말뚝 제원 대화상자

Pile-Los	ad & Resistance Factor	Design	_	-		2	×
Exe Pro RFU	LEVER LEFT	Paolo			Dillo Chano	KICT 한국건설	기술연구원 -05-27 1
프로젝트 Steal-cir	rcle 👘	Kind : Title :	Steal-circle = Steal-318.5X6.9		Shape : Made Length :	Circle 0	
· 주상도 말복리로	N6.9				Innuk Buka		
▲ 기초 Steal 318 ★ 하중 Steal -355	5X10.3	Diameter :	318.5	88	Net Area (An) :	67.55	CR2
표 말뚝 Steal-305 Steal-355	5.6X11.1	Thickness :	6.9	-	Area (A) :	67.55	ca?
집 시하수 위신 新 십자마크 Steal-406 新 십자마크 Steal-406	.4X7.9 .4X9.5	Corrosion Thickness :	0	88	Perimeter :	1000.59733865	-
② 나옴반 Steal-406 Steal-457	.4X12.7 .205.4				Unit weight (w):	519.93	N/m
전보 Steal-45/ Steal-45/ Steal-509	.2X9.5 .2X12.7				Modulus of Elasticity (E) :	210	GPa
카메리 Steal-508 Steal-508	1.0X9.5 1.0X12.7	Section Modulus			Allowable Stress		
x Steal-558 y Steal-558	8.809.5 8.8X12.7	Moment of inertia (1x) :	8200	CR4	Tensile (Ta) :	137	MPa
Z Steal-500 Steal-609	1.609.5	(Iy):	8200	CH4	Compressive (Am) :	137	MPa
Steal-609 Steal-711	.6X16 .2X9.5	Section Modulus (Zx) :	515	CB ⁰	Bending (Ba) :	0.	MPa
Steal-711 Steal-711	.2X12.7 .2X16	(Zy) :	515	CB ⁰	Shear (Sa) :	78	MPa
Steal-812	.8012.7				Prestress :	0	MPa
						OK	Gancel -
	TUTE of CONSTRUCTION T	ECHNOLOGY			411-712 경기도 고양AI	일산서구 고양대로 283	((1015 2311)

그림 4.20 말뚝 제원 선택

(2) 말뚝 제원 편집

다음은 선택한 말뚝 데이터베이스 정보를 세부적으로 수정할 수 있는 작업입니다. 말뚝 DB를 선택한 후 이전화면으로 돌아오면 좌측의 말뚝 지름 입력 창을 더블클릭하면 다음과 같은 대화상 자가 생성되며 방금 전에 선택한 말뚝 정보를 수정할 수 있다. 혹은 현재 대화상자에서 모든 말뚝 제원 요소를 직접 입력할 수 있다.

Pile - Load & Resistance Factor Design		×	KICT 並考社協기金연구
NULL Eve Program Fitter Magin (a) Por Base Prov 0 0 0 0 C 프로젝트 Prov 0<	0 × 0		2016-05-27 15:34:22
		X:-2,475, Y:5,316	

그림 4.21 말뚝 제원 편집 대화상자

WSuji Exe ProgramWLRFDWp		(FD			КІСТ	반국건설기술연구원 6-05-	-27 15:
ame 등 프로젝트 ☑ ④ 지흥 □ ► 조사도	Pr. Basic 0 Kind : 1 Title :	Steel:Pipe Steal-318.506.9	•	Pile Shape Shape : Made Length :	Circle 0	-	M
 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	0 Diameter : 0 Thickness : 0 Corrosion Thickness : 0	318.5 6.9 0	50 50 50	Input Data Net Area (An) : Area (A) : Perimeter : Unit weight (w) :	67.55 67.55 1000.59733865 519.93	Ca ² Ca ² ma N/m	FIGHT
0 정보 (1) 카메라 - X - Y	0 0 1 2 Section Modulus			Modulus of Elasticity (E) : Allowable Stress	210	GPa	\square
- Z	4 Moment of inertia (1x): (1y):	8200 8200	CH4	Tensile (Ta) : Compressive (Aa) :	137	MPa MPa	
	Section Modulus (Zx) : (Zy) :	515	CN ⁰	Bending (Ba) : Shear (Sa) : Prestress :	0 78 0	MPa MPa	

그림 4.22 말뚝 제원 편집

- 1. Basic
 - Kind : 말뚝 형상 및 재료 선택
 - Title : 말뚝 이름을 입력
- 2. Section Modulus
 - $\textcircled{1} \mathsf{Pipe}$
 - Diameter : 말뚝 직경을 입력
 - Thickness : 말뚝 두께를 입력
 - Corrosion Thickness : 말뚝 부식 두께를 입력
 - ② H Shape
 - Height : 말뚝 높이를 입력
 - Width : 말뚝 폭을 입력
 - Corrosion Thickness : 말뚝 부식 두께를 입력
 - Thickness Web : H 말뚝의 Web 두께를 입력
 - Thickness Flange : H 말뚝의 플랜지 두께를 입력
- 3. Section Modulus
 - Moment of Inertia (Ix, Iy) : 이차 단면 모멘트를 입력
 - Section Modulus (Zx, Zy) : 단면계수를 입력
- 4. Pile Shape
 - Shape : 말뚝모양을 입력
 - Made Length : 단위길이를 입력
- 5. Input Data
 - Net Area, An : 순단면적을 입력
 - Area, A : 단면적을 입력
 - Skin Length, U : 주면장을 입력
 - Unit weight, w : 단위중량을 입력
 - Modulus of elasticity, E : 탄성계수를 입력
- 6. Allowable Stress
 - Tensile, Ta : 허용 인장 응력을 입력

- Compressive, Aa : 허용 압축 응력을 입력
- Bending, Ba : 허용 휨 응력을 입력
- Shear, Sa : 허용 전단 응력을 입력
- Prestress : 프리스트레스를 입력

(3) 말뚝 배열

말뚝 정보를 세부적으로 편집한 후 말뚝 배열 작업을 수행합니다. 이전 화면으로 돌아온 상태 에서 우측의 말뚝 배열 버튼을 클릭하면 말뚝을 배열하는 대화상자가 생성됩니다. 말뚝의 배열은 최소간격과 최대간격을 고려하여 말뚝의 행과 열의 개수를 선택한다. 프로그램에서 최대 및 최소 로 설치할 수 있는 행과 열의 개수를 초기값으로 결정해준다. 따라서 사용자는 이 범위에서 적당 한 말뚝의 개수를 결정하면 된다.



그림 4.23 말뚝 정보 대화상자

생성된 말뚝 배열 대화상자에서 사용자가 원하는 행과 열 개수를 지정해서 설정한다. 만약 지 정할 수 있는 행과 열의 개수의 범위를 벗어나면 배열작업이 실행되지 않는다.



그림 4.24 말뚝 배열 실행

Pile - Load & Resistance F	Factor Design										
일 보기 프로젝트 실행	윈도우 도용말										
XPALE LH	👔 🕞 Pile - Load & Resistan	ice Factor Design		-	-	-				_ = ×	KICT 한국건설기술연구
► 🖶 🗎 🛈 🐔											
WSuji Exe ProgramWLRFDM	project Margin (m)								_		2016-05-27 15:34:22
lane	Pr 0.3	10.11									
🕞 프로젝트	0 Dia (mm)										
🗾 💿 지층	1 318.5										
	0 말뚝길이 (m)										W "" =
 (四) 小型 (回) 本 前発 	0.0563.8										FIONT
D 118 D 1185	0 9487										5
🛛 🔄 지하수위선	0 a.close c										
🕑 🌐 십자마크	0 최소간격(×D)									-	
🕑 🕜 나침반	0 2.5	10								ĔQ	N 1.
이 같 지층재음	0 최대간격(×0)				0.1	0.5					
이 영호					0	~ 0					
- X	1 100 #2										
- Y	2									· ·	HOH
_ z	4										
	##										(i
	+++									•	
		io .									
	0										
		10									
CEG constructio	n Engine 5 7										
	K N									X:-2.952, Y:-1.432	1 1
			_	_	_		_	_	_		

그림 4.25 말뚝 배열 완료

말뚝 정보 데이타 입력

- 1. margin (m) : 말뚝이 설치될 기초의 여유 폭을 입력
- Dia (mm) : 말뚝의 직경을 입력 더블 클릭하면 말뚝정보를 직접 입력할 수 있는 창이 활 성화 됨

- 3. 말뚝 길이 (m) : 말뚝의 길이를 입력
 4. 말뚝종류 : 말뚝 제원의 종류 및 형태를 선택
 5. 최소간격(×D) : 말뚝 간 최소간격을 입력
 6. 최대간격(×D) : 말뚝 간 최대간격을 입력
 7. 9
 말뚝 선택 : 말뚝을 선택
 8.
 말뚝 배열 : 입력한 정보를 이용해 말뚝을 배열
- 9. 🔘 적용버튼 : 말뚝 배열 정보를 적용하고 실행

3.5 하중 정보 편집

기초에 작용하는 하중을 입력한다. 하중의 작용점은 기초의 중심점을 기준으로 입력하며 하중 의 종류는 집중하중으로 세 방향의 하중과 회전모멘트를 제외한 X, Y 방향의 모멘트를 입력한다. 입력된 하중은 기초의 상단에 반구의 형태로 표현된다.

Exe Program#LRFD#p	roj 🕤 Pile - Load & Resis	tance Factor Design	¤ ⇒ ¥	_	_	_	_	- 1	□ × 016-05-27 15:34
프로젝트	XPALA AVENALS	LRFD			1157/14		K	CT सन्दर्यक्षराक्षेत्र	
● 사망 ● 구상도 ■ 기초 ▲ 가종 血 말뚝 실 지하수위선 집 산과마ㅋ	<i>а</i> Туре	Name	Factor I	Color	Naze : 사 고 사 상세정보	C Lood i	olor: 1		
전 나용반 같 지층체용 정보 카메라 X Y Z					Y 0 2 0 1 2	PX 0 PY 0 PZ 0 Z, Pz, Mz	H HN (HN (HN (HN (HN (HN (H) H) (H) (H) (H) (H) (H) (H) (k kN-m kN-m kN-m	
						V2	→ X, Px, Mx		

그림 4.26 하중 정보 대화상자

- 추가 : 하중정보를 추가한다.
- 수정 : 선택된 하중정보를 수정한다.
- 삭제 : 선택된 하중정보를 삭제한다.
- 모두 사용 안함 : 입력한 하중정보를 모두 사용하지 않음
- 모두 사용함 : 입력한 하중정보를 모두 사용함
- OK : 입력된 정보로 새로운 하중을 구성한다.

(1) 하중 추가

하중정보를 입력한 후 좌측 하단의 추가 버튼을 눌러서 하중정보를 추가합니다. 정보를 추가한 후 좌측의 하중정보 목록에서 추가된 정보를 확인합니다.

상재하중				하중정보					
Type	Name	Factor	Color	Name :	load1	00	olor : 🔚		
3	TOROT	r			사용	Losd F	actor 1		
9				상세정보 Point Load					
				×		PX		MX	
				0		0	kN	0	kN - m
				Y		PY	100	MY	1000 00
				0		0	kN	U	kN · m
				0	12	-50	IN	0	LN - m
2	\mathbf{D}					Z, Pz, Mł	≠ ¥, Py, M → X, Px, I	y Mx	

그림 4.27 하중 정보 추가

(2) 하중 정보 수정

수정할 하중 정보를 선택하신 후 우측의 정보를 수정한 후 좌측 하단의 수정버튼을 클릭합니다. 다음은 목록에서 수정된 하중 정보를 눌러 변경된 정보를 확인합니다.

	LRFD			ಸಿತ್ರಗಟ			•	Кіст	छद्रराई
Type ⇒ 1 P0 NTLodd	Name Loadi	Factor 1	Color	Name :	Load1 💌 사용	Co Loed Fe	lor : 🔽		
				Point Load X 3 Y		РХ 0 РУ	kN	MX 0 MY	kN + m
				0 Z 10		0 PZ -30 Z. Pz. Mz	kN kN	0 H2	kN · n
3						¥Z.	₹ ¥, Py, M → X, Px,	y Mx	
T								특사하기) [분여님기

그림 4.28 하중 정보 수정

	Type	Name	Factor	Color	Name : L	.oad1	Col	or :			-
01	CINTroad	Loadi	1			시용	Load Fac	tor 1			
					상세정보 Point Load						
				_	X 3		PX 0	KN	MX 0	KN -	
					Y		PV		MY		
					0		U 97	kN	0	kN ·	•
					0	i e i	-30	kN	0	kN -	
							Z. Pz. Mz	Y, Py, M • X, Px,	y Mx		

그림 4.29 하중 정보 수정 완료

(3) 하중 정보 삭제

하중 목록에서 삭제할 하중 정보를 선택하신 후 좌측 하단의 삭제 버튼을 클릭합니다. 삭제가 완료되었는지 하중 목록에서 확인합니다.

상재히	18				하중정보					
21	Type POINTLoad	Name	Factor	Color	Name :	10ed3	Color	:		
	POINTLoad POINTLoad POINTLoad	load2 load3	1			□ 사용	Load Facto	r 1		
_	*				상세정보 Point Load	1]				
1)i				x		PX		MX	
-					5		0	kN	0	kN a
					Y		PY	1.41	MY	Lat. m
					Z		PZ	1.040	HZ	(MAY III)
					0	1.1	-10	kN	Ω.	kN - m
	G	2)1					Z, Pz, Mz	, Py, Mj X, Px, I	/ Mx	
								0	(사하기	M 여 님 7
		~								

그림 4.30 하중 정보 삭제

상재히	18				하중정보						
방재하는중 Type Name 1 POINTLoad Ioad1 2 POINTLoad Ioad2	Name Factor Dolor load1 1 load2 1		Name : 상세정보	load3	Color : Load Factor	1					
3)1				X 5 7 0 2		PX 0 PY 0 PZ −10 Z, Pz, Mz	kN kN kN Py, M	MX 0 MV 0 H2 0	kn kn kn	*
							Ľ;,	(Px.)	Mx 비사하기	1	며님?

그림 4.31 하중 정보 삭제 완료

하중 정보 데이타 입력

- 1. Load Information
 - ① Name : 하중명을 입력
 - ② Load Factor : 하중계수를 입력
 - ③ Color : 하중의 색상을 입력

2. Point Load

X, Y, Z : 하중의 X, Y, Z 좌표를 입력
 PX, PY, PZ : X, Y, Z 방향의 축하중을 입력
 MX, MY, MZ : X, Y, Z 방향의 모멘트 하중을 입력

3.6 해석 정보 설정

말뚝의 해석방법을 선택하고 각각의 해석방법에서 요구되는 물성정보를 입력 및 수정하는 작업 을 수행한다. 좌측 상단에서 타입말뚝과 현장타설말뚝 중에서 선택하면 각 말뚝종류에 따른 해석 방법이 펼쳐진다. 말뚝기초 해석에 필요한 정보는 말뚝의 종류 및 토질특성에 따른 해석방법, 그 리고 해석방법에 따른 추가적인 토질물성치를 입력하는 것이다. 자동계산이 가능한 항목과 그렇지 않은 항목을 구분하여 입력한다.



그림 4.32 해석 정보 설정 대화상자

(1) 타입말뚝

좌측의 해석방법 선택 목록에서 α 방법을 선택합니다. 그 다음 지반정보 목록에서 해석정보를 입력한 지층 정보를 선택한 후 선택한 지층에 해당하는 해석 정보를 입력한 후 하단의 수정버튼 을 누르면 해석방법 선택이 완료됩니다. 해석방법의 입력방법은 모든 방법이 동일합니다.

타입말똑 α < β λ cor	기본정보 Driven 점성토(α) / 사골토(Nor	(1존경보 Priven 정성토(∝) / 사절토(Nordlund) / 암반 추가지반정보											
λ	추가지반정보												
SPT	# Title	지반종류	MASK	Toelinson	Su	8 1	ad td	qu					
	1 성토	사용토	2		5	0		5					
	2 Layer1	점성로	+-	Curve A	0	-		-					
	4 Layer3	실트	4	- <u>-</u>	2	-	2012	2					
	5 Layer4	82	10	3 E.C	5	1070	(4					
3	점성토(Towlinson, 1980)	사질로		암반		저할계수							
\sim	Ourve A	8: 0		sd : [-		주면저항	0.35	0					
	Ö Durve C			td : -	(8)	부주면저항	1 0.35						
변장타설말뚝	Toelinson('79) A			qu : [-	kN/a=	인발저항	0.25	5 0					
기타	Su : 0 👔 kN/m²					선단저항	0.35	8					

그림 4.33 타입말뚝 - α 방법

해석 방법 데이타 입력 - α 방법

1. 점성토 : 지층의 종류가 점성토일 때 활성화 되며, 타입말뚝의 부착계수 설계곡선 선택



: 각 목록에 해단하는 타입말뚝의 부착계수 설계곡선 그래프를 보여줌



그림 4.34 타입말뚝의 부착계수 설계 곡선

• Su : 비배수 전단강도를 입력

📝 버튼을 누르면 아래 그림과 같이 비배수 전단강도 계산하는 화면이 활성화



그림 4.35 비배수 전단강도 설정

2. 사질토 : 지층의 종류가 사질토일 때 활성화 되며, 말뚝과 흙 사이의 마찰각 계수를 입력

- 3. 암반 : 지층의 종류가 암반일 때 활성화
 - sd : 불연속면 간격을 입력
 - td : 불연속면 폭을 입력
 - qu : 암석시편의 평균 일축압축강도를 입력
- 4. 저항계수 : 각 입력창 우측에 놓인 📝 버튼을 눌러서 저항계수 선택화면 활성화
 - 주면저항 : 주면을 따라 발생하는 저항계수 선택
 - 부주면 저항 : 부주면 저항이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
 - 인발저항 : 인발력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
 - 선단저항 : 선단에 지지력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택



그림 4.36 저항계수 설정

' 꾀말뚝 주면/부주면	1 저랑계수	- 🗆 ×	🔗 외말뚝 주면/부주면	치량계수	- 2
점성토	a 岩間(O'neil & Reese ,1999)	0.45	점성토	α 習習(O'neil & Reese ,1999)	0.45
사질토	β 방법(0'neil & Reese ,1999)	0.55	사질토	β 岩법(Oʻneil & Reese ,1999)	0.55
IGM	0'neil & Reese (1999)	0 0.60	IGM	0'neil & Reese (1999)	0.60
	Horvath & Kenney (1979)	0.55		Horvath & Kenney (1979)	0.55
암반	0'neil & Reese (1999)	0.55	암반	0'neil & Reese (1999)	0.55
	Carter & Kulhawy (1988)	0.50		Carter & Kulhawy (1988)	0.50
		(1)	(2)		OK CANCEL
		x	(2)		OK CANCEL
외말득 선단 저항계	*		2 • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	*	
외방북 선단 저관계 점성토	今	× 1	2 4	수 전용력(0'Neil & Reese ,1999)	0K CUNCEL
외말북 선단 자말계 점성토	수. α 및법(O'Neil & Reese ,1999)	0.35	2 4 4 4 4 8	수 전용역(0'Neil & Reese ,1989) 0'Neil & Reese (1989)	OK CANCEL
외발북 선단 지향계 점성토 사직 E	☆	3 0.5	2 4 사질로 IGH	◆ 전용택(0'Neil & Reese ,1999) 0'Neil & Reese (1999) 0'Neil & Reese (1999)	0K CANCEL
외방목 선단 지방계 참성도 사질도	수	0.45	2 4 사질도 16H	 관용력(0'Neil & Reese ,1999) 0'Neil & Reese (1999) 0'Neil & Reese (1999) 0'Neil & Reese (1999) Canadian Beotech Society (1985) 	0K CANCEL
외발목 선단 저희계 점성도 사질도	 ・ ・ ・	0.45 0.40	2 4 ਮੁੱਛ ਕਿਸ ਬੁਲ	전용력(0'Neil & Reese , 1989) 0'Neil & Reese (1989) 0'Neil & Reese (1989) 0'Neil & Reese (1989) 0'Neil & Reese (1983) Canadian Geotech Society (1985) 프레시미터 시험법	OK CANCEL 0.40 0.50 0.55 0.50 0.50 0.50
외말목 선단 지환계 점성료 사골로 양반		CK 1 3 0.35 0.45 0.40 0.40	2 4 사질로 IGH 입반	★ 전용력(0'Neil & Reese ,1999) 0'Neil & Reese (1999) 0'Neil & Reese (1999) Canadian Geotech Society (1985) 프레세미터 시험법 0'Neil & Reese (1999)	DK CANCEL 0.40 0.50 0.50 0.50 0.50 0.50 0.50 0.50

그림 4.37 저항계수 설정 대화상자

해석 방법 데이타 입력 - β 방법

타입말똑 α β<	기본정보 Driven 점성토(β) / 사질토()	lordlund) / 암	반							
SPT	추가지반정보 # Title	Ý	지반종류	MASK	OCR	Su	δ	sd	td	qu
	1 성토	. Î.	사질토	2	-	-	0	2	-	-
	2 Lover1 3 Laver2		점성토 사질토	2	1	0	0		- 2	-
	4 Layer3		실트	4		-	-	5		
								/	2	
(3	사질토		암반			저함계		4)	
	OCR : 1	ō: -		sd : E		1.01	주면자	1할 1	0	
	Su : 0 👩 kN/i	12		td : =		0	부주면	전화 1	0	4
현장타설말뚝				qu : =		kN/m ²	인발자	1항 1	0	C
							MERT		-	

그림 4.38 타입말뚝 - eta 방법

1. 저항계수 : 각 입력창 우측에 놓인 🕢 버튼을 눌러서 저항계수 선택화면 활성화

※ 점성토, 사질토 및 암반의 입력방법은 α법과 동일하다.

td : F 부주면저항 0.00075 (8) kN/n= 인발저항 0.00075) 현장타설말뚝 qu : 선단저항 0.99881 👩 21EF 0K Cancel

그림 4.39 타입말뚝 - λ 방법

사질토

KICT 한국건설기술연구원

300

(28

4

- 2. 저항계수 : 각 입력창 우측에 놓인 🕢 버튼을 눌러서 저항계수 선택화면 활성화 • 주면저항 : 주면을 따라 발생하는 저항계수 선택
 - 부주면 저항 : 부주면 저항이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
 - 인발저항 : 인발력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택

※ 사질토, 암반의 입력정보는 α법과 동일하다.

Pile - Load & Re

XMA

타입말뚝

α

r

1 D

3 점성토

EA INSTITUTE of CONSTRUCTION TECHNOLOG

기본정보

Driven

추가지반정보 Title

성토

Layer2

Layer3 Layer4

Su : 335.68 👩 kN/mª

선단저항 : 선단에 지지력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택

점성토(辶) / 사질토(Nordlund) / 암반

성화 된다. • OCR : 과압밀비를 입력 • Su : 비배수전단강도를 입력

1. 점성토 : 지층의 종류가 점성토일 때 활성화 되며, 사질토 지층의 해석방법을 선택할 때, 비활

해석 방법 데이타 입력 - λ 방법 e Factor Des

2

지반종류

사질토

사질토

실 트 암 반

암반

sd :

MASK Su 8 sd td qu

4

10

25

저할계수

주면저항 0.00075 0

411~712 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283 (대화동
- 주면저항 : 주면을 따라 발생하는 저항계수 선택
- 부주면 저항 : 부주면 저항이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
- 인발저항 : 인발력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
- 선단저항 : 선단에 지지력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택

해석 방법 데이타 입력 - SPT 방법

PULK L	RFD				KI	T 한국건설기:
របស្នង 71 β 1	본정보 riven 방법	~				
SPT	·가지반정보 Title 성로 Layert Layer2 Layer3 Layer3 Layer4	(2)		지반종류 사절토 <u>사</u> 절토 실 트 암 반	MASK 2 1 2 4 16	N 0 - - -
3 Sekä 254	성토	사질로 N: 0	암반	저향계 주면지 부주면 인발자	1수 1함 0.00 면저함 0.00	075 0
71E}				선단지	1121 0.95	1881 🔊 🗌 Car

그림 4.40 타입말뚝 - SPT 방법

- 1. 사질토
 - N : N값을 입력한다.
- 2. 저항계수 : 각 입력창 우측에 놓인 🕢 버튼을 눌러서 저항계수 선택화면 활성화
 - 주면저항 : 주면을 따라 발생하는 저항계수 선택
 - 부주면 저항 : 부주면 저항이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
 - 인발저항 : 인발력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택
 - 선단저항 : 선단에 지지력이 발생할 때 사용하는 저항계수 선택

(2) 현장타설말뚝

좌측의 해석방법 선택 목록에서 현장타설말뚝 버튼을 선택합니다. 그 다음 지반정보 목록에서 해석정보를 입력할 지층을 선택한 후 여러 물성치를 편집한 후 수정버튼을 눌러서 해석방법 선택 을 완료합니다.

타입말뚝	기본정 Cast	보 In Place									
현장타설님색	점성도	L(α) / 사질토(β) / 암반	G	<						
CIP	추가지	반정보		(2							
	\$	Title		지반종류	MASK	su	N60	qu	αE		s
	1	성토		사질토	2		0			5	-
	2	Layer1		점성토	1	0	-	-	-	-	-
	4	Layer3		WE E	4	-		-	-	-	-
	5	Layer4		임한	16		5	U	U	6	
C	3)88	н 2.	사질로		암반			저항계	I÷	0	
	SU :	- 👩 KN/	n ³ N60 : 0		qu : 🖃		kN/n²	주면지	비함 1	Ø	
					αE: =			부주면	면저항 1	i.	C.X
					811 -			인발자	1 영문	0	C
alet					s: E			선단지	비함 1	0	

그림 4.41 현장타설말뚝 - CIP 방법

해석 방법 데이타 입력 - CIP 방법

1. 점성토

- Su : 비배수 전단강도를 입력
- 2. 사질토
 - N60 : N값을 입력
- 3. 암반
 - qu : 압축강도를 입력
 - *α*E : 암반 절리를 고려한 감소계수
 - m, s : 그림 4.47과 같이 암의 유형 및 암질을 단계적으로 선택한 후 암의 풍화 정도에 따른 정수를 결정
 - 🕜 : 암질정수 선택 버튼

😔 FormGridM	15	_ 🗆 ×	🖲 FormGridi	MSTwo	- 🗆 X
비선형 강	강도 정의상 암질과 재료상수의 대략적인 관계	다음 취소		<u>확인</u>	취소
	벽개가 잘 발달된 탄산연암	•		신선암 시로 실험실 규격 시로상으로 절리가 없음 CSIR 등급 : RMR = 100	• N ,S
00000	석화된 이질암 	O B	0171	매우 양호한 암반 Tightly interlocking undisturbed rock with unweathered joints at 절리가 통화되지 않고, 단단히 결속된 불교란 상태(900-3000mm 크기에서) CSIR 등급: RMR = 85	O m, s
암의유행	두엇안 벽계가 있은 사설님 세립의 결정질 화성암	0 0		양호한 암반 접리가 있고, 약간 풍화되었거나 미미하게 교란된 상태 (900-3000mm 크기 절리가 중화되지 않고, 단단히 결속된 불교란 상태 (SNR 등급 : BMR = 65	() N, S
	조립의 결정질 화성암과 변성암	() E		보통의 암반 보통 정보 풍화된 절리를 다수 가지는 상태 (간격 300~900mm) CSIR 등급 : RMR = 44	() N,S

그림 4.42 암질정수 선택화면

4. 해석 실행

4.1 지지력 해석

입력한 데이터 정보를 이용하여 말뚝 해석을 실행합니다. 메인화면 상단의 해석실행 버튼을 누 르면 다음과 같이 해석 실행 대화상자가 생성됩니다.

	•	🖬 🕹 🥆 🎢 🐼	■ ● ●	
₩Suji Exe Program₩LRF	Offproject	😑 Pile - Load & Resistance Factor Design		- = ×
lane 이 GL 프로젝트	Prope 0	XMMAR LRFD		KICT BADSABOTS
값 것 것 값 것 Layer1 값 Layer2 값 값 Layer3 값 값 二 주상도 값 二 주상도 값 조 주상도 값 주상도	2 3 5 EA 0 0 0 EA 5 EA 4 EA 100.0 40.00 2 EA 64 EA n	● ■	Performent 0.00 M(m)* Performent 0.00 M(m)* Misser Bacht 0.00	
constru	ection Enginee			

그림 4.43 말뚝 지지력 해석 대화상자

다양한 해석 정보를 입력한 후 하단의 실행버튼을 클릭하면 해석이 실행됩니다. 해석실행이 완료된 후 적용버튼을 눌러서 해석작업을 완료합니다.



그림 4.44 말뚝 지지력 해석 실행

Vane .	Property	기초해석내용
⊖ 말뚝두부구속조건 └····································	0	pile (48) NG: skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 1.50, sum = 0.00 Elapsed til pile (49) NG: skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.07, sum = 0.00 Elapsed til pile (50) NG: skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.27, sum = 0.00 Elapsed til
- No Skin Depth (m)	0	pile (51) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.47, sum = 0.00 Elapsed til
- Scour Depth (m)	0	pile (53) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.88, sum = 0.00 Elapsed til
Soil Kh (kN/m*)	443986.566	pile (54) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 1.09, sum = 0.00 Elapsed til pile (55) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 1.29, sum = 0.00 Elapsed til
- Split Interval (m)	1	pile (56) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 1.50, sum = 0.00 Elapsed tin
— Water Weight (kN/mº)	9.8	pile (57) Na : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.07, sum = 0.00 Elapsed til pile (58) Na : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.27, sum = 0.00 Elapsed til
3 저할수정계수	1	pile (59) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.47, sum = 0.00 Elapsed til
. 1.0		pile (50) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.68, sum = 0.00 Elapsed til pile (51) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 0.88, sum = 0.00 Elapsed til
- 0 0.97		pile (62) NB : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 1.09, sum = 0.00 Elapsed tin
0.95		pile (53) NG : skin = 0.00, nega = 0.00, pull = 0.00, base = 0.00, action = 1.29, sum = 0.00 Elapsed til nile (54) NG : skin = 0.00 nega = 0.00 null = 0.00 base = 0.00 action = 1.50 sum = 0.00 Elapsed til
3 분할방법	0	Bearing OK(64)
e Layer Pile		Prefere Saring Saving 06(,(64) Prefere Save Preference (K., Uplift Educations Save Preference (K., Uplift Educations Uplift Educations Save Preference (K., Uplift Educations Save Preference (K., Save Preference (K., Save (K.

그림 4.45 말뚝 지지력 해석 완료

- 1. 말뚝두부속조건
 - Fixed : 말뚝 두부가 고정상태
 - Free : 말뚝 두부가 힌지상태

말뚝	두부구속조건	0
0	Fixed	
1C) Free	

- No Skin Depth : 주면 마찰력이 작용하지 않는 깊이
- Scour Depth : 세굴깊이
- Soil kh : 수평지반반력계수; soilkh 라벨을 클릭하면 아래와 같이 지반반력계수 산정 대화상
 자가 생성됨

XPAL	R,	LRFD			C	Conternet () Conternet ()	!설기술연구:
말뚝길이		말뚝직경		말뚝탄성계수		말뚝단면이치	·모멘트
10	m	318.5	mm	210	GPa	8200	CM3
지반반력추정계수		최대반복회수		허용오차			
1		10		1E-6	m		

그림 4.46 수평지반반력계수 산정

- Split Interval: 분할 깊이
- Water Weight : 물 단위중량
- 2. 저항수정계수



3. 분할방법



4.2 신뢰성 해석

입력된 자료를 바탕으로 해석작업을 실시하면 아래와 같은 화면이 출력된다. 여기서는 해석에 필요한 기본정보가 표시되고 여기에서 입력값에 이상이 없으면 Start를 눌러 해석작업을 실시한다. 신뢰성해석을 실시하여 목표파괴확률을 만족하면 해석을 종료한다. 시도회수를 초과하게 되면 작 업을 종료하게 된다. 이 경우 하중을 줄이거나 저항을 증가시켜서 시도회수 안에서 한계상태식이 만족하도록 한다. 하중의 증가는 하중값을 변경한 후 다시 실행하면 되고, 저항을 증가시키기 위 해서는 토질정수를 증가시키는 방법이 있다. 또한 말뚝의 길이나 직경을 직접 변경하는 방법으로 저항을 증가시킬 수 있다. (저항계수의 기본값은 1 이다)

	원도우 도용 RFI) 중 (고) []]	¹ 3 + オ	한국건설기술연구
WSUJIExe ProgramWLRFD Name ● 등 프로젝트 ● ♥ ● 지흥 ● ♥ 성토	Property 0 5 EA	100 100 ドロージョン	~
Layer1 Layer2 Layer3 Layer4	(2 (3) (5) (6)	Image Image Method I Method I	Pour per
고 기초 모양 여 여 이 인 문답 문답 문법 문법 문법 문법 문법 문법 문법 문법 문법 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항 문항	Rectangle 0 0 EA 5 EA 4 EA 100.00 40.00 2 EA 64 EA 0 0 Entineering	Solits	7
REA INSTITUTE of CONSTRU	ALL ON TECHNO	다니다. SterfT	대로 283(대화동 v1.0.0 build

그림 4.47 신뢰성 해석 대화상자

(1) 신뢰성 해석 실행

상단의 신뢰성 해석에 필요한 정보를 입력하고, 자동으로 계산되는 값을 확인 한 후 하단의 해 석시작 버튼을 눌러서 해석을 실행한다.

		사이용	활하중	풍하중
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
▲ 선단편향계수	🗾 주면편향계수	🕑 사하중편향계수	🗑 활하중편향계수	🕑 풍하중편향계수
Normal 🔹 🔤	Norma I 😂 📖	Normal C	Normal 🔹 🔤	Normal =
Pile Net Area Pile Young. Pile MOI Pile Sz. Pile Fy. Pile Fu. Pile Fu. Pile Tau.	(67.55 cm2) (67.55 cm2) (210.00 GPa) (8200.00 cm4) (515.00 cm3) (137.00 kN/m2) (137.00 kN/m2)			

그림 4.48 신뢰성 해석 실행

- 해석시작 : 신뢰성 해석을 시작한다.
- 신뢰도지수 : 최적설계 그래프를 보여준다.
- 적용 : 저항계수를 모든 지층에 적용한다.

(2) 신뢰도 지수 확인

신뢰성 해석이 완료된 후 하단의 신뢰도 지수 버튼을 클릭하여 신뢰도 지수 그래프를 확인할 수 있다.

	D					C.	o ucr ⊵⊀a	건설가용연구원
나수개수	몸퓨파괴황률(I)		저한계수 탕	생방번				
100000		•	Method 1	Method 2				
			11913	5(0)	71012	5/11.5	黒中に	5/= \
파괴확률(X)	시도회수		Alot	B(UC)	Wors	S(LL)	801	8(#L)
0.000000×E00	00	X	17	X	3	×	10	X
Lagrange $\lambda_{*}=0.20$ β =10.00 β =10.00 Hasofer-Lind index OK. Reliability Index Calcular Series 1: Mean = 1017.43, S Series 2: Mean = 1.49, Std.1 agrange x2 = 1.48; factor = .agrange x2 = 1.49; factor = .agrange x2 = 1.49; factor = .agrange x2 = 0.20	1.00; Name = ∰8}∰ ting td.Deviation = 99.68 Deviation = 0.09 0.00 1.00							
Lagrange $\lambda_{c} = 0.20$ $\beta_{c} = 10.00$ Hasofer-Lind index 0K. Reliability Index Calcula Series 1: Mean = 1.44, Std. Lagrange $\lambda_{c} = 1.46$; factor = Lagrange $\lambda_{c} = 0.20$ Reliability Index 0K. Reliability Index Drawing Reliability Index Drawing Reliability Index Drawing Reliability Index Drawing Reliability Index Drawing Resistance Factor Calcula Reliability Value Inserti Reliability Value Inserti	1.00: Name = 3573 ting deviation = 99.68 Deviation = 0.09 0.00 1.00 ting ting				(1)		
Lagrangie $\lambda = 0.20$ $\beta = 10.00$ Hasofer-Lind index (K. Reliability Index Calcula Series 2: Nean = 1.49, Stol. Lagrange $\lambda = 1.49$; factor = Lagrange $\lambda = 0.20$ $\beta = 10.19$ Reliability Index OK. Reliability Index Drawing Reliability Undex Drawing Resistance Factor Calcula Resistance Factor Calcula Resistance Factor Calcula Reliability Value Inserti Reliability Value Inserti Reliability Value Inserti Reliability Value Inserti Reliability Value Inserti	1.00: Name = 361-3 ting d.Deviation = 99.68 Deviation = 0.09 0.00 1.00 ting tion 0K. ng DK.)		24.8

그림 4.49 신뢰도 지수 확인



그림 4.50 신뢰도 지수 그래프

1. 옵션

	2								
· 순수개수 · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		목표파괴확률(%)		저항계수 탐	색방법 —				
100000	-	1	\$	Method 1	Method 2	Ì			
파괴확률(%)	,	시도회수		사하는	중(DL)	활하	중(LL)	풍하중()	WL)
0.000000×E0		50	X	17	+/	0		10	+/



- 난수개수 : 발생시킬 난수의 개수를 입력
- 목표파괴확률(%) : 목표로 하는 파괴확률을 입력
- 파괴확률(%) : 프로그램 내부에서 여러 가지 조건에 의해 계산되는 파괴확률
- 시도회수 : 난수를 발생시키는 시도 회수
- 저항계수 탐색방법 : 프로그램 내부에서 자동적으로 계산되는 값
- 1 method1

Method 1	Method 2				
사하는	중(DL)	활하	·중(LL)	풍히	·중(₩L)
17	×	3	X	10	X

② method2



2. 신뢰성해석

앞서 입력된 지층과 말뚝데이타를 이용하여 축방향 지지력에 대해서 신뢰성해석을 하는 화면이 다. 그림에서 보는 바와 같이 화면 상단에는 좌측에서 우측으로 선단지지력(2), 주면마찰력(3), 사 하중(4), 활하중(5), 풍하중(6) 그리고 각각의 분포형태를 고르고 편향계수를 선택하는 부분으로 구 성되어 있다. 여기서 하나의 확률분포를 선택하면 각각의 확률분포에 맞는 입력박스가 활성화 되 거나 비활성화 되어 입력을 받도록 구성되어 있다. 선단지지력과 주면마찰력 및 사하중, 활하중 그리고 풍하중은 프로그램 내부에서 자동으로 계산된다.

	🕞 사하중편향계수 X		활하중편향계수 >
	☑ 사하중편향계수] Uniform ↓ ····		Uniform 🔹 \cdots
사하중 0.847	1	활하중 0.149	1
☑ 사하중편향계수 Uniform ↓ ···································	0.1 Bias	♥ 활하중편향계수 Uniform	0.1 Bias
	· 확률분포 분포검정		확률분포 분포검정

그림 4.55 사하중 및 사하중편향계수 그림 4.56 활하중 및 활하중편향계수

느 정도 맞게 발생 되었는지 확인할 수 있다.

② 하중저항계수 설정
 하중계수는 사하중과 활하중 그리고 풍하중계수로 구성되고 체크박스가 체크상태가 되면 난수
 를 발생하여 하중계수를 산정하며 그렇지 않은 경우는 난수를 발생하지 않고 입력된 하중을 그대
 로 사용하게 된다. 각각의 하중계수는 독립적으로 확률분포를 선택할 수 있다. 확률분포 버튼은
 발생된 난수의 분포함수를 확인할 수 있고 분포검정 버튼은 발생된 난수가 주어진 확률분포에 어

- 주면편향계수 ✓ 전단편향계수 Uniform • Lognormal • 주면마찰력 선단지지력 Mean 0.731 1019.144 Sigma 🖌 선단편향계수 🔽 주면편향계수 0.1 Lognormal ÷ 🕞 Uniform ÷ (• Bias Bias 0 확률분포 확률분포 분포검정 분포검정 그림 4.53 선단저항계수 설정 그림 4.54 주면저항계수 설정

선단편향계수

면저항계수를 산정하며 그렇지 않은 경우는 난수를 발생하지 않고 선단지지력과 주면마찰력을 그 대로 사용하게 된다.

① 저항계수 설정

선단지지력	주면마찰력	~사하중	활하중	- 풍하중
0.730	1019.140	0.850	0.150	0.500
🛛 선단편향계수 🛛 🚺	፼ 주면편향계수	📝 사하중편향계수	≥ 활하중편	📝 풍하중편향계수
Normal =	Normal 😫 \cdots	Normal 😂 \cdots	Normal 😂 …	Normal 拿 🖸

그림 4.52 신뢰성 해석 옵션 설정

저항계수는 선단과 주면저항계수로 구성되고 체크박스가 체크상태가 되면 난수를 발생하여 주

주면편향계수



그림 4.57 풍하중 및 풍하중편향계수

③ 확률분포

발생된 난수의 확률분포는 확률밀도함수와 누적분포함수로 확인 할 수 있다.



그림 4.58 확률분포 그래프

④ 분포검정

확률변수는 통계치를 아는 것도 중요하지만 해당 데이터 집합이 어떠한 분포를 따르는지 확인 하는 것 또한 중요하다. 분포검정은 그래프를 이용하는 방법과 통계량을 이용한 방법이 있다. 분 포검정 버튼을 클릭하면 주어진 확률분포와 발생난수와의 관계를 Q-Q Plot을 이용하여 보여준다.



그림 4.59 분포검정 그래프

5. 해석 결과

5.1 해석결과 (2D)

메인화면 상단의 해석결과 확인(2D) 버튼을 누르면 다음과 같이 말뚝기초에 대한 연직허용지지 력에 대한 결과를 작용하중에 대한 비로 변환하여 말뚝 깊이별로 데이터를 입력하여 2차원으로 표현한 화면이 생성된다.



그림 4.60 해석 결과 (2D)

(1) 보고서 관리자

2D 화면 관리에서는 보고서 관리자라는 항목을 이용해서 쉽게 지지력 데이터를 비교 확인할 수 있습니다. 우선 지지력 데이터를 확인하고자 하는 말뚝을 마우스로 선택한 후 오른쪽 마우스 버튼을 누르면 다음과 같이 팝업창이 생성되는데 여기서 보고서 관리자 버튼을 클릭합니다. 그림 과같이 보고서 관리자 대화상자가 생성됩니다.

MLR.	LRFD									KICT रूर्टेक्षेग्रहरीन
0.000E+000									11	Displacement / Load
0.000E+000	Ø	Ø	6	0	©	1	Ø	9	E	X Displacement PX Y Displacement PY 2 Displacement PZ
0.000E+000	0	(10)	Û	Q	ő	ý	-	2		X Rotation MK
0.000E+000		Ť			Y	Pile 13 보고서관리에 지치적보고서				X Reaction Y Reaction
0.000E+000	Ø	())	(19	2	Ģ	지지력차트 요약보고서	_	Ø		C Z Reaction
0.000E+000	6	8	Ø		6	불더열기		©		C Y Moment C Z Moment
0.000E+000	G	9	65	6	6	9	9	۲		Element Pile
0.000E+000			@	0	Ø	Ø	A	a		Egend Freque
0.000E+000	U.V.		•	Ð	9	w.	W	Gi		Max. value
0.000E+000	1	9	9	9	9	9	69	<u>و</u>		Min. value Blink Pixel (p. 4
0.000E+000	0	9	0	0	0	0	0	ø		Blink Range (±5
۰ ۱										Close

그림 4.61 해석 결과 보고서

₽ °Q*	2 10.05 A 0 전호흡 # ARH 한 문북 최소립부터 2 1.05 2.05 2.05 2.05 2 1.05 2.05 2.05 2.05 3 1.05 2.05 2.05 2.05	
Pile No. 13	ен ханд ханд <u>на ханд</u>	
	2) 2 × 4 × 7 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1 × 1	
	37 2 2 W 2 2 W 30 P 1 2 2 0 2 0 0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	

그림 4.62 보고서 관리자

보고서가 출력된 후 다음은 비교할 파일을 선택합니다. 좌측의 보고서 리스트 트리에서 마우스 오른쪽 버튼을 누르면 다음과 같이 팝업창이 생성됩니다. 사용자가 비교 작업을 하고자하는 파일 을 선택합니다.

Pile - Load & Resistance Factor Desig	Pile No. 6 Pile No. 7	×
리포트리스트 D: TSUII Exe Pi	Pile No. 8 Pile No. 9 10F99846E29F787F08882881428Report PI lefto. 13.txt Report Name #2	KICI ##0%/#07#
Printe Addregort Addregort AllReport Removal GotoConter	Pie No. 10 Pie No. 12 Pie No. 12 Pie No. 14 Pie No. 15 Pie No. 15 Pie No. 15 Pie No. 16 Pie No. 17 Pie No. 16 Pie No. 17 Pie No. 16 Pie No. 17 Pie No. 17 Pie No. 17 Pie No. 17 Pie No. 17 Pie No. 18 Pie No. 17 Pie No. 18 Pie No. 20 Pie No. 21 Pie No. 22 Pie No. 23 Pie No. 23 Pie No. 24 Pie No. 24 Pie No. 25 Pie No. 26 Pie No. 27 Pie No. 26 Pie No. 27 Pie No. 26 Pie No. 26 Pie No. 26 Pie No. 27 Pie No. 26 Pie No. 26 Pie No. 27 Pie No	■ 4689.0
ан сонтакти со	Pile No. 27 Pile No. 29 Pile No. 30 Pile No. 30 Pile No. 33 Pile No. 33 Pile No. 37 Pile No. 38 Pile No. 40	۲۰۰۳ کاللہ کی 100 באויע אופן אופן אופן אופן אופן אופן אופן אופן

그림 4.63 비교 보고서 추가 방법

	S HIA AND S HOANN	
Pile No. 13		
	а 5 г. т <mark>е</mark> 1 ж. Юле	
	2171년에 지금 전용에는 지금부가 한위로 표. 	
Pile No. 19	20	
	5. Nater Sata 1) 22 4 9 1 1.00000 xxxxx*	
	55 57 2 2 4 4 2 5 3 () 5	
	24 世王 이부 이부 (3) 2.2 (3) (2*3) (2*3) (2*3) (2*3) (2*3)	

그림 4.64 비교 보고서 추가 완료

리스트에 생성된 비교 파일을 드래그 앤 드롭하여 우측의 빈 파일 공간에 넣으면 아래 화면과 같이 비교 파일 데이타가 우측의 빈공간에 출력됩니다.

	1 Pileso, 13		^	1 11450.19				÷
	5 1. R. 5 1. M 0. M				11 0 M			
Pile No. 13	7 <u></u>	18 S**1		7 x 5 8 90	n 1 7.61	73 S9+	:	
		지 출 후 제 같 책 십 달 지 지 책 (#)	115년 월 21 11 115년 월 21 11 (48/8*) (48/8*	14 1. × 6 5 m	() 0 F 전문 우전 5 달북 부주 5	লৰ গেছাৰ অভাগনৰ	지 중 국 제 : 5 위 중 당 (8) (x6/8*)	412 K
	22 23 C. # 71 DID M			22 23 C. 4 71 0(0	P.			
		Bara B	발분 출 다 참 같 (0 #g)	255 * # * *	* * *	第四五章	발분 출 다 참 같 (cep)	
	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$				■ ■ = = = = = = = = = = = = =			
	51 3 부번 마찰력 부석 이이저 53 현재 진출 지승부는 것을 진진 - 2	·	. 284 <u>28</u>	51 3. ** 1 1 2 53 2 4 X 2	* ** ×** **** ** **	20 28 2		-
	55 56 57 1 2 2 4 4 8 9 9	(a) (a) (a) (x#a 0 0 0 0.00) (x*a) (5*) 0 0.000 0.000	55 56 57 1 2	505 N 1	(a) [a) [a) (xFa) (xFa) 0 0.000 0.000	0.00
		1 1 0 00 2 2 2 2 20.00 3 3 3 47.00 4 1 66.00 6 6 2 36.00	0 0 0 000 1 001 0 28.000 2.002 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	5890 e e a a a a a a a a a a a a a a a a a		1 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	1 0 600 9 600 2 26 600 26 600 3 47 600 47 800 1 66 600 66 800 2 86 600 66 800	

그림 4.65 보고서 비교

(2) 폴더열기

폴더 열기 버튼을 누르면 다음과 같이 해달 말뚝의 데이터 파일이 존재하는 파일경로 디렉토리 를 로딩합니다.



그림 4.66 폴더열기

5.2 해석결과 (3D)

메인화면 상단의 해석결과 확인(3D) 버튼을 누르면 다음과 같이 말뚝기초에 대한 연직허용지지 력에 대한 결과를 작용하중에 대한 비로 변환하여 말뚝 깊이별로 데이터를 입력하여 3차원으로 표현한 화면이 생성된다.



그림 4.67 해석 결과(3D)

말뚝이 생성된 화면을 좀 더 자유롭게 확인하기 위해서 마우스 및 좌측의 컨트롤 버튼을 이용 하여 말뚝 화면을 확대 및 축소 및 그 외의 여러 가지 ON/OFF 기능을 작업할 수 있다. 우선 마 우스로 화면을 클릭한 채 이동하고자 하는 방향으로 이동하면 말뚝의 화면 도시 상태를 변경할 수 있습니다. 또한 마우스로 화면을 클릭한 상태로 컨트롤 버튼을 위 아래로 움직임에 따라 화면 의 확대 및 축소가 가능하다.



그림 4.68 해석 결과 화면 조정

(1) 지지력 보고서

지지력 보고서를 확인하기 위해서는 우선 정보를 확인하고자하는 말뚝을 마우스로 클릭합니다. 그 후에 오른쪽 버튼을 눌러 생성된 팝업창에서 지지력 보고서 버튼을 누르면 다음과 같이 지지 력 보고서 출력 화면이 생성됩니다.



그림 4.69 지지력 보고서 확인

(2) 지지력 차트

지지력 차트를 확인하기 위해서는 위와 같이 화면 컨트롤 방법으로 지지력 차트를 확인하고자 하는 말뚝을 선택한 후 마우스 오른쪽 버튼을 눌러서 생성된 팝업창에서 지지력 차트 버튼을 누 르면 지지력 차트 화면이 생성됩니다.



그림 4.70 지지력 차트 확인

(3) 요약 보고서

요약보고서를 확인하기 위해서는 위와 같은 방법을 이용하여 생성된 팝업창에서 요약보고서 버 튼을 누르면 다음과 같이 요약보고서 출력 화면이 생성됩니다.



그림 4.71 요약 보고서 확인

(4) 숨기기 및 보이기

말뚝을 숨기기 및 보이기 작업을 하기 위해서 말뚝을 선택한 후 오른쪽 버튼을 눌러서 생성된 팝업창에서 숨기기 버튼을 클릭하면 다음과 같이 숨기기한 말뚝이 화면상에서 사라집니다.



그림 4.72 데이터 표시



그림 4.73 데이터 표시 여부 결과

6. 리포트

해석을 완료된 후 상단의 리포트 출력 버튼을 누르면 다음과 같이 리포트가 출력된다.



그림 4.74 리포트 출력 대화상자

(1) 레포트 .pdf 형식으로 저장

지금까지 입력한 해석에 필요한 여러 가지 정보들과 해석 결과를 보고서 형식으로 나타낸 것을 파일로 저장할 수 있다. 상단의 🖻 버튼을 누르면 페이지 프린트 설정 페이지를 거쳐 저장 할 수 있다.

Alternativity and loss 100	#1969.B	E Constant Pagement State	#100 B
대형 해상기초 LRFD 설계 프	로그램		1014 5405 611 60 10 0 101 10 0
Export to PDF X			
Page range		(€) (-) + ↑ (a) < proje_ + 63222F10F9984	63222F10F99846E29F787F0 p
Al Current page	- 0	구성 • 세 중대 11 전 1	
Pages: Enter page numbers and/or page ranges, separated by commas. For example, 1,3,5-12	1000	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	구정만 날아 유명 2016-05-30 오루 파일 웹
Export settings		IN UE PC I [®] mjlang(3560h); III 다운트드 IIII 등 역상	
JPEG Quality 100		<u>в</u> ян <u>чк</u>	
Open after export		파일 이름(N): Adobe PDF file (*,pdf) 파일 형식(T): Adobe PDF file (*,pdf)	
	144 E%	 출 출덕 승기기 	<u> </u>
Cance		g 1Ne 660 1Ne 680	

그림 4.75 리포트 파일 저장

(2) 레포트 출력

리포트를 출력하기 위해서 상단의 출력 버튼을 누르면 출력 작업이 실행됩니다.

Efennen rögnerig Sog (f	(1)	EWITE Conversion and State S	80 전체필득 패상철과	214411-21
Print		표 전체암북 해석철과	×	
-Pri Nar	nter ne: 🔛 SINDOH D400 Series PCL	٥	Properties	0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00 0 00
Yhi Pay September Septembe	re: Jes All Current page Pages: r page numbers and/or page ranges, arated by commas. For example, 1.3,5-	Copies Number of copies	Print to file	VA K VA K
Contraction Ord	er Direct (1-9)	Print mode	•	14 05 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06 16 06
419 2335 4150 press 229 vsh 5140 presp 303 420 40 212	lex Default	Print on sheet	Default + Cancel	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

그림 4.76 리포트 출력

표 4.13 보고서 보기 기능 버튼

아이콘	명 령	설 명
€	확대보기	페이지를 확대
Q	축소보기	페이지를 축소
K X	화면에 맞추기	페이지를 화면에 맞춤
F 4	폭 맞춤	페이지를 폭에 맞춤
Ŧ	높이 맞춤	페이지를 높이에 맞춤
000	미리보기	화면 좌측 미리보기 기능 설정
	개요보기	화면 좌측 개요별 보기 기능 설정
•	pdf 출력	.pdf형식의 파일으로 출력
	페이지 설정	출력할 페이지 옵션을 설정
	인쇄	인쇄

7. 업데이트

7.1 업데이트 확인

프로그램은 유지보수기간동안 사용자가 소지하고 있는 Hasp key를 통해서 업데이트를 진행한 다. 업데이트를 진행하기 위해서는 우선 메인화면의 상단의 업데이트 버튼을 눌러서 다음과 같은 창이 생성되면 업데이트 확인 버튼을 클릭해서 업데이트를 진행한다. 업데이트는 프로그램 유지 보수 기간에 관련해서 업데이트 가능 여부가 결정된다. 업데이트 작업은 반드시 현재 작업중인 프 로젝트를 닫은 후 진행해야 한다.



그림 4.77 업데이트

7.2 업데이트 진행

업데이트 대화상자 우측 상단의 업데이트 버튼을 클릭하면 다음과 같이 업데이트 진행바가 생 성되며 업데이트 작업을 수행합니다. 작업이 완료되면 대화상자를 닫습니다.

Pile Load & Resistance 라일 보기 프로젝트 실행	Factor Design 원도우 <mark>도용함</mark> RFN ② 정보			د ت × در ۲۰۲۳ ۲۰۲۰ ۲۰۶۳
	(1) 전 업데이	E#2 日 体 图 ® 举		
Project Name			D:WSuji Exe ProgramWLRFDWprojectW	유지보수: 2017-05-27 (정상) 🥥
Name 응 등 프로젝트 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Property 0 0 EA 0 EA 0 EA 0 EA	 ◆ 사용 가능권 업덕이트가 있습니다. 버진 최신버진 : 2016.05.30.15.53.58 현재비진 : 2016.05.27.15.33.15 업대이트 내용 	- 1 2130-	
2 IIII (IIII) 2 IIIII) 2 IIIIII) 3 IIIIIII) 3 IIIIIIII) 1 IIIIIIII) 1 IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII	200- Checku Down I o Update	LRFD (2016.05.30.15.53.58) jp 100.00 % vad 100.00 % p 100.00 % ing 63.16 %		
			업데이트 시작	Cancel
CEG anstruct	ion Engineering Group	× 8600 X 22 000 767141 (-1)		
KOREA INSTITUTE of CONSTRU	CTION TECHNOLOGY	A. 0.050, 1. 52, 990, 2.07, 141 (-1)		411-712 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대회동 231

그림 4.78 업데이트 실행

7.3 업데이트 완료

업데이트가 완료되었는지 확인하기 위해서 다시 업데이트 대화상자를 생성하면 다음과 같이 최 신버전이라는 메시지와 함께 업데이트 버튼이 비활성화 된다. 따라서 업데이트 작업이 완료되었 다.

🔵 Pile - Load & Resistance I	Factor Design				- 🗆 ×
파일 보기 프로젝트 실형	윈도우 도움알		(1)		
AND THE LA	EFD O	보	Y		KICT #37%7/\$779
			·····································		
Project Name			THE THE PART OF THE	D:WSuji Exe PrograwWLRFDWprojectW	유지보수: 2017-05-27 (정상) 🥥
Nabo	Property				
● ● ■ 도록적트 ● ● ● ▲ ● ● ● ★ ☆ ● □ ○ ↑ ☆ ● □ □ ○ ↑ ● □ □ □ □ ○ ● □ □ □ □ ↓ ● □ ○ ↓ ↓ ↓ ↓ ● ● ○ ↓<	0 0 0 EA 0 EA 0 EA 0 EA 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	Control	 사용 차용관 업데이트가 없습니다. 버진 최신버진 : 2016.05.30.17.20.46 현재배진 : 2016.05.30.17.20.46 업데이트 내용 최신 버진입니다. 		
	n Engineering Group		중 업데이트북인 I주월 ♣ ○ ×-8.690, Y-32.990, Z67.141 (-1)	(입대이트 유인) <mark>- 당</mark> 7	
				씨이지-sjp 유지보수: 2017-05-27 (정상) 최종접속: 2016-05-30 17:24:41 v1.0.0 build 0

그림 4.79 업데이트 완료

8. 옵션 설정

8.1 설정

다음은 프로그램 전반에 걸친 여러 가지 설정작업을 수행하는 대화상자입니다. 프로그램 상단 의 설정버튼을 누른 후 생성된 다음과 같은 대화상자에서 편집을 한 후 하단의 OK버튼을 눌러서 작업내용을 저장합니다.

			そこ KICT 世界社会기論연구원
:#Suji Exe ProgramWLF	FD#project#63222F10F9	🕒 Pile - Load & Resistance Factor Design	유지보수: 2017-05-27 (청상)
Name 	Property 0 • 5 EA 1 2 3	Beneral Canves Color Boring	KICT HREAD
 ● 20 Layer3 ● 20 Layer3 ● 20 Layer3 ● 20 Fobs ● 20 Fobs ● 20 Fobs ● 20 Fobs ● 00 Fobs ●	5 EA =	Vertex Selection 30 Scale Allowable Distance IE-6 2 Scale Brid Translation	Translation 0
문 점점 요소 면 면 원 왕 상 하중	0 EA 5 EA 4 EA 100.00 40.00 2 EA		
CEG onst	ruction Engineering Group		

그림 4.80 옵션 설정

설정 데이터 입력

eral Canvas Color			KICI セイクタイをセイ
Boring			
Scale			
Vertex Selection		3D Scale	
Allowable Distance 1E-	6	Z Scale	1
Grid Translation			
Translation 0	Y Translation 0		Z Translation 0

그림 4.81 옵션 설정 - General

- 1. Boring
 - scale : 보링공의 스케일을 설정
- 2. Vertex Selection
 - Allowable Distance : 허용 거리
- 3. 3D Scale
 - scale : 3D 화면의 스케일을 설정
- 4. Grid Translation
 - X Translation : 3D 화면의 격자의 X방향 이동거리
 - Y Translation : 3D 화면의 격자의 Y방향 이동거리
 - Z Translation : 3D 화면의 격자의 Z방향 이동거리

Pile - Load & Res	istance Factor Design LRFD Color		× べつ KICT 한국건설기술연구원
Grid Intv.	10		
Light			
Latitude	15	Longitude	222
Height	80		Change Light Position
Triangulation			
Element Count	1000	DesignLevel Arm	Length 1
Load			
Scale ,			
			OK Cancel
	CONSTRUCTION TECHNOLOGY	411-712경기도	고양시 일산서구 고양대로 283(대화동 231

그림 4.82 옵션 설정 - Canvas

- 1. Ruller
 - Grid intv : 격자 크기 (크기가 작을수록 격자 사각형의 개수가 많아진다.)
- 2. Light
 - Latitude : 조명의 위도
 - Longitude : 조명의 경도
 - Height : 조명의 높이
 - Change Light Position : 조명 위치의 세부 조정 대화상자 생성 버튼



그림 4.83 조명 위치

3. Triangulation

- Element Count : 요소 개수
- DesignLevel arm Length :

4. Load

▪ Scale : 하중 스케일

Pile - Load & Resistance Factor Design	
General Canvas Color	KICI Proprietire
Attribute Range	
Minimum Value	Maximum Value
	Safe Value
Pile	
Color	
Background Gradation	
Start 📃 🔹	Finish 🗾 🔹
	OK Cancel
KOREA INSTITUTE of CONSTRUCTION TECHNOLOGY	411-712 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동 231

그림 4.84 옵션 설정 - Color

- 1. Attribute Range
 - Minumum Value : 최소값 색상
 - Maximum Value : 최대값 색상
 - Safe Value : 안전율 색상
- 2. Pile
 - Color : 말뚝 색상
- 3. Background Gradation
 - Start : 배경 그라데이션 색상 시작값
 - Finish : 배경 그라데이션 색상 종료값

제5장

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! S/W 적용이론

1. 말뚝지지력 해석에 관한 이론

1.1 하중저항계수 설계법의 개념

한계상태설계법은 작용하중과 구조물에 작용하는 하중의 비로 정의된다. 한계상태설계법은 작용 하중과 구조물의 저항능력에 포함된 불확실성의 정도를 정량적으로 평가하여 설계에 반영하므로 각기 다른 하중조건과 구조물의 한계상태에 대해서 적합한 안전수준을 유지할 수 있는 장점이 있 다. 이를 통해 구조물, 요도, 요구되는 안전도에 따른 경제적이고 합리적인 설계가 가능하다. 일반 적으로 기초구조물의 한계상태는 극한한계상태(ultimate limit state: ULS)와 사용한계상태 (serviceability limit state: SLS)로 대별할 수 있으며 이것은 구조물의 파괴와 불안정성 그리고 기초 의 침하와 구조물의 변형과 같은 공용 상태에서 구조물의 거동과 관련이 있다. 아래 그림은 한계 상태설계법의 기본 개념을 나타내고 있다. 앞에서 언급한 것처럼 사용목적과 중요도에 따라 한계 상태를 결정할 수 있으며, 지반공학에서의 안전영역(safety margin)은 주로 불확실성과 지반 물성 치 모델에서의 근사성, 적용 외부하중의 변화성 등에 의존한다. 그러므로 불확실성들을 정량화할 수 있다면, 신뢰성이론을 사용하여 합리적이며 경제적인 기초설계가 가능하다.



그림 5.1 한계상태설계법의 개념

한계상태설계법은 북미지역에서 사용되는 하중저항계수설계법과 유럽에서 사용되는 유로코드로 나뉜다. 하중저항계수설계법은 설계모델에 의해 계산된 저항(강도)에 재료나 설계모델의 불확실성 을 반영하기 위해서 저항계수를 곱해준다.

이와는 달리 유로코드에서는 설계 저항(강도)을 이루는 다양한 지반 정수들에 부분안전계수를 적용하여 전체저항의 불확실성을 반영한다. 이는 부분안전계수들이 점착력, 내부마찰각과 같은 지 반 물성치에 직접 적용된다는 것을 의미한다. 따라서, 유로코드에서는 지반 재료에 대한 합리적인 부분안전계수들을 선택하는 것이 주요 과제이다.

1.2 하중저항계수설계법 (LRFD)

하중저항계수설계법은 경험과 판단에 근거한 획일적인 안전율을 적용한 기존의 결정론적 설계 법과 달리, 대상 구조물에 대해 정의된 각각의 한계상태에 대하여, 하중과 저항(강도) 관련 모든 불확실성을 확률·통계적으로 처리하는 신뢰성 이론에 기초하여 하중계수와 저항계수를 보정 (calibration)함으로써 대상 구조물이 일관성 있는 적정수준의 안전율 즉, 최적의 목표신뢰성(target reliability)을 갖도록 하는 보다 합리적인 설계법이다. 하중저항계수설계법의 기본 설계조건은 다음 식과 같다.

$$\phi R \ge \sum \gamma_i Q_i$$

여기서, ϕ 는 저항계수(resistance factor) R은 공칭저항(nominal resistance) γ_i 는 하중계수(load factor) Q_i 는 공칭하중(nominal load) 이 식이 의미하는 바는 공칭하중에 하중계수를 곱한 설계하중이 공칭저항에 저항계수를 곱한 설 계강도(설계저항능력)를 초과하지 않아야 한다는 것으로 이러한 조건은 가능한 하중조합 및 한계 상태에 대해 모두 만족해야 한다. 일반적으로 하중계수는 1.0보다 크고 저항계수는 1.0보다 작다.



그림 5.2 하중저항계수설계법

위 그림은 하중 Q와 저항 R의 확률밀도함수(probability density function, PDF)를 보여주고 있으며, 파괴는 하중이 저항보다 큰 경우를 의미하므로 파괴확률 $p_f = p(R < Q)$ 은 두 확률밀도함수가 겹치는 영역을 나타낸다. $\mu_{Q'}$ μ_R 은 각각 하중과 저항의 평균, Q_n , R_n 은 각각 하중과 저항의 공칭 값(nominal value)이다.

1.3 한계상태함수

구조물이나 구조요소가 설계된 목적을 더 이상 충족시키지 못하는 상태가 되면 "한계상태"에 도 달했다고 정의한다. 따라서 구조물의 안전도 또는 위험도는 일반적으로 한계상태함수의 형태로 표 현되는 미리 결정된 성능기준에 대하여 평가해야한다. 이러한 한계상태함수는 모든 하중의 영향과 저항력 관련된 매개변수들 상호간의 함수적 관계를 의미하며, 명시적인 형태로 표현되거나 또는 유한요소법과 같은 알고리즘의 형태를 가지는 것처럼 암시적으로 표현된다. 본 연구에서 사용하는 한계상태함수는 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$G = R_B + R_S - (Q_D + Q_L + Q_w)$$

여기서, R_{S} : 주면마찰력

 R_B : 선단지지력 Q_D : 사하중 Q_L : 활하중 Q_W : 풍하중

2. 몬테카를로 시뮬레이션에 의한 신뢰성해석

2.1 몬테카를로 시뮬레이션(Monte Carlo Simulation)

1) 몬테카를로 시뮬레이션의 개념

수치해석에 있어서 식의 유도가 어렵거나 분석적인 방법을 통해서는 해결이 불가능한 확률적인 문제를 풀기위해서는 시뮬레이션 방법이 필요하다. 실제 공학문제의 여러 상황에서, 문제들(결정론 적인 것들)은 복잡하게 얽혀 있기 마련이며 해석적으로 다루기가 쉽지 않을 수도 있다. 특히 문 제에 확률변수가 포함되어 있을 때나 확률적인 고려가 요구될 때, 수치해석 과정은 몬테카를로 샘 플링 기법에 의한 반복적인 시뮬레이션을 포함해야 한다. 우발적 불확실성과 인식적 불확실성을 포함하는 문제들을 분리하여 고려할 때는 몬테카를로 시뮬레이션(MCS)이 더욱 더 필요하게 된다. 이는 해석적 기법을 보완하기 위한 효과적인 도구이고 종종 복잡한 확률문제에서는 해를 찾아내 기 위한 유일한 실용적인 방법이 된다.

몬테카를로 시뮬레이션은 경험적인 연산자를 수리적이거나 반복적으로 계산을 하는 수치해석 적인 과정이다. 이때 확률변수이거나 지정된 확률분포를 가진 불확실성을 직접 고려한다. 확률변 수가 포함되어 있을 때, 서로 다른 변수들의 값을 반복시행하는 각각의 확률분포로부터 표본으로 서 구해진다. 따라서, 이러한 과정의 본질적인 구성요소는 확률변수값의 생성이다. 확률변수의 생 성은 지정된 확률분포를 갖는 난수발생기를 통해서 이루어진다. 따라서 몬테카를로 시뮬레이션은 컴퓨터 사용이 가능한 경우에만 실용적인 도구가 될 수 있다.

2) MCS 기반 신뢰성 해석 기법

일반적으로 몬테카를로 시뮬레이션(MCS)은 다양한 신뢰성 해석기법들 중에서 개념적으로 용이 하고 적용성이 뛰어나며 일관된 결과를 제공하는 것으로 알려져 있다. 이론적으로 파괴확률 P_f 는 아래의 적분식으로 구할 수 있다.

$$P_f = \int_D f(X_1, X_2, X_3, \cdots, X_n) dx_1, dx_2, \cdots, dx_n = \int_D f(X) dx$$

MCS에 의한 수치해석을 위해서는 아래 식과 등가인 다음 표현이 사용된다.

$$P_f = E[I(x)] = \int_D I[x]f(x) \, dx$$

여기서, I[x]는 파괴 지시함수(indicator function)로서 아래와 같은 이원적 성질을 갖는다.

$$I[x] = I[g(x)] = \begin{cases} 1 \text{ if } g(x) \le 0\\ 0 \text{ if } g(x) > 0 \end{cases}$$

일반적으로 I[x] = 1 일 경우에 파괴영역의 경계면 모양이 매우 불규칙하므로 P_f 의 적분식을 해석적으로 구하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 파괴확률은 시뮬레이션이나 근사해 방법으로 구하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 기초구조물의 신뢰성평가를 위해서, MCS에 기초한 신뢰성 해석 알고리즘을 사용하였다. 개발된 프로그램을 통하여, 허용응력설계법(ASD)에 따라 설계된 기초구조물에 대한 신뢰성평가를 실시하여 목표신뢰도지수(또는 목표파괴확률)를 설정할 수 있으며, 또한 다양한 저항계수와 저항계수 값에 대한 파괴확률을 계산할 수 있다. 그리고 최종적으로 선택 된 목표 신뢰도지수에 대응되는 저항계수의 산정이 가능하다.

MCS에 기초한 신뢰성 해석 알고리즘은, 먼저 한계상태함수를 정의하고, 각 한계상태함수나 변 수에 포함된 랜덤변수의 통계특성치를 입력하여 난수 발생기를 통해 0에서 1사이의 균일한 난수 를 원하는 시뮬레이션의 횟수만큼 발생시키는데 이를 인위적 난수(pseudo random number)의 생 성이라 한다. 다음으로 0과 1사이의 균일한 난수 u_{ij} 를 적절한 통계적 특성 즉, 분포형태의 변량으 로 변환한다. 이 과정을 역변환법 (inverse transformation technique)이라 하며 그림 2.4에 나타내 었다. 여기서 랜덤변수의 누적확률분포는 발생된 난수 u_{ij} 와 같다 $[F_{Xj}(x_{ij}) = u_{ij}]$. 따라서 x_{ij} 는 다 음 식과 같이 표현된다.

$$x_{ij} = F_{Xj}^{-1}(u_{ij})$$



그림 5.3 역변환법(inverse transformation technique)

역변환법을 통하여 시뮬레이션 횟수만큼 한계상태함수 또는 응답변수가 평가되며, 최종적으로

파괴확률 P_{t} 과 응답변수의 통계특성치인 평균 μ_{RS} 과 표준편차 σ_{RS} 를 산정한다.

2.2 신뢰성 해석

1) 신뢰성 해석

신뢰성 방법은 구조물의 파괴 가능성을 정량적인 파괴확률로 산정하고 표현할 수 있다는 점에 서 기존의 정성적인 입장에서 안전계수를 이용하는 방법보다 더욱 합리적이라 할 수 있다(양영순 등, 1999). 한계상태(limit state)란 구조물의 요구되는 성능을 상실했을 때의 상태를 말하며, 구조 물의 신뢰성 해석에서 한계상태는 크게 1) 극한한계상태(ultimate limit state), 2)사용한계상태 (serviceability limit state), 3) 피로한계상태(fatigue limit state) 등으로 구분할 수 있다. 신뢰성 해 석에서 구조물의 안전과 파괴를 판단할 수 있는 기준을 한계상태함수(g, limit state function)라 한다. 한계상태함수는 구조물에 가해지는 하중(S)과 그에 대한 저항(R)으로 나타낸다. 여기서 한계 상태는 안전 상태(g > 0)와 파괴 상태(불안전 상태,g < 0)의 경계에 상응하는 g=0을 의미한 다.

$$g(R,S) = R - S$$

구조물은 하중(S)이 저항(R)보다 클 때 파괴되며, 구조물의 파괴확률(Pf, probability of failure) 은 한계상태함수가 영(0)보다 작을 확률을 나타낸다.

 $P_{c} = P(R - S < 0) = P(a < 0)$

그림 5.4 하중(S), 저항(R), 안전여유(S-R)의 확률밀도함수(PDF)

신뢰성 지수(reliability index, β)는 변동계수(coefficient of variation, $\delta = \sigma / \mu$)의 역수이며, 표준화변수(reduced variable) 공간에서 원점에서부터 한계상태 g(R-S) = 0 가 나타내는 직선 까지의 가장 짧은 직선거리이다.



2) 신뢰도 지수

구조물의 저항 R과 하중 S가 각각 평균 μ_R 과 $\mu_{S'}$ 분산 σ_R^2 과 σ_Q^2 을 가지는 정규분포의 랜덤 변수라고 한다면, 안전성을 표현하는 또 다른 랜덤변수인 안전여유, Z = R - Q 또한 정규분포를 가지는 변수로서 평균, $\mu_Z = \mu_R - \mu_Q$ 와 분산, $\sigma_Z^2 = \sigma_R^2 + \sigma_Q^2$ 을 갖는다. 따라서 파괴확률은 아래 식과 같이 표현된다.

$$\begin{split} P_f &= P(R - Q \leq 0) = P(Z \leq 0) \\ &= \Phi \! \left(\frac{0 - \mu_Z}{\sigma_Z} \right) \! = \Phi \frac{-(\mu_R - \mu_Q)}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_Q^2}} \! = \Phi(-\beta) \end{split}$$

여기서, Φ은 표준정규분포(μ=0, σ=1)의 누적분포함수를 나타내며, β는 신뢰도지수(reliability index) 또는 안전도지수(safety index)라고 표현되며 파괴확률과 역의 관계를 가진다. 즉, 큰 값의 신뢰도지수(β)는 낮은 파괴확률과 높은 신뢰성을 의미한다. 따라서 신뢰성지수(β)는 아래 식으로 정의된다.

$$\beta = \Phi^{-1}(1 - P_f) = \frac{\mu_z}{\sigma_z} = \frac{\mu_R - \mu_Q}{\sqrt{\sigma_R^2 + {\sigma_Q}^2}}$$

신뢰도지수 β는 확률론에 기초한 설계 및 신뢰성공학 분야에 있어서 일반적으로 파괴확률 P_f 를 대신하여 확률적 안전성을 표현하기 위하여 쓰이는 개념으로서, 그림 5.7에 그 개념적인 의미를 도해적으로 표현하였다.



그림 5.6 신뢰도지수의 개념

결론적으로 신뢰성 해석의 최종적인 목적은 파괴확률을 다차원 적분을 수행하는 것이다. 하지 만, 특수한 경우와는 달리 일반적인 실제 구조신뢰성 해석문제에 있어서는 저항 R과 하중 Q가 몇 개 이상의 설계변수들의 복잡한 함수로 구성되거나, 또는 한계상태함수가 양함수의 형태가 아닌 유한차분법(FDM, finite difference method) 등의 알고리즘 형태를 가지는 음함수로 표현되는 경우 가 대부분일 것이다. 따라서 이러한 실질적 경우에 대하여 한계상태함수가 각각 양함수 및 음함수 로 표현될 때 이용 가능한 신뢰성 해석기법을 다음에서 간단히 설명한다.
3) 신뢰도 해석방법

구조물의 안전성을 확률론적으로 평가하는 신뢰성 방법은 크게 Level I, II, III 방법으로 구분한 다. Level I 방법(하중저항계수설계법, LRFD법)은 목표 신뢰성 지수(target reliability index)로 표현 된 구조물의 안전성을 보장하기 위해 하중성분과 저항성분의 각 확률변수에 대해 부분안전계수 (partial safety factor)를 적용하여 설계단계에서 이 계수를 이용할 수 있도록 개발된 방법이다.

Level II 방법(FOSM, SOSM)은 각 확률변수의 평균과 분산, 그리고 분포형태만을 이용하여, 구조 물의 파괴확률을 나타내는 지표인 신뢰성 지수를 근사적으로 산정하는 방법으로 모멘트법 (moment method)이라고도 한다.

Level III 방법(Monte Carlo simulation, MCS)은 구조물의 파괴에 관련된 모든 확률변수들의 평 균, 분산 및 결합확률밀도함수를 이용하여 한계상태함수가 0보다 작을 확률(즉, 파괴확률)을 상대 적으로 정확하게 산정하는 방법이다. 이 방법은 구조물의 파괴확률을 직접 계산할 수 있는 가장 기본적인 방법으로, 충분한 회수의 시뮬레이션을 반복하여 파괴확률을 근사적으로 산정하므로 시 뮬레이션 방법(simulation method, 추출법)이라고도 한다.

3. 확률분포

3.1 GSL(GNU Science Library)

GSL(GNU Scientific Library) 은 C 언어와 C++ 언어 프로그래머들을 위한 수치해석학 라이브러 리이다. GSL은 GNU GPL(GNU General Public License) 하에 배포되는 자유 소프트웨어이다. 이 라 이브러리는 난수 발생, 특수 함수, 최소제곱적합 등을 포함한 광범위한 수학 문제 처리 과정을 제 공한다. 여기에는 테스트 모음(test suit)을 포합하여 무려 1000 여개의 함수들이 있다. 이 라이브 러리는 다음의 여러 가지 분야들을 취급한다. 이 중에서 본 연구에서는 확률분포를 사용한다.

표 5.1 GSL 구성요소

복소수(Complex Numbers)	다항식의 근(Roots of Polynomials)	
특수함수(Special Functions)	벡터와 행렬(Vectors and Matrices)	
순열(Permutations)	분류(Sorting)	
BLAS 지원(BLAS Support)	선형대수(Linear Algebra)	
고유계(Eigensystems)	고속 푸리에 변환	
	(Fast Fourier Transforms)	
구적법(Quadrature)	난수(Random Numbers)	
준 난수열(Quasi-Random Sequences)	확률분포(Random Distributions)	
통계학(Statistics)	막대그래프(히스토그램, Histograms)	
N-순서조(N-Tuples)	몬테카를로 적분(Monte Carlo Integration)	
야금 시뮬레이션(Simulated Annealing)	미분방정식(Differential Equations)	
보간법(Interpolation)	수치적 미분(Numerical Differentiation)	
체비세프 근사	그스 가소버(Carias Acceleration)	
(Chebyshev Approximation)	나는 기득 급(series Acceleration)	
이산 한켈 변환		
(Discrete Hankel Transforms)	는 젖기(근 구야기, Root-Finding)	
극소화(Minimization)	최소자승근사법(Least-Squares Fitting)	
물리 상수(Physical Constants)	IEEE 부동소수점(IEEE Floating-Point)	
이산 웨이브를릿 변환	기선 스플라인(Basis splines)	
(Discrete Wavelet Transforms)		

3.2 확률분포

1) 정규분포 (normal distribution)

시료의 수를 무한정으로 많이 하고, 또한 분할 폭을 한없이 작게 하면 분포 곡선은 차츰 완만한 선을 그리게 되어 평균을 중심으로 좌우 대칭(左右對稱)을 이루게 되었을 때 이것을 정규 분포라 고 한다. 다시 표준 편차(偏差)를 σ라고 하면, m±σ의 범위 : 전체의 68.3%, m±2σ의 범위: 전체의 95.9%, m±3σ의 범위 : 전체의 99.7%, 즉 측정치가 m±3σ 밖으로 벗어나는 비율은 0.3% 밖에 안 된다는 것을 나타낸다.







2) 대수 정규분포 (log-normal distribution)

확률변수 x의 자연대수가 정규분포(평균μ, 분산 σ2)에 따르는 대수정규분포를 나타내는 곡선. 확 률밀도함수는 0<x<∞에서



으로 표현할 수 있다. 평균은 exp [µ+(σ2/2)], 분산은 [exp (σ2-1)exp(2µ+ (σ2)]으로 나타낸다. 대수

정규분포곡선은 σ가 작을때에는 대칭인 종모양이지만 σ가 클때는 x가 큰측에 길게 산기슭이 완만 하게 경사지는 형태가 된다.



3) 균등분포(uniform distribution)

연속 확률 분포의 한 가지로 주어진 구간 내의 모든 점에 대해 확률을 가지는 분포이다. 균등분 포는 일정구간 내의 값들이 나타날 가능성이 동일한 분포이다. 균등 분포의 확률밀도함수는 다음 과 같습니다.

$$f_X(x) = \frac{1}{b-a} (a \le x \le b)$$



그림 5.9 균등분포

4) 와이블분포(Weibull Distribution)

와이블 분포(Weibull distribution)은 연속 확률 분포이다. 월로디 와이블(Waloddi Weibull)의 이 름에서 따왔다. 입자의 분포를 다루는 경우 로신-램러 분포(Rosin-Rammler distribution)라고 부르 기도 한다. 와이블 분포는 유연하기 때문에 수명 데이터 분석에 자주 쓰이는데 정상분포나 지수분 포같은 다른 통계적인 분포를 흉내낼 수 도 있다. 주로 산업현장에서 부품의 수명을 추정하는 데 사용되며, 고장날 확률이 시간이 지나면서 높아지는 경우와 줄어드는 경우와 일정한 경우 모두 추 정 할 수 있다. 고장날 확률이 시간에 따라 일정한 경우는 지수분포와 같다.



 β : shape parameter (>0)



5) 지수분포(exponential distribution)

확률 분포의 하나로 다음과 같은 확률 밀도를 가진다.

$$f(x)=\frac{1}{c}e^{-x/c}$$

지수 분포의 평균은 c이고 분산은 c2이다. 지수 분포는 어떤 사건이 일어나는 시간 간격의 분 포와 관계가 있으며 큐잉 이론 등에서 중요하게 사용된다.



6) 베타분포(Beta distribution)

확률과 통계 분야에 속하며 교와 ³ ³ ³에 의해 표시되는 두개의 양의 형태 파라메터들에 의해서 [0,1] 구간에서 정의되는 연속 확률 분포들의 한 가족이다. 베타 분포의 확률 밀도 함수 (probability density function)는 다음과 같다.

$$f(x;\alpha,\beta) = \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{\int_0^1 u^{\alpha-1}(1-u)^{\beta-1} du} = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}$$
$$= \frac{1}{\mathcal{B}(\alpha,\beta)} x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}$$

여기서 **Г**는 감마 함수 (gamma function)이다. 베타 함수 B(,,)는 함수의 적분값이 1이 되도록 하기 위해 사용되었다.



7) 감마분포(gamma distribution)

확률 분포의 한 가지로 다음과 같은 식으로 표현되는 분포이다.

$$f(x) = \frac{1}{\lambda p(n)} x^{n-1} e^{-x/\lambda} (x > 0)$$

여기서 p(n)은 감마 함수이다. 만일 x=1이면 감마 분포는 지수 분포가 된다.



3.3 분포검정

1) 확률분포 검정방법

확률론적 신뢰성평가에서 한계상태함수에 포함된 설계변수의 통계특성치를 결정하고 이를 설계 에 반영하는 것은 매우 중요하다. 특히 지반공학 분야에서는 설계방법, 현장특성, 지반거동 등에 의해 복잡하고 다양한 물성치를 얻게 된다. 이처럼 같은 위치에서 측정된 데이터라고 할지라도 다 양한 불확실성 요소 등에 의해 하나의 확정된 값을 나타내지 않고 일정한 변동성을 가지는 데이 터의 집합으로 나타나게 된다. 일반적으로 데이터 집합의 평균(mean, \overline{X})과 표준편차(standard deviation, σ_x)는 각각 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\overline{X} = \mu_X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$
$$\sigma_x = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X})^2\right]^{\frac{1}{2}} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{n}{n-1} \overline{X}^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

그리고 데이터 분산의 정도를 나타내는 무차원값인 변동계수(coefficient of variation, COV)는 다음 식과 같이 표현된다.

$$COV_x = \frac{\sigma_x}{\mu_x}$$

앞에서 설명한 것처럼 데이터는 일정한 변동성을 가진 집합으로 표현되며 이 집합은 확률분포 (probability distribution)로 표현할 수 있다. 그러나 축적된 자료의 부족 등으로 인해 실제로 확률 분포의 종류가 알려진 확률변수는 아직까지 그리 많지 않은 실정이다. 따라서 확률변수의 물리적, 역학적 특성을 고려하여 적절한 분포로 가정하거나 때로는 수학적인 취급의 편리성과 대표성에 근거하여 정규분포(normal distribution)로 가정하는 경우가 많다(양영순 등, 1999). 일반적으로 수 집된 데이터를 이용하여 그 통계적 분포특성을 가장 잘 반영할 수 있는 확률분포를 결정하는 방 법은 다음과 같다.

- ① Least squares analysis(smallest on a probability plot)
- 2 Wirsching-Carlson method(W and S statistic)
- Kolmogorov-Smirnov statistic

(4) χ^2 -statistic

2) Q-Q Plot

확률변수는 통계치를 아는 것도 중요하지만 해당 데이터 집합이 어떠한 분포를 따르는지 확인 하는 것 또한 중요하다. 분포검정은 그래프를 이용하는 방법과 통계량을 이용한 방법이 있다.

그래프를 이용한 방법중에 P-P Plot(Probability- probability Plot)은 확률값을 그래프로 나타낸 것으로 두 개의 누적확률분포를 이용하여 두 집단이 얼마나 일치하는지 확인할 수 있다. 이와 유 사한 개념으로는 Q-Q Plot(Quantile-quantile Plot)이 있다. Q-Q Plot은 분위수를 이용하여 나타낸 것으로 단순한 확률을 비교한 P-P Plot 보다 많이 사용된다.

Q-Q Plot 함수는 두 가지의 통계적 의미를 지니고 있다. 처음의 하나는 분석하고자 하는 자료 가 특정한 분포에서 추출되었는가를 분석하는 것이며 또 하나는 두 개의 자료가 같은 분포를 지 니고 있는가를 분석하는 것이다.



3) χ^2 통계량

통계량을 이용하여 검정하는 방법으로는 χ^2 통계량이 있다. 난수로 발생된 자료의 분포형태를 검 정하는 방법으로 사용하는 χ^2 통계량은 연속형 및 이산형 표본 모두에 가능하며 가정된 확률 분포 의 적합성 검증에 양호한 통계치이다. χ^2 통계량은 자료의 빈도와 적합분포 빈도간의 차이를 결정 하는 통계량이다. 수식은 다음과 같이 표현된다.

$$\chi^{2} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\{O(i) - E(i)\}^{2}}{E(i)}$$

여기서, O(i), E(i) 는 각각 자료의 빈도와 적합분포의 기댓값을 의미하며, χ^2 값이 작으면 작을 수록 적합성이 우수함을 말한다.

4. 신뢰도지수

4.1 신뢰도지수의 최적해

시뮬레이션을 통해 얻어진 결과를 바탕으로 각 확률변수들간의 상관성을 고려하는 상관계수행 렬을 이용하여 신뢰도 지수를 산정한다. 신뢰도 지수는 다음과 같이 산정한다(Low and Tang, 1997). 상관행렬은 변수간의 상관성이 없는 경우는 대각행렬이 되고 상관성이 있는 경우는 대칭행 렬이 된다.

$$\beta = \min \sqrt{(x_i - \mu_i)^T C^{-1} (x_i - \mu_i)}$$

여기서, x_i 는 확률변수, μ_i 는 확률변수의 평균, *C*는 상관계수 행렬이다. 그림에 제시되어 있는 바와 같이 확률변수 X_1 과 X_2 가 평균점에서 확대되어 한계상태면 즉, 파괴면에 접하는 최소의 거 리가 신뢰성지수와 관련이 있다. 확률변수의 공분산행렬을 통해 계산되는 Ellipsoid는 아래의 그림 2.17과 같고 이때 해결하고자 하는 문제는 위식을 최소화 하는 확률변수를 찾는 것이다.



그림 5.16 신뢰도지수

신뢰도지수()는 2차 다항식의 제곱근으로 표현된다. 따라서 신뢰도 지수를 찾는 과정은 이차 계획법(Quadratic Programming)이 된다. 이 문제는 비선형 문제로 최적해를 찾는 과정은 우선 식 을 변환하여 2차 다항식의 제곱근으로 표시되는 목적식에 대해서 다음과 같이 진행한다.

$$\beta = \min \sqrt{(x_i - \mu_i)^T C^{-1} (x_i - \mu_i)}$$
 단, $a^T x = 0$

여기서, x_1 : 선단지지력

 x_2 : 주면마찰력

 x_3 : 사하중

 x_4 : 활하중

 x_5 : 풍하중

 μ_1 : 선단지지력의 평균값

 μ_2 : 주면마찰력의 평균값

 μ_3 : 사하중의 평균값

 μ_4 : 활하중의 평균값

 μ_5 : 풍하중의 평균값

 C: 공분산 행렬

 $a^T = [1, 1, -1, -1, -1]$

변형된 식은 이차계획법 문제를 형성하게 된다. 이 경우 공분산 행렬의 역행렬은 Positive

semidefinite 행렬의 특성이 있으며 따라서 목적식은 볼록함수의 형태를 띄게 된다. 따라서 지역해 가 전역 최적해가 되는 특징이 있다. 1차 선형으로 구성되는 제약식의 경우 부등식 제약구조의 포 함여부에 따라 문제의 복잡도 및 최적화 접근방식이 달라질 수 있다. 등식제약조건으로 구성된 문 제의 경우 랑그랑제 승수법을 통해 최적해를 도출할 수 있다.

$$\beta = \min \left(x^T C^{-1} x - 2\mu^T C^{-1} x + \mu^T C^{-1} \mu \right)$$
$$L(\lambda) = x^T C^{-1} x - 2\mu^T C^{-1} x + \mu^T C^{-1} \mu + \lambda (a^T x)$$

앞서 목적식에 라그랑제 승수법을 적용할 경우 편미분과정을 통해 1차 연립방정식이 형성된다.

$$\partial_x L(\lambda) = 2 C^{-1} x - 2 C^{-1} \mu + \lambda a = 0$$

$$\partial_{\lambda} L(\lambda) = a^T x = 0$$

편미분과정을 통해 얻은 연립방정식을 행렬의 형식으로 표현하면 아래와 같다.

$$\begin{bmatrix} 2C^{-1}a\\a^T & 0 \end{bmatrix} = \begin{vmatrix} 2C^{-1}\mu\\0 \end{vmatrix}$$

따라서 최적해는 1차 연립방정식을 가우스소거법을 이용하여 해를 구하는 과정이 된다.

4.2 라그랑제 승수법

라그랑지 승수법은 제약이 있는 최적화 문제를 푸는데 사용하는 방법으로, Joseph L. Lagrange 에 의해 고안되었다. 제약이 있는 최적화 문제는 다음과 같은 형태를 띤다. (제약식이 1개인 경우) $\max f(x)$

s.t.
$$q(x) = c$$

여기서, $x = (x_1, x_2, x_3, ..., x_n)$

라그랑지 승수법의 기본적인 원리는, λ 라는 (k+1)번째 변수를 도입하여 제약식을 목적함수에 추 가하는 것이다. 먼저, 목적함수의 형태를 z = f(x), 제약식을 g(x) - x = 0으로 바꿔보자. 또, 우리 는 덧셈에 대한 항등원이 0임을 알고 있으므로, λ 가 임의의 상수라고 가정하면 다음과 같은 수행 을 할 수 있다.

$$z = f(x)$$

= $f(x) + 0$
= $f(x) + \lambda \times 0$
= $f(x) + \lambda \times (g(x) - c)$

이는 선형대수나 미분방정식에서 일반해를 찾는 과정과 유사한 방식으로 이해할 수 있으며, (일 반해=특수해+동차해) 제약식이 2개, 3개, ... 인 경우에도 k+2, k+3, ... 번째 변수로 임의의 상수 λ 의 개수를 늘려가면서 문제를 풀 수 있다. 즉, 이와 같은 방식으로 우리는 제약이 있는 최적화 문 제에서 제약식을 목적함수에 첨가하여 제약이 있는 최적화 문제를 제약이 없는 최적화 문제로 변 환할 수 있다.

4.3 가우스 소거법(Gauss Elimination)

1) 연립방정식의 풀이

한 방정식을 첫 변수에 대해 푼 다음, 이 식을 나머지 방정식에 넣어 연립 선형방정식을 푸는 방식이다. 위의 결과는 방정식과 변수의 갯수가 원래 연립방정식보다 하나 적은 새로운 연립방정 식이 된다. 같은 과정을 2번째 변수에 적용하고, 방정식이 하나만 남을 때까지 다른 변수들에 이 과정을 되풀이한다. 하나 남은 방정식에서는 마지막 변수만 미지변수이다. 이 방정식의 해로 바로 앞에서 얻은 미지수가 2개인 방정식의 해를 구한다. 이 과정은 모든 미지수의 값을 구할 때까지 계속된다.

n개의 변수 x_1, x_2, \cdots, x_n 으로 이루어진 n원 연립 1차 방정식

 $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n = b_2$ \cdots $a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \cdots + a_{nn}x_n = b_n$

을 해석하는 방법을 서술하자. 이 연립 1차 방정식은 행렬과 벡터를 이용하여

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

$$A\mathbf{x} = \mathbf{b}, \quad [A] \{x\} = \{b\}, \quad A\vec{x} = \vec{b}$$

와 같이 표현할 수 있다. 여기에서,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \equiv \{a_{ij}\} : n \times n \forall \exists$$
$$b = (b_1, b_2, \cdots , b_n)^T : n \times 1 \forall \exists$$
$$x = (x_1, x_2, \cdots , x_n)^T : n \times 1 \forall \exists$$

이다. A의 역행 열 A^{-1} 이 존재한다면, 이 해는 수식으로서

$$x = A^{-1}b$$

가 된다. 역행열의 이론식은

$$A^{-1} = -\frac{Aaj(A)}{|A|}$$

이다. 여기에서. |A|은 행렬 A의 행렬식(determinant)이고, Aaj(A) (adjoint)은 행렬 A의 수 반 행렬이다. 이 수반 행렬은, 행렬 A의 i행과 j열을 제거한 행렬의 행렬식을 구해 $(-1)^{i+j}$ 을 적용하여 구한 여인자(cofactor) A_{ij} 를 요소로 한, 여인자 행렬을 전환한 것이다.

이상의 관계식은, 역행렬 A^{-1} 을 구하고 나서 벡터 b와의 적을 계산함에 따라 x가 구해지는 것을 보여 주고 있다. 그러나, 실제의 수치해석에서는, 더 효율적인 방법으로 구하는 것이 일반적 이다. 실용적인 수치 해법은 크게 나누어 직접법과 반복법이 있다. 직접법은, 미리 정해진 유한회 의 계산 단계로 해를 구하는 방법이다. 이 방법의 대표적인 것으로서, 간단한 처리로 정확한 Gauss-Jordan법, 계산 효율이 좋은 Gauss의 소거법, 정칙(nonsingular) 대칭 행렬인 경우에 적합한 수정된 Cholesky법이 있다. 한편, 반복법은, 근사해로부터 출발하여 그 근사도를 반복 개선하여 해 에 가까워지려고 하는 방법이다. 이 방법의 대표적인 것으로서 Jacobi법, Gauss-Seidel법, SOR (Successive Over-Relaxation)법 등이 있다. 이들 반복법은 대각 요소 이외에는 0 요소가 많은, 대 각이 우월한 큰 행렬의 경우의 해법으로서 적합하다. 표 5.6에 해석 방법별 특징을 나타내었다.

	계 산 법	대상으로 하는 행렬	특징 등
직접법	Gauss-Jordan법	정칙행렬	계산횟수 : 곱셈의 약 n ³ /2
	Gauss 소거법	정칙행렬	계산횟수 : 곱셈의 약 n ³ /3
	수정된 Cholesky법	정치대칭행렬	Gauss 소거법의 약 1/2
반복법	Jacobi법	대각이 우월한 행렬	다차원 행렬에 적합
	Gauss-Seidel법	대각이 우월한 행렬	상동, 수렴성 개선
	SOR법	대각이 우월한 행렬	상동, 고속으로 수렴

표 5.2 연립 1차 방정식의 해법

2) 가우스 소거법

가우스 소거법(Gaussian elimination)은 소거법을 정리해 놓은 방식이다. 약어로 G.E.라고도 쓴다. 선형대수학에서 가우스 소거법은 일차연립방정식(systems of linear equations)을 풀기 위한 알고 리즘(algorithm)이다

n개의 변수 x_1, x_2, \cdots, x_n 으로 된 연립 1차 방정식

 $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1$ $a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n = b_2$ \cdots $a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \cdots + a_{nn}x_n = b_n$

을 Gauss의 단순 소거법으로 풀어 보자. Gauss의 단순 소거법은, 처음에 연립 1차 방정식을 상부 삼각형의 연립 1차 방정식으로 변형하는 것부터 시작한다. 즉,

Ax = b

와 같이 나타내는 방정식을

$$Ux = b^*$$

로 변형한다. 여기에서, \boldsymbol{b}^* 은 , $n \times 1$ 벡터, \boldsymbol{U} 는 $n \times n$ 상부 삼각 행렬로

U : Upper Trigonometric Matrix(상삼각행렬) L : Lower Trigonometric Matrix(하삼각행렬)

$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{u}_{11} & \boldsymbol{u}_{12} & \cdots & \boldsymbol{u}_{1n} \\ \boldsymbol{u}_{22} & \cdots & \boldsymbol{u}_{2n} \\ 0 & \cdots & \ddots & \ddots \\ & & & \boldsymbol{u}_{nn} \end{bmatrix}$$

로 나타내진다. 행렬을 상삼각행렬로 변형하는 과정을 전진 소거라고 한다.

3) 전진 소거(Forward Elimination)

(제 1단계) 처음에, 연립 1차 방정식의 제 2 식부터 제 n 식까지의 x_1 을 소거한다. 여기에서 $a_{11} \neq 0$

$$p_{i1} = \frac{a_{i1}}{a_{11}}$$
 (*i*=2,3, · · · , *n*)

라 두고 *i*=2,3, · · · ,*n*의 순서로

$$a_{ij}^{(1)} = a_{ij} - P_{i1}a_{1j}$$
 $(j=2,3, \cdot \cdot \cdot, n)$
 $b_i^{(1)} = b_i - P_{i1}b_1$

를 계산한다. 그 결과

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1$$

 $a_{22}^{(1)}x_2 + \cdots + a_{2n}^{(1)}x_n = b_2^{(1)}$
 $a_{32}^{(1)}x_2 + \cdots + a_{3n}^{(1)}x_n = b_3^{(1)}$
 $\cdots \cdots \cdots \cdots$
 $a_{n2}^{(1)}x_2 + \cdots + a_{nn}^{(1)}x_n = b_n^{(1)}$ 가 된다.

(제 2단계) 다음으로, 식 (4.9)의 제 3 식부터 제 n 식까지 x_2 를 소거한다. 여기에서 $a_{22}^{(1)} \neq 0$ 로 하여

$$p_{i2} = \frac{a_{i2}^{(1)}}{a_{22}^{(2)}}$$
 (*i*=3,4, · · · , *n*)

라 두고 $i=3,4, \cdot \cdot \cdot , n$ 의 순서로

$$a_{ij}^{(2)} = a_{ij}^{(1)} - P_{i2} a_{2j}^{(1)} \qquad (j = 3, 4, \cdots, n)$$

$$b_i^{(2)} = b_i^{(1)} - P_{i2} b_2^{(1)}$$

을 계산한다. 그 결과

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \cdots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{22}^{(1)}x_2 + a_{23}^{(1)}x_3 + \cdots + a_{2n}^{(1)}x_n = b_2^{(1)}$$

$$a_{33}^{(2)}x_3 + \cdots + a_{3n}^{(2)}x_n = b_3^{(2)}$$

$$\cdots$$

$$a_{n3}^{(2)}x_3 + \cdots + a_{nn}^{(2)}x_n = b_n^{(2)}$$

이 된다. 다음으로, 위식의 제 4식부터 제 *n*식까지 x_3 을 소거한다. 이 과정을 반복함으로서, $a_{kk}^{(k-1)} \neq 0$ ($k = 1, 2, \dots, n$)이라면 최종적으로 (제 *n*-1단계) $a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$

$$a_{22}^{(1)}x_{2} + a_{13}x_{3} + \cdots + a_{1n}x_{n} = b_{1}$$

$$a_{22}^{(1)}x_{2} + a_{23}^{(1)}x_{3} + \cdots + a_{2n}^{(1)}x_{n} = b_{2}^{(1)}$$

$$a_{33}^{(2)}x_{3} + \cdots + a_{3n}^{(2)}x_{n} = b_{3}^{(2)}$$

$$\cdots$$

$$a_{m}^{(n-1)}x_{n} = b_{n}^{(n-1)}$$

이 되고, 상부 삼각형의 연립 1차 방정식이 된다. 여기에서, $a_{kk}^{(k-1)}$ 을 Pivot 또는 사물의 추축 요 소라 한다. 위 식은

$$Ux = b^*$$

로 표현할 수 있다. 여기에서, U는 $n \times n$ 상부 삼각 행렬, b^* 은 $n \times 1$ 벡터로

$$\boldsymbol{b^*} = (b_1, b_2^{(1)}, \cdots, b_n^{(n-1)})^T$$
$$\boldsymbol{U} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{22}^{(1)} & \cdots & a_{2n}^{(1)} \\ & & \ddots & \ddots \\ 0 & & & a_{mn}^{(n-1)} \end{bmatrix}$$

이다.

4) 후진 대입(Backward Substitution)

위 식의 상삼각행렬에서 제 n 식으로부터, $a_m^{(n-1)} \neq 0$ 이라면

$$x_n = \frac{b_n^{(n-1)}}{a_{nn}^{(n-1)}}$$

을 얻는다. 이것을 제 (n-1) 식에 대입하고

$$x_{n-1} = \frac{1}{a_{n-1,n-1}^{(n-2)}} (b_{n-1}^{(n-2)} - a_{n-1,n}^{(n-2)} x_n)$$

을 구하게 된다. 이것을 반복함으로서, 일반적으로

$$x_{k} = \frac{1}{a_{kk}^{(k-1)}} (b_{k}^{(k-1)} - \sum_{j=k+1}^{n} a_{k,j}^{(k-1)} x_{j})$$

로 해를 계산할 수 있다. 위 식으로부터 순서대로 해 $x_n, x_{n-1}, \cdot \cdot \cdot, x_1$ 을 구하는 것을 후진 대입이라고 한다.

이상의 계산 방법을 Gauss의 단순 소거법이라고 부른다. Gauss의 단순 소거법은 덧셈과 곱셈 의 계산 횟수가 각각 약 $n^3/3$ 이다. 실제 프로그램에서는, $a_{ij}^{(k)}$, $b_j^{(k)}$ 는 다시 각각 A, b의 배열 에 기억시켜두면 되기 때문에, 계산 순서는 다음과 같이 된다. 또한, Pivot의 값이 0 혹은 0에 충 분히 가까운 값인 경우는, 계산이 불가능하거나 계산 오차가 증대한다. 그래서, 계산 순서에서는 Pivot의 절대치가 E_EPS (= 10^{-15})보다 작은 경우는 에러로 처리한다.

5) Pivot 선택법

Gauss의 단순소거법에서는, Pivot $a_{kk}^{(k-1)}$ ($k=1,2, \cdot \cdot \cdot, n$)가 0이 아니다는 것을 가정하고 있지만, 실제로는 0이 되는 경우가 있다. 0이 되어 계산 불능이 되고, 또 0이 아니어도 0에 가까운 값인 경우는 계산 오차가 커지기 때문에, 이것을 피해야 할 필요가 있다. 이 때문에, 단계 2의 전진 소거의 제 k단계는

$$a_{11}x_{1} + \cdots + a_{1k-1}x_{k-1} + a_{1k}x_{k} + \cdots + a_{1n}x_{n} = b_{1}$$

$$\dots$$

$$a_{k-1,k-1}^{(k-2)}x_{k-1} + a_{k-1,k}^{(k-2)}x_{k} + \cdots + a_{k-1n}^{(k-2)}x_{n} = b_{k-1}^{(k-2)}$$

$$a_{kk}^{(k-1)}x_{k} + \cdots + a_{kn}^{(k-1)}x_{n} = b_{k}^{(k-1)}$$

$$\dots$$

$$a_{nk}^{(k-1)}x_{k} + \cdots + a_{kn}^{(k-1)}x_{n} = b_{n}^{(k-1)}$$

이므로, 점선의 사각으로 둘러싸인 $k \le i \le n$ 의 범위 안에서 $|a_{ik}^{(k-1)}|$ 가 최대인 것을 찾고 그 식의 번호를 m이라 하여, 제 k 식과 제 m 식이 들어가도록 바꾸고, $a_{mk}^{(k-1)}$ 를 선회축(Pivot)으로 하여 다음 단계로 넘어가면 된다. 이것을 Pivot의 선택법이라고 한다.

연립 방정식에서는, 방정식의 순서를 바꾸어도 동일한 답이 구해진다. 또, Pivot의 절대값이 큰 편이 계산의 정밀도가 좋다고 말할 수 있다. 역으로, Pivot의 값이 0 혹은 0에 충분히 가까운 값인 경우는, 행렬이 정칙이 아니라고 하여 처리할 필요가 있다. Pivot의 선택을 모듈화하고 그 계산 순 서를 다음에 나타내었다. 또한, Pivot의 선택에 따라 행을 교환하는 경우, **b**의 요소도 교환이 요 구되므로 교환된 정보를 기록해 둘 필요가 있다.

5. 지지력 이론

도로교 설계기준에 제시된 타입말뚝과 현장타설말뚝의 지지력을 산정하는 방법 중에서 타입말 뚝의 경우는 반경험적 방법, 현장원위치 시험결과를 이용하는 방법을 고려하며 현장타설말뚝은 점 성토, 사질토 그리고 암반에 설치한 경우에 그에 해당하는 지지력 해석방법을 사용한다. 말뚝은 적절한 지반지지력과 말뚝재료의 강도를 가지고 연직방향과 횡방향으로 허용변위 이내에서 거동 하도록 설계해야 하며, 지반과 말뚝의 상호작용, 재하시험 등에 근거한 정역학적 해석방법으로 결 정해야 한다. 고려해야 할 사항은 말뚝의 지지력, 인발저항력, 말뚝재료의 강도 및 부마찰력 등이 있다.

5.1 타입말뚝

타입말뚝의 지지력 공식은 반경험적 방법과 현장원위치시험 방법으로 나뉜다. 반경험적 방법은 α, β, λ 및 Nordlund Thurman 방법이 있으며, 각 해석방법에 따라서 주면마찰력 및 선단지지력 을 산정하는 식이 달라지기 때문에 이를 고려해야 한다. 또한 α, β, λ법의 경우에는 계수를 산정 하기 위해서 프로그램 내부에서 차트를 이용하여 값을 내부적으로 보간하여 자동으로 산정되게 하며, Nordlund Thurman의 경우에는 계수를 설계자가 직접 입력한 값을 사용하도록 한다.

1) 반경험적 방법

가. α 법

전응력에 근거한 α 방법은 말뚝과 점성토사이의 부착력을 점성토의 비배수 전단강도와 관련지어 사용하며, 공칭 단위 주면마찰력의 식은 다음과 같다.

 $q_s = \alpha S_{\!u}$

여기서, α : S_u 에 곱해지는 부착계수

 S_{μ} : 평균 비배수 전단강도(MPa)



나. β 법

유효응력법에 근거한 *β* 방법은 말뚝 주면마찰력을 예측하는데 이용된다. 공칭 단위 주면마찰력 은 다음 식과 같이 유효응력에 근거하며 OCR과의 관계에 대한 계수를 이용하여 정의된다.

$$q_s = \beta \sigma'_v$$

여기서, σ_{v}' : 연직유효응력 (MPa)

 β : OCR과의 관계에 대한 계수



그림 5.18 OCR과의 관계에 대한 계수 β

다. λ 법

 λ 방법은 주면마찰력을 수동토압을 고려하여 사용하며 관입깊이에 따른 경험계수를 이용하여 q_s 를 다음과 같이 구한다.

 $q_{s}=\lambda\left(\sigma_{v}^{'}+2S_{u}\right)$

여기서,
$$\sigma_{v}{'}+2S_{\!u}$$
 : 수동토압(MPa) λ : 관입깊이에 따른 경험 계수



그림 5.19 관입깊이에 따른 경험 계수 λ

라. Nordlund Thurman 방법

유효응력법은 모래층이나 비소성 실트층에 한해서 적용하며, 사질토일 때와 포화점성토일 때의 값이 상이하고 심도에 따른 토압계수 및 수정계수가 다르다. 여러 가지 계수를 적용하여 공칭 단 위주면마찰력 q_s 를 산정한다. 다음과 같은 식에 의해서 산정된다.

$$q_s = K_{\delta} C_F \sigma_v' \frac{\sin(\delta + \omega)}{\cos \omega}$$

여기서, q_p 는 사질토일 때, $q_p = \alpha_t N'_q \sigma_v ' \leq q_L$ 포화점성토일 때, $q_p = 9S_u$ K_δ : 지층의 중간 심도에서의 수평방향 토압계수 C_F : $\delta \neq \phi_f$ 일 경우 K_δ 의 수정계수 $\sigma_v '$: 지층의 중간 심도에서의 유효상재압(MPa) δ : 말뚝과 지반의 마찰각 (°) ω : 연직면에 대한 말뚝 직경의 측면 경사각(°)

※ α, β, λ법의 경우에 계수를 산정하기 위해서 프로그램 내부에서 차트를 이용하여 내부적으 로 보간하여 값을 자동으로 산정하며, Nordlund/Thurman의 경우에는 계수를 설계자가 직접 입력한 값을 사용하도록 한다.



그림 5.20 계수 K_{δ} 및 δ 와 ϕ_{f} 의 관계

2) 현장원위치시험 결과

가. 표준관입시험(SPT)

표준관입시험은 개력적인 지반의 지지력, 대상지층의 토질, 지지층의 위치, 연약층 유무 등을 판 정하기 위하여 실시하며, 주면마찰력 및 선단지지력은 현장 원위치시험법을 사용하여 평가한다.

① 선단지지력

사질토에서 깊이 Db까지 타입된 말뚝의 공칭 단위 선단지지력은 다음과 같다.

$$q_p = \frac{0.038 N_{corr} D_b}{D} \leq q_l$$

여기서,
$$N_{corr} = \left[0.77 \log_{10}\left(\frac{1.92}{\sigma_{v}^{'}}\right)\right] N$$

- 여기서, N_{corr} : 상재응력 σ_v '에 대하여 수정한 말뚝 선단근처의 대표적인 SPT 타격횟수 (타/300mm)
 - N : SPT 타격횟수 (타/300mm)
 - D : 말뚝의 폭 또는 직경(mm)
 - D_b : 지지층에 관입된 말뚝길이(mm)
 - q_l : 한계 선단지지력으로 사질토인 경우 $0.4N_{corr}$, 비소성 실트인 경우 0.3 N_{corr} 을 사용한다. (MPa)

② 주면마찰력

사질토에 설치된 말뚝의 공칭 주면마찰력 q_s 는 다음과 같다.

• 배토말뚝

 $q_s = 0.0019\overline{N}$

• 비배토 말뚝 (예, H형 강말뚝)

 $q_s = 0.00096\overline{N}$

여기서, q_s : 타입말뚝에 대한 단위 주면 마찰력(MPa)

_N : 말뚝 주면을 따라 얻은 보정하지 않은 평균 SPT 타격횟수 (타/300mm)

※ SPT 입력값은 지층별 값을 입력받아 사용한다.

3) 암반지지말뚝 결과

암반층에 지지되는 말뚝의 선단지지력에 대한 저항계수는 표 5.7에 나타나있으며, 암반에 설치 된 타입말뚝의 공칭 단위 선단지지력 q_p 는 다음과 같다.

$$q_p = 3 \, q_u \, K_{\!sp} \, d$$

여기서,
$$K_{sp} = \frac{3 + \frac{s_d}{D}}{10\sqrt{1 + 300\frac{t_d}{s_d}}}$$

 $d = 1 + 0.4H_s/D_s \le 3.4$

여기서, q_u : 암석시편의 평균 일축압축강도(MPa)

- *d* : 무차원 깊이계수
- $K_{\!\!sn}$: 무차원 지지력계수
- *s*_d : 불연속면 간격(mm)
- t_d : 불연속면 폭(mm)
- D : 말뚝 폭(mm)
- H_s : 암반에 근입된 말뚝의 깊이로써 기반암에 위에 놓인 경우 0으로 본다.
- *D_s* : 암반 근입부 말뚝 폭(mm)

※ 무차원 지지력계수 K_{sp} 와 무차원 깊이계수 d는 설계자가 직접 입력한 값을 사용하도록 한다.

표 5.3 축하중을 받는 타입말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수

조건/	저항계수	
외말뚝의 연직압축저항력 - 정	점성토와 혼합토 : $lpha$ 방법 eta 방법 eta 방법 λ 방법	0.35 0.25 0.40
역학적 해석법과 정재하시험, ϕ_{stat}	사질토 : Norldlund / Thurman 방법 SPT 방법	0.45 0.30
	암반에 선단근입된 경우	0.45

5.2 현장타설말뚝

현장타설말뚝의 지지력 공식은 점성토, 사질토, 암반에 설치한 경우에 따라서 α법 및 β법을 사 용한다. 현장타설말뚝의 근입은 충분한 연직, 횡방향 하중 지지력을 발휘하고 허용변위량을 감당 할 수 있을 만큼 충분해야 한다. 단단한 점성토에서는 단위 선단지지압력을 감소시키기 위해서 선 단지지면적을 증가시키기 위하여 말뚝선단을 확대하거나 종 모양으로 할 수 있다. 콘크리트를 타 설하기 전에 천공구멍 바닥면을 깨끗하게 하고 그 상태를 확인한 경우에는 전체 저부면적이 효과 적으로 하중을 전달한다.

1) 점성토에 설치한 경우

점성토에 설치된 현장타설말뚝의 저항력을 결정하기 위해서는 반경험적인 방법이 사용된다. 점 성토의 현장타설말뚝은 비배수 하중조건과 배수 하중조건에 대하여 각각 전응력법과 유효응력법 으로 설계해야 한다.

가. α 법

① 주면 마찰력

 $q_s = \alpha S_u$

여기서,
$$\frac{S_u}{p_a} \le 1.5$$
 일 때, $\alpha = 0.55$
 $1.5 \le \frac{S_u}{p_a} \le 2.5$ 일 때, $\alpha = 0.55 - 0.1 \left(\frac{S_u}{p_a} - 1.5\right)$

여기서, p_a : 대기압 (=0.101 MPa)

$$S_u$$
 : 평균 비배수전단강도 (MPa)

α : 부착력 계수 (무차원값)

② 선단 지지력

$$q_p = N_c S_u \le 4.0$$

여기서,
$$N_c = 6 \left[1 + 0.2 \left(\frac{Z}{D} \right) \right] \le 9$$

여기서,
$$D$$
 : 말뚝의 지름 (mm) Z : 말뚝의 관입깊이 (mm) S_u : 비배수전단강도 (MPa)

2) 사질토에 설치한 경우

사질토 지반의 현장타설말뚝은 배수 조건의 유효응력법으로 설계하거나 현장시험 결과에 근거 하여 경험적인 방법으로 설계해야 한다.

가. β 법

① 주면 마찰력

$$q_s = \beta \, \sigma_v' \le 0.19$$

여기서,
$$N_{60} \ge 15$$
 이면, $\beta = 1.5 - (7.7 imes 10^{-3} \sqrt{z})$
 $N_{60} < 15$ 이면, $\beta = \frac{N_{60}}{15} (1.5 - 7.7 imes 10^{-3} \sqrt{z})$
그 외의 경우, $\beta = 2.0 - 0.00082 (z)^{0.75}$

여기서, σ'_v : 대상층 중간에서 연직유효응력 (MPa) eta : 하중전이계수 (무차원) z : 대상층 중간까지 깊이 (mm) N_{60} : 설계구역 지층의 평균 N값으로, 해머효율에 대해 보정한 값 ② 선단 지지력

$$0.057N_{60} \le 50$$
 일 때, $q_p = 1.2N_{60}$
 $N_{60} > 50$ 일 때, $q_p = 0.59 \left[N_{60} \left(\frac{p_a}{\sigma_v'} \right) \right]^{0.8} \sigma_v'$

여기서, β = 1.5−(7.7×10⁻³√z) N₆₀ ≧ 15
β =
$$\frac{N_{60}}{15}$$
(1.5−7.7×10⁻³√z) N₆₀ < 15
β = 2.0−0.00082(z)^{0.75} 자갈질 모래이거나 자갈층 N₆₀ ≧ 15

3) 암반에 설치한 경우

절리 및 풍화가 발달된 암반에 근입된 말뚝의 지지력은 암석시편의 강도 보다는 절리를 포함한 암반상태에 의존하므로 이를 고려해 주어야 한다.

① 주면 마찰력

암반에 근입된 현장타설말뚝의 주면마찰력 q_s 는 Horvath와 Kenney(1979) 방법에 따른다.

$$q_{s} = 0.65 \, \alpha_{E} \; p_{a} \! \left(\frac{q_{u}}{p_{a}} \right)^{\! 0.5} < 7.8 \; p_{a} \left(\frac{f_{\,c}^{\,\prime}}{p_{a}} \right)^{\! 0.5} \!$$

여기서, q_{u} : 암의 일축압축강도 (MPa) p_{a} : 대기압 (=0.101 MPa) αE : 암반절리를 고려한 감소계수 f'_{c} : 콘크리트 압축강도 (MPa)

표 5.4 암반절리를 고려한 감소계수(α_E)

E_m/E_i	α_E
1.0	1.0
0.5	0.8
0.3	0.7
0.1	0.55
0.05	0.45

② 선단 지지력

•말뚝 선단 아래로 말뚝 지름의 2배 길이까지 암반이 신선한 상태이거나 압축성 물질 없 이 절리가 닫혀있는 경우, 암반 근입부의 길이가 말뚝 지름의 1.5배 폭 이상일 경우,

$$q_p = 2.5 q_u$$

• 말뚝 선단 아래로 말뚝 지금의 2배 깊이까지 암반이 여러방향의 절리를 갖는 경우, $q_p = [\sqrt{s} + \sqrt{(m\sqrt{s} + s)}]q_u$

 q_u = 암의 일축압축 강도 (MPa)

표 5.5 비선형 강도 정의상 암질과 재료상수의 대략적인 관계(Hoek and Brown, 1988)

암 질		암의 유형 A=Carbonate rocks with well developed crystal cleavage B=Lithified argillaceous rocks C=Arenaceous rocks with strong crystal cleavage D=Fine grained polyminerallic igneous crystalline rocks E=Coarse grained polyminerallic igneous & metamorphic crystalline rocks				
		А	В	С	D	E
신선암 시료 실험실 규격 시료상으로 절리가 없음 CSIR 등급: RMR=100	${m \atop s}$	7.00 1.00	10.00 1.00	15.00 1.00	17.00 1.00	25.00 1.00
매우 양호한 암반 Tightly interlocking undisturbed rock with unweathered joints at 절리가 풍화되지 않고, 단단히 결속된 불교란 상태(900~3000mm 크기에서) CSIR 등급: RMR=85	${m \atop s}$	2.40 0.082	3.43 0.082	5.14 0.082	5.82 0.082	8.567 0.082
양호한 암반 절리가 있고, 약간 풍화되었거나 미미하게 교란된 상태(900~3000mm 크기에서) CSIR 등급: RMR=65	${m \atop s}$	0.575 0.00293	0.821 0.00293	1.231 0.00293	1.395 0.00293	2.052 0.00293
보통의 암반 보통 정도 풍화된 절리를 다수 가지는 상태 (간격 300~900mm) CSIR 등급: RMR=44	${m \atop s}$	0.128 0.00009	0.183 0.00009	0.275 0.00009	0.311 0.00009	0.458 0.00009
불량한 암반 50~300mm 간격의 풍화된 절리가 많고 비지(gouge)가 있는 상태; clean compacted waste rock. CSIR 등급: RMR=23	${m \atop s}$	0.0029 3×10 ⁻⁶	0.041 3×10 ⁻⁶	0.061 3×10 ⁻⁶	0.069 3×10 ⁻⁶	0.102 3×10 ⁻⁶
매우 불량한 암반 간격 50mm 미만의 절리가 매우 많고 비지가 있음. Waste rock with fines. CSIR 등급: RMR=3	m	0.007 1×10 ⁻⁷	0.010 1×10 ⁻⁷	0.015 1×10 ⁻⁷	0.017 1×10 ⁻⁷	0.025 1×10 ⁻⁷

s, m : 파쇄암반 정수(표 참조, Hoek and Brown, 1988)

방법/흙/조건			저항계수
	점성토의 주면마찰력	lpha방법(O'Neil과 Reese, 1999)	0.45
	점성토의 선단지지력	전응력(O'Neil과 Reese, 1999)	0.40
	사질토의 주면마찰력	eta방법(O'Neil과 Reese, 1999)	0.55
	사질토의 선단지지력	O'Neil과 Reese (1999)	0.50
외말뚝의	IGM의 주면마찰력	O'Neil과 Reese (1999)	0.60
연직압축저항	IGM의 선단지지력	O'Neil과 Reese (1999)	0.55
, ϕ_{stat}	암반의 주면마찰력	Horvath와 Kenney (1979) O'Neil과 Reese (1999) Carter와 Kuhawy (1988)	0.55 0.55 0.50
	암반의 선단지지력	Canadian Geotech, society (1985) 프레셔미터 시험법 (Canadian Geotech, society, 1985) O'Neill과 Reese (1999)	0.50

표 5.6 축하중을 받는 현장타설말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수

6. 침하량 이론

말뚝의 침하량은 단기간 침하량, 말뚝의 축방향 압축량을 고려하여 추정한다. 사질토에 설치된 무리말뚝의 경우는 현장 원위치 시험결과를 이용하여 구하며, 점성토에 설치된 무리말뚝의 침하량 은 지반을 단단한 것으로 가정하여 사질토에 놓인 확대기초의 절차를 이용하여 침하량을 계산한 다. 암반이나 사질토 지반에 타입된 말뚝의 경우 지지층 내 응력집중이 크게 문제가 되지 않으므 로 무리말뚝효과(=말뚝에 의해 흙으로 전달되는 응력이 겹쳐 지지력이 감소하는 효과)를 무시한 다.

6.1 타입말뚝

1) 일반해석

침하 해석 시 실내시험 결과나 현장시험결과에 근거한 변형해석을 통해 기초의 침하를 산정한 다. 해석에 이용되는 제반 지반정수는 지반의 응력이력, 시공순서, 지층영향 등을 고려하여 산정한 다. 시간 의존적 영향을 포함한 총 침하량과 부등침하량 모두를 고려해야 한다. 탄성, 압밀 그리고 이차압축침하를 모두 합친 총 침하량 (*S*,)는 다음과 같다.

 $S_t = S_e + S_c + S_s$

여기서,
$$S_e$$
 = 즉시(탄성)침하량 (mm)

$$S_c$$
 = 압밀침하량 (mm)

 S_s = 이차압축침하량 (mm)

성토하중이나 수평 그리고 또는 편심하중, 그리고 사질토의 기초에 작용하는 동적인 활하중이나 지진으로 인한 진동하중 등과 같은 요소들도 적절하게 고려되어야 한다. 원(혹은 정사각형) 이나 L>5B 인 긴 직사각형 기초의 아래에서 증가하는 연직하중의 분포는 그림 5.22를 사용하여 구할 수 있다.





2) 사질토에 놓인 기초의 침하

사질토 위의 기초 침하량은 경험적인 방법이나 탄성이론을 이용하여 계산할 수 있다. 사질토의 무리말뚝 침하는 현장 원위치시험 결과와 그림 5.23 에 규정된 등가 확대기초의 위치와 확대기초 에 사용한 절차를 사용하여 구할 수 있다.

$$\begin{split} SPT &= \rho = \frac{30 q I \sqrt{X}}{N_{corr}} \\ \textbf{Q7}|\textbf{M}, \quad I &= 1 - 0.125 \frac{D'}{X} \ge 0.5 \\ N_{corr} &= \left[0.77 \log_{10}(\frac{1.92}{\sigma_v'}) \right] N \end{split}$$

여기서,

- q : 그림 3.6에서 보는 것처럼 2D_b/3지점에 작용하는 순 기초압력. 이 압력은
 무리 말뚝의 상부에 가해진 하중을 등가 확대기초의 면적으로 나눈 것으로, 말뚝의 무게나 말뚝 사이의 흙 무게는 포함하지 않는다. (MPa)
- X : 무리말뚝의 폭이나 최소치수 (mm)
- ρ : 무리말뚝의 침하 (mm)
- I : 무리말뚝의 유효근입깊이에 대한 영향계수
- *D'* : 유효깊이(=2*D*_b/3)
- D_b : 그림 5.23에서 보는 것처럼 근입된 말뚝의 길이 (mm)
- N_{corr}: 등가 확대기초 아래 임의의 깊이 *z*까지의 SPT의 타격횟수로서 상재하중

 에 대해 보정한 대표적인 평균값 (타/300mm)
- N : 침하층에서 측정된 SPT의 타격횟수 (타/300mm)
- σ'_v : 유효연직응력(MPa)



(a) (b) 그림 5.22 등가 확대기초의 위치(Duncan과 Buchignani, 1976)

3) 사질토에 놓인 기초의 침하

점성토는 단단한 사질토로 가정하고 탄성침하량을 산정한다. 무리말뚝의 침하량은 그림 5.24에 규정된 등가 확대기초의 위치와 확대기초에 사용한 절차를 사용하여 구할 수 있다. 압밀침하량은 고려하지 않는다.

$$S_e = \frac{\left[q_o(1-\nu^2)\sqrt{A}\right]}{E_s\beta_z}$$

여기서, q_o : 하중강도 (MPa)

A : 기초면적 (mm²)

 E_s : 실내시험결과 대신 표 3.5에 제시된 탄성계수 (MPa)

 eta_z : 표 5.12 에 제시된 형상계수

ν : 포아송비, 현장이나 실내시험을 수행하지 않은 경우 표 5.11의 값 사용

표 5.7 미 해군성(1982)과 Bowles(1988) 이후에 수정된 다양한 흙에 대한 탄성계수

ㅎ이 조리	값의 전형적인 범위	포아송 비 ,	N 값을 이용한 $E_{\!s}$ 의 산정		
· ㅋ의 ㅎㅠ	탄성계수, $E_s(MPa)$	ν	흙의 종류	$E_{\!s}({ m MPa})$	
			실트, 사질토질 실트, 약간의 점착력 혼합토	0.4 <i>N</i> ₁	
점성토 : 부드럽고 민감 중간정도	2.4 ~ 15 15 ~ 50	0.4 ~ 0.5 (비배수)	매우 가늘거나 중간정도의 사질토와 약간의 실트질 사질토	0.7 <i>N</i> 1	
포거나 굳음 매우 굳음	50 ~ 100		굵은 사질토와 약간의 자갈이 섞인 사질토	1.0 <i>N</i> ₁	
			사질토질의 자갈과 자갈	1.1 <i>N</i> ₁	
황토 실트	15 ~ 60 2 ~ 20	0.1 ~ 0.3 0.3 ~ 0.35	사질토질의 자갈과 자갈	$1.1 N_1$	
가는 사질토: 느슨	^닐 토: 7.5 ~ 10		$S_{\!u}$ 을 이용한 $E_{\!s}$ 의 산정		
- 중간 조밀	10 ~ 20 20 ~ 25	0.25	부드럽고 민감한 점성토	400 G 1000 G	
사질토: 느슨 중간 조밀	10 ~ 25 25 ~ 50 50 ~ 75	0.20 ~ 0.35 0.30 ~ 0.40	중간정도 굳거나 굳은 점성토 매우 굳은 점성토	$400 S_u \sim 1000 S_u$ $1500 S_u \sim 2400 S_u$ $3000 S_u \sim 4000 S_u$	
자갈:	25 ~ 75		q_c 을 이용한 E	,의 산정	
느슨 중간 조밀	75 ~ 100 100 ~ 200	0.2 ~ 0.35 0.3 ~ 0.4	사질토질의 흙	$4q_c$	

L/B 연성, β_z (평균) 강성, β_z 원형 1.04 1.13 1 1.06 1.08 2 1.09 1.10 3 1.13 1.15 5 1.22 1.24 10 1.41 1.41

표 5.8 강성에 따른 형상계수 (EPRI, 1983)

6.2 현장타설말뚝

1) 일반해석

- 가. 외말뚝과 무리말뚝에 상관없이 현장타설 말뚝기초의 침하량은 타입말뚝의 기준을 초과해서 는 안된다.
- 나. 현장타설 외말뚝의 침하량 현장타설 외말뚝의 침하량은 다음 사항을 고려하여 추정해야 한다.
 - 단기간 침하량
 - 현장타설말뚝의 축방향 압축량

다. 무리말뚝의 침하량

타입말뚝의 무리말뚝의 침하량 해석의 규정을 적용

7. 인발저항력 이론

국한한계상태의 사용하중조합 을 고려하여 계산한 하중이 인장력일 경우 인발지지력을 고려한 다. 말뚝이 인발력을 받는 경우, 인발에 대한 저항력, 그리고 인장에 저항하고 하중을 다른 부재에 전달하는 구조적 성능을 평가하여야 한다.

7.1 타입 말뚝

1) 외말뚝의 인발저항력

압축하중을 받는 말뚝의 주면마찰력을 평가하는 방법과 유사한 방법으로 결정할 수 있다. 감가

된 인발저항력 Q_{R} 을 N단위로 나타내면 다음과 같다.

 $Q_R = \phi Q_n = \phi_u Q_s$

여기서,

 $Q_{\!s}$: 주면저항에 의한 공칭인발력(N) -말뚝주면부에서 지지하는 공칭하중 $\phi_{\!u}$: 표 5.14 에 규정된 인발저항력에 대한 저항계수

2) 무리말뚝의 인발저항력

무리말뚝에서 인발저항력 Q_R 을 N단위로 나타내면 다음과 같다.

 $Q_R = \phi Q_n = \phi_{ug} Q_{ug}$

여기서, ϕ_{ug} = 표 5.14 에 규정된 저항계수

 Q_{uq} = 무리말뚝의 공칭 인발저항력 (N)

※ 여기서 말뚝의 인발저항력 Q_{ug} 는 두 값 중에 작은 값으로 한다.

가. 외말뚝의 인발저항력의 합

$\phi_u \cdot \Sigma Q_s$

나. 블록으로 고려한 무리말뚝의 인발저항력

사질토의 경우, 인발되는 블록의 중량은 그림과 같이 무리말뚝 선단면의 양 끝점으로부터 상향 으로 수평과 연직의 비가 1:4가 되도록 선을 그어 형성되는 블록의 중량으로 계산한다. 지하수위 아래의 흙에 대해서는 수중 단위중량을 사용한다. 점성토의 경우에는 그림 5.25 와 같이 비배수 전단의 형태로서 인발에 저항하는 블록을 고려한다. 무리말뚝에 대한 공칭 인발 저항력은 다음 식 으로 구한다.

$$Q_n = Q_{ug} = (2XY + 2XY)\overline{S_u} + W_g$$

여기서,

X : 그림 5.25에서 무리말뚝의 폭 (mm) Y : 그림 5.25에서 무리말뚝의 길이 (mm) Z : 그림 5.24에서 말뚝캡 아래 블록의 깊이 (mm) $\overline{S_u}$: 말뚝 주면을 따라 발생하는 흙의 평균 비배수 전단강도 (MPa) W_q : 흙, 말뚝, 그리고 말뚝캡을 포함한 블록의 중량 (N)

표 5.9 W_q 산정방법

	사질토	점성토
	$W_g = (V_{sp} - V_p)\gamma_s + V_p\gamma_p + V_{pc}\gamma_{pc}$	$W_g = (V_{sp} - V_p)\gamma_s + V_p\gamma_p + V_{pc}\gamma_{pc}$
W_g	여기서, $V_s = (A+B) \times \frac{1}{2} \times Z$ 여기서, $A = X \times Y$ $B = X_B \times Y_B$ 여기서, $X_B = (\frac{4}{Z} \times 2) + X$ $Y_B = (\frac{4}{Z} \times 2) + Y$ 여기서, $X_B = 밑변의 X길이 (mm)$ $Y_B = 밑변의 Y길이 (mm)$	여기서, $V_{sp} = XYZ$ A = 사각뿔대 윗넓이 (mm2) B = 사각뿔대 밑넓이 (mm2) $V_{sp} = 전체 사다리꼴의 부피 (mm3)$ $V_p = 말뚝의 부피 (mm3)$ $V_{pc} = 말뚝캡의 부피 (mm3)$ $\gamma_s = 흙의 단위중량 (N/mm3)$ $\gamma_{pc} = 말뚝캡의 단위중량 (N/mm3)$

외말뚝 저항력의 합으로 결정되는 무리말뚝의 공칭인발저항력, Q_{ug} 에 대한 저항계수는 표에 나 타나있는 것과 같이 외말뚝의 인발저항력에 대한 저항계수와 같은 값을 사용한다. 블록으로 고려 하는 무리말뚝의 인발저항력에 대한 저항계수는 점성토와 사질토에 있는 무리말뚝에 대해 규정한 표 5.14의 값들을 사용한다.


그림 5.23 사질토에서 말뚝 사이의 간격이 작은 무리말뚝의 인발(Tomlinson, 1987)



그림 5.24 점성토에 설치된 무리말뚝의 인발(Tomlinson, 1987)

조건 / 지지력결정 방법		저항계수
	Nordlund 방법	0.35
	lpha방법	0.25
	β Bÿ B	0.20

표 5.10 축하중을 받는 타입말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수

 λ 방법

SPT 방법

CPT 방법

재하시험

사질토와 점성토

7.2 현장타설말뚝

외말뚝의 인발저항력,

 ϕ_u

무리말뚝의

인발저항력, ϕ_{uq}

현장타설말뚝에 상향력이 작용할 때에는 인발저항력을 고려해야 한다. 상향력을 받는 말뚝에 대 해서는 인발에 대한 말뚝의 구조적 강도에 대한 인발저항력과 지지부와 말뚝의 연결부위 강도에 대하여 검토해야 한다.

1) 외말뚝의 인발저항력

단면변화가 없는 현장타설 외말뚝의 인발저항력은 압축력을 받는 말뚝의 주면마찰력과 비슷한 방법으로 산정한다. 선단확대말뚝의 인발저항력은 선단 상부의 주면마찰력은 무시하고 종 모양의 선단이 앵커처럼 작용한다고 가정하고 산정한다. 현장타설말뚝의 인발저항력에 대한 강도감소계수 는 표 5.15에 나타나 있다.

점성토에서 확대선단부를 가진 현장타설말뚝에 대해 감가된 인발저항력은 아래와 같이 산정된다.

$$Q_R=\phi Q_n=\phi_s Q_{s,bell}$$
여기서, $Q_{s,bell}=q_{s,bell}A_u$ 여기서, $q_{s,bell}=N_u S_u$

제5장 S/W 적용이론 134

0.30

0.25

0.40

0.60

0.50

 A_u
 = π(D_p² - D²)/4 (mm²)

 N_u
 : 인발 부착계수

 D_p
 : 확대 선단부의 지름(mm)

 D_b
 : 지지층 근입깊이(mm)

 D
 : 말뚝지름(mm)

 S_u
 : 저면위로 확대선단부 지름의 2배 거리 내 평균 비배수전단강도(MPa)

 ϕ : 표 3.9에 나타나 있는 강도감소계수

만일 지지층 상부에 팽창성 흙이 있다면 S_u 는 저면 바닥으로부터 상향으로 $2D_p$ 또는 지지층에 근입된 말뚝길이 중에서 작은 값에 대한 평균값으로 한다. N_u 값은 $D_b/D_p = 0.75$ 인 경우 0.0부 터 $D_b/D_p = 2.5$ 인 경우 8.0까지 선형적으로 변한다고 가정한다. 여기서, D_b 는 지지층의 깊이이다. 지지층의 최상부는 계절에 따라 함수비가 변하는 구역의 바닥면으로 한다.

2) 무리말뚝의 인발저항력

타입말뚝의 인발저항력 계산식 규정을 적용. 현장타설 무리말뚝의 인발저항력에 대한 저항계수 는 표 5.15에 나타나 있다.

방법 / 흙 / 조건				
외말뚝의 인발저항력, ϕ_u	점성토	lpha방법 (O'Neill과 Reese, 1999)	0.35	
	사질토	eta방법 (O'Neill과 Reese, 1999)	0.45	
	암반	Horvath와 Kenney (1979)	0.4	
		Carter와 Kulhawy (1988)	0.4	
무리말뚝의 인발저항력, ϕ_{ug}	사질토와	점성토	0.45	

표 5.11 축하중을 받는 현장타설말뚝의 극한한계상태에 대한 저항계수

8. 기초해석 이론

무리말뚝해석을 기본으로 하는 말뚝지지력 산정에서 기초에 작용하는 하중은 축방향 하중 및 횡하중 그리고 모멘트로 구성이 되어있다. 무리말뚝으로 해석되기 때문에 여러 가지 하중을 조합 하는 것이 필요하며, 기초는 강성으로 고려하여 하중분배를 결정한다.

8.1 하중조합

하중이 작용하는 위치 및 작용하중의 합력을 구한 후, 각 방향에 대한 하중을 더한다. 더한 하 중에 거리를 분배해서 무리말뚝 전체에 작용하는 힘을 구한다.

1) 힘의 합력

$$\begin{split} P_x &= \sum P_{x(i)} \\ P_y &= \sum P_{y(i)} \\ P_z &= \sum P_{z(i)} \end{split}$$

여기서, P_x : X방향으로 작용하는 하중 P_y : Y방향으로 작용하는 하중 P_z : Z방향으로 작용하는 하중

2) 모멘트의 합

$$\begin{split} \boldsymbol{\Sigma}\boldsymbol{M}_{\!\boldsymbol{x}} &= (\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{x}(i)} \times \boldsymbol{Y}) - (\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{y}(i)} \times \boldsymbol{Z}) + \boldsymbol{M}_{\!\boldsymbol{x}(i)} \\ \boldsymbol{\Sigma}\boldsymbol{M}_{\!\boldsymbol{y}} &= - \left(\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{z}(i)} \times \boldsymbol{X}\right) + \left(\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{x}(i)} \times \boldsymbol{Z}\right) + \boldsymbol{M}_{\!\boldsymbol{y}(i)} \\ \boldsymbol{\Sigma}\boldsymbol{M}_{\!\boldsymbol{z}} &= - \left(\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{x}(i)} \times \boldsymbol{Y}\right) + \left(\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{y}(i)} \times \boldsymbol{X}\right) + \boldsymbol{M}_{\!\boldsymbol{z}(i)} \end{split}$$

여기서, X : 기준점으로부터 하중의 X방향 위치Y : 기준점으로부터 하중의 Y방향 위치Z : 기준점으로부터 하중의 Z방향 위치 $P_{x(i)}$: X방향의 하중 $P_{y(i)}$: Y방향의 하중 $P_{z(i)}$: Z방향의 하중

$$M_{x(i)}$$
 : X방향의 모멘트 $M_{y(i)}$: Y방향의 모멘트 $M_{z(i)}$: Z방향의 모멘트

8.2 하중분배

임의의 한 점 0를 원점으로 두고, 0점에 작용하는 외력을 도심에 위치하도록 정하고, 0점의 좌 표축 방향 변위 δ_{x} , 및 δ_{y} 그리고 회전 α 를 일정한 방향으로 설정하고 합친다. 이때 원점의 변위 는 다음과 같은 3원 연립방정식을 풀어서 구한다.

1) 계산법

$$A_{xx}\delta_x + A_{xy}\delta_y + A_{xa}\alpha = H_0$$
$$A_{yx}\delta_x + A_{yy}\delta_y + A_{ya}\alpha = V_0$$
$$A_{ax}\delta_x + A_{ay}\delta_y + A_{aa}\alpha = M_0$$

위의 3원 연립방정식을 매트릭스 형태의 식으로 만들면 다음과 같다.

$$\begin{bmatrix} A_{xx} & A_{xy} & A_{xa} \\ A_{yx} & A_{yy} & A_{ya} \\ A_{ax} & A_{ay} & A_{aa} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_0 \\ V_0 \\ M_0 \end{bmatrix}$$

여기서, 위 식을 역행렬을 이용해서 계산한다.

$$A \times X = B$$
$$A^{-1}A \times X = A^{-1}B$$
$$X = A^{-1}B$$

여기서, A : 강성 매트리스

 $A^{-1}: A$ 의 역행렬

- X: 수평력, 연직력, 회전모멘트의 허용변위량
- B: 0점에 작용하는 하중

$$\begin{array}{c} \textbf{Q7} \textbf{H}, \quad \begin{bmatrix} \delta_x \\ \delta_y \\ \alpha \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{xx} A_{xy} A_{xa} \\ A_{yx} A_{yy} A_{ya} \\ A_{ax} A_{ay} A_{aa} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} H_0 \\ V_0 \\ M_0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{split} & (\mathbf{q}_{\mathbf{z}}|\mathbf{A}|, \ A_{xx} = \sum (K_{1}\cos^{2}\theta_{i} + K_{v}\sin^{2}\theta_{i}) \\ & A_{xy} = A_{yx} = \sum (K_{v} - K_{1})\sin\theta_{i}\cos\theta_{i} \\ & A_{xa} = A_{ax} = \sum (K_{v} - K_{1})x_{i}\sin\theta_{i}\cos\theta_{i} - K_{2}\cos\theta_{i} \\ & A_{yy} = \sum (K_{v}\cos^{2}\theta_{i} + K_{1}\sin^{2}\theta_{i}) \\ & A_{ya} = A_{ay} = \sum (K_{v}\cos\theta_{i} + K_{1}\sin^{2}\theta_{i})x_{i} + K_{2}\sin\theta_{i} \\ & A_{aa} = \sum (K_{v}\cos^{2}\theta_{i} + K_{1}\sin^{2}\theta_{i})x_{i}^{2} + (K_{2} + K_{3})x_{i}\sin\theta_{i} + K_{4} \end{split}$$

여기서, H₀ : 확대기초 바닥면에서 위로 작용하는 수평하중 (tonf) V₀ : 확대기초 바닥면에서 위로 작용하는 연직하중 (tonf) M₀ : 원점 0 둘레에 작용하는 외력모멘트 (tonf·m) δ_x : 원점 0의 수평변위량 (m) δ_y : 원점 0의 연직변위량 (m) α : 확대기초의 회전각 (rad) x_i : i번째 말뚝에서 말뚝머리의 x좌표 (m) θ_i : i번째 말뚝의 말뚝축과 연직선과의 각도(도) $K_{1\prime}K_2, K_3, K_4$: 말뚝의 축직각방향 스프링 정수 K_v : 말뚝머리에 단위 축방향변위를 생기게 하는 말뚝축방향력 (말뚝방향 스프링 정 수) (tonf·m) θ_i : i번째 말뚝의 말뚝축이 연직축과 이루는 각(도)

표 5.12 말뚝의 축직각방향 스프링정수

	말뚝머리 고정		말뚝머리 힌지	
	$h \neq 0$	h = 0	$h \neq 0$	h = 0
K_1	$\frac{12EI\beta^3}{(1+\beta h)^3+2}$	$4EI\beta^3$	$\frac{3EI\beta^3}{(1+\beta h)^3+0.5}$	$2EI\beta^3$
$K_{2'} K_{3}$	$k_1 \frac{\lambda}{2}$	$2EI\beta^2$	0	0
K_4	$\frac{4EI\beta}{1+\beta h} \times \frac{(1+\beta h)^3 + 0.5}{(1+\beta h)^3 + 2}$	2EIeta	0	0

여기서, k_H : 수평방향 지반반력계수 (tonf/m³)

D : 말뚝의 지름 (m)

EI: 말뚝의 휨강성 (tonf·m²)

h : 설계 지반면 지반면보다 위에 있는 부분의 말뚝 축방향 길이 (m)

제6장

XPILE - LRFD Ver 1.0 For Windows! 참고문헌

http://www.wikipedia.org/

김병일, 김연수, 김창동, 사상호 (2007). "설계 파라미터의 불확실성을 고려한 얕은기초 신뢰성 설계", 한국지반공학회 기초기술위원회 학술발표회 논문집, pp. 1-10.

양영순, 서용석, 이재옥 (1999), 구조 신뢰성공학, 서울대학교 출판부

조효남 지광습 공역, 공학확률통계, 구미서관

한국건설기술연구원 (2008) "LRFD 기초구조물 설계를 위한 저항계수 결정연구"

- 허정원, 정상섬, 곽기석 (2005), "축하중을 받는 말뚝구조물의 MCS에 기초한 신뢰성해석", 대한토 목학회논문집, 제 25권, 제 3C호, pp. 181-188
- B.K., Low, W.H., Tang, Efficient Reliability Evaluation Using Spreadsheet, Journal of Engineering Mechanics. Vol. 123, no. 7, pp. 749-752. July 1997.
- Hasofer, A. M. and Lind, N. C. (1974), "Exact and Invariant Second Moment code Format", Journal of Engineering Mechanics Division, ASCE, 100(EM1), pp. 111-121.
- Kulhawy, F., nd Phoon, K.(1996), "Engineering Judgment in the Evolution from Deterministic to Reliability-Based Foundation Design", Proceedings of the 1996 Conference on Uncertainty in the Gelologic Environment, UNCERTAINTY '96, Part I, Madison, WI, ASCE, NY, pp. 29-48
- Low, B.K. and Phoon, K.K. (2002) "Practical first-order reliability computations using spreadsheet." In Proc. Int. Conf. Probabilistics in GeoTechnics: Technical and Economic Risk Estimation, pp. 30-46, Graz.