



비탈면 개정 내용을 효율적으로 적용할 수 있는 비탈면 설계 패키지

SoilWorks

SLOPE PACKAGE

Geotechnical Solution for Practical Design

SoilWorks

SLOPE PACKAGE

Geotechnical Solution for Practical Design

www.SoilWorks.co.kr



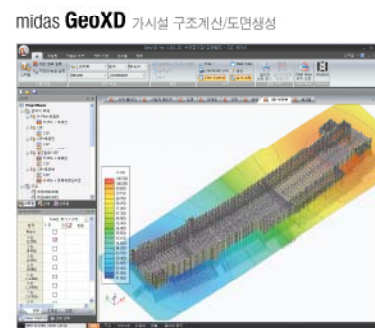
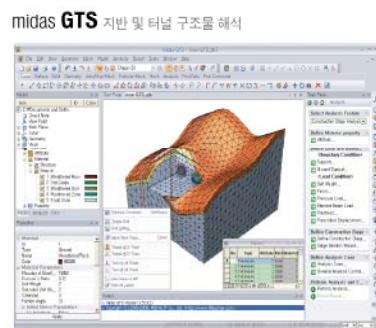
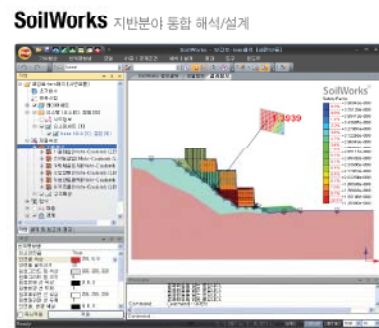
경기도 성남시 분당구 삼평동 633 판교세븐벤처밸리 마이디스아이티동
Copyright © Since 1989 MIDAS Information Technology Co., Ltd. All rights reserved.

Global Leader in Providing Engineering Solutions & Services

마이다스아이티는 국가 기술력을 선도합니다



지반분야 프로그램 소개

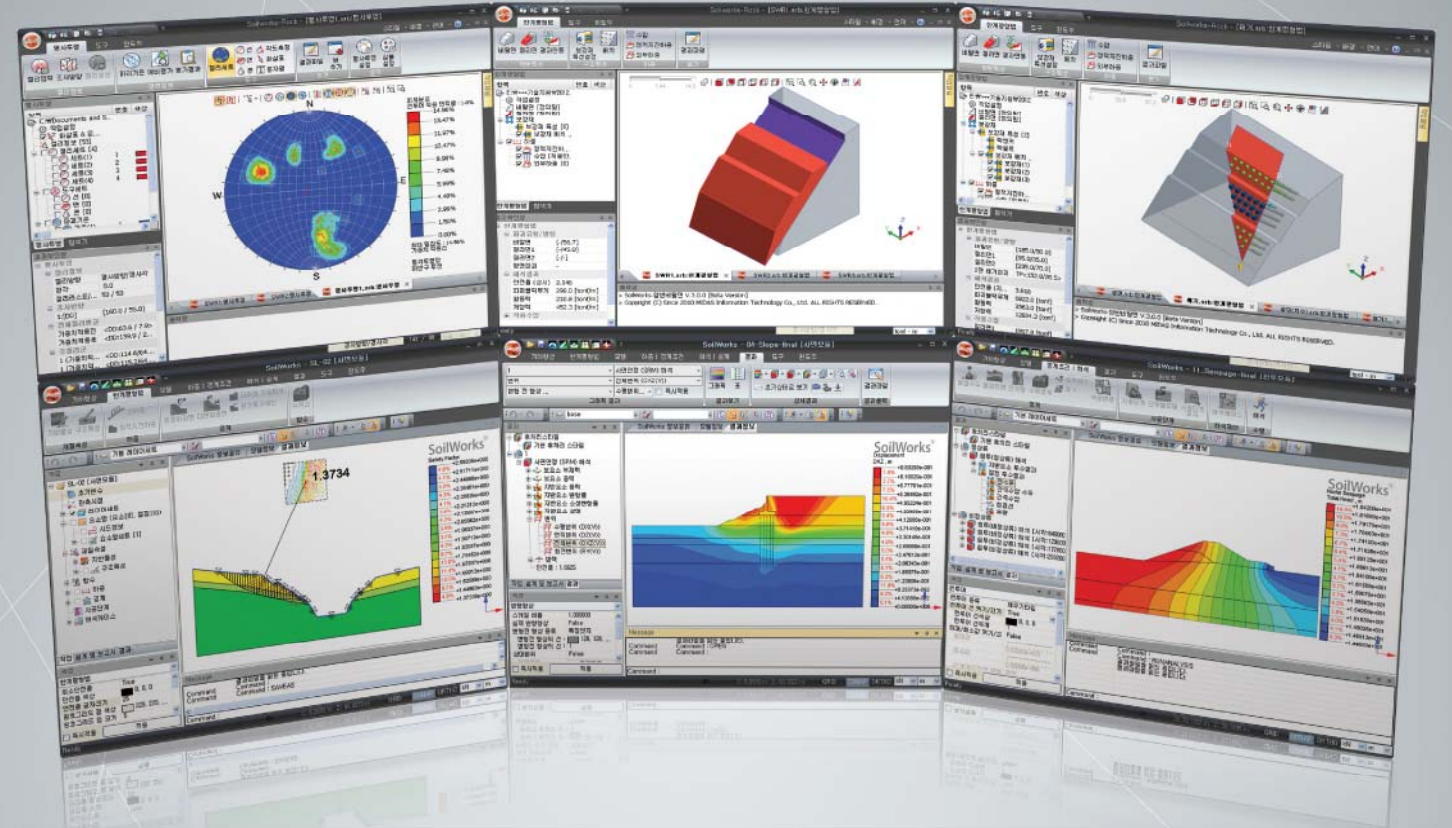


최적설계 자동화 기술을 이용하여 새로운 패러다임의 엔지니어링 솔루션을 제공합니다.

Slope Package

비탈면 개정 내용을 효율적으로 적용할 수 있는

비탈면 설계 패키지



Applications

비탈면 패키지 적용분야

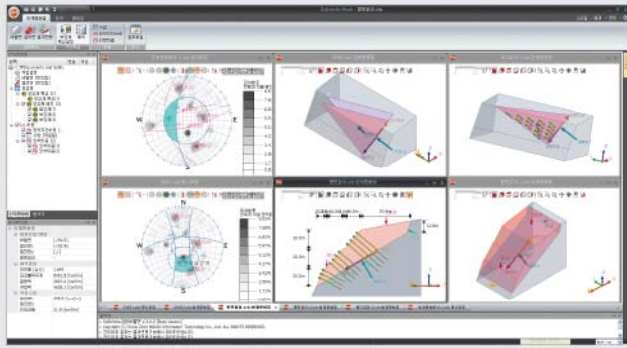


- 01 파괴유형 평가를 통한 암반비탈면 최적 경사 판정
- 02 불안정 절리정보에 대한 평면/쌓기 파괴 안전율 산정
- 03 충전물의 종류 및 두께에 따른 안정성 검토
- 04 내적안정 검토를 통한 보강재 길이 산출
- 05 토사 비탈면 안정성 검토(LEM, SRM, SAM)
 - 시공단계 고려
 - 건기/우기/지진시
 - 강우강도 고려
- 06 교대기초의 말뚝 효과를 고려한 축방응동검토
- 07 댐(제방)의 만수위(홍수위)/수위 급강하시 침투해석
- 08 차수공법 적정성 검토

실무자들과 함께 만든 SoilWorks

암반비탈면 통합솔루션

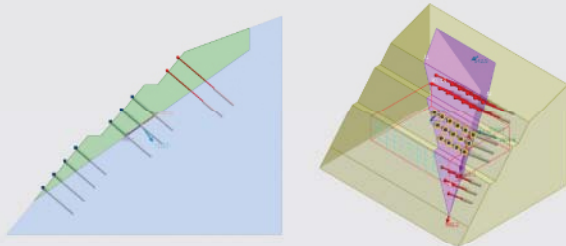
- 프로젝트 단위의 파일 통합 관리
- 평사투영해석과 한계평형 해석 동시 수행
- 파괴가능 비탈면에 대한 3차원 한계평형 모델 자동생성



[Framework 구성]

현장조건과 동일한 모델링과 보강재 배치

- 자유로운 비탈면 형상 모델링으로 보다 정확한 안정성 검토
- 다양한 보강재 지원(락볼트, 락앵커)
- 현장과 동일한 보강재 자동배치(격자방법, 선방법)



[비탈면 형상 모델링 및 보강재 배치]

설계기준 탑재 및 보고서 일괄생성

- 국내외 비탈면 설계기준 탑재
- 보고서 생성
 - 프로젝트 단위의 전체 보고서 자동 생성
 - 보고서 형식 설정 및 이미지 내보내기 기능



[전체 보고서]

평사투영해석

1. 불연속면 안정성 평가

지반조사 데이터 분석을 위한
최상의 그래픽 툴

- 조사방향에 따른 절리정보 가중치 계산 - 밀집도 보정

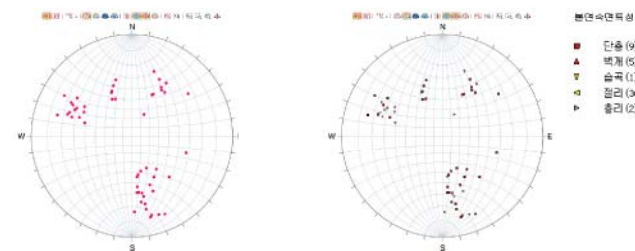
ID	방향	각도	개수	개수*가중치	불연속면특성	조사방향	세트
1	352.0	67.0	1	1.165	절리	1	4
2	110.0	58.0	1	1.513	절리	1	1
3	349.0	69.0	1	1.197	절리	1	4
4	115.0	64.0	1	1.573	절리	1	1
5	164.0	60.0	1	3.864	절리	1	2
6	349.0	63.0	1	1.127	단층	1	4
7	349.0	73.0	1	1.257	절리	1	4
8	340.0	55.0	1	1.064	절리	1	4

[조사방향에 따른 가중치 자동산정]

- 지반조사 데이터 분석을 위한 4가지 표기법 제공
 - 극점, 심볼, 컨투어, 로즈 다이어그램 표기
- 입력 데이터 미리보기 및 작업트리를 통한 추가, 수정, 삭제

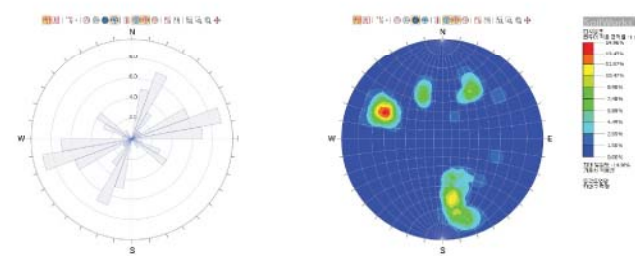


[빠른 실행을 위한 별도의 View Tool Bar]



[극점 표기]

[심볼 표기]



[로즈다이어그램 표기]

[컨투어 표기]

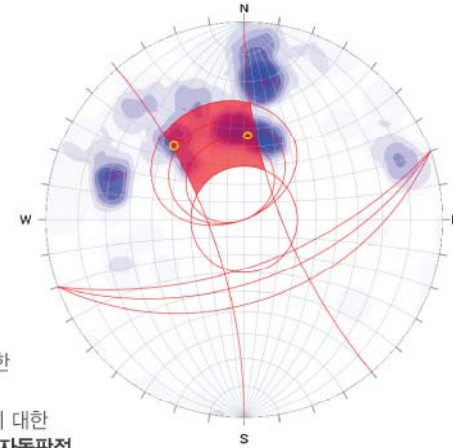
2. 파괴유형별 안정성 검토 | 비탈면 파괴유형별 안정성 검토 자동화



- 파괴유형 검토를 위한 기준 정보만 입력(경사방향/절리마찰각)
 - 선, 면(대원), 콘(소원), 데일라이팅 자동생성
 - 검토 표준경사 자동생성



- 파괴기준별 영역에 대한 자동 영역 구분 표현
- 전체절리/주절리세트에 대한 파괴가능 영역내 절리 자동판정



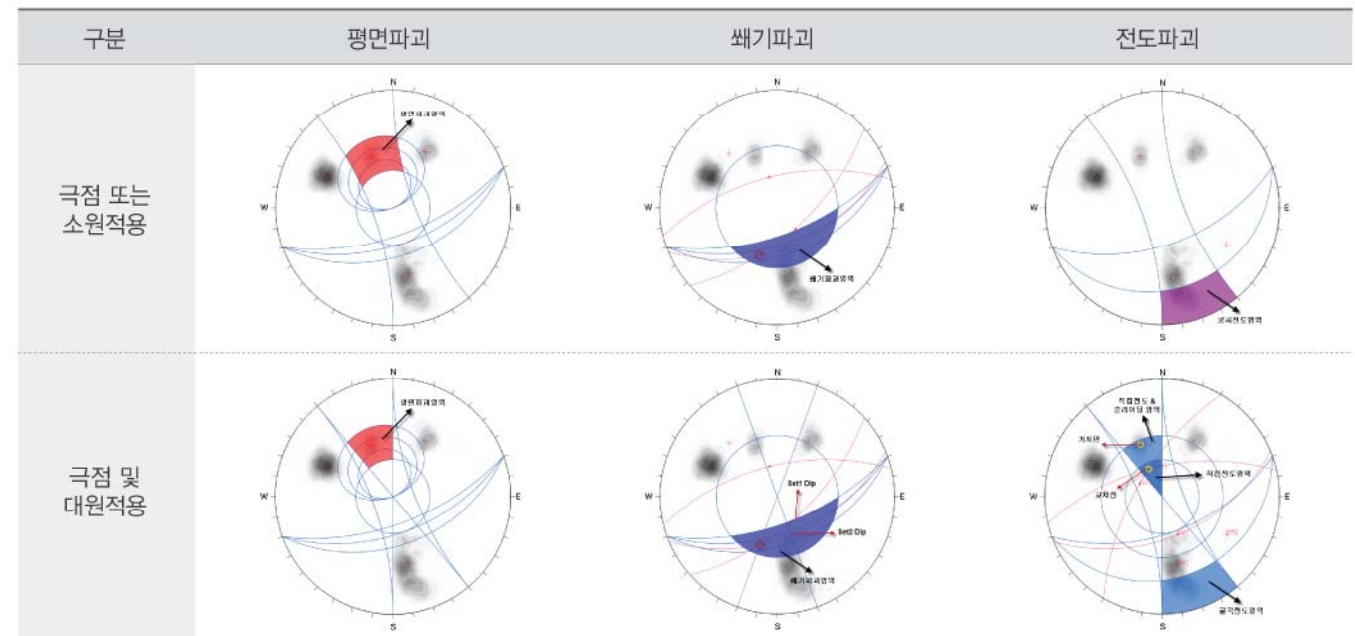
파괴기준	영역구분
파괴기준 정보	영역구분
비탈면 경사방향	180.0
절리 마찰각	30.0
절리 간격	3.0
국립 및 민등도시법 적용	ON/OFF
표준경사 (1:8.7) [4]	<OO: 182.4, 46.3>
1:1.1-구분적용기준	<OO: 182.4, 46.3>
1:1.1-구분적용기준	<OO: 182.4, 46.3>
4:1-구분적용기준	<OO: 182.2, 54.3>
4:1-구분적용기준	<OO: 182.2, 54.3>
표준경사 (1:8.7) [2]	<OO: 182.4, 46.3>
1:1.1-구분적용기준	<OO: 182.4, 46.3>
1:1.1-구분적용기준	<OO: 182.4, 46.3>
표준경사 (1:1) [6]	<OO: 182.4, 46.3>

- 파괴유형별 파괴가능 절리정보 결과출력

3. 파괴유형 상세검토

극점 및 대원도시법
적용

- 평면파괴영역 상세평가
- 썩기파괴유형 - 1면썩기파괴, 2면썩기파괴 영역구분
- 전도파괴유형 - 굴곡전도, 직접전도, 직접전도 & 슬라이딩 파괴 영역구분

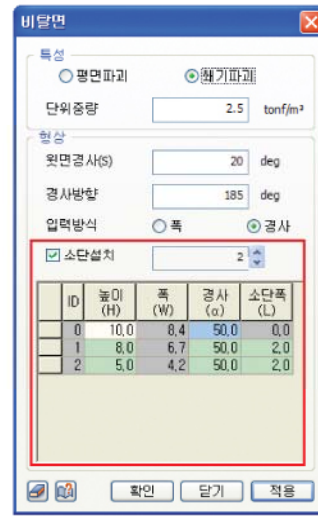


1. 모델링 및 해석

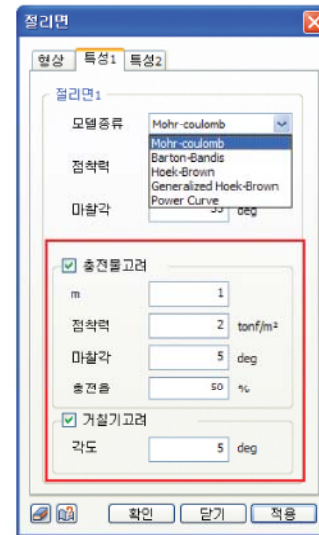
설계최적화를 위한 모델링 및 해석 옵션

평면파괴, 썰기파괴 안정성 동시 검토

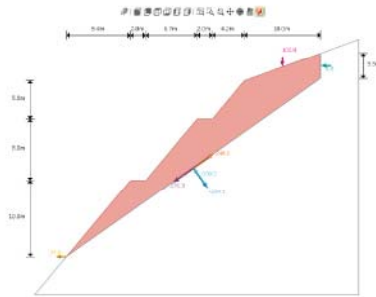
- 자유로운 비탈면 형상 모델링
 - 소단설치기준 반영(소단폭 고려)
- 절리면 강도 특성 정의를 위한 5가지 모델 종류 제공
 - Mohr Coulomb, Barton-Bandis, Hoek-Brown, Generalized Hoek-Brown, Power Curve
- 절리면 거칠기 및 충전물을 고려한 영향성 검토
 - 충전물의 종류 및 두께(충전율)에 따른 전단강도 감소효과 고려



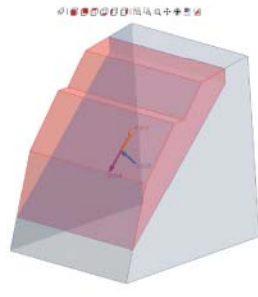
[비탈면 모델링]



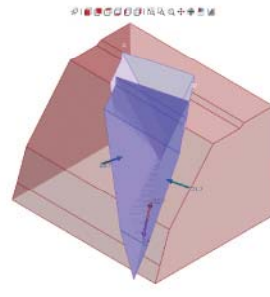
[절리면 형상/특성]



[평면파괴 치수표기]



[평면파괴해석]

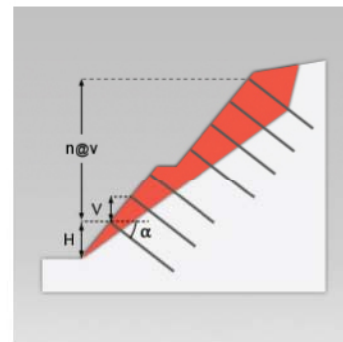


[썰기파괴해석]

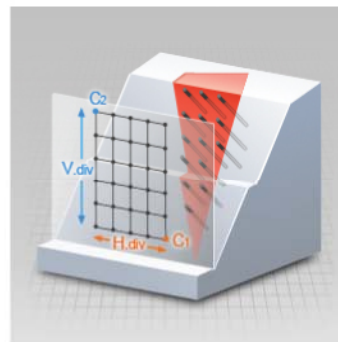
2. 설계검토

현장조건에 맞는 보강재 설정 - 락볼트, 락앵커

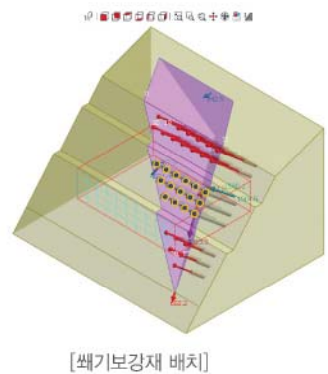
- 수평, 수직 간격에 따른 보강재 자동배치
- 설계 보강력 추가 고려
 - 전단력, 인발력을 고려한 안전을 계산
- 입력정보 및 해석결과 Text Output(결과파일) 출력
- 보강재 소요길이 및 수량산출



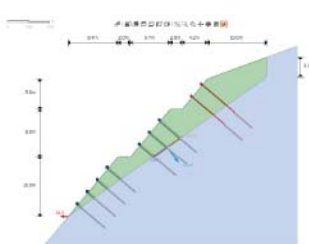
[평면파괴]



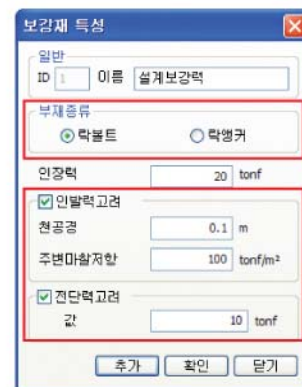
[썰기파괴]



[썰기보강재 배치]



[평면보강재 배치]



[보강재 특성정의]

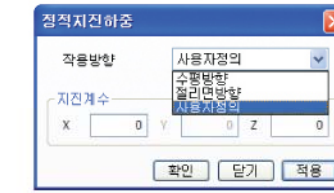


[Text Output]

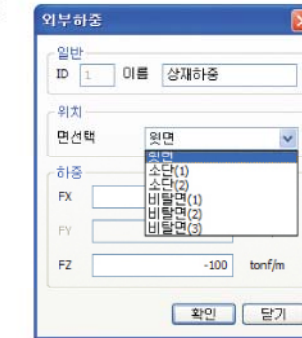
3. 하중조건

우기시, 지진시, 외부하중 검토

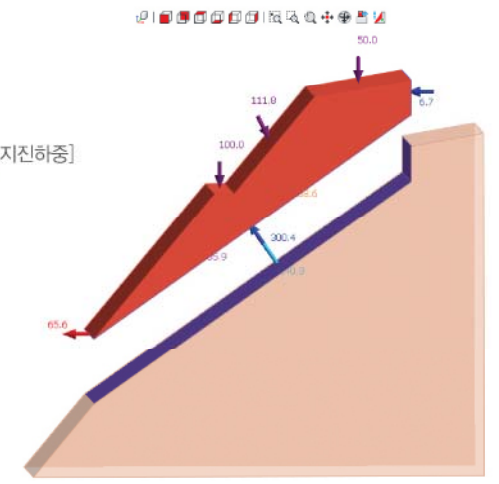
- 파괴 유형별 수압 분포 형태 및 수압작용 영역 설정
- 방향에 따른 지진계수 입력, 지진하중 자동계산
 - 수평방향, 경사방향, 사용자 정의 입력
- 외부하중 설정
 - 위치에 따른 방향, 크기 입력 가능



[지진하중]

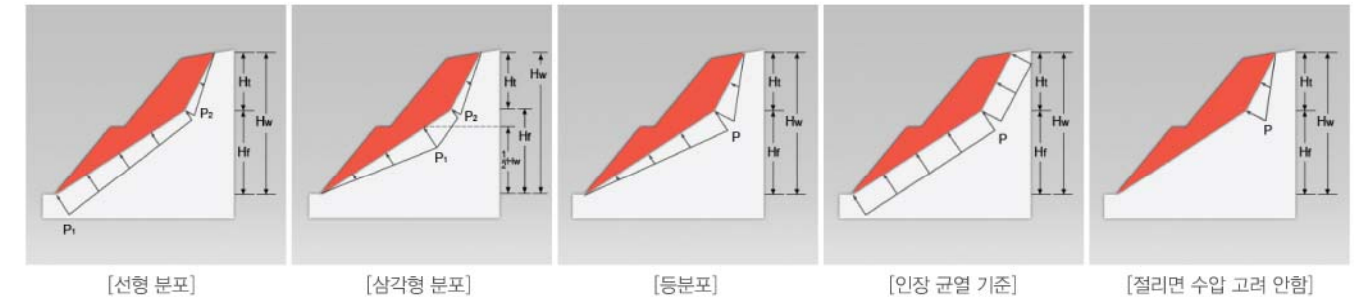


[외부하중]



[하중 레이블 표기]

수압 분포 형태 분류



[선형 분포]

[삼각형 분포]

[등분포]

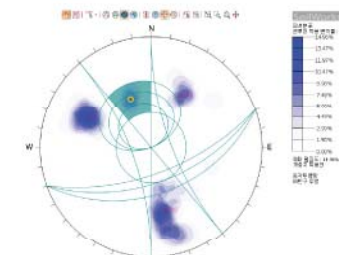
[인장 균열 기준]

[절리면 수압 고려 안함]

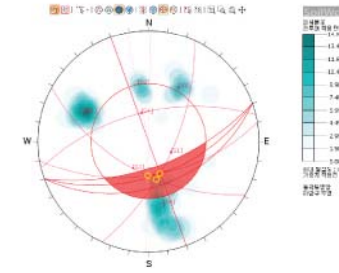
4. 평사투영해석결과 연동

파괴블럭 자동생성 및 안전율 검토

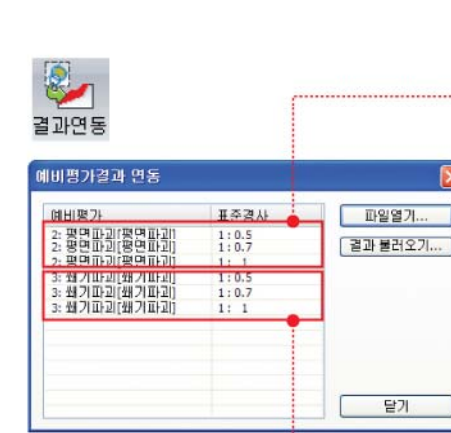
- 평사투영 해석파일에서 파괴가능 절리정보 연동
- 비탈면, 절리면 자동 모델링



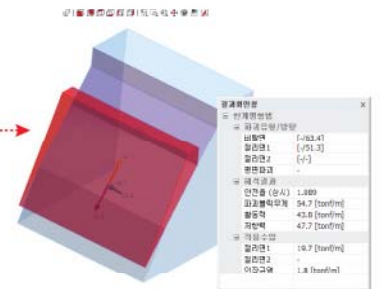
[평면파괴영역]



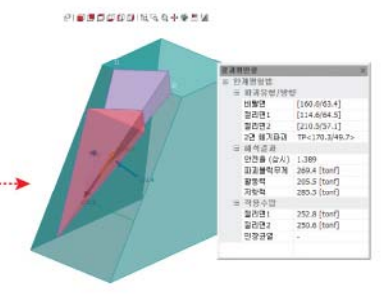
[썰기파괴영역]



[평사투영 결과연동]



[평면파괴]



[썰기파괴]



개정내용

암반비탈면 표준경사 기준

[비탈면 설계기준, 2011 (p.30)]

연암 이상 암반비탈면의 경사는 암반내에 발달하는 단층 및 주요 불연속면의 경사 및 방향을 이용한 평사투영해석을 실시하고 발생가능한 파괴형태에 대한 안정해석을 실시하여 비탈면의 경사를 결정하여야 한다.

토질조건	땅γκ이높이	비탈면 경사			
		건설교통부	도로공사	토지공사	주택공사
발파암	연 암	1:0.5	1:0.5	1:0.5	5m 이상 1:1.0
	0 - 5m				1:0.8
	경 암	1:0.5	1:0.5	1:0.5	5m 이상 1:0.8
	0 - 5m				1:0.5

적용방안

표준경사별 파괴유형 자동평가

표준경사	평면파괴	썩기파괴	굴곡전도	직접전도	직접전도 & 슬라이딩
1:0.5	J2	J1 & J2 J2 & J5	J3	안정	J2, J5 & J6
1:0.7	안정	J2 & J5	J3	안정	안정
1:1	안정	안정	안정	안정	안정
1:0.8	안정	안정	J3	안정	안정

Applications

SoilWorks Rock 활용방안

- 다양한 표준경사에 대한 파괴가능성 자동검토
- 파괴유형 평가 결과를 통해 최적 비탈면 경사 판정
- 불안정 절리정보에 대한 평사투영 해석결과 - 한계평형 해석 연동

개정내용

보강비탈면 안정해석 기준

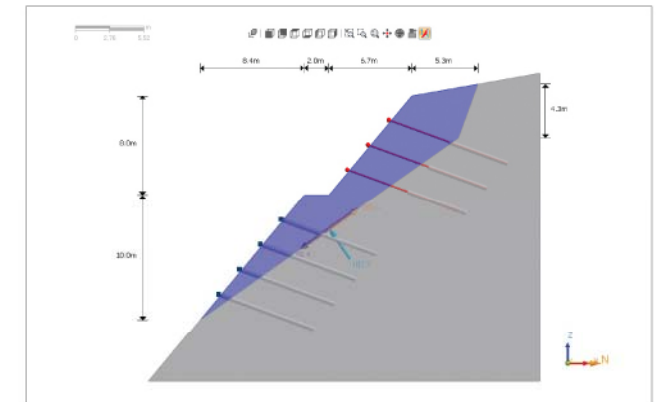
구분	비탈면설계기준	구조물기초설계기준	한국도로공사	
락볼트	간격	국부보강: 랜덤볼트 전체보강: 패턴볼트	-	국부보강: 랜덤볼트 전체보강: 패턴볼트
	길이	인장력의 20%를 초과하는 파괴면 밖의 인발저항력 확보길이	-	간격의 2배이상, 인장력을 초과하는 인발저항력 확보길이
(락)앵커	간격	-	직경 3.5배 이상	-
	길이	자유장 : 4m이상 +1m 정착장 : 3~10m, 인장력 확보길이 이상	자유장 : 4.5m이상 + 1.5m, 정착장 : max (마찰저항, 부착저항)	-

적용방안

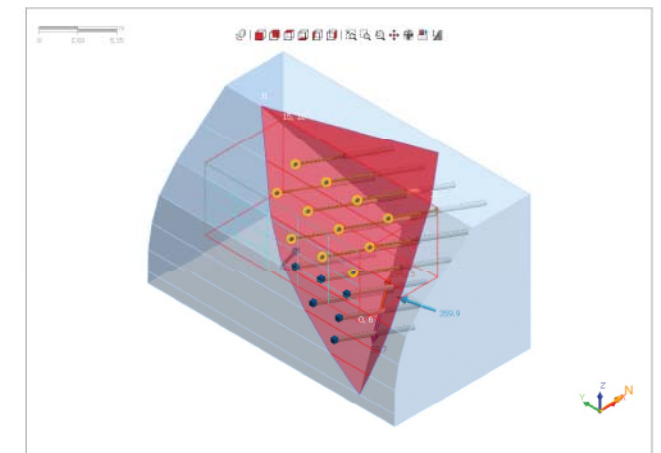
보강재 특성 설정 및 자동배치

파괴유형별 보강재 배치

- 배치위치, 길이, 각도에 따라 절리면 바깥의 정착길이 자동계산
- 정착길이에 따른 인발저항력 자동계산
- 배치간격, 배치각도에 따른 보강력 자동계산



[평면파괴시 보강재 배치]



[썩기파괴시 보강재 배치]

Applications

SoilWorks Rock 활용방안

- 천공경, 주변마찰저항 입력 - 정착길이 및 인발력 자동계산, 결과파일 출력
- 수직, 수평간격에 따른 보강재 자동배치 (그룹배치) 및 개별배치
- 내적안정검토를 통한 보강재 소요길이 및 수량산출

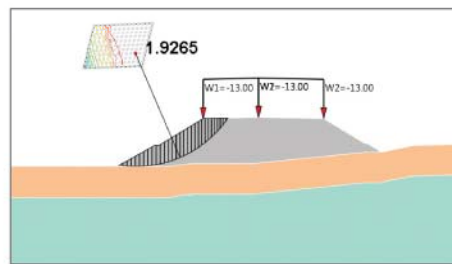


개정내용

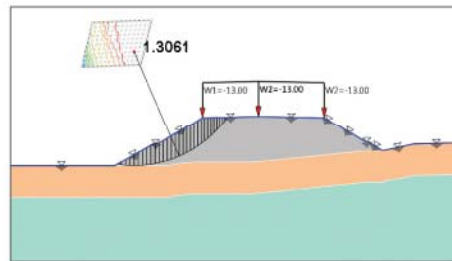
쌓기 비탈면	개정전 비탈면설계기준(2006)		개정후 비탈면설계기준(2011)	
	안전률	지하수위	안전률	지하수위
건기시	F.S > 1.5	지하수위 없음	F.S > 1.5	지하수위 없음 (쌓기체내)
우기시	F.S > 1.3	침투해석	F.S > 1.3	안정성에 가장 불리 또는 침투해석
지진시	F.S > 1.1	측정, 침투해석	F.S > 1.1	우기시와 동일
단기	F.S > 1.0 - 1.1	-	F.S > 1.1	우기시와 동일

적용방안

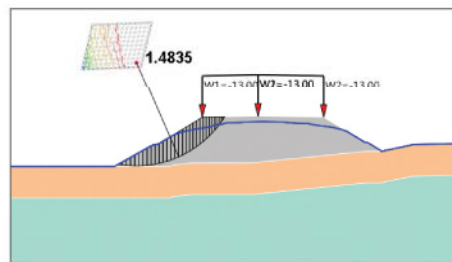
도로 성토구간 비탈면



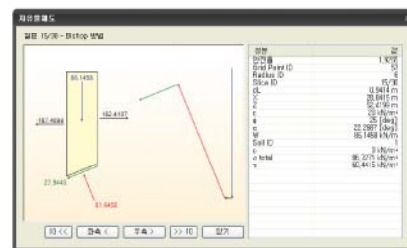
[건기시]



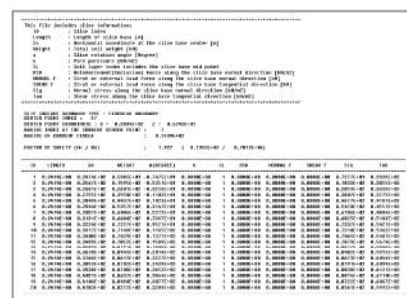
[우기시]



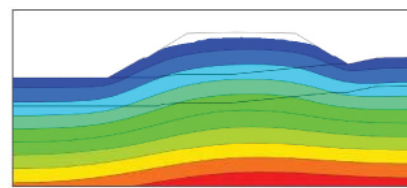
[침투해석 결과연동]



[절편력 확인]



[결과파일 출력]



[침투해석 결과]

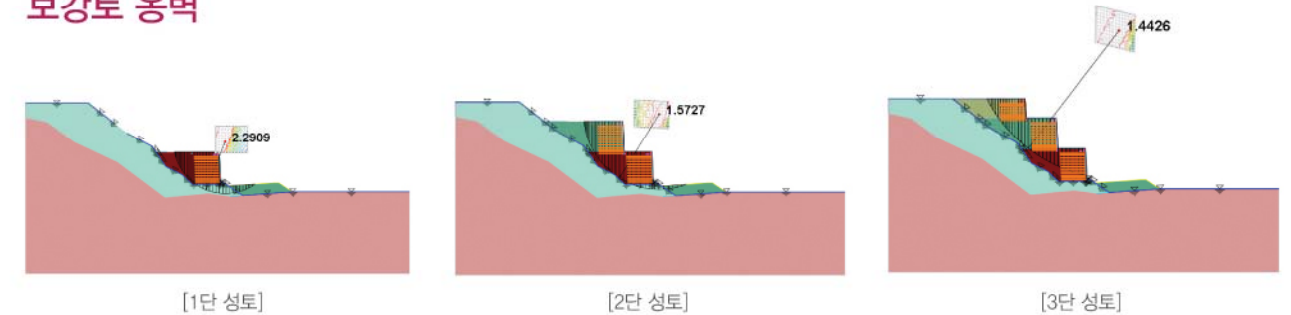
Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 건기시/우기시/지진시 전체 안정성 검토 : 우기시 가장 불리한 단면인 지표면 포화로 가정
- 쌓기체 내의 침투해석 결과연동을 통한 우기시 상세해석
- Bishop/Janbu/Fellenius 방법에 따른 절편력 확인가능 및 결과 파일 Text 출력

적용방안

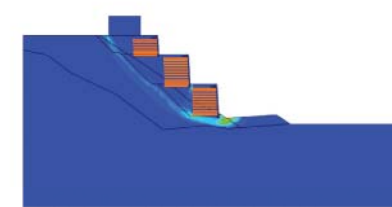
보강토 옹벽



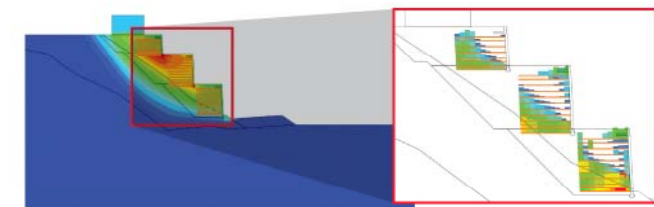
[1단 성토]

[2단 성토]

[3단 성토]



[강도감소법]



[시공단계 유한요소해석]

[보강재 부재력 검토]

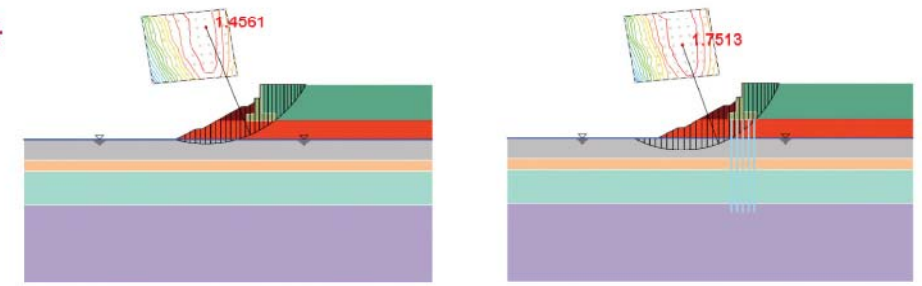
Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 시공단계별 한계평형 해석을 통한 전체 안정성 검토
- 강도감소법해석(건기/우기)을 이용한 전체 안정성 검토
- 시공단계별 보강재에 발생하는 부재력을 통한 인발 및 파단 검토

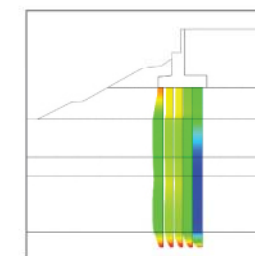
적용방안

교대구간 측방유동

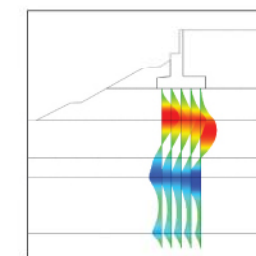


[말뚝 미고려시 한계평형해석]

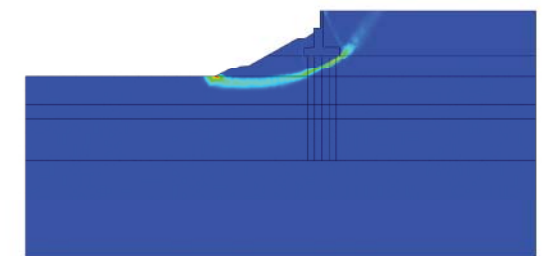
[말뚝 고려시 한계평형해석]



[말뚝 축력]



[말뚝모멘트]



[말뚝고려시 강도감소법 해석]

Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 말뚝 고려시와 미고려시 교대 측방유동 안정성 검토
- 한계평형해석(LEM) / 강도감소법(SRM) 수행
- 시공단계에 따른 말뚝의 발생 축력/전단력/모멘트 검토



개정내용

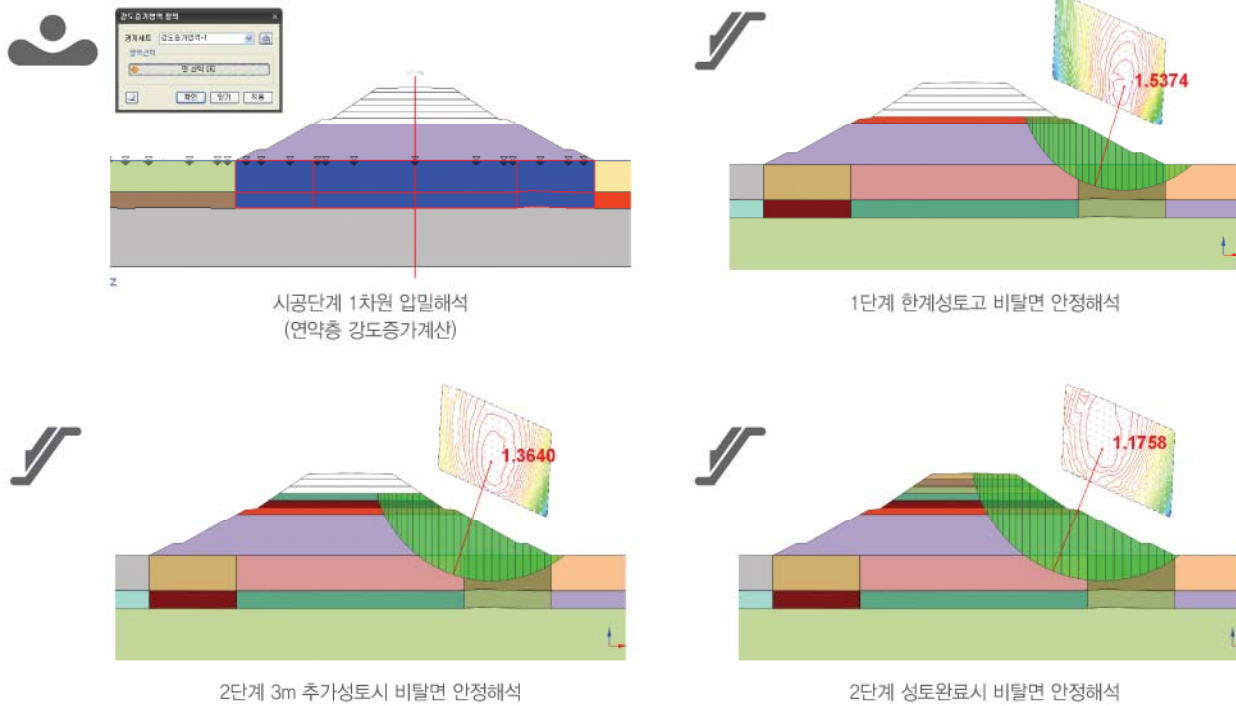
[건설공사 비탈면 설계기준, 2011, p23~24]

연약지반 비탈면 안정해석은 단기 및 장기로 구분하여 실시하여야 하며, 연약지반 심도에 따른 강도특성 및 압밀에 따른 강도증가, 공용 중 교통하중 등을 고려하여야 한다.

연약지반 쌓기 비탈면	개정전 비탈면설계기준(2006)		개정후 비탈면설계기준(2011)	
	안전률	지하수위	안전률	지하수위
건기시	F.S > 1.5	-	F.S > 1.3	지하수위 없음
우기시	F.S > 1.3	-	F.S > 1.2	안정성에 가장 불리 또는 침투해석
지진시	F.S > 1.1	-	F.S > 1.1	우기시와 동일
단기	F.S > 1.0 - 1.1	-	F.S > 1.1	우기시와 동일

적용방안

연약지반 시공중 한계성토고



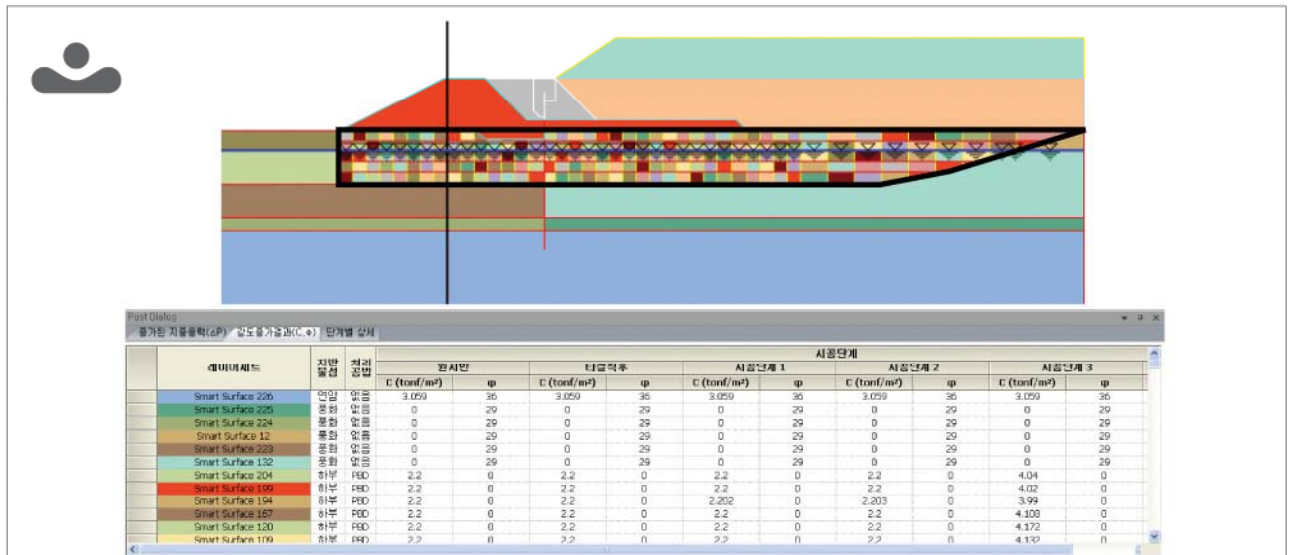
Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 연약지반 시공단계에 따른 강도증가 고려 (압밀모듈 결과연동)
- SCP/GCP 복합지반 강도산정 (압밀모듈 결과연동)

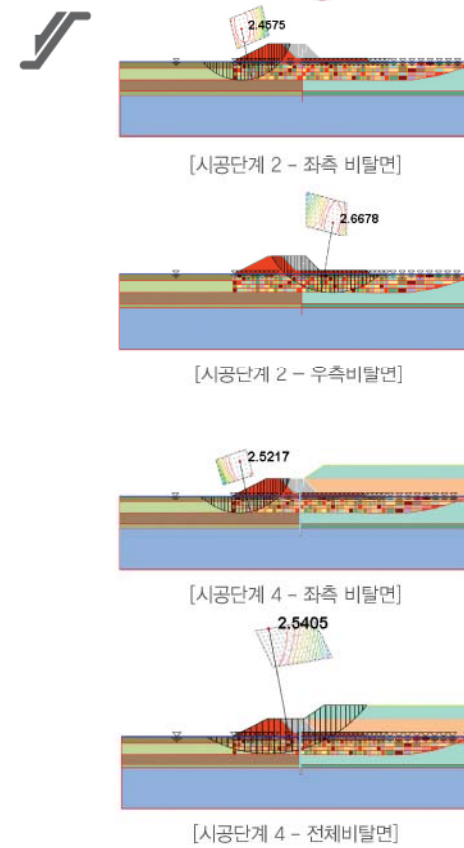
적용방안

연약지반 쌓기 비탈면

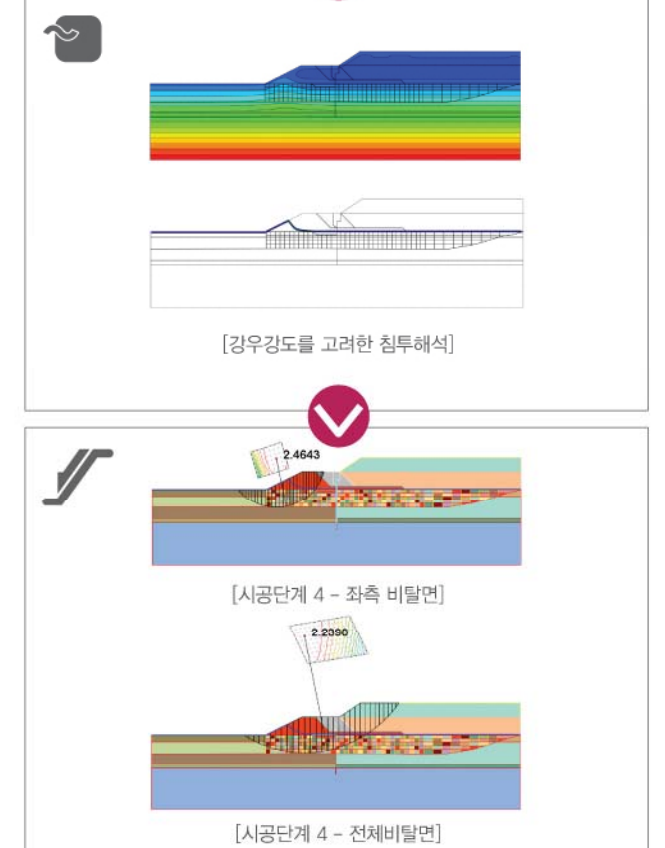


[연약지반 강도증가 상세고려]

건기시



우기시



Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 지반형상 및 시공단계에 따른 연약지반 강도증가 상세해석 및 한계평형해석 수행
- 강우강도를 고려한 수위고려 및 사면안정 연계해석

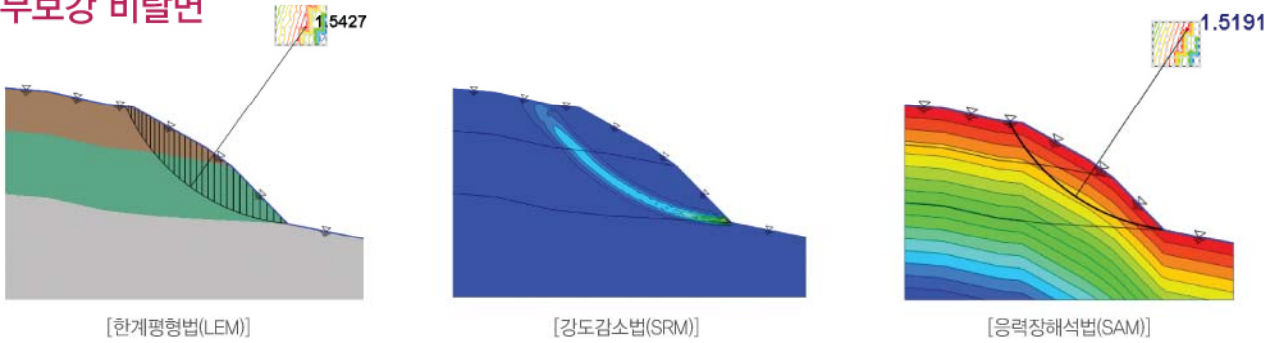


개정내용

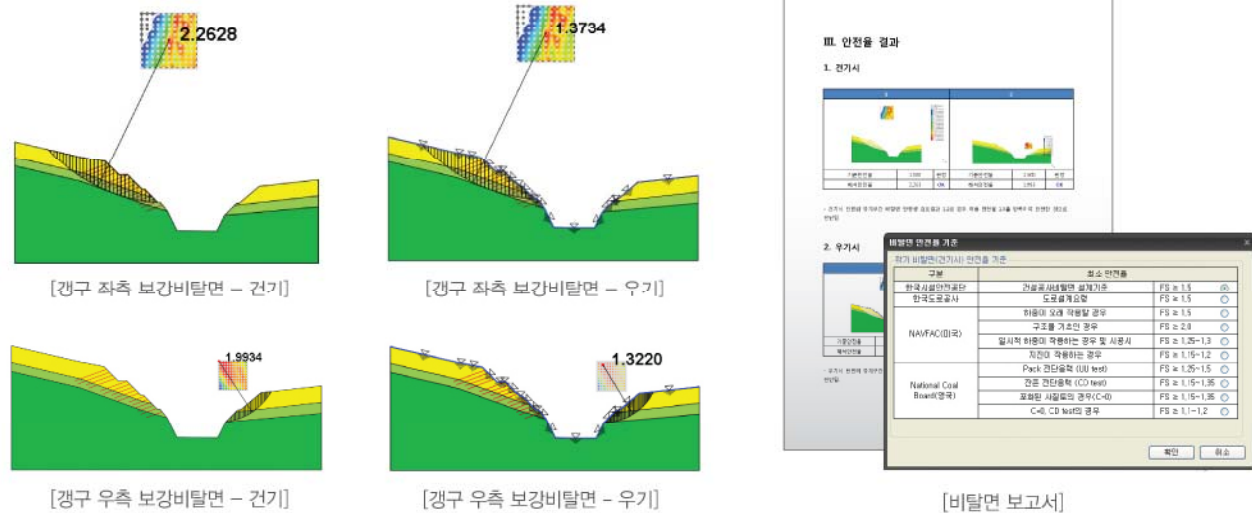
깎기 비탈면	개정전 비탈면설계기준(2006)		개정후 비탈면설계기준(2011)	
	안전률	지하수위	안전률	지하수위
건기시	F.S > 1.5	지하수위 없음	F.S > 1.5	지하수위 없음
우기시	F.S > 1.2 또는 F.S > 1.3	지표면포화(FS : 1.2) 침투해석(FS : 1.3)	F.S > 1.2 또는 F.S > 1.3	근거명확(FS : 1.2) 침투해석(FS : 1.3)
지진시	F.S > 1.1	측정, 정상시	F.S > 1.1	우기시와 동일
단기	F.S > 1.0	-	F.S > 1.1	우기시와 동일

적용방안

무보강 비탈면



갯구 좌/우 비탈면



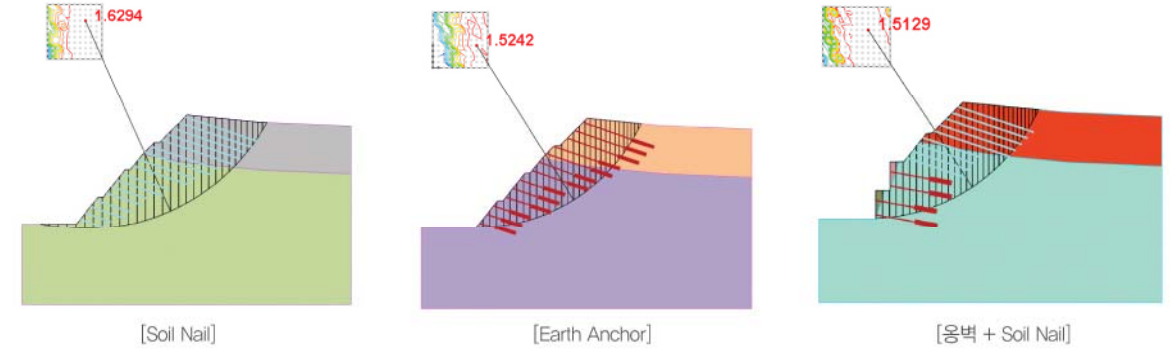
Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 다양한 해석법을 이용한 비탈면 검토(한계평형법, 강도감소법, 응력장해석법)
- 건기시/우기시/지진시 동시 해석
- 안전률 판정을 위한 각종 설계기준을 탑재하여 검토결과 보고서 및 전산 Output 출력

적용방안

보강 비탈면



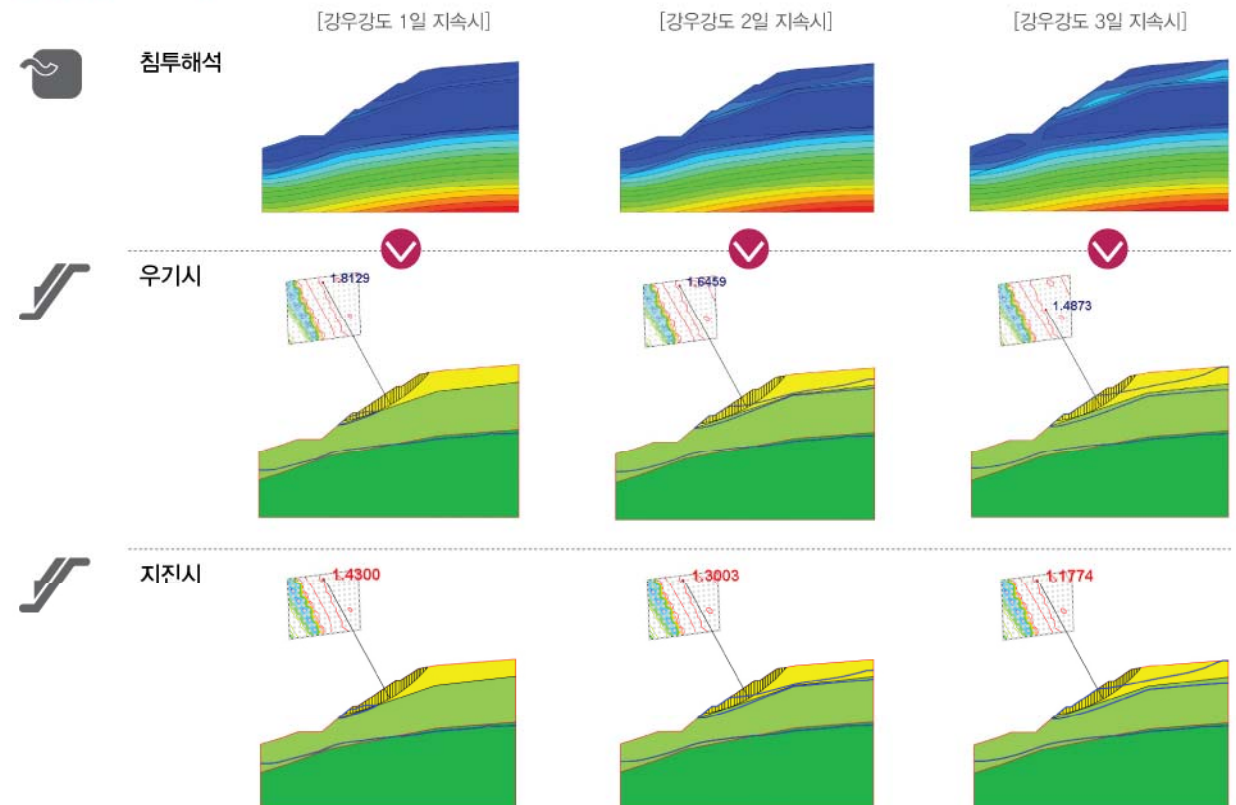
Applications

SoilWorks Slope 활용방안

- 인장/인발력을 고려한 실용적인 보강재 지원(Nail/Pile/Anchor/Strip/Strut)
- 원호활동면, 다변파괴면, 자동파괴면 생성기능

적용방안

강우강도 고려

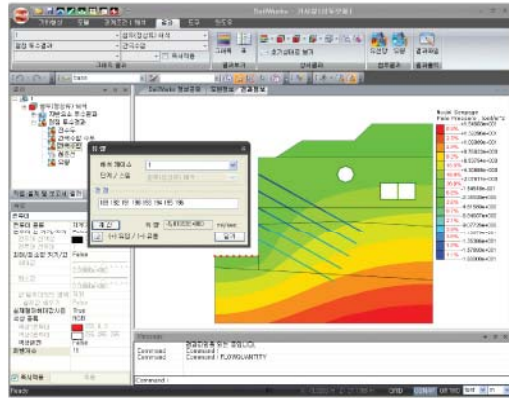


Applications

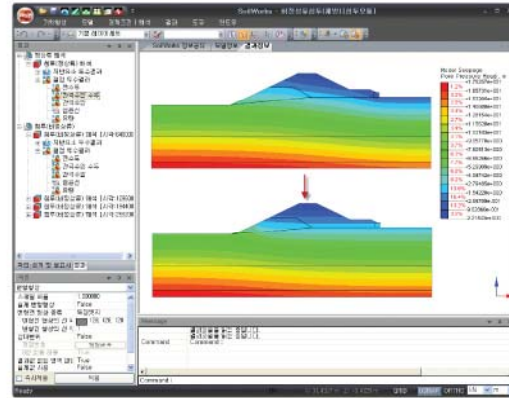
SoilWorks Slope 활용방안

- 강우의 침투를 고려한 안정성 검토
- 해당지역의 강우강도, 강우지속시간을 고려
- 지진시 지하수위 고려(우기시와 동일)

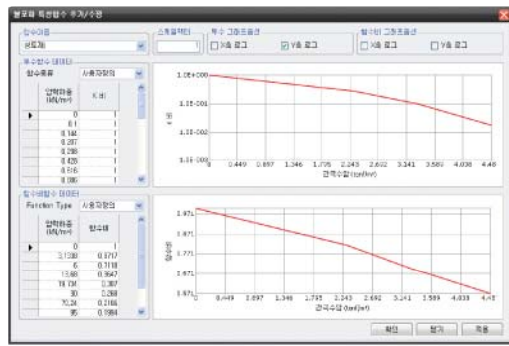
적용방안



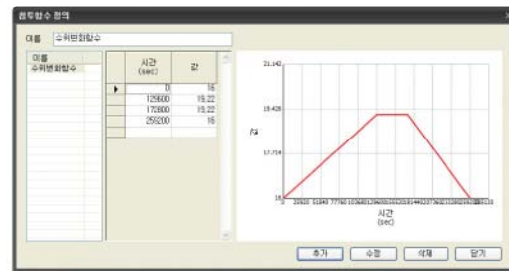
[가시설 정상류 침투해석]



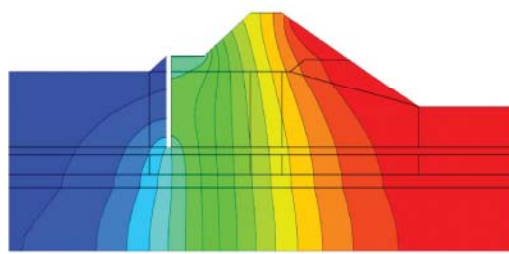
[제방의 비정상류 침투해석]



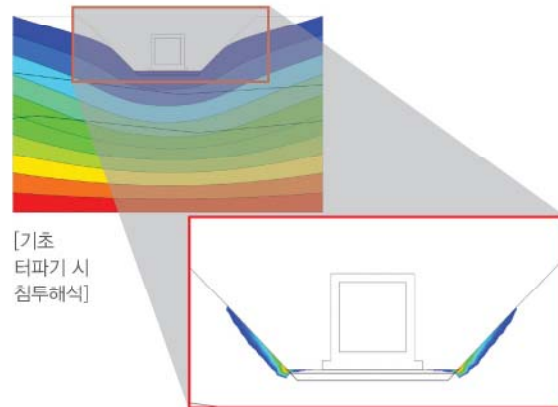
[불포화 함수특성곡선]



[시간에 따른 수위변화 함수]



[차수효과에 따른 침투해석결과]



[기초 터파기 시 침투해석]

[기초하부 유출유량 검토]

Slope Package

Verification Summary

Features

SoilWorks Seepage 주요특징

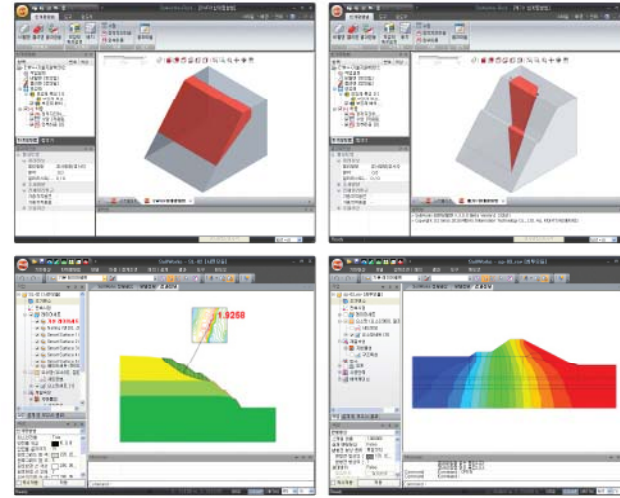
- 다양한 투수계수 함수와 함수특성 곡선 지원
- 포화토 및 불포화토 지반 고려
- 정상류/비정상류 침투해석
- 상향/하향 침투력 고려
- 침투해석에서 계산된 간극수압 및 유효응력을 시공단계해석, 비탈면 안정해석 등과 연계해석 수행

Applications

SoilWorks Seepage 활용방안

- 강우강도를 고려한 쌓기 및 깎기 비탈면의 침투해석
- 제방의 홍수위시 / 수위 급강하시 침투해석
- 차수공법(Sheet Pile)의 적정성 검토
- 가시설 / 기초터파기 굴착시 펌프용량 설계
- 댐의 만수위시 / 수위 급강하시 침투해석

- 암반비탈면 한계평형해석 검증
- 토사비탈면 한계평형해석 검증
- 토사비탈면 유한요소해석 검증
- 침투 유한요소해석 검증



CONTENTS

1. 암반비탈면 한계평형해석 검증

- 평면파괴
- 썰기파괴
- 소단, 충전물 고려시 비교
- 보강재의 전단력, 인발력 비교

2. 토사비탈면 한계평형해석 검증

- 보강/무보강시 비교

3. 토사비탈면 유한요소해석 검증

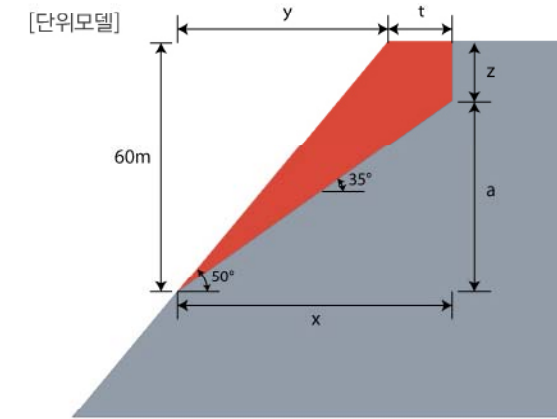
- 강도감소법
- 보강/무보강시 비교

4. 침투 유한요소해석 검증

- 정상류 침투해석
- 비정상류(포화/불포화도) 침투해석

암반비탈면 한계평형해석 검증

이론해 검증 [평면파괴]



[Input Data]	
높이(H)	60m
비탈면경사(alpha)	50°
절리면경사(beta)	35°
지진계수(sc)	0.08g
암반단위중량(g _r)	2.7 tonf/m ³
물의단위중량(g _w)	1 tonf/m ³
수압작용영역(%)	90% * z
점착력(c)	10 tonf/m ²
마찰각(theta)	35°

z	Weight (W)	Area (A)	z _w	U	V	a	x	y	t
14,0092	2484,39	80,1826	12,60828	505,482	79,4843	45,9908	65,6817	50,346	15,3357

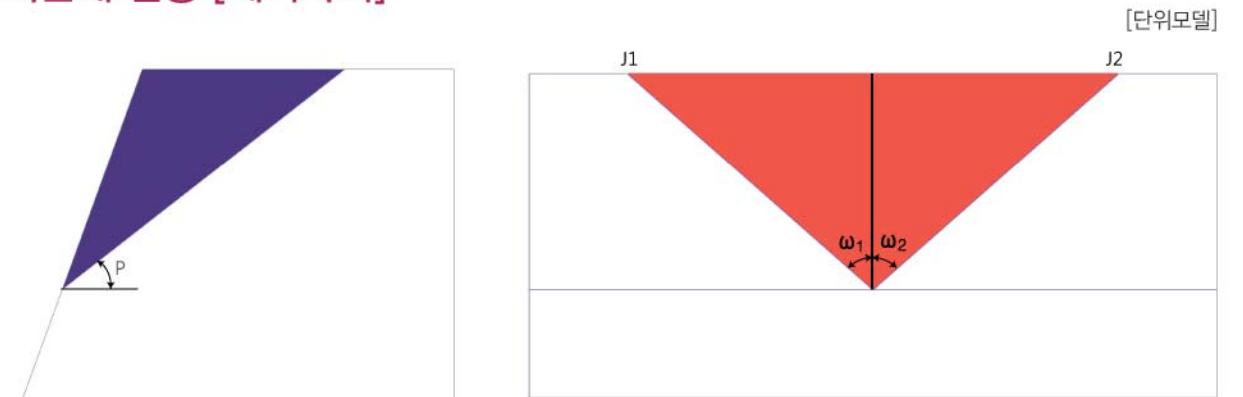
[이론해에 의한 안전율 계산식]

$$F.S. = \frac{cA + (W(\cos\beta - sc \sin\beta) - U - V\sin\beta)\tan\theta}{W(\sin\beta + sc \cos\beta) + V\cos\beta}$$

[SoilWorks 안전율]

이론해	SoilWorks	안전율 차이
1,0654738	1,06547	0,000

이론해 검증 [썰기파괴]



[Input Data]

Dip direction(J1)	Dip(J1)	Dip direction(J2)	Dip(J2)	theta
141	45	219	45	35

omega_1	omega_2	p
67,53	67,53	37,8524

[이론해에 의한 안전율 계산식]

$$F.S. = \frac{\cos\omega_1 + \cos\omega_2}{\sin(\omega_1 + \omega_2)} \times \frac{\cos p \tan\theta}{\sin p}$$

[SoilWorks 안전율]

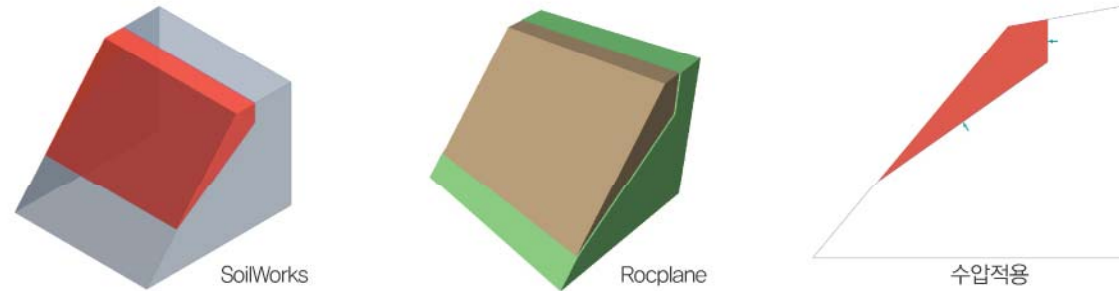
이론해	SoilWorks	안전율 차이
1	1,0061	0,0061

암반비탈면 한계평형해석 검증

실무모델 검증 [평면파괴]

■ 무보강 비탈면

- 건기시 : 절리면 경사에 따른 안전율
- 우기시 : 절리면 경사가 35도일 때, 수압작용영역(%)에 따른 안전율



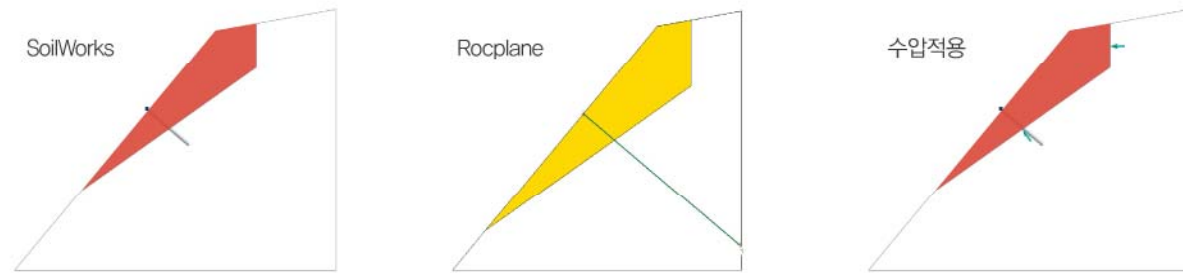
[건기시]

[우기시]

Failure Plane angle	SoilWorks	Rocplane	편차	Water Percent(%)	SoilWorks	Rocplane	편차
5	9,317	9,317	0.000	10	1,546	1,546	0.000
9	5,211	5,211	0.000	37	1,320	1,320	0.000
25	1,961	1,961	0.000	55	1,025	1,025	0.000
37	1,552	1,552	0.000	75	0,566	0,566	0.000
40	1,602	1,602	0.000	78	0,491	0,000	0,491
45	2,198	2,198	0.000	100	0,017	0,000	0,017

■ 보강 비탈면

- RockBolt Capacity : 200 tonf/m



[건기시]

[우기시]

Failure plane angle	SoilWorks	Rocplane	편차	Water Percent(%)	SoilWorks	Rocplane	편차
5	11,131	11,131	0.000	10	1,630	1,630	0.000
9	5,769	5,769	0.000	37	1,399	1,399	0.000
25	2,981	2,981	0.000	55	1,098	1,098	0.000
37	2,065	2,065	0.000	75	0,630	0,630	0.000
40	1,698	1,698	0.000	78	0,552	0,000	0,552
45	1,644	1,644	0.000	100	0,060	0,000	0,060

Differences

SoilWorks 차별화 기능

- 파괴블럭 규모에 따라 특정수압 범위에서도 안전율 계산 가능
- 특정기준 이상의 수압에서도 보강재에 의한 안전율 계산 가능

암반비탈면 한계평형해석 검증

실무모델 검증 [뺨기파괴]

■ 무보강 비탈면

- 건기시 : 절리면 경사에 따른 안전율
- 우기시 : 절리면 경사가 35도일 때, 수압작용영역(%)에 따른 안전율



[건기시]

[우기시]

Failure plane1 angle	SoilWorks	Swedge	편차	Water Percent(%)	SoilWorks	Swedge	편차
10	4,526	4,526	0.000	10	3,180	3,180	0.000
20	2,664	2,664	0.000	50	2,806	2,806	0.000
30	2,279	2,279	0.000	60	2,532	1,463	1,069
40	2,574	2,574	0.000	70	2,150	0	2,150
50	3,183	3,183	0.000	80	1,641	0	1,641
60	4,894	4,894	0.000	100	0,176	0	0,176

■ 보강 비탈면

- RockBolt Capacity : 2000 tonf



[건기시]

[우기시]

Failure plane1 angle	SoilWorks	Swedge	편차	Water Percent(%)	SoilWorks	Swedge	편차
10	4,567	4,567	0.000	10	4,098	4,098	0.000
20	2,735	2,735	0.000	50	3,679	3,679	0.000
30	2,425	2,425	0.000	60	3,372	3,372	0.000
40	2,99	2,99	0.000	70	2,943	1,733	1,210
50	4,101	4,101	0.000	80	2,373	0	2,373
60	8,161	8,161	0.000	100	0,725	0	0,725

Differences

SoilWorks 차별화 기능

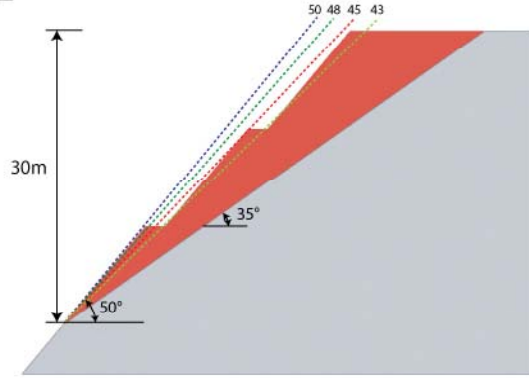
- 파괴블럭 규모에 따라 특정수압 범위에서도 안전율 계산 가능
- 특정기준 이상의 수압에서도 보강재에 의한 안전율 계산 가능

암반비탈면 한계평형해석 검증

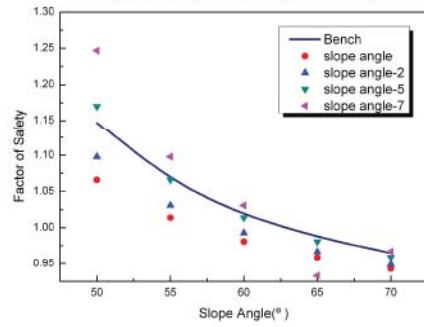
— 실무모델 검증 [소단고려-평면파괴]

■ 평균경사 비교

- 소단설치 vs 평균경사 : 임의 평균경사를 고려했을 경우에 대한 안전율 변화 검토
- 다양한 비탈면 경사에 대해 평균경사범위는 비탈면 경사에서 -2 ~ -7도 범위로 설정 (절리면경사 : 35도)



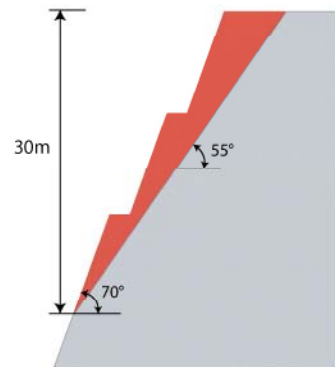
[비탈면경사에 따른 안전율 변화]



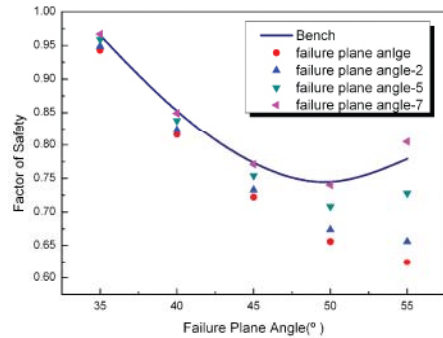
구 분	50	55	60	65	70
소단설치	1.147	1.064	1.017	0.987	0.965
비탈면경사	1.066	1.014	0.981	0.959	0.943
비탈면경사-2	1.098	1.031	0.993	0.967	0.949
비탈면경사-5	1.170	1.066	1.014	0.981	0.959
비탈면경사-7	1.247	1.098	1.031	0.993	0.967

■ 절리면경사 비교

- 비탈면 경사가 70도일 경우 다양한 절리면경사각에 대한 안전율 변화 검토



[절리면경사각에 따른 안전율 변화]



구 분	35	40	45	50	55
소단설치	0.965	0.846	0.766	0.731	0.779
비탈면경사	0.943	0.816	0.722	0.656	0.624
비탈면경사-2	0.949	0.824	0.733	0.674	0.656
비탈면경사-5	0.959	0.838	0.754	0.708	0.728
비탈면경사-7	0.967	0.849	0.771	0.740	0.805

Differences

SoilWorks 차별화 기능

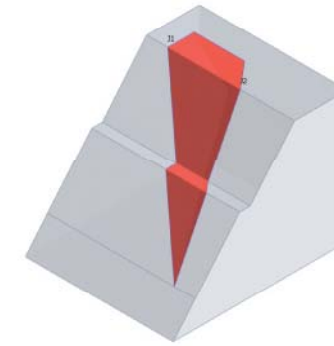
- 비탈면 규모, 파괴유형에 따라 10~30% 이상 안전율 오차 발생
- 소단을 직접 모델링하여 정확한 검토 가능

암반비탈면 한계평형해석 검증

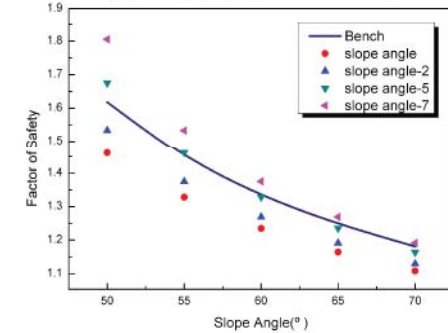
— 실무모델 검증 [소단고려-뺨기파괴]

■ 평균경사 비교

- 소단설치 vs 평균경사 : 임의 평균경사를 고려했을 경우에 대한 안전율 변화 검토
- 다양한 비탈면 경사에 대해 평균경사범위는 비탈면 경사에서 -2 ~ -7도 범위로 설정 (절리면1경사 : 45도)



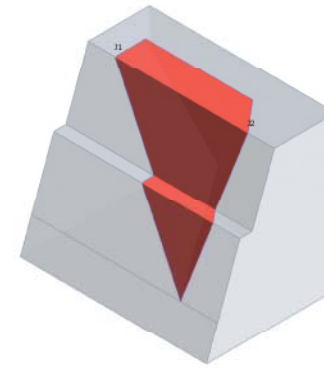
[비탈면경사에 따른 안전율 변화]



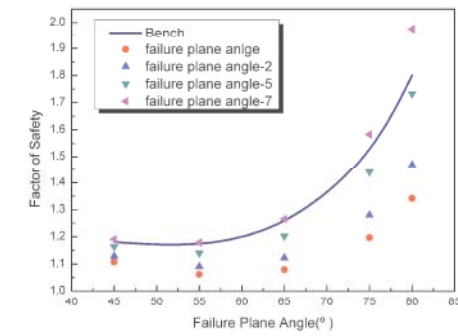
구 분	50	55	60	65	70
소단설치	1.618	1.446	1.331	1.247	1.181
비탈면경사	1.461	1.328	1.235	1.164	1.108
비탈면경사-2	1.533	1.375	1.269	1.191	1.129
비탈면경사-5	1.675	1.461	1.328	1.235	1.164
비탈면경사-7	1.805	1.533	1.375	1.269	1.191

■ 절리면경사 비교

- 비탈면 경사가 70도일 경우 다양한 절리면1경사각에 대한 안전율 변화 검토



[절리면1경사각에 따른 안전율 변화]



구 분	45	55	65	75	80
소단설치	1.181	1.160	1.229	1.486	1.801
비탈면경사	1.108	1.062	1.079	1.197	1.342
비탈면경사-2	1.129	1.091	1.123	1.280	1.470
비탈면경사-5	1.164	1.140	1.202	1.440	1.732
비탈면경사-7	1.191	1.179	1.266	1.583	1.976

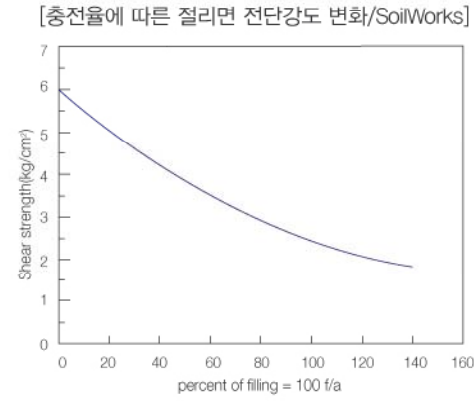
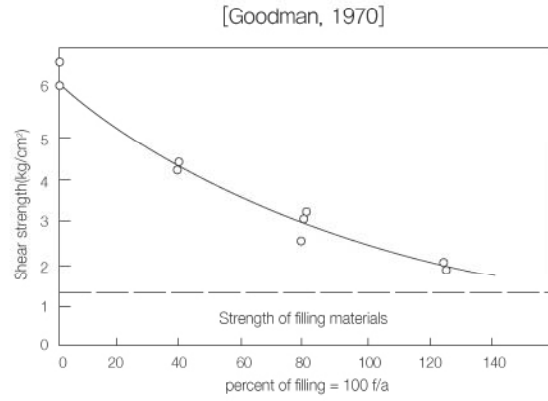
Differences

SoilWorks 차별화 기능

- 비탈면 규모, 파괴유형에 따라 10~30% 이상 안전율 오차 발생
- 소단을 직접 모델링하여 정확한 검토 가능

암반비탈면 한계평형해석 검증

— 실험해 검증 [충전물 고려]



[Input Data]

절리면강도	충전물강도	m(강도감소율)	t/a(충전율 %)
6	1.3	1	0~150%

[충전물을 포함한 절리면 전단강도식, Kim Yong Jun, et al(2006)]

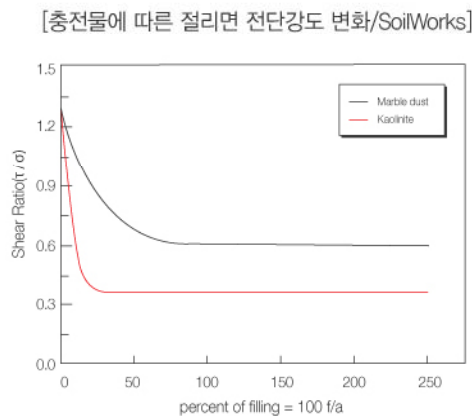
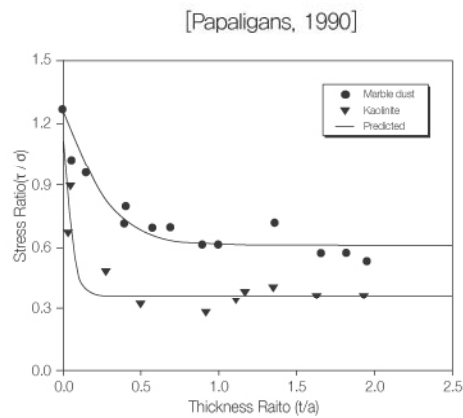
$$\tau = \tau_{\max} - (\tau_{\max} - \tau_{\min}) \tanh\left(m \frac{f}{a}\right)$$

Differences

SoilWorks 차별화 기능

• m=1일 경우, Goodman(1970)의 이상화 모형실험 결과와 일치(충전재종류: 파쇄운모)

— 실험해 검증 [충전물 고려]



충전물종류	절리면강도	충전물강도	m(강도감소율)	t/a(충전율 %)	비고
Marble dust (대리석가루)	1.3	0.6	3	0~250%	m=3일 때 실험해에 근접
Kaolinite (극 소성점토)	1.3	0.37	12	0~250%	m=12일 때 실험해에 근접

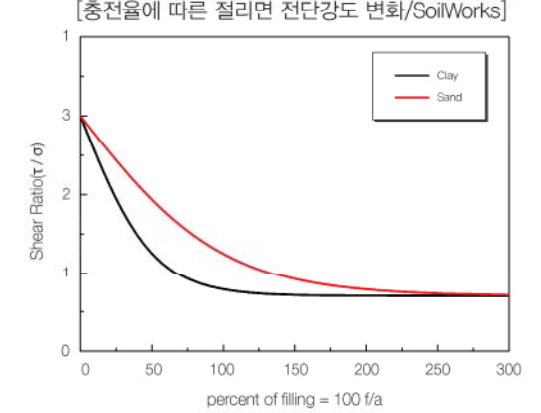
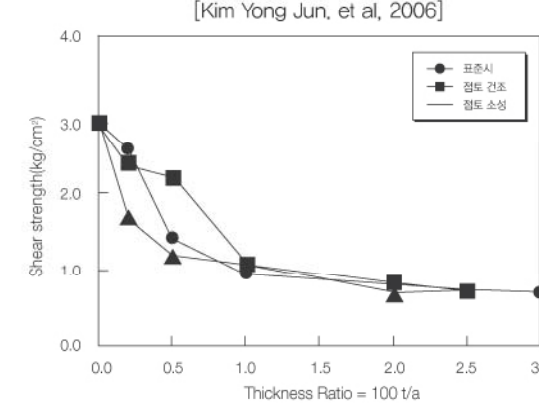
Differences

SoilWorks 차별화 기능

• Papaligans(1990)의 자연절리면 실험결과와 제안식에 의한 강도감소 비교

암반비탈면 한계평형해석 검증

— 실험해 검증 [충전물 고려]



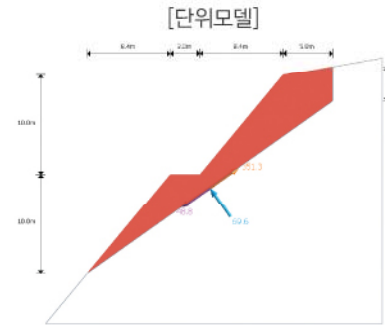
충전물종류	절리면강도	충전물강도	m(강도감소율)	t/a(충전율 %)	비고
표준사-점토건조	1.3	0.7	1~1.5	0~300%	m=1~1.5일 때 실험해에 근접
소성 점토	1.3	0.7	2	0~300%	m=2일 때 실험해에 근접

Differences

SoilWorks 차별화 기능

• Kim Yong Jun, et al(2006)의 충전재종류에 따른 모형 실험결과와 제안식에 의한 강도감소 비교

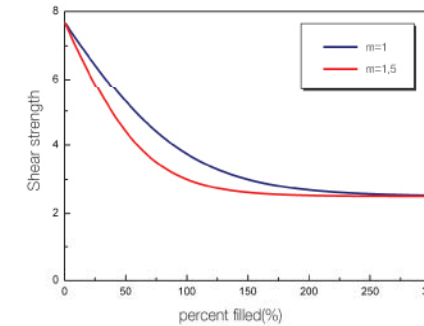
— 실무검증 [평면파괴]



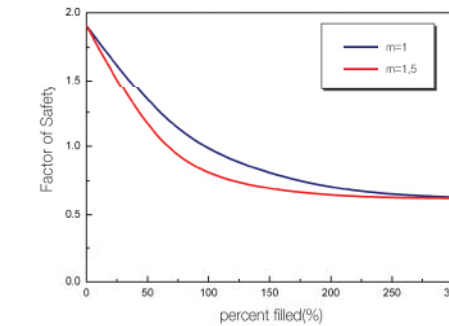
[Input Data]

비탈면경사(α)	50°	충전물 점착력(c)	2 tonf/m²
절리면경사(β)	35°	충전물 마찰각(θ)	5°
임반단위중량(γr)	2.5 tonf/m³	충전물 종류	표준사~점토
절리면 점착력(c)	5 tonf/m²	m(강도감소율)	1~1.5
절리면 마찰각(θ)	25°	t/a(충전율 %)	0~300%

[충전물에 따른 절리면 전단강도 변화]



[충전물에 따른 안전율 변화]



[Output Data]

절리면전단강도	7.68 tonf/m²
충전물전단강도	2.51 tonf/m²

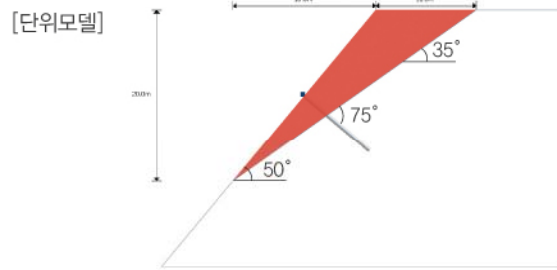
Differences

SoilWorks 차별화 기능

• 충전물의 강도특성(점착력, 마찰각)을 정의하고 충전율(충전물 평균두께)을 고려하여 안정성 검토수행

암반비탈면 한계평형해석 검증

이론해 검증 [전단력]



[Input Data]

높이(H)	20m	점착력(c)	3 tonf/m ²
비탈면경사(α)	50°	마찰각(θ)	25°
절리면경사(β)	35°	인장력	20 tonf/m
암반단위중량(γ _r)	2.5 tonf/m ³	전단력	10 tonf/m

이론해에 의한 안전율 계산식

[인장력 고려]

$$F.S. = \frac{cA + (W\cos\beta + T\cos\theta)\tan\phi}{W\sin\beta - T\sin\theta}$$

[인장 + 전단력 고려]

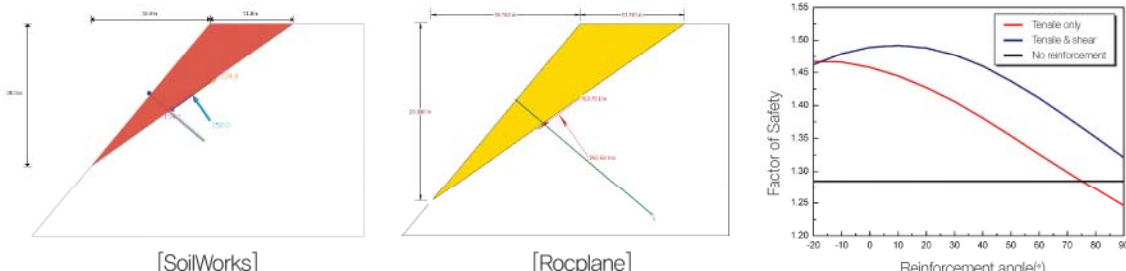
$$F.S. = \frac{cA + (W\cos\beta + T\cos\theta - S\sin\theta)\tan\phi}{W\sin\beta - T\sin\theta - S\cos\theta}$$

Weight(W)	Area(A)	θ
294,524	34,8698	15

[SoilWorks 안전율]

구분	이론해	SoilWorks	안전율차이
인장력	1,38083	1,38082	0.000
인장+전단력	1,45956	1,45954	0.000

실무검증 [전단력]



[보강재 각도에 따른 안전율 변화]

보강재 각도	F.S.(인장력)	F.S.(인장력+전단력)
무보강	1.285	1.285
-20	1.467 (max.)	1.462
-10	1.466	1.479
0	1.458	1.489
10	1.445	1.492 (max.)
20	1.427	1.488
40	1.381	1.46
60	1.326	1.411
80	1.272 (< 무보강 F.S.)	1.352
90	1.246 (< 무보강 F.S.)	1.321

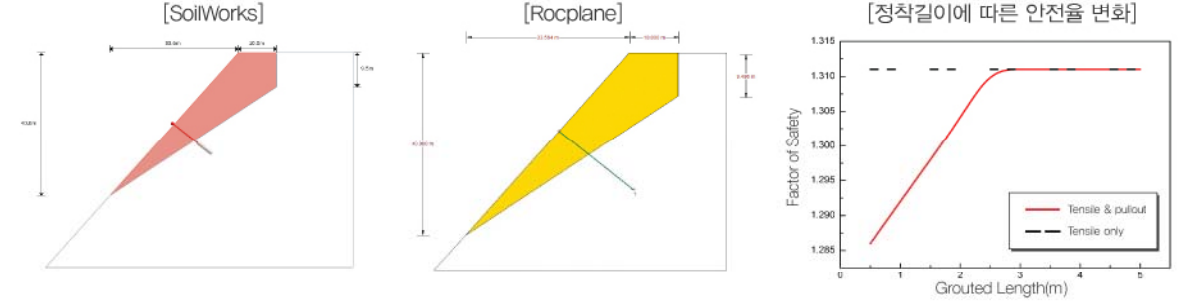
Differences

SoilWorks 차별화 기능

- 인장력만 고려할 경우 보강시 안전율이 무보강시 보다 작아지는 각도 발생
- 절리면과 보강재 각도에 따른 합리적인 보강력 고려

암반비탈면 한계평형해석 검증

실무검증 [인발력]



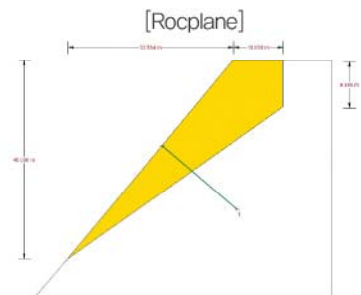
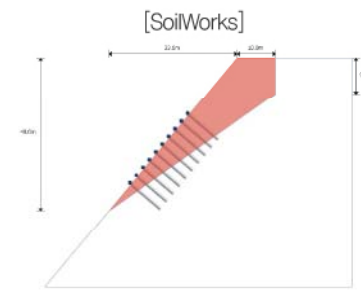
[정착길이에 따른 안전율 변화]

정착길이(m)	인장력(tonf)	vs	인발력(tonf)	안전율
0.5	20	>	3.93	1.286
1	20	>	7.85	1.292
1.5	20	>	11.78	1.298
2	20	>	15.71	1.304
2.5	20	>	19.63	1.310
3	20	<	23.56	1.311
3.5	20	<	27.49	1.311
4	20	<	31.42	1.311
4.5	20	<	35.34	1.311
5	20	<	39.27	1.311

Differences

SoilWorks 차별화 기능

- 정착길이에 따라 인장과 인발저항중 최소값을 보강력으로 고려, 필요 정착길이 계산가능



[Input Data]

인장력	20 tonf
천공경	0.05 m
주변마찰저항	50 tonf/m ²
보강재길이	10 m
수직간격	2 m
수평간격	2 m
배치개수	10 분

[전체 보강력]

SoilWorks	Rocplane	보강력차이
79,452 tonf/m	100 tonf/m	20,548 tonf/m

[안전율]

이론해	SoilWorks	Rocplane	안전율차이
1,34196	1,34196	1,43981	0.098

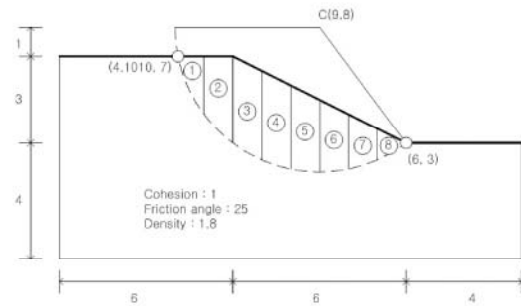
Differences

SoilWorks 차별화 기능

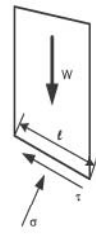
- 인장력만 고려할 경우 정착길이에 무관하게 동일한 안전율 계산
- 수직/수평간격 및 배치위치에 따른 보강력 차등고려

토사비탈면 한계평형해석 검증

이론해 검증



[단위 모델]



$$F_f = \sum W \sin \alpha$$

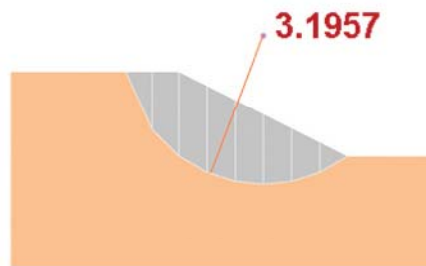
$$\tau = c - (\sigma - u) \tan \phi$$

$$FOS = \frac{T_r}{F_f} = \frac{\sum [c - (\sigma - u) \tan \phi] l}{\sum W \sin \alpha}$$

[Fellenius 방법에 의한 안전율 계산식]

Slice ID	dX	Height	Weight	a [degree]	W*Sin(a)	Shear	Length	Shear*Length
1	0.94949	1.033	1.766	65.320	1.604	1.187	2.274	2.700
2	0.94949	2.533	4.329	44.523	3.036	2.338	1.332	3.114
3	1	3.041	5.474	30.224	2.756	3.360	1.157	3.888
4	1	2.991	5.383	17.558	1.624	3.825	1.049	4.012
5	1	2.699	4.859	5.768	0.488	3.777	1.005	3.796
6	1	2.199	3.959	-5.768	-0.398	3.263	1.005	3.279
7	1	1.491	2.683	-17.558	-0.809	2.408	1.049	2.526
8	1	0.541	0.974	-30.224	-0.490	1.420	1.157	1.643
Sum					7.810			24.959

[Fellenius 이론해] FOS=24.959/7.810 = 3.1958

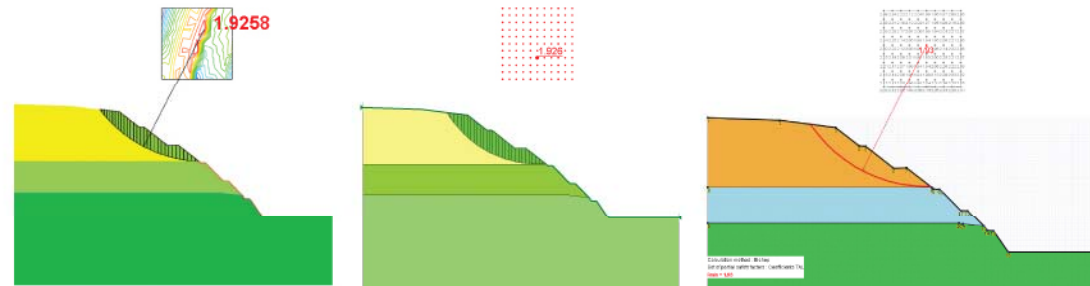


[SoilWorks 안전율]

이론해	SoilWorks	안전율 차이
3.1958	3.1957	0.0001

실무모델 검증

■ 무보강 비탈면(짜기구간) • 검증조건 - Bishop method / 우기시 지표면 수위조건 / Number of Slices : 30

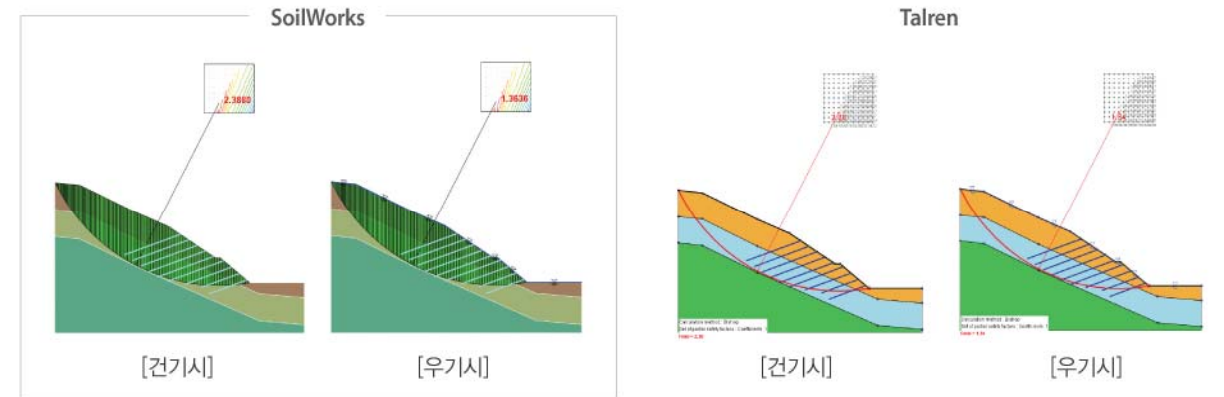


Factor of Safety	SoilWorks	Slope/W	Talren	안전율 차이
건기시	1.9258	1.926	1.930	0.0042
우기시	1.0518	1.051	1.070	0.0182

토사비탈면 한계평형해석 검증

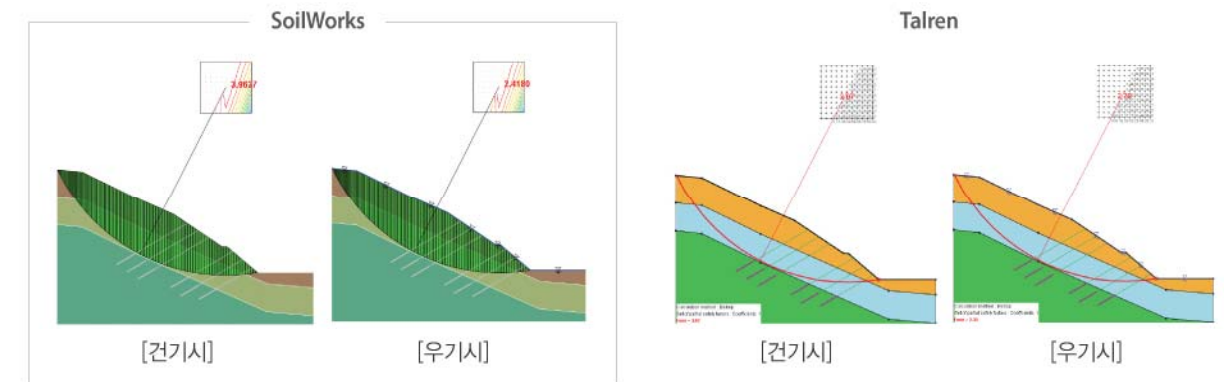
실무모델 검증

■ Soil Nail 보강비탈면 • 검증조건 - Bishop method / 우기시 지표면 수위조건 / Number of Slices : 100



Factor of Safety	SoilWorks	Talren	안전율 차이
건기시	2.3880	2.38	0.0080
우기시	1.3636	1.34	0.0236

■ Earth Anchor 보강비탈면 • 검증조건 - Bishop method / 우기시 지표면 수위조건 / Number of Slices : 100



Factor of Safety	SoilWorks	Talren	안전율 차이
건기시	3.9627	3.97	0.0073
우기시	2.4180	2.39	0.0290

검증 DB

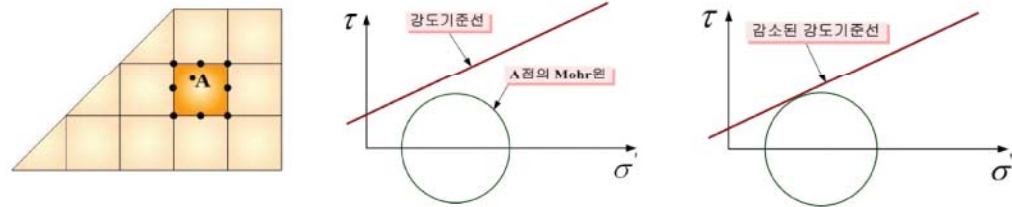
▶ 경쟁 프로그램과의 안전율 편차치는 각 모델별 안전율 편차의 절대값의 평균

구분	예제 개수	경쟁 프로그램과의 안전율 편차	
		건기 시	우기 시
무보강	24EA	0.01	0.02
Soil Nail 보강	14EA	0.02	0.02
Earth Anchor 보강	12EA	0.01	0.02

토사비탈면 유한요소해석 검증

강도감소법

■ 해석개요 [Zienkiewicz 논문, 1975]

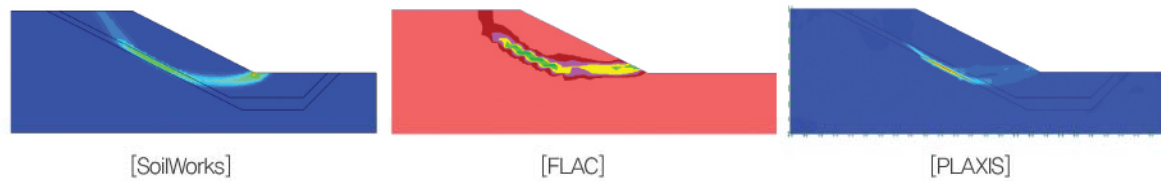


■ 안전율(FS)과 강도감소계수(SRF)의 정의

구분	구성식	비고
파괴기준	$\tau = c + \sigma_n \tan \phi$ $\tau_f = c_f + \sigma_n \tan \phi_f$	<ul style="list-style-type: none"> Mohr-Coulomb 파괴기준을 가정 원지반 전단응력, 점착력, 내부마찰각 파괴시의 전단강도, 점착력, 내부마찰각
강도감소계수	$c_f = c / SRF$ $\phi_f = \tan^{-1}(\tan \phi / SRF)$	<ul style="list-style-type: none"> 강도감소계수를 증가 혹은 변화시켜가며 파괴시의 점착력과 내부마찰각을 찾음
안전율	$FS = \frac{\int_L \tau dL}{\int_L \tau_f dL}$	<ul style="list-style-type: none"> FS=SRF 수치해석적 발산(Non-Convergence)이 발생할 때까지 해석 수행

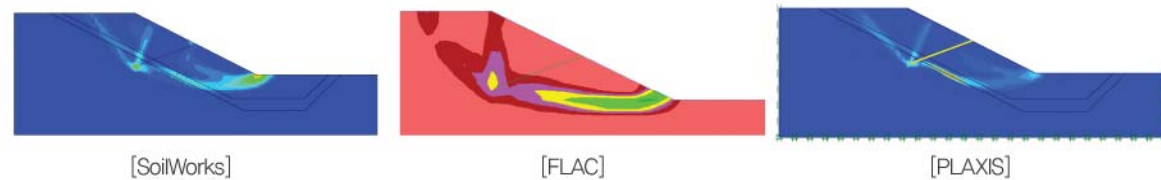
실무모델 검증

■ 무보강 비탈면



Factor of Safety	SoilWorks	FLAC	PLAXIS	안전율 차이
건기 시	1.875	1.880	1.803	0.0720
우기 시	1.0625	1.030	0.963	0.0995

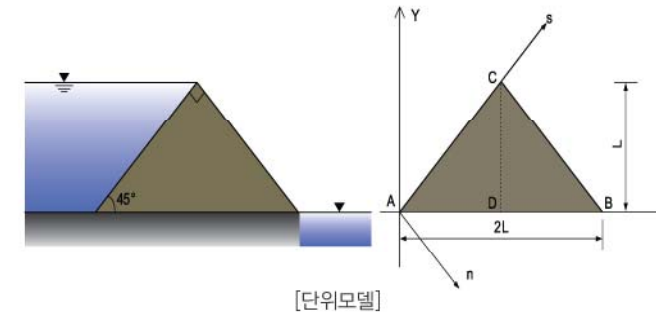
■ 보강 비탈면



Factor of Safety	SoilWorks	FLAC	PLAXIS	안전율 차이
건기 시	2.0625	2.070	2.0423	0.0202
우기 시	1.1875	1.150	1.0704	0.1171

침투 유한요소해석 검증

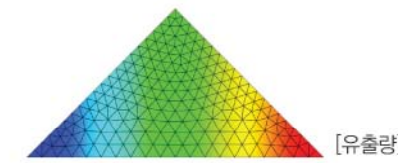
이론해 검증



해석타입	2D 평면요소(정상류해석)	
해석모델	폭	2m
	높이	1m
요소	3절점 삼각형 요소	
물성치	투수계수	k = 1.0 m/day
경계조건	댐좌측 수두	전체수두 1m
	다른 절점	흐름이 없음

[이론해]

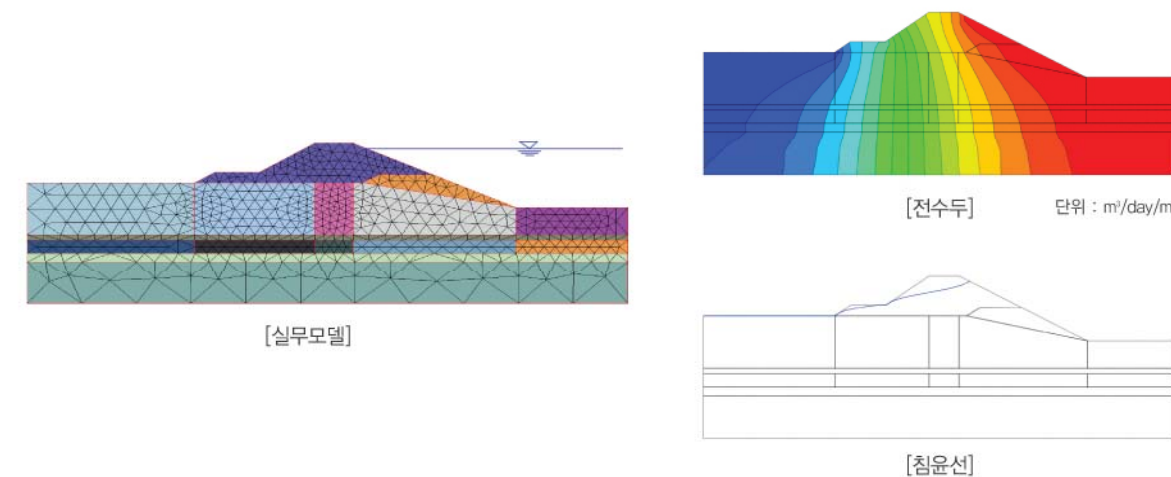
경계조건 : AC면: 일정한 압력수두 (= 상수)
 AB면: No normal flow, 비유량 qv = 0
 CB면: 침투 h=y
 총 유량 : Line AB : n=s 및 qn = qs, qv = 0
 Line CD : qx = k/2, 총유량 Qx = k/2 x L
 Line AC : qn = k x s/2L, 총유량 Qx = k/2 x L
 Line BC : qs = k x n/2L, 총유량 Qx = k/2 x L



이론해	이론해	PLAXFLOW		SoilWorks	
		값	오차(%)	값	오차(%)
Line BC	0.500	0.497	0.60	0.500	0.00

실무모델 검증

■ 정상류 침투해석



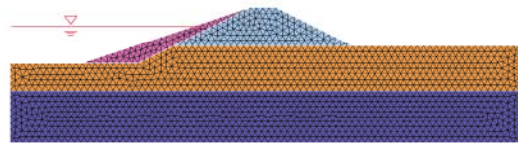
	SoilWorks		Seep/W		오차율(%)	
	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값
전수두	14.0	17.9	14.0	17.9	0.00	0.00
압력수두	-1.768	17.845	-1.870	17.841	5.77	0.02

[침투해석 결과비교]

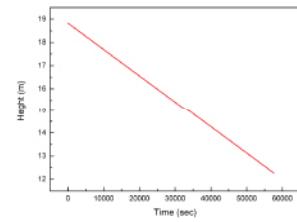
침투 유한요소해석 검증

실무모델 검증

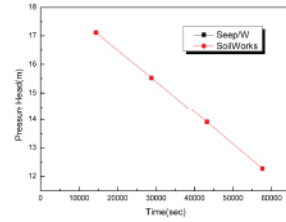
비정상류 침투해석 - 포화토



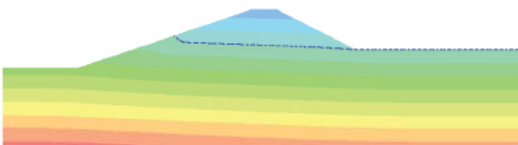
[실무모델]



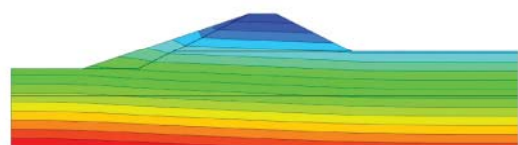
[수위강하 함수]



[압력수두 결과]



[Seep/W - 14400sec 경과시 압력수두]



[SoilWorks - 14400sec 경과시 압력수두]

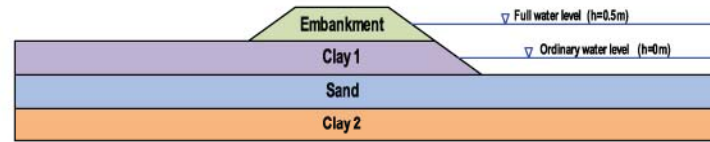
단위 : m

	SoilWorks		Seep/W		오차율(%)	
	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값
전수두	14,970	17,190	14,970	17,190	0.00	0.00
압력수두	-5,311	17,117	-5,357	17,114	0.87	0.02

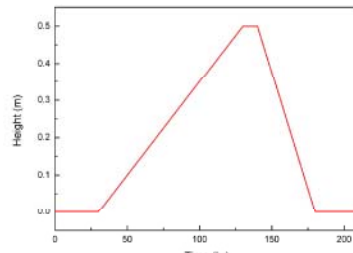
[수위강하시 수두결과 값]

실무모델 검증

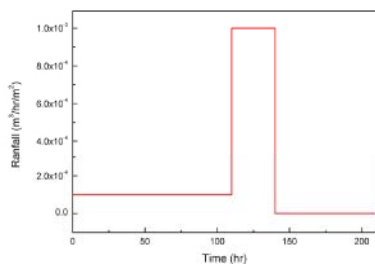
비정상류 침투해석 - 불포화토



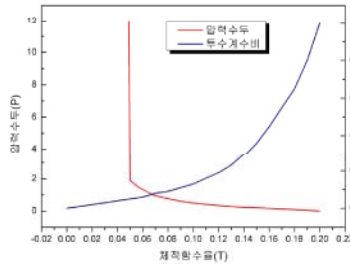
[실무모델]



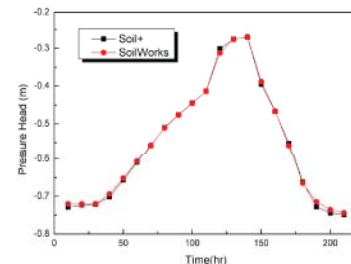
[수위강하 함수]



[강우강도 함수]



[불포화특성 함수]



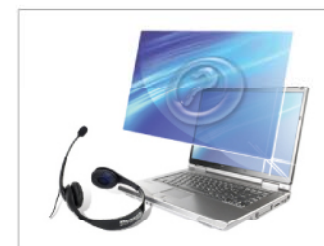
[압력수두 결과]

단위 : m

	SoilWorks		Soil +		오차율(%)	
	최소값	최대값	최소값	최대값	최소값	최대값
전수두	0.000	0.481	0.000	0.479	0.00	0.42
압력수두	-0.750	1.750	-0.750	1.750	0.00	0.00

고객만족을 위한 신속하고 정확한 “기술지원 및 전문적인 실무 교육 제공”

SoilWorks를 사용하면 여러 종류의 소프트웨어를 사용함으로써 발생하는 문제 즉, 사용법이 서로 다르거나 개발회사가 달라서 기술지원 및 유지관리가 어렵거나, 데이터 호환 및 관리가 되는 않는 등의 불편이 깨끗하게 해소됩니다.
한 명의 기술자가 SoilWorks의 사용법을 익히게 되면 지반설계에 필요한 모든 설계 종류를 종합적으로 설계할 수 있게 되어 기술개발 및 이전, 기술조직운영이 효과적으로 개선되는 큰 이점을 얻을 수 있습니다.



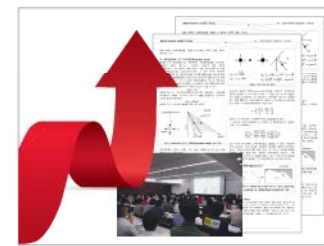
기술상담 서비스

토목지반분야 전용 홈페이지를 통해 프로그램 관련 문의사항을 기술지원 전담 팀이 24시간 이내에 신속하게 답변 드립니다.
<http://kor.midasuser.com/geotech>



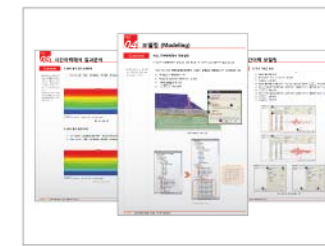
전화 및 원격기술지원 서비스

토목지반분야 전용 고객센터 (1577-6638)를 통해 연중 무휴로 상담 서비스를 제공하며, 보다 신속하고 정확한 서비스 제공을 위해 차별화된 원격지원 서비스를 병행하여 운영하고 있습니다.



차별화된 기술서비스

마이다사이이드는 기술자 여러분의 실무능력 배양과 기술경쟁력 향상을 위해 다양한 주제에 대한 전문가들의 의견을 연재하는 전문가 칼럼과 정기 기술강좌 등 차별화된 기술서비스를 제공합니다.



한글 매뉴얼과 기술자료

SoilWorks는 순수 우리 기술로 개발된 대한민국 소프트웨어입니다. 따라서 국내 기술자 여러분들이 쉽게 이해하고 사용할 수 있도록 한글 매뉴얼과 다양한 실무예제 따라하기 등의 기술자료들이 제공됩니다.



제품 및 구매 문의

제품 및 구매 관련 궁금하신 사항은 담당자에게 문의하시면 자세히 설명 드리겠습니다.

김 판 흥 | 031-789-2105 | 010-7122-2795 | phkim@midasit.com
 신 정 호 | 031-789-4202 | 010-3244-8426 | jhshin@midasit.com
 임 성 범 | 031-789-4016 | 010-8915-8747 | sbilm@midasit.com