

1. 기장1터널 안전성평가 자료

1.1 안전성평가 자료

구조물의 안전성 평가는 그 기능과 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 사용상의 안전성에 대한 확보여부를 평가하는 것이므로 설계도서 검토 및 시공방법과 사용재료에 대한 검토, 부재별 상태 평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통한 충분한 기초자료를 확보하여 이를 바탕으로 수치해석에 의해 안전성 여부를 판단하여야 한다.

상태평가 결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 실시한 결과, 전회(2019년) 정밀안전진단과 해당 구조물의 현황이 이전과 근소한 차이 외 변화가 없는 것으로 확인되어 구조계산서 및 터널해석보고서 등 기초 자료를 활용하여 안전성여부를 판단하였고, 일부 자료를 발췌하여 첨부하였다.

관 리 번 호

사 본 번 호

부산~울산간 고속도로 건설공사 실시설계

터 널 해 석 보 고 서

제2공구 : 송정~서부

1999.11

한국도로공사

목 차

1. 터널 안정성 해석 /1

1.1 서 론	1
1.2 지형 및 지반조건	1
1.2.1 지 형	1
1.2.2 지 질	2
1.2.3 지반 등급 및 지보패턴	3
1.3 해석물성치	11
1.3.1 심도에 따른 암반의 특성 변화	12
1.3.2 변형계수 및 포아송비	14
1.3.3 전단지수(C, ϕ)	17
1.3.4 암반의 초기지압	25
1.3.5 물성치 산정결과	29
1.4 터널 수치 해석	32
1.4.1 수치해석기법	32
1.4.2 터널 굴착에 의한 지반의 3차원 거동 특성	35
1.4.3 3차원 굴착 거동의 2차원 모형화	38
1.4.4 수치해석 프로그램 FLAC	40
1.4.5 3차원 수치해석 프로그램 PENTAGON 3D	44
1.5 터널 안정성 해석	47
1.5.1 해석위치 선정	47
1.5.2 해석영역 및 경계조건	48
1.6 해석 결과	49
1.6.1 이차원 해석 결과	49
1.6.2 삼차원 해석 결과	84
1.7 결 론	116
1.7.1 이차원 해석	116
1.7.2 삼차원 해석	118

1. 터널 안정성 해석

1.1 서 론

본 기장터널은 부산-울산간 고속도로 건설공사(2공구) 구간으로서 터널 연장 536m, 466m의 3차선 병렬터널로 계획되었으며 터널굴착공법은 NATM공법을 채택하였다.

본 터널에 대한 터널 수치해석을 수행하여 터널의 안정성을 검토하였으며 터널의 수치해석은 탄소성 이론을 근거로 한 유한차분해석 프로그램인 FLAC과 삼차원 안정성 해석을 위하여 유한요소법 프로그램인 PENTAGON3D를 이용하여 수행하였다.

해석에 필요한 입력정수들은 암석실내시험 결과와 암반분류 결과를 결부하여 Hoek-Brown 이론과 Barton의 제안식을 이용하여 지반등급별로 결정하였다. 입력정수들은 실험실 및 현장에서 측정한 암석·암반의 특성치로 이것은 측정 지점 주위의 국부적인 영역에 대한 대표값이고 암반에 발달한 절리, 균열 등 불연속면의 영향과 암반의 불균질성, 이방성 등 암반 고유의 특성에 기인하는 영향을 설계 단계에서는 정확히 고려할 수 없기 때문에 설계시 해석에 의한 예측치와 실제 측정치는 반드시 일치한다고는 볼 수 없다. 따라서 현장 계측 및 막장 관찰을 통해 설계시 조건과 실제 조건을 비교분석하여 설계의 적합성을 평가한 후 적절한 대응 조치를 취하여 안전하고 경제적인 시공이 되도록 하여야 한다.

1.2 지형 및 지반조건

1.2.1 지 형

본 조사 노선은 부산광역시 해운대구 송정동을 시점으로 기장군 기장을 서부리를 종점으로 하는 총 5.6km에 이르며 본 노선과 근접하여 북북동 방향의 지방도 1019호선과 평행하게 놓여 있다.

본 조사지역인 산계는 동해안에 인접하여 남북방향으로 달리는 태백산맥의 영향으로 광갈산(▲154.8m)과 종점부에 양달산(▲287m)이 북북동 방향으로 비교적 험준한 산세를 보이고 있으며 시점부에 발달하고 있다. 또한 해안쪽으로 해발 150m내외의 산맥들이 해안구릉지를 형성하고 있다.

수계의 발달상태는 본지역의 지질분포 및 지질구조와 밀접한 관계를 가지고 있는데 본 조사지역의 수계는 뚜렷한 양상은 보이지 않고 있으며 소규모의 지천이 동해로 유입되고 있다.

1.2.2 지 질

본 조사지역의 지질은 경상계 퇴적암층과 이를 관입 또는 분출한 화산암류, 그리고 후에 이들을 관입한 불국사화강암류, 마산암류 및 맥암류 등으로 대별되며 백악기의 신라통의 화산암류와 퇴적암류인 양북층군이 나타나고 있다. 또한 이들을 제4기의 충적층이 백악기와 제3기 기반암들의 상부에 부정합으로 피복되어 있다.

불국사 화강암류는 섬록암에서 시작하여 화강섬록암 각섬석화강암 및 흑은모화강암등이 이분화 작용의 소산물이며 이 화강암류는 경상도에 널리 분포되어 있는 백악기의 암류이다.

신라통의 안산암질암은 본 지역에서 가장 넓은 분포면적을 가지고 있는 암석으로 화강암류와의 접촉부는 부분적으로 호온펠스화된 암질을 보여주기도 한다. 본 암은 신라통의 화산암류 중에서 초기에 형성된 것이며 후기의 화산암류인 석영안산암질 내지 유문암질류에 의해 불규칙하게 관입되어 있거나 이들 심성암체내에 포획암으로 나타나기도 한다. 본 암은 외관상 녹색계통의 색을 띠는 것이 야외에서 가장 큰 특징이며 입도로 보아 세립질 인것, 반상조직을 가지는 것 및 각력질의 것이 조직상의 특징을 가지는 대표적인 암종이다. 조밀하고 견고한 세립질의 본 암은 반상조직이 육안적으로는 거의 식별되지 않으나 장석, 휘석, 각섬석의 반정은 식별이 되며 풍화표면에서는 더욱 잘 나타난다.

시점부에는 응회암이 분포하고 있으며 화산층서적으로 보아 안산암을 덮고 있으며 유문반암에 의해 피복된다. 또한 본암을 포함하고 있는 래피리(Lapilli)의 구성암에 있어서 지역적인 변화가 다양하게 나타나며 응회암에 포함되는 래피리 크기의 각력편의 구성암은 안산암, 유문암, 처트 등이 있다.

1.2.3 지반 등급 및 지보패턴

가. 시추공별 터널심도 부근의 암반분류

1) RMR

항목 공번	암반 분류 심도 (m)	암석강도 (kg/cm ²)		RQD (%)		절리간격 (cm)		절리상태 (mm)		지하수상태 (ℓ/min)		평 가		평 점		비고
		상태	R	상태	R	상태	R	상태	R	상태	R	총점	G	점수	등급	
TB-1	22.0 ~ 23.5	1,000 이상	12	57	13	6 ~ 20	8	심한 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	51	III	터널부
	23.5 ~ 25.0	1,000 이상	12	64	13	6 ~ 20	8	이격 1~5	10	10 ~ 25	7	매우 나쁨	-12	38	IV	
	25.0 ~ 26.5	1,000 이상	12	86	17	6 ~ 20	8	약간 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	60	III	
	26.5 ~ 28.0	1,000 이상	12	87	17	20 ~ 60	10	이격 1~5	10	< 10	10	매우 나쁨	-12	47	III	
	28.0 ~ 29.5	1,000 이상	12	87	17	6 ~ 20	8	약간 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	60	III	
	29.5 ~ 31.0	1,000 이상	12	91	20	6 ~ 20	8	이격 1~5	10	10 ~ 25	7	매우 나쁨	-12	45	III	
	31.0 ~ 32.5	1,000 이상	12	73	13	6 ~ 20	8	이격 1~5	10	10 ~ 25	7	매우 나쁨	-12	38	IV	
	32.5 ~ 34.0	1,000 이상	12	88	17	6 ~ 20	8	약간 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	60	III	
	34.0 ~ 35.5	1,000 이상	12	55	13	6 ~ 20	8	심한 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	51	III	
	35.5 ~ 37.0	1,000 이상	12	77	17	6 ~ 20	8	약간 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	60	III	
TB-2	37.0 ~ 38.0	1,000 이상	12	98	20	20 ~ 60	10	신 선	30	None	15	매우 나쁨	-12	75	II	터널부
	37.2 ~ 39.1	1,000 이상	12	94	20	20 ~ 60	10	약간 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	
	39.1 ~ 41.1	1,000 이상	12	86	17	6 ~ 20	8	심한 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	55	III	
	41.1 ~ 43.1	1,000 이상	12	91	20	6 ~ 20	8	심한 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	58	III	
	43.1 ~ 45.1	1,000 이상	12	70	13	6 ~ 20	8	심한 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	51	III	
	45.1 ~ 47.1	1,000 이상	12	78	17	6 ~ 20	8	이격 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	29	IV	
	47.1 ~ 49.1	1,000 이상	12	49	8	< 6	5	이격 1~5	10	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	27	IV	
	49.1 ~ 51.1	1,000 이상	12	65	13	6 ~ 20	8	이격 1~5	10	10 ~ 25	7	매우 나쁨	-12	38	IV	
	51.1 ~ 53.1	1,000 이상	12	50	13	< 6	5	이격 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	22	IV	

항목 공번	암반 심도 (m)	암석강도 (kg/cm ²)		RQD (%)		절리간격 (cm)		절리상태 (mm)		지하수상태 (l/min)		평 가		평 점		비고
		상태	R	상태	R	상태	R	상태	R	상태	R	총점	G	점수	등급	
TB-3	16.4 ~ 17.9	1,000 이상	12	100	20	20 ~ 60	10	약간 이결 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	
	17.9 ~ 19.4	1,000 이상	12	85	17	6 ~ 20	8	심하 이결 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	55	III	
	19.4 ~ 20.8	1,000 이상	12	94	20	20 ~ 60	10	신선	30	None	15	매우 나쁨	-12	75	II	
	20.8 ~ 21.4	1,000 이상	12	45	8	6 ~ 20	8	약간 이결 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	51	III	
	21.4 ~ 22.6	1,000 이상	12	100	20	20 ~ 60	10	약간 이결 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	터널부
	22.6 ~ 24.3	1,000 이상	12	89	17	20 ~ 60	10	약간 이결 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	62	II	
	24.3 ~ 25.8	1,000 이상	12	99	20	20 ~ 60	10	신선	30	None	15	매우 나쁨	-12	75	II	
	25.8 ~ 27.3	1,000 이상	12	93	20	20 ~ 60	10	신선	30	None	15	매우 나쁨	-12	75	II	
	27.3 ~ 28.8	1,000 이상	12	97	20	60 ~ 200	15	신선	30	None	15	매우 나쁨	-12	80	II	
	28.8 ~ 30.3	1,000 이상	12	81	17	6 ~ 20	8	약간 이결 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	60	III	
	30.3 ~ 31.8	1,000 이상	12	100	20	20 ~ 60	10	약간 이결 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	III	
TB-4	15.0 ~ 16.5	50이하	1	49	8	< 6	5	이결 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	6	V	
	16.5 ~ 18.0	50이하	1	41	8	6 ~ 20	8	이결 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	9	V	
	18.0 ~ 19.5	50 ~ 250	2	56	13	6 ~ 20	8	이결 1~5	10	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	25	IV	
	19.5 ~ 21.0	50이하	1	45	8	< 6	5	이결 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	6	V	
	21.0 ~ 22.5	50 ~ 250	2	91	20	6 ~ 20	8	이결 1~5	10	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	32	IV	터널부
	22.5 ~ 24.0	50이하	1	45	8	< 6	5	이결 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	6	V	
	24.0 ~ 25.5	50이하	1	48	8	6 ~ 20	8	이결 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	9	V	
	25.5 ~ 27.0	50 ~ 250	2	57	13	< 6	5	이결 > 5	0	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	12	V	
	27.0 ~ 28.5	50 ~ 250	2	53	13	< 6	5	이결 1~5	10	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	22	IV	
	28.5 ~ 30.0	50 ~ 250	2	41	8	6 ~ 20	8	이결 1~5	10	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	20	V	

항목 공번	암반 분류 심도 (m)	암석강도 (kg/cm ²)		RQD (%)		절리간격 (cm)		절리상태 (mm)		지하수상태 (ℓ/min)		평 가		평 점		비고
		상태	R	상태	R	상태	R	상태	R	상태	R	총점	G	점수	등급	
TB-6	15.9 ~ 17.0	500 ~ 1,000	7	22	3	< 6	5	심하풍화 이격 < 1	20	10 ~ 25	7	매우 나쁨	-12	30	IV	
	17.0 ~ 18.5	500 ~ 1,000	7	30	8	< 6	5	이격 1~5	10	25 ~ 125	4	매우 나쁨	-12	22	IV	
	18.5 ~ 20.0	1,000 이상	12	49	8	6 ~ 20	8	심하풍화 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	46	III	
	20.0 ~ 21.5	1,000 이상	12	72	13	20 ~ 60	10	심하풍화 이격 < 1	20	< 10	10	매우 나쁨	-12	53	III	
	21.5 ~ 21.85	1,000 이상	12	100	20	20 ~ 60	10	신선	30	None	15	매우 나쁨	-12	75	II	
	21.85 ~ 23.35	1,000 이상	12	100	20	60 ~ 200	15	신선	30	None	15	매우 나쁨	-12	80	II	터널부
	23.35 ~ 24.8	1,000 이상	12	97	20	20 ~ 60	10	약간풍화 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	
	24.8 ~ 25.9	1,000 이상	12	91	20	20 ~ 60	10	약간풍화 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	
	25.9 ~ 27.05	1,000 이상	12	98	20	20 ~ 60	10	약간풍화 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	
	27.05 ~ 28.5	1,000 이상	12	98	20	6 ~ 20	8	약간풍화 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	63	II	
	28.5 ~ 30.0	1,000 이상	12	99	20	20 ~ 60	10	약간풍화 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	
	30.0 ~ 31.5	1,000 이상	12	92	20	20 ~ 60	10	약간풍화 이격 < 1	25	< 10	10	매우 나쁨	-12	65	II	

2) Q-System

항목 구분	암반 심도 (m)	RQD (%)		절리면 수 (Jn)		절리면 거 (Jr)		절리면 방향 (Ja)		지하수 유 (Jw)		응력 감 계 수 (SRF)		Q 값		비 고
		상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	점 수	판 정	
TB-1	22.0 ~ 23.5	57	55	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.66	응력 감 계 수 간극	1.0	6.05	Fair	터널부
	23.5 ~ 25.0	64	65	3	9	Planar Smooth	1.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.66	응력 감 계 수 간극	1.0	2.383	Poor	
	25.0 ~ 26.5	86	85	2	4	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.66	응력 감 계 수 간극	1.0	14.025	Good	
	26.5 ~ 28.0	87	85	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	사질토 전 단층	4.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	7.083	Fair	
	28.0 ~ 29.5	87	85	1+Random	3	Planar Smooth	1.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.66	응력 감 계 수 간극	1.0	9.35	Fair	
	29.5 ~ 31.0	91	90	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	사질토 전 단층	4.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	7.5	Fair	
	31.0 ~ 32.5	73	75	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	4.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	3.125	Poor	
	32.5 ~ 34.0	88	90	1+Random	3	Planar Smooth	1.0	절리면 방향 평행	1.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	15.0	Good	
	34.0 ~ 35.5	55	55	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	4.583	Fair	
	35.5 ~ 37.0	77	75	1+Random	3	Planar Smooth	1.0	절리면 방향 평행	1.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	12.5	Good	
TB-2	37.0 ~ 38.0	98	100	1	2	Planar Smooth	1.0	절리면 방향 평행	1.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	25.0	Good	터널부
	37.2 ~ 39.1	94	95	2	4	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	1.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	23.75	Good	
	39.1 ~ 41.1	86	85	2	4	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	10.625	Good	
	41.1 ~ 43.1	91	90	2	4	Planar Smooth	1.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	11.25	Good	
	43.1 ~ 45.1	70	70	2	4	Undulating Smooth	2.0	절리면 방향 평행	2.0	지하수 유 간극	0.5	응력 감 계 수 간극	1.0	8.75	Fair	
	45.1 ~ 47.1	78	80	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	단층 (5~9mm)	6.0	지하수 유 간극	0.5	파쇄대 1개소	5.0	0.444	Very Poor	
	47.1 ~ 49.1	49	50	2+Random	6	Planar Smooth	1.0	사질토 전 단층	3.0	지하수 유 간극	0.5	파쇄대 1개소	5.0	0.277	Very Poor	
	49.1 ~ 51.1	65	65	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	사질토 전 단층	3.0	지하수 유 간극	0.5	파쇄대 1개소	2.5	1.444	Poor	
	51.1 ~ 53.1	50	50	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	단층 (5~9mm)	6.0	지하수 유 간극	0.5	파쇄대 다수	7.5	0.186	Very Poor	

공 단	항 목	암반 심도 (m)	RQD (%)		절리면 수 (Jn)		절리면 거 (Jr)		절리면 평면도 (Ja)		지향수 계수 (Jw)		응집계수 (SRF)		Q 값		비 고
			상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	점 수	판 정	
TB-3		16.4 ~ 17.9	100	100	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	2.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	22.0	Good	터널부
		17.9 ~ 19.4	85	85	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	2.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	9.35	Fair	
		19.4 ~ 20.8	94	95	1	2	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	1.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	62.7	Very Good	
		20.8 ~ 21.4	45	45	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	2.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	9.90	Fair	
		21.4 ~ 22.6	100	100	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	2.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	22.0	Good	
		22.6 ~ 24.3	89	90	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	2.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	19.8	Good	
		24.3 ~ 25.8	99	100	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	1.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	44.0	Very Good	
		25.8 ~ 27.3	93	95	1	2	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	1.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	62.7	Very Good	
		27.3 ~ 28.8	97	95	Random	1	Planar Smooth	1.0	절리면 평면도	0.75	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	83.6	Very Good	
		28.8 ~ 30.3	81	80	2	4	Undulating Rough	3.0	절리면 평면도	2.0	지향수 계수	0.66	응집계수	1.0	19.8	Good	
		30.3 ~ 31.8	100	100	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	1.0	지향수 계수	0.5	응집계수	1.0	33.3	Good	
TB-4		15.0 ~ 16.5	49	50	2+Random	6	Planar Smooth	1.0	절리면 평면도	6.0	지향수 계수	0.5	응집계수	10	0.0694	Extremely Poor	터널부
		16.5 ~ 18.0	41	40	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	6.0	지향수 계수	0.5	응집계수	10	0.111	Very Poor	
		18.0 ~ 19.5	56	55	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	사질토 충전	4.0	지향수 계수	0.5	연약대 1개소	5.0	0.458	Very Poor	
		19.5 ~ 21.0	45	45	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	6.0	지향수 계수	0.5	연약대 다	10	0.125	Very Poor	
		21.0 ~ 22.5	91	90	2	4	Undulating Smooth	2.0	사질토 충전	4.0	지향수 계수	0.5	연약대 1개소	5.0	1.125	Poor	
		22.5 ~ 24.0	45	45	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	6.0	지향수 계수	0.5	연약대 다	10	0.125	Very Poor	
		24.0 ~ 25.5	48	50	2	4	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	6.0	지향수 계수	0.5	연약대 다	10	0.208	Very Poor	
		25.5 ~ 27.0	57	55	2	4	Undulating Smooth	2.0	절리면 평면도	6.0	지향수 계수	0.5	연약대 다	10	0.229	Very Poor	
		27.0 ~ 28.5	53	55	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	사질토 충전	4.0	지향수 계수	0.5	파쇄대 1개소	5.0	0.458	Very Poor	
		28.5 ~ 30.0	41	40	2	4	Undulating Smooth	2.0	사질토 충전	4.0	지향수 계수	0.5	파쇄대 1개소	5.0	0.5	Very Poor	

구분 공반	암반 점도 (m)	RQD (%)		절리면 수 (Jn)		절리면 거 (Jr)		절리면 방향 (Ja)		지하수 유수 (Jw)		응력감계수 (SRF)		Q 값		비 고
		상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	상 태	R	점 수	판 정	
TB-6	15.9 ~ 17.0	22	20	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	불연속적	2.0	중간도	0.66	파쇄대 1개소	5.0	0.440	Very Poor	
	17.0 ~ 18.5	30	30	2+Random	6	Undulating Smooth	2.0	사질토 전	4.0	대량	0.5	파쇄대 1개소	5.0	0.250	Very Poor	
	18.5 ~ 20.0	49	50	3	9	Undulating Smooth	2.0	불연속적	2.0	중간도	0.66	중간도	1.0	3.667	Poor	
	20.0 ~ 21.5	72	70	1+Random	3	Undulating Smooth	2.0	불연속적	2.0	중간도	0.66	중간도	1.0	15.4	Good	
	21.5 ~ 21.85	100	100	과 상	1	불연속	4.0	절리면	0.75	소량	1.0	중간도	1.0	533	Exceptionally Good	
	21.85 ~ 23.35	100	100	1	2	Undulating Smooth	2.0	절리면	0.75	소량	1.0	중간도	1.0	133	Extremely Good	터널부
	23.35 ~ 24.8	97	95	2	4	Undulating Smooth	2.0	불연속적	2.0	중간도	0.66	중간도	1.0	15.675	Good	
	24.8 ~ 25.9	91	90	1+Random	3	Planar Smooth	1.0	절리면	1.0	중간도	0.66	중간도	1.0	19.8	Good	
	25.9 ~ 27.05	98	100	1	2	Planar Smooth	1.0	절리면	1.0	중간도	0.66	중간도	1.0	33.0	Good	
	27.05 ~ 28.5	98	100	1+Random	3	Planar Smooth	1.0	절리면	1.0	중간도	0.66	중간도	1.0	22.0	Good	
	28.5 ~ 30.0	99	100	1	2	Planar Smooth	1.0	절리면	1.0	중간도	0.66	중간도	1.0	33.0	Good	
	30.0 ~ 31.5	92	90	1+Random	3	Planar Smooth	1.0	절리면	1.0	중간도	0.66	중간도	1.0	19.8	Good	

나. 구간별 지반등급/지보패턴 결정

1) 기본방향

- 지표지질조사 결과의 주절리군의 방향중 터널 진행방향에 가장 나쁘게 영향을 미치는 방향에 의해 RMR 값을 보정
- 터널 바닥에서 터널 상부 6m 까지의 암반분류 결과를 반영
- 탄성파 탐사 결과를 반영
- 터널 시종점부는 갱구부 시공을 위한 주변 암반의 땅각기 등의 영향으로 암반의 이완 가능성을 감안하여 지반등급 조정
- 터널 시종점부는 터널 상부 토피와 기암암 층의 층후(횡단 방향의 지층 구성 포함)를 고

려하여 지반등급 조정.

- 터널 중앙부는 시추 데이터가 미비하여 지반등급 구분이 용이하지 않으나, 일반적으로 심도가 깊어질수록 암질이 양호하여지는 점은 감안하여 지반등급 조정

2) 부산방향

구간 (STA)	연 장 (m)	RQD	RMR	Q	탄성파속도 P파, (m/sec)	지층 및 기타 현황	지반 등급	지보 패턴	보조 공법	비 고
4+980~ 4+990	10				-	• 갱구부 • 터널 상부 토피가 1D 이하	V	VI	SG	
4+990~ 5+000	10				-	• 터널 상부 경암층이 1D 이하	V	V	FP	
5+000~ 5+020	20				4,226(3층)		IV	IV		
5+020~ 5+120	100	55~98 49~94	38~75 22~65	2.38~25.0 0.19~23.8	4,226(3층)		III	III		TB-1 TB-2
5+120~ 5+200	80				4,787(3층)		II	II		
5+200~ 5+340	140				4,370(3층) ~4,787(3층)		I	I		
5+340~ 5+440	100				4,370(3층) ~4,676(3층)		II	II		
5+440~ 5+480	40	45~100	51~80	9.35~83.6	4,676(3층)		III	III		TB-3
5+480~ 5+490	10				2,327(2층)		IV	IV		
5+490~ 5+500	10				2,327(2층)	• 터널 상부 경암층이 1D 이하	V	V	FP	
5+500~ 5+510	10				2,327(2층)	• 갱구부 • 터널 상부 토피가 1D 이하	V	VI	SG	

3) 울산방향

구간 (STA)	연장 (m)	RQD	RMR	Q	탄성파속도 P파, (m/sec)	지층 및 기타 현황	지반 등급	지보 패턴	보조 공법	비고
5+015~ 5+035	20				2,335(2층)	· 갱구부 · 터널 상부 기반암층이 1D 이하	V	VI	SG	
5+035~ 5+090	55	41~91	6~32	0.07~1.13	4,706(3층)		V	V	FP	TB-4
5+090~ 5+120	30				4,706(3층)		IV	IV		
5+120~ 5+180	60				4,706(3층)		III	III		
5+180~ 5+240	60				4,406(3층)		II	II		
5+240~ 5+300	60				4,406(3층)		I	I		
5+300~ 5+360	60				4,553(3층)		II	II		
5+360~ 5+420	60				4,553(3층)		III	III		
5+420~ 5+465	45	22~100	22~80	0.25~533	3,841(3층)		IV	IV		TB-6
5+465~ 5+475	10				3,841(3층)	· 갱구부 · 터널 상부 기반암층이 1D 이하	V	VI	SG	

4) 지보패턴별 연장 집계(m)

구분 \ 패턴	TYPE- I	II	III	IV	V	VI	계
부산방향	140	180	140	30	20	20	530
울산방향	60	120	120	75	55	30	460
계	200	300	260	105	75	50	990

1.3 해석 물성치

최근 터널, 사면, 교량 등 각종 지반구조물의 설계를 위하여 수치해석모델이 다양하게 적용되면서, 암반의 물성치, 특히 암석의 영률과 같은 강성(stiffness)과 각종 강도(strength)를 암반에 대한 값으로 감소하는 문제가 매우 중요한 과제로 대두되고 있다. 크기효과(scale effect)를 고려할 필요가 없는 인공적인 재질과는 달리, 암반은 아무리 강한 것이라도 물성치를 감소시키는 것이 필요하다.

Mohammad 등(1997)은 최근 수년동안 발표된 약40여 편의 수치해석결과들을 참고하여 각각의 논문들에서 수치해석용 입력변수가 어떻게 적용되었는지를 살펴보았다. 이들 입력변수 중에서도 실내시험으로부터 구해진 탄성계수가 모델링에 적용될 때는 약 0.46배 가량으로 감소됨을 알 수 있었다. 마찬가지로 단축압축강도, 인장강도, 포아송비에 대해서도 사례분석을 통하여 감소지수를 구해본 결과, 단축압축강도는 실내시험치의 약 0.28배, 인장강도는 실내시험치의 약 0.49배, 그리고 포아송비는 실내시험치와 거의 유사한 값으로 적용됨을 발견하였다.

이상과 같이 실내시험으로 구한 물성치가 모델링에 적용될 때의 감소 경향은 각 해석자의 주관적 판단이 아니라, 나름대로의 감소기법을 동원하여 적용된 결과이다. 따라서 본 장에서는 실내시험으로 구한 물성치와 현지암반시험으로 구한 각종 변수들을 여러 방법으로 수치해석용 입력치로 전환하여 합리적인 설계정수 도출을 가능케 하고자 한다.

1.3.1 심도에 따른 암반의 특성 변화

심도가 증가하면 암반 내에 작용하고 있는 초기응력의 크기가 커짐으로써 암반에 작용하고 있는 붕압 또한 증가한다. 붕압 증가에 따라 암반의 물성, 특히 변형계수가 증가하는 경향을 보인다.

☞ 붕압증가에 따른 무결암의 탄성계수 증가

무결암에 대한 삼축압축시험시 붕압의 증가에 따라 탄성계수가 증가한다. 이정인(1974)은 대리석, 응회암, 안산암과 두 종류의 사암 등의 성인이 다른 암종의 무결암에 대한 삼축압축시험을 실시하였으며, 암석의 성인에 따라 약간의 경향 차이를 보이기는 하지만 붕압이 증가함에 따라 체적탄성계수가 증가함을 실험적으로 입증하였다. <표1.3.1>은 그의 실험결과이며, 붕압이 증가함에 따라 붕압이 없는 단축압축상태의 체적탄성계수보다 최대 152% 증가함을 확인할 수 있다. 체적탄성계수는 포아송비와 탄성계수로 정의되므로 체적탄성계수가 증가하면 결국 탄성계수가 증가한다.

< 표1.3.1> 여러 암종의 무결암의 붕압에 따른 체적탄성계수의 변화

붕 압 (kg/cm ²)	체 적 탄 성 계 수 (×10 ⁵ kg/cm ²)				
	Tohoku 대 리 석	Ogino 응 회 암	Emochi 안 산 암	Kimachi 사 암	Izu tuffaceous 사 암
0	9.2	1.8	2.3	1.7	1.1
60	10	1.6	2.3	1.6	1.2
120	12	1.6	2.6	1.8	1.3
240	14	1.6	3.1	1.8	1.4

☞ 심도 증가에 따른 암반 변형계수의 증가

무결암의 탄성계수 뿐만 아니라 현지 암반의 변형계수 또한 심도가 증가함에 따라, 즉 붕압이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보인다. Hardy와 Hocking은 암반의 변형계수가 암질 뿐만 아니라 붕압에도 영향을 받음을 밝힘으로서 탄성계수 평가시 심도의 영향을 고려해야 함을 주장하였다. 한편 Barton은 이를 구체화하여 Q값, 터널 심도, 암석 시료의 단축압축강도를 고려하여

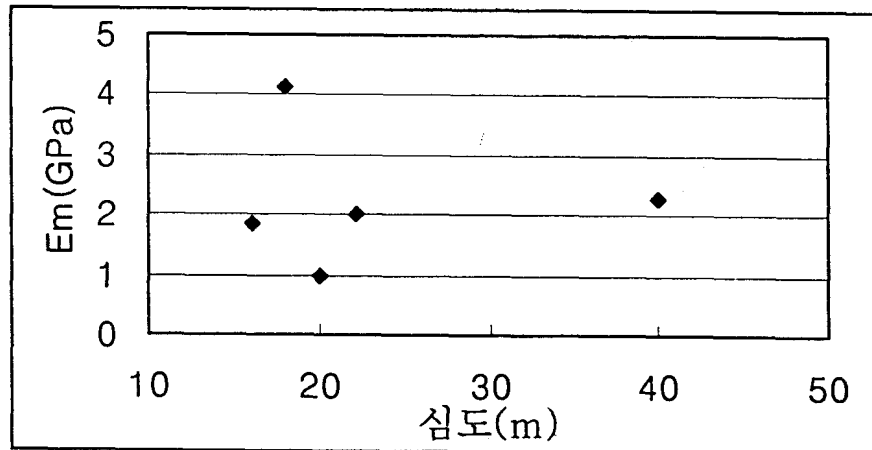
암반의 변형계수를 결정하는 방법을 제안하였다.

본 설계구간에서 실시된 공내재하시험 결과도 심도에 따라 변형계수가 증가하는 경향을 보인다(<그림1.3.1> 참조).

비록 제한적인 측정회수로 인하여 심도 증가에 따른 변형계수 증가 현상이 명확히 드러나지는 않지만 한 공에 대한 측정 결과를 제외할 경우 심도에 따라 변형계수가 증가하는 경향을 보임을 확인할 수 있다.

<표1.3.2> 현장 공내재하시험결과

시험 공번	시험심도 (m)	변형계수 (E_m) (t/m^2)	암 석 명	지 층 상 태	비 고
TB-1	22.0	200,030	신선, 강함	경암	
TB-2	40.0	227,440	신선, 매우 강함	경암	
TB-3	18.0	414,260	신선, 매우 강함	경암	
TB-4	20.0	98,330	심한 풍화, 약함	연암	
TB-6	16.0	184,080	약간 풍화, 강함	경암	



<그림 1.3.1> 심도에 따른 변형계수 변화 경향

☒ 설계정수 결정시 심도 영향 고려

이상과 같이 암반의 물성 특히 변형계수는 심도에 영향을 받기 때문에 심도를 고려할 수 있는 Barton의 경험식을 사용하여 변형계수를 산정하였다.

1.3.2 변형계수 및 포아송비

가. 변형계수

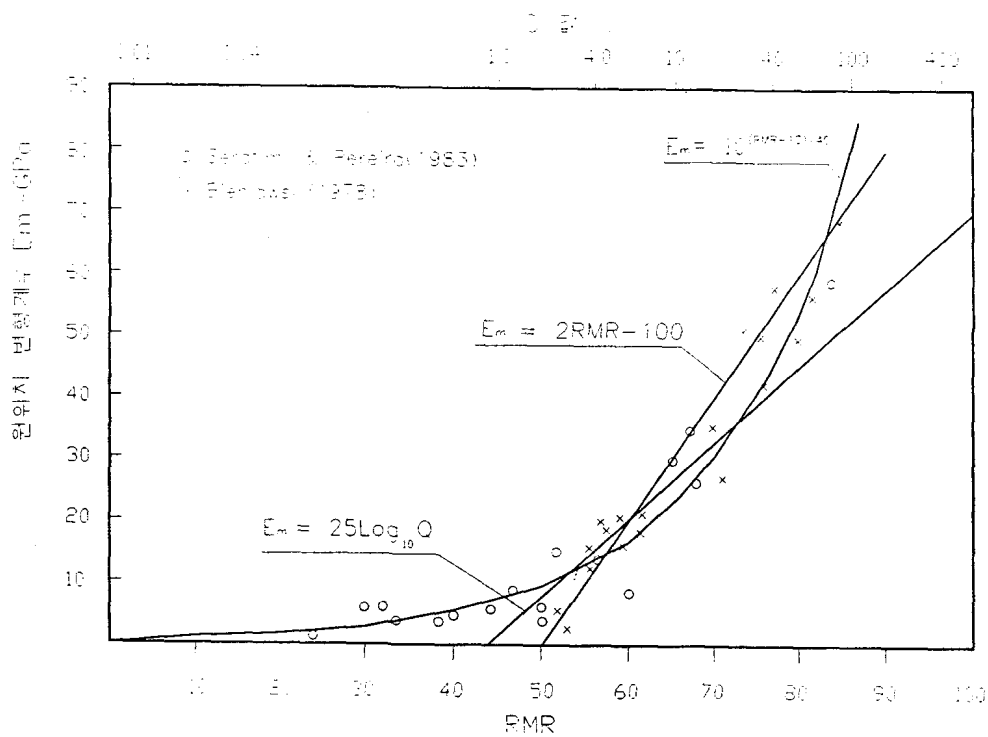
☑ RMR에 의한 방법

- Serafim & Pereira(1983)에 의한 방법

$$E_m = 10^{(RMR-10)/40} \text{ (GPa)} \quad (RMR \leq 50)$$

- Bieniawski(1978)에 의한 방법

$$E_m = 2 \times RMR - 100 \text{ (GPa)} \quad (RMR \geq 50)$$



<그림1.3.2> RMR과 암반의 변형계수와의 관계

등 급		Type-I	Type-II	Type-III	Type-IV	Type-V
값						
범위	(GPa)	62~100	22~60	6~20	1.88~5.62	< 1.78
평균		81	41	13	3.75	0.69

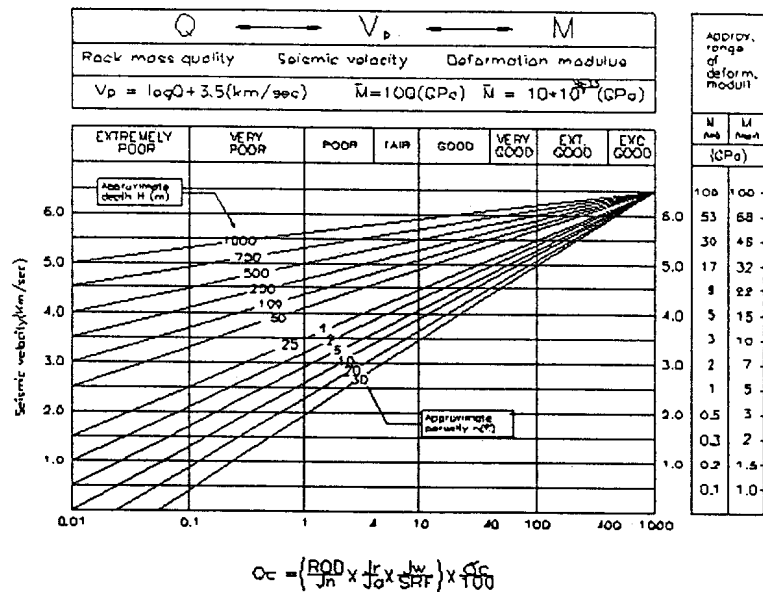
☑ Barton의 경험식

Hardy와 Hocking은 암반의 탄성계수가 암질뿐만 아니라 봉압에도 영향을 받음을 밝힘으로서

탄성계수 평가시 심도의 영향을 고려하였다. Barton은 이를 구체화하여 Q값, 터널 심도, 암석 시료의 단축압축강도를 고려하여 암반의 변형계수를 결정하는 방법을 제안.

$$Q_c = Q \times \frac{\sigma_c}{100}$$

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$



등 급	Type-I	Type-II	Type-III	Type-IV	Type-V
값					
RMR	81 ~ 100	61 ~ 80	41 ~ 60	21 ~ 40	< 20
Q	54.6 ~ 503	6.6 ~ 54.6	0.7 ~ 6.6	0.08 ~ 0.7	< 0.08
σ_c (MPa)	241	217	169	121	96
Q_c	118.5 ~ 1214	11.2 ~ 118.5	0.87 ~ 11.2	0.07 ~ 0.87	< 0.07
E_{min} (GPa)	> 41.0	15.0 ~ 41.0	6.0 ~ 15.0	3.2 ~ 6.0	< 0.85
E_{mean} (GPa)	> 56.0	30.0 ~ 56.0	17.0 ~ 30.0	11.0 ~ 17.0	< 4.5

Barton의 경험식에서 암반의 변형계수는 심도에 따라 다른 값을 보인다. 각 등급별 RMR의 심도별 분포를 분석한 결과 TYPE-I, II, III는 50m기준으로, TYPE-IV, VI는 25m를 기준으로 변형계수를 산정하였다.

☑ Mitri et al(1994)의 방법

Mitri 등(1994)은 RMR을 이용한 현지암반 상태를 표현하기 위해 다음의 (4)식을 이용하여

암반의 변형계수를 유도하고 Hoek-Brown 상수를 감쇠시키는 식을 제안하였다.

$$RF = \frac{E_{rm}}{E_{int}} = 0.5 * [1 - \cos(\pi * \frac{RMR}{100})] \quad (4)$$

윗 식은 RMR 또는 강성이 낮은 범위에서도 현실성 있는 감쇠 값을 보이고 있다.

등 급 구분	Type-I	Type-II	Type-III	Type-IV	Type-V
RMR	81 ~ 100	61 ~ 80	41 ~ 60	21 ~ 40	< 20
E_m (GPa)	> 72	52 ~ 72	28 ~ 52	8.4 ~ 28	< 7.6

주) 암석 실내시험 결과 Intact Rock의 평균 탄성계수는 80GPa임

☒ 현장 공내재하시험 결과

시험 공번	시험심도 (m)	RMR	변형계수 (E_m) (N/m^2)	암 석 명	지 층 상 태	비 고
TB-1	22.0	51	200,030	신선, 강함	경암	
TB-2	40.0	55	227,440	신선, 매우 강함	경암	
TB-3	18.0	55	414,260	신선, 매우 강함	경암	
TB-4	20.0	6	98,330	심한 풍화, 약함	연암	
TB-6	16.0	30	184,080	약간 풍화, 강함	경암	

주)본 조사에 적용된 Pressuremeter는 가압력의 한계로 연암층 이하에 적합한 장비이며, 상기 결과는 과소한 결과로 판단됨

☒ 각종 방법에 의한 변형계수 분석

등 급 값	Type-I	Type-II	Type-III	Type-IV	Type-V
RMR	81	41	13	3.75	< 1.78
Barton의 경험식	> 41.0	15.0 ~ 41.0	6.0 ~ 15.0	3.2 ~ 6.0	< 0.85
Mitri의 경험식	> 72	52 ~ 72	28 ~ 52	8.4 ~ 28	< 7.6
공내재하시험	-	-	2.00 ~ 4.14	1.84	0.98
적용(GPa)	41.0	15.0	6.0	3.2	0.85

주) 심도 및 무결암의 단축강도를 고려할 수 있는 Barton의 경험식을 통해 얻은 값을 적용값으로 선정

나. 포아송 비

포아송비는 축응력 σ_1 을 받은 축변형률 ϵ_1 (압축)에 대한 축변형률 ϵ_3 (신장)의 비로서 암석 자체의 거동 양상을 유추할 수 있다. 일반적으로 암석의 포아송비는 0.25 ~ 0.33 정도의 범위를 가지며, 토사층에서는 0.30 ~ 0.50 정도의 범위를 갖는 것으로 알려져 있다. 포아송비는 무결암에 대한 값 및 기존 적용 사례를 비교하여 적용값을 선정하였다.

등 급 값	Type-I	Type-II	Type-III	Type-IV	Type-V
적 용	0.22	0.23	0.25	0.26	0.3

1.3.3 전단지수 (C, ϕ)

암반에서의 지하굴착에 대한 안정성 여부는 절리, 단층 등의 불연속면의 특성을 나타내는 구조 지질학적 조건과 암반내에 분포하는 응력조건, 암반강도에 좌우된다. 도로 및 지하철 터널과 같은 천부터널의 안정성은 구조 지질조건과 풍화도에 큰 영향을 받으며, 반면에 저장공동 및 대심도 도로 터널 등 심부에서는 공동의 주변에 생기는 응력조건에 대한 암반의 반응 특성에 많은 영향을 받는다.

암반은 신선한 상태에서 심하게 파쇄된 상태에 이르기까지 여러 등급의 암질상태를 나타내므로 특정 반응특성(파괴조건)을 실제의 암반에서의 평가 혹은 암반에의 적용에는 많은 어려움이 따른다. 또한 신선암의 경우 상대적으로 용이한 실험조건 때문에 쉽게 실내시험 데이터를 얻을 수 있으나, 절리를 포함하는 실제 규모의 암반에 대한 실험은 난이도와 경제성으로 인해 시험의 시행이 매우 어렵다. 이러한 문제점을 고려할 때 설계시의 암반파괴 기준은 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

- 신선한 암의 응력조건에 대한 거동을 충분히 포함하여야 함.
- 한개 혹은 그 이상의 절리군의 영향을 평가할 수 있는 방법을 포함하여야 함
- 수개 이상의 절리군을 포함하는 실제 규모의 암반에 특정 파괴조건식을 적용할 수 있는 객관적인 기준 제공

Hoek-Brown(1980)은 전체적인 암반의 상태를 고려하여 사용될 수 있는 기준식을 개발한 바 있는데, (5)식에서 보는 바와 같이 이 식은 intact rock의 반응뿐만 아니라 joint의 영향, 암반 내 불연속면의 거동 등도 고려한 것이다.

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m\sigma_3\sigma_c + s\sigma_c^2} \quad (5)$$

여기서, σ_1 과 σ_3 는 각각 최대주응력 및 최소주응력이며, σ_c 는 암석의 단축압축강도, m과 s는 암석의 물성과 관련되는 상수이다. Hoek-Brown(1988)은 다시 Bieniawski의 암반분류법을 토대로 (5)식을 수정한 바 있는데, 불교란 및 교란 시료에 대해 m과 s를 결정하는 새로운 식을 제안하였다.

$$\text{불교란 암반에 대해 : } m = m_i \exp\left(\frac{RMR-100}{28}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{RMR-100}{9}\right) \quad (6)$$

여기서, m_i 는 무결암(intact rock)에 대한 상수.

$$\text{교란된 암반에 대해 : } m = m_i \exp\left(\frac{RMR-100}{14}\right)$$

$$s = \exp\left(\frac{RMR-100}{6}\right) \quad (7)$$

이들 식은 전체 파괴포락선에서의 암반의 영향을 허용하고 따라서 초기의 간단한 감쇠지수보다 훨씬 정교하다는 점에서 현재로서 가장 발전된 형태인 것으로 알려지고 있다. <표1.3.3>는 Hoek-Brown(1988)에 의해 제안된 m과 s의 전형적인 값을 보여주고 있는데, 이를 이용하여 암반에 대한 단축압축강도(qm)와 인장강도(σ_t)를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$q_m = \sigma_c \sqrt{s}, \quad \sigma_t = \frac{1}{2} \sigma_c [m - \sqrt{m^2 + 4s}] \quad (8)$$

또한, Trueman(1988)은 여러 사람들에 의해 제안된 갖가지 감쇠지수들을 바탕으로 RMR을 이용하여 다음과 같이 강도 변수에 대한 식을 제안하였다.

- ▷ 암반에 대한 압축강도 : $\sigma_{rm} = 0.5 \exp(0.06RMR)$ (MPa)
- ▷ 암반에 대한 점착력 : $C_{rm} = 0.25 \exp(0.05RMR)$ (MPa) (9)
- ▷ 암반에 대한 내부마찰각 : $\phi_{rm} = 0.5RMR + 5$ (degree)

(9)식은 Lloyd(1995), Follington(1988), Chileshe(1992) 등에 의해 이미 그 적용성이 검증된 바 있다.

<표1.3.3> 암반 등급과 Hoek-Brown 파괴조건식의 변수(m,s)간의 개략적인 관계

교란된 암반에 대한 m'과 s'의 값, 불교란 암반에 대한 m과 s의 값					
경험적 파괴기준 $\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m \sigma_c \sigma_3 + s \sigma_c^2}$ $\tau = A \sigma_{ci} \left(\frac{\sigma_{ni}}{\sigma_{ci}} - T \right)^B$ 여기서, $T = \frac{1}{2} (m - \sqrt{m^2 + 4s})$	잘 발달된 결정성 벽개를 가진 탄산염 암석 백운석, 석회암, 대리석	암석화된 점토질 암석 이암, 실트암, 셰일, 점판암 (벽개에 수직)	강한 결정을 가지고 있으며 결정성 벽개 는 잘 발달되지 않 은 사질 암석 사암, 규암	다중 광물조성의 세 립결정질 화성암 안산암, 조립현 무암, 휘록암, 유문암	다중 광물조성의 조 립결정질 화성암 및 변성암 각섬암, 반려암, 편마암, 화강암, 노라이트(norite), 석영석록암
무결암 시료 절리가 없는 실험실 시험용 크 기의 시편 CSIR점수 100 NGI점수 500	m' = 7.00 s' = 1.00 m = 7.00 s = 1.00	m' = 10.00 s' = 1.00 m = 10.00 s = 1.00	m' = 15.00 s' = 1.00 m = 15.00 s = 1.00	m' = 17.00 s' = 1.00 m = 17.00 s = 1.00	m' = 25.00 s' = 1.00 m = 25.00 s = 1.00
아주 우수한 등급의 암반 ±3m 간격의 풍화되지 않은 절 리를 가지고 있으며, 단단하게 맞물려 있고 교란되지 않은 암 반 CSIR점수 85 NGI점수 100	m' = 2.40 s' = 0.082 m = 4.10 s = 0.189	m' = 3.43 s' = 0.082 m = 5.85 s = 0.189	m' = 5.82 s' = 0.082 m = 8.78 s = 0.189	m' = 5.82 s' = 0.082 m = 9.95 s = 0.189	m' = 8.56 s' = 0.082 m = 14.63 s = 0.189
우수한 등급의 암반 신선한 상태에서 약간 풍화상태 까지의 암석, 1~3m 간격의 절 리가 있고 약간 교란되어 있음. CSIR점수 65 NGI점수 10	m' = 0.575 s' = 0.00293 m = 2.006 s = 0.0205	m' = 0.821 s' = 0.00293 m = 2.865 s = 0.0205	m' = 1.231 s' = 0.00293 m = 4.298 s = 0.0205	m' = 1.395 s' = 0.00293 m = 4.871 s = 0.0205	m' = 2.052 s' = 0.00293 m = 7.163 s = 0.0205
양호한 등급의 암반 절리간격은 0.3~1m이고, 적당히 풍화된 몇 개의 절리군이 있음. CSIR점수 44 NGI점수 1.0	m' = 0.128 s' = 0.00009 m = 0.947 s = 0.00198	m' = 0.183 s' = 0.00009 m = 1.353 s = 0.00198	m' = 0.275 s' = 0.00009 m = 2.03 s = 0.00198	m' = 0.311 s' = 0.00009 m = 2.301 s = 0.00198	m' = 0.458 s' = 0.00009 m = 3.383 s = 0.00198
불량한 등급의 암반 간격이 30~500mm이고 충전물이 약간 있는 수많은 풍화 절 리가 존재-깨끗한 폐석더미 CSIR점수 23 NGI점수 0.1	m' = 0.029 s' = 0.000003 m = 0.447 s = 0.00019	m' = 0.041 s' = 0.000003 m = 0.639 s = 0.00019	m' = 0.061 s' = 0.000003 m = 0.959 s = 0.00019	m' = 0.069 s' = 0.000003 m = 1.087 s = 0.00019	m' = 0.102 s' = 0.000003 m = 1.598 s = 0.00019
아주 불량한 등급의 암반 간격이 50mm 이하이고 충전물 을 포함하고 있으며 심하게 풍 화된 수많은 절리가 존재-작은 조각들로 된 폐석더미 CSIR점수 3 NGI점수 0.01	m' = 0.007 s' = 0.0000001 m = 0.219 s = 0.00002	m' = 0.01 s' = 0.0000001 m = 0.313 s = 0.00002	m' = 0.015 s' = 0.0000001 m = 0.469 s = 0.00002	m' = 0.017 s' = 0.0000001 m = 0.532 s = 0.00002	m' = 0.025 s' = 0.0000001 m = 0.782 s = 0.00002

가. Hoek-Brown의 파괴기준식에 의한 설계정수 산정

1) 암반 등급에 따른 단축압축강도 σ_{ci} 변화

- 가정: 암반 등급이 낮아짐에 따라 암반의 풍화도가 높아진다
- 풍화도(Bell, 1992)를 암반 등급과 매치시킴
- 각 풍화도에서 단축압축강도의 감소비를 이용하여 각 암종별 단축압축강도를 암반 등급에 따라 변화시킴

풍 화 도	암반 등급	σ_{ci} 감소비	단 축 압 축 강 도 (MPa)
F	I	0	241
SW	II	0~0.2	217
MW	III	0.2~0.4	169
HW	IV	0.4~0.6	121
VHW	V	0.6~1.0	96

1980년에 제안된 Hoek-Brown 파괴기준식((5)식 참조)은 경암에 대해 적용성이 뛰어난 식으로서, 암반 상태가 불량할 경우에는 새로운 기준식이 적용되어야 할 것으로 지적되어왔다. 특히 최근의 수치해석 프로그램들이 대부분 Mohr-Coulomb 파괴조건식을 따르면서 점착강도와 내부마찰각의 결정이 중요한 입력자료가 되고 있기 때문에 이러한 입력 변수를 정확히 구하기 위하여 Hoek과 Brown은 새로운 파괴기준식을 제안한 바 있는데, 이들의 파괴기준식을 이용하여 절리를 포함하고 있는 암반의 강도와 변형계수를 산정하려면 다음의 3가지 암반물성치가 먼저 구해져야 한다. 즉,

- σ_{ci} : 무결암의 단축압축강도
- m_i : 무결암에 대한 Hoek-Brown 상수
- GSI : 암반에 대한 지질강도지수(Geological Strength Index)

2) σ_{ci} 와 m_i

위의 3가지 암반물성치 중에서 σ_{ci} 와 m_i 는 앞의 (5)식에서처럼 암반이 파괴될 때의 유효주응력 σ_1' 및 σ_3' 와 직결되는 값들이기 때문에 매우 신중히 구해져야 하며, 일반적으로 삼축

압축시험으로부터 구해질 수 있다.

이때 삼축압축시험은 최소한 5개 이상의 시료에 대해 0에서 단축압축강도의 1/2배까지의 범위 내에서 서로 다른 봉압(confining pressure)조건으로 수행되어야 한다. 이러한 삼축압축시험으로부터 σ_{ci} 와 m_i 는 다음 식과 같이 구해질 수 있다.

$$y = m \sigma_{ci} x + s \sigma_{ci} \quad (10)$$

여기서, $x = \sigma_3'$ 이고, $y = (\sigma_1' - \sigma_3')^2$ 이다.

따라서, (10)식으로부터,

$$\sigma_{ci}^2 = \frac{\sum y}{n} \left[\frac{\sum xy - (\sum x \sum y/n)}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)} \sum \frac{x}{n} \right] \quad \text{과} \quad (11)$$

$$m_i = \frac{1}{\sigma_{ci}} \left[\frac{\sum xy - (\sum x \sum y/n)}{\sum x^2 - ((\sum x)^2/n)} \right] \text{를 구할 수 있다.} \quad (12)$$

여기서 n은 시험회수이다.

3) GSI(Geological Strength Index)

Hoek(1994) 및 Hoek et al.(1995)은 서로 다른 지질조건에 대한 암반 강도의 감쇠지수를 추정하기 위하여 GSI를 소개하였는데, 이 GSI라는 변수는 절리를 포함하고 있는 암반의 강도는 무결암 시편 자체의 물성치뿐만 아니라 무결암 시편들이 미끄러지거나 회전될 수 있는 자유도에도 영향을 받는다는 개념에서 출발하였다.

이러한 자유도는 무결암의 기하학적 형태에 의해 영향을 받는데, 예를 들어 절리면이 거칠고 신선하며, 절리 내의 충전물이 없을 경우에는 상대적으로 강도가 크게 나올 것이다.

따라서 본래의 Hoek-Brown 파괴기준식을 GSI를 이용하여 나타내면 다음의 식과 같으며, 이들 식은 앞의 (6)식 및 (7)식과 잘 비교될 수 있다.

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI-100}{28}\right) \quad (13)$$

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9}\right)$$

$$a = 0.5, \quad \text{for } GSI > 25 \text{ (보통 이상의 암반조건)}$$

$$s = 0$$

$$a = 0.65 - \frac{GSI}{200}, \quad \text{for } GSI < 25 \text{ (매우 불량한 암반조건)}$$

실제로는 현장에서 GSI를 산정할 때 발파에 의한 영향도 고려해야 하는데, 예를 들어 조절

발파에 의한 암반 벽면과 일반적인 발파에 의한 암반의 벽면은 다르기 때문에, 이럴 경우에는 발파에 의해 손상을 받지 않은 면을 이용해야 한다. 궁극적으로 GSI는 불교란 암반에 대한 물성치를 결정하는 것이기 때문이다. 그러나, 발파에 의해 손상을 받지 않은 면을 찾을 수 없을 경우에는 GSI를 보정해 주어야 한다. 즉, 최근의 발파 면이라면, 발파에 의한 새로운 균열면이 있을 것이기 때문에 10점 정도 더해 줘야 불교란 암반에서의 값으로 간주할 수 있다.

그렇다면 시추코어를 이용하여 GSI를 구할 수도 있는가에 대한 의문이 생길 수 있다.

GSI가 25 이상인 비교적 양호한 암반일 경우 Bieniawski의 RMR 분류법에 의해 시추코어를 분석하고 이 RMR값으로부터 GSI를 구하는 것이 가장 좋은 방법이다. 그러나 GSI가 25 이하인 불량한 암반의 경우, 실제 RQD가 매우 낮기 때문에 RMR값 자체의 신뢰도가 떨어진다. 따라서 이럴 경우에는 시추코어 자체의 물리적 현상으로부터 GSI를 구할 수밖에 없다.

RMR 분류에 의해서도 GSI를 산정할 수 있는데, GSI가 25 이상인 비교적 양호한 암반상태일 경우에는 GSI를 직접 산정할 수 있지만, 암반상태가 불량할 경우에는 RMR분류법에 의해 GSI를 추정해서는 안 된다. 일반적으로 Bieniawski의 RMR분류법(1989 version, RMR_{89})을 사용할 경우 GSI는 다음 식과 같이 주어진다.

$$GSI = RMR_{89} - 5 \quad (14)$$

그러나 이는 RMR이 23이상일 경우에만 적용될 수 있으며, 그 이하일 때에는 Barton, Lein and Lunde에 의한 Q' 값을 사용하여야 한다. 즉,

$$Q' = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a}$$

$$GSI = 9 \log_e Q' + 44 \quad (15)$$

단, (15)식에서 Q' 값의 최소치는 0.0208인데, 이때 GSI는 대략 9가 되며, 점토가 충전된 단층면 등을 의미하는 값이다.

4) Mohr-Coulomb 변수의 산정

전술한 바와 같이 최근의 지질공학 관련 프로그램들은 대부분, 암반의 강도를 점착강도 c' 와 내부마찰각 ϕ' 으로 정의하는 Mohr-Coulomb 파괴 기준식을 이용하여 짜여져 있다. 일반적으로 Mohr-Coulomb 기준식에서 최대주응력 σ_1' 과 최소주응력 σ_3' 의 선형적 관계는 다음과 같다.

$$\sigma_1' = \sigma_{cm} + k\sigma_3' \quad (16)$$

여기서, σ_{cm} : 암반의 단축압축강도

k : σ_1' 과 σ_3' 의 직선식의 기울기

따라서, c' 과 ϕ' 은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\sin \phi' = \frac{k-1}{k+1} \quad c' = \frac{\sigma_{cm}}{2\sqrt{k}} \quad (17)$$

한편, Mohr-Coulomb 기준식과 비선형 Hoek-Brown 기준식 사이에는 직접적인 상관성이 없기 때문에 Hoek-Brown의 기준을 따르는 매질로 평가된 암반에 대하여 Mohr-Coulomb 변수인 c' 과 ϕ' 을 결정하기란 쉽지 않다. 그러나, 삼축압축시험 및 그 결과에 대한 선형 회귀분석을 통해 Mohr-Coulomb 변수를 다음과 같이 구할 수 있다. 자세한 유도과정은 Hoek과 Brown(1997)을 참고하기 바란다.

$$\begin{aligned} \phi_i' &= \arctan \left(AB \left(\frac{\sigma_{ni}' - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}} \right)^{B-1} \right) \\ c_i' &= \tau - \sigma_{ni}' \tan \phi_i' \\ \sigma_{cmi} &= \frac{2c_i' \cos \phi_i'}{1 - \sin \phi_i'} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\text{여기서, } A = 10^{\left(\sum Y/T - B(\sum X/T) \right)}, \quad B = \frac{\sum XY - (\sum X \sum Y)/T}{\sum X^2 - (\sum X)^2/T}$$

$$Y = \log \left(\frac{\tau}{\sigma_{ci}} \right), \quad X = \log \left(\frac{\sigma_{ni}' - \sigma_{tm}}{\sigma_{ci}} \right),$$

σ_{tm} : 암반의 인장강도,

σ_{ni} : 삼축압축시험에서의 특정 수직 응력,

σ_{cmi} : 암반의 단축압축강도

그러나, (18)식으로 주어지는 점착강도는 최대값을 나타내기 때문에 실제 설계에 적용할 때에는 이 값을 약 75% 정도로 감소시켜 사용하는 것이 현명하다.

2. 콘크리트 Lining 구조계산	121
2.1 설계 개요	121
2.2 설계기준	122
2.2.1 설계방법	122
2.2.2 작용하중	122
2.2.3 사용재료 및 강도	124
2.2.4 철근의 덮개	124
2.3 콘크리트 라이닝 설계	125
2.3.1 콘크리트 라이닝 거푸집 탈형시기 검토	125
2.3.2 본선 터널구간 (패턴-Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ)	136
2.3.3 본선 터널구간 (패턴-Ⅴ)	148
2.3.4 본선 터널구간 (패턴-Ⅴ,Ⅵ)	174
2.3.5 본선과 면벽 접속부 구간 (토피고 3m)	222
3. 면벽 구조계산	259
4. 옹벽 구조계산	272
5. 공사용 환기계산	278

2. 콘크리트 라이닝 구조계산

2.1 설계 개요

구 분	설 계 방 향	비고
- 터널의 사용목적에 적합하고 - 오랜기간의 사용에 안전 할 것	- 도로터널 건축한계와 터널 여유치를 만족하고 1차 지보의 시간 경과에 따른 기능 저하가 예상되는 구간에 대해서 이완하중을 외력으로 작용하여 사용성 및 내구성 확보	
내공단면을 만족하고 축력전 달이 원활한 형상	3심원터널로 구성된 콘크리트라이닝 단면을 계획함으로써 구조적으로 안정한 최적의 단면 형상 계획	
콘크리트라이닝의 설계 두께	콘크리트 라이닝 두께는 35cm로 계획하여 사용성 및 안정성 고려	
콘크리트 라이닝 배합 설계	소요강도, 내구성 및 양호한 시공성이 확보될 수 있는 배합설계(설계강도-굵은골재-슬럼프 : 240-25-15cm)	
콘크리트 라이닝에 유해한 균열이 발생할 염려가 있는 경우에 균열에 대한 대책 강구	터널 시공시 발생하는 종방향 균열의 원인이 되는 콘크리트라이닝 천정부의 배면 공극을 방지하기 위하여 배면 공극 충전용 그라우팅 적용	
콘크리트 라이닝 천정부에 공극 충전용 그라우팅 홀 설치	시공순서에 충전용 그라우팅 홀 상세 표기	
지반 특성별 이완하중 고려	암반터널 : 수정 Terzaghi의 암반하중 분류법에 의한 이완하중 적용	
거푸집 탈형 시기 검토	1일 콘크리트 압축강도($f_t=30\text{kgf/cm}^2$)에서 자중에 의한 콘크리트 라이닝의 허용응력 초과 여부 검토	

2.2 설계기준

2.2.1 설계방법

구 조 물 종 류	적용 설계방법
철근콘크리트 라이닝	강 도 설 계 법
무근콘크리트 라이닝	허용응력설계법

2.2.2 작용하중

콘크리트 라이닝에 작용하는 하중으로는 자중, 수압, 암반이완하중 등이 있으며, 본 설계에서는 다음과 같이 적용한다.

가. 하중

1) 고정하중(자중)

부재의 자중을 설계시 외력으로 포함시키는 것은 당연한 것으로 콘크리트 라이닝의 설계하중으로 고려한다.

재 료	단위중량(tonf/m ³)	재 료	단위중량(tonf/m ³)
철근콘크리트	2.500	역청포장	2.300
무근콘크리트	2.350	지 하 수	1.000
모 르 타 르	2.150	도상자갈, 쇠석	1.900

2) 수 압

배수형 터널에서는 콘크리트 라이닝에 수압이 작용하지 않는 것으로 설계하여 왔으나 최근에 어느 정도의 수압이 작용할 것으로 가정하여 콘크리트 라이닝을 설계하여야 한다는 의견이 제기되고 있다.

이론적으로는 배수형 터널에 수압이 작용하지 않지만 시간이 경과함에 따라 유도 배수층인 부직포와 배수구가 제 기능을 발휘하지 못할 경우, 유수의 지체로 인하여 콘크리트 라이닝에 수압이 작용하게 된다.

따라서, 기존 설계자료와 문헌을 토대로 터널높이의 0.5배 수두를 수압으로 작용한다.

3) 암반이완하중

Terzaghi의 이완하중법은 재래식 터널의 강지보재 설계를 위한 것으로 터널굴착후 초기에 슛크리트와 록볼트를 사용하여 지반아치를 형성하는 NATM 터널설계에 적용하는 것은 바람직하지 않다. 지반은 슛크리트에 의해 변위가 억제되며 힘의 균형을 이루어 안정된 상태에서 콘크리트 라이닝을 타설하도록 되어있어 지반 또는 지보재등의 특성변화나 힘의 불균형 조건이 발생하지 않는 한 콘크리트라이닝에는 지반하중이 작용하지 않는다. 그러나, 지반의 동화가 예상되고 지보재가 시간이 경과함에 따라 기능저하가 우려될 것으로 예상되는 경우에는 콘크리트라이닝에 지반하중이 작용하는 것으로 보아 콘크리트라이닝을 설계하여야 안전하게 된다. 이때 콘크리트라이닝에 작용하는 하중으로는 슛크리트에 작용하였던 하중을 콘크리트라이닝이 부담하는 것으로 보는 것이 합리적일 것이다. 본 설계에서는 대상구간의 지반조건을 분석·평가하여 수정 Terzaghi의 암반하중분류법에 의하여 이완하중을 산정하였다.

나. 하중조합

본 설계에서의 하중조합은 횡토압이 실제로 작게 작용하여 라이닝구조물에 불리하게 작용하는 경우를 고려하여 반토압에 대해서도 함께 고려하였다.

하중조합	작 용 하 중(tonf/m ²)
1	CASE 1 = 1.54×자중+1.54×이완하중+1.5×온도하중(+5℃)
2	CASE 2 = 1.54×자중+1.54×이완하중+1.5×온도하중(-5℃)
3	CASE 3 = 1.54×자중+1.54×이완하중+1.5×온도하중(+5℃)+1.8×잔류수압
4	CASE 4 = 1.54×자중+1.54×이완하중+1.5×온도하중(-5℃)+1.8×잔류수압
5	CASE 5 = 1.00×자중+1.00×이완하중+1.0×온도하중(+5℃)
6	CASE 6 = 1.00×자중+1.00×이완하중+1.0×온도하중(-5℃)
7	CASE 7 = 1.00×자중+1.00×이완하중+1.0×온도하중(+5℃)+1.0×잔류수압
8	CASE 8 = 1.00×자중+1.00×이완하중+1.0×온도하중(-5℃)+1.0×잔류수압

2.2.3 사용재료 및 강도

가. 콘크리트 라이닝

- 설계기준강도(f_{ck}) : 240 kgf/cm^2
- 단위 중량(γ_c) : 2.5 tonf/m^2
- 전단탄성계수(G) : $\frac{E}{2 \times (1 + \nu)}$
- 포와슨비(ν) : 0.18 (콘크리트 표준 시방서 P15)
- 탄성계수(E_c)

설계기준강도 $f_{ck} (\text{kgf/cm}^2)$	210	240	270
$E_c (\text{kgf/cm}^2)$	2.2×10^5	2.35×10^5	2.5×10^5

나. 철근

철근의 종류	항복점 강도(f_y)	E_s
SD30	$3,000 \text{ kgf/cm}^2$	$2.00 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

2.2.4 철근의 덮개

철근의 덮개는 최외단 철근의 바깥표면으로부터 콘크리트표면까지의 길이로 정의한다. 철근을 소요두께의 콘크리트로 덮는 이유는 (1)철근의 산화방지, (2)내화구조 형성, (3)부착응력 확보를 위한 것이다.

콘크리트라이닝은 슛크리트라이닝과 방수막에 의하여 흙과 직접 접하지 않는 콘크리트구조물로 D35이하 철근사용시 내화덮개는 30mm이상이면 된다.

콘크리트 표면에서 주철근 중심까지 철근의 덮개 $T = 30\text{mm}(\text{순수덮개}) + 13\text{mm}(\text{전단철근}) + 22\text{mm}/2(\text{주철근}) \approx 54\text{mm}$
--

D22이하의 주철근을 사용할 경우 콘크리트 표면에서 주철근 중심까지 54mm의 철근덮개를 필요로 하므로 본 설계에서는 철근덮개를 60mm로 적용하였다.

2.3 콘크리트 라이닝 설계

2.3.1 콘크리트 라이닝 거푸집 탈형 시기 검토(무근 구간)

가. 설계조건

1) 설계기준

터널의 콘크리트 라이닝 설치에 있어서는 거푸집 탈형 시기가 중요하다. 현재 거푸집 탈형 시기에 대한 기준은 터널표준시방서에 「거푸집은 부어 넣은 콘크리트의 강도가 $f_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$ 이상 발현된 후 또는 콘크리트 라이닝의 자중을 견딜 수 있는 강도가 발현된 후 제거하여야 한다.」(터널표준시방서, 1999, P60)로 정의되어 있다.

이에 따라 본선터널 콘크리트 라이닝 단면에 대하여 $f_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$ 일때 거푸집 탈형시 자중에 의한 안정성 여부를 검토하였다.

2) 설계방법 : 허용응력설계법

3) 콘크리트

① 설계기준강도 : $f_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$

$$f_{ca} = 0.40f_{ck} = 12.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{ta} = 0.42\sqrt{f_{ck}} = 2.3 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_a = 0.25\sqrt{f_{ck}} = 1.4 \text{ kgf/cm}^2$$

② 탄 성 계 수 : $E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 8.22 \times 10^4 \text{ kgf/cm}^2$

③ 단 위 중 량 : $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$

4) 지 반

① 단 위 중 량 : $\gamma_R = 2.68 \text{ tonf/m}^3$

② 탄 성 계 수 : $E_R = 3.20 \times 10^5 \text{ tonf/m}^2$

2) 절점좌표

절 점	X(m)	Y(m)	절 점	X(m)	Y(m)
1	-6.867	-8.695	18	0.809	-0.044
2	-7.165	-7.923	19	1.609	-0.174
3	-7.329	-7.112	20	2.391	-0.388
4	-7.354	-6.286	21	3.145	-0.685
5	-7.240	-5.466	22	3.863	-1.061
6	-6.990	-4.678	23	4.536	-1.512
7	-6.641	-3.946	24	5.158	-2.032
8	-6.216	-3.256	25	5.720	-2.616
9	-5.720	-2.616	26	6.216	-3.257
10	-5.157	-2.032	27	6.641	-3.947
11	-4.536	-1.512	28	6.990	-4.678
12	-3.862	-1.061	29	7.261	-5.532
13	-3.145	-0.685	30	7.386	-6.420
14	-2.391	-0.388	31	7.361	-7.316
15	-1.609	-0.174	32	7.186	-8.196
16	-0.809	-0.044	33	6.867	-9.034
17	0.000	0.000			

3) 부재단면

구 분	B(m)	H(m)	A(m ²)	I(m ⁴)	부재번호
1	1.000	0.450	0.450	7.594E-3	1, 32
2	1.000	0.433	0.433	6.765E-3	2, 31
3	1.000	0.397	0.397	5.214E-3	3, 30
4	1.000	0.371	0.371	4.255E-3	4, 29
5	1.000	0.355	0.355	3.728E-3	5, 28
6	1.000	0.350	0.350	3.573E-3	6~27

4) 지반스프링계수

- 내부 라이닝과 지반과의 실제 거동을 고려하기 위하여 모든 인장 스프링 요소는 반복계산을 통하여 제거시킴.

$$k = \frac{E}{R} \times A = \frac{E}{R} \times L \times 1.0$$

여기서,

E : 터널 주변 암반의 탄성계수 (320,000 tonf/m²)

R : 콘크리트 라이닝 반경

L : 요소점유길이

구 분	탄성계수 E(tonf/m ²)	터널반경 R(m)	부재길이 l(m)	지반스프링계수 k(tonf/m ²)	부재번호
1	320,000	4.906	0.828	54,020	42~45
2	320,000	7.562	0.820	34,681	46
3	320,000	7.562	0.811	34,315	47~67
4	320,000	7.562	0.854	36,149	68
5	320,000	5.349	0.898	53,698	69~72

라. 작용하중

1) 자중

단위중량 $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

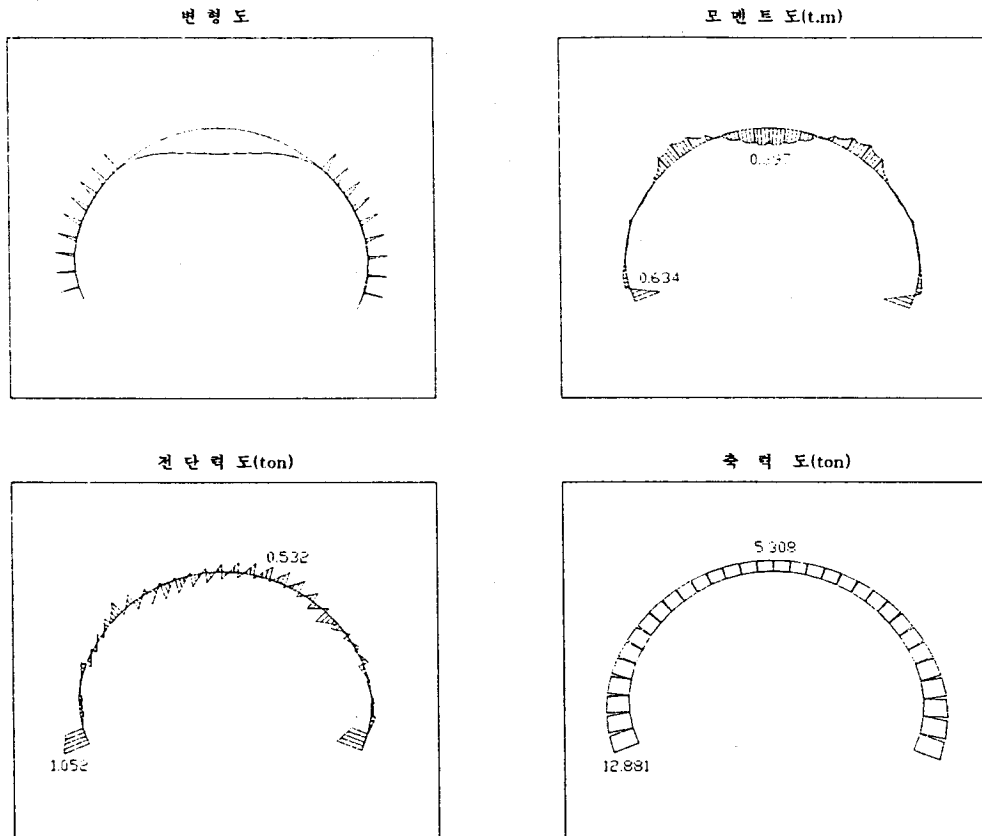
마. 하중조합

CASE 1 = 1.0×자중

바. 구조계산 결과

구 분	모멘트(tonf · m)	축 력(tonf)	전단력(tonf)	비 고
우 각 부	0.634	12.881	1.052	1번 부재
천 정 부	0.397	5.308	0.532	16번 부재

사. 단 면 력 도



아. 단면 검토

1) 1번 부재

$$P = 12.881 \text{ tonf}, \quad M = 0.643 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 1.052 \text{ tonf}$$

$$\text{단면} : A = 0.45 \text{ m}, \quad Z = 0.034 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{12.881}{0.45} + \frac{0.634}{0.034} = 47.272 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{12.881}{0.45} - \frac{0.634}{0.034} = 9.977 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$\therefore f_c = 47.272 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{1.052}{0.45} = 2.34 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 14 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K}$$

2) 16번 부재

$$P = 5.308 \text{ tonf}, \quad M = 0.397 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 0.532 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.35 \text{ m}^2, \quad Z = 0.020 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{5.308}{0.35} + \frac{0.397}{0.020} = 35.016 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{5.308}{0.35} - \frac{0.397}{0.020} = -4.684 \text{ tonf/m}^2 \text{ (인장)}$$

$$\therefore f_c = 35.016 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 120 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K}$$

$$f_t = -4.684 \text{ tonf/m}^2 < f_{ta} = 23 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{0.532}{0.35} = 1.52 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 14 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K}$$

3) 균열검토

$$f_t < 0.6f_{ta} = 13.8 \text{ tonf/m}^2$$

휨모멘트 및 축방향력에 대한 콘크리트의 인장응력이 설계인장강도의 60%보다 작으므로
휨균열에 대한 검토를 하지 않아도 됨.

4) 검토결론

- 발생응력에 대해 검토한 결과 설계기준강도 $f_{ck} = 30 \text{ kgf/cm}^2$ 내에 존재하므로 안정성을 확보함.
- ACI Committee 209에서는 임의시간에서 Con'c 압축강도를 28일 기준으로 다음과 같이 나타내고 있다.

$$f_c'(t) = \frac{t}{(a+bt)} f_c'(28)$$

여기서 $f_c'(28)$: 28일 콘크리트 압축강도

a, b : 시멘트 종류와 양생방법에 따라 결정되는 상수

(보통 Con'c , 습윤양생시 a=4.0, b=0.85)

t : 양생일수

- 탈형시점인 3일후의 Con'c 강도 $f_c'(3) = \frac{3}{(4+0.85 \times 3)} \times 240 = 109.9 \text{ kgf/cm}^2$
- 따라서 거꾸집 탈형시기의 강도를 30 kgf/cm^2 으로 고려할 때 거꾸집 탈형시의 터널 안정성에는 문제가 없는 것으로 판단됨.

자. INPUT 및 OUTPUT

1) INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(거꾸집 탈형시기 검토)

SYSTEM

R=0 L=3

JOINTS

```

73 X=-2.455 Y=-6.549 Z=0
74 X=-2.455 Y=-6.549 Z=-1
1 X=-6.867 Y=-8.695 Z=0 A=73,74, 1, 4, 1, 9.6717
75 X= 0.000 Y=-7.562 Z=0
76 X= 0.000 Y=-7.562 Z=-1
6 X=-6.990 Y=-4.678 Z=0 A=75,76, 6,21, 1, 6.1437
77 X= 2.046 Y=-6.718 Z=0
78 X= 2.046 Y=-6.718 Z=-1
28 X= 6.990 Y=-4.678 Z=0 A=77,78, 28,5, 1, 9.6153
42 X=-8.125 Y=-8.203 Z=0 A=73,74, 42,3, 1, 9.6717
46 X=-7.915 Y=-4.297 Z=0 A=75,76, 46,21,1, 6.1437
68 X= 7.915 Y=-4.297 Z=0 A=77,78, 68,4, 1, 9.6153

```

RESTRAINTS

```

1 33 32 R=1 1 1 1 1 1
2 32 1 R=0 0 1 1 1 0
42 72 1 R=1 1 1 1 1 1

```

FRAME

NM=11 NL=33 Y=-1

```

1 SH=R T=0.450 1.000 E=8.22E5 W=0.450*2.35
2 SH=R T=0.433 1.000 E=8.22E5 W=0.433*2.35
3 SH=R T=0.397 1.000 E=8.22E5 W=0.397*2.35
4 SH=R T=0.371 1.000 E=8.22E5 W=0.371*2.35
5 SH=R T=0.355 1.000 E=8.22E5 W=0.355*2.35
6 SH=R T=0.350 1.000 E=8.22E5 W=0.350*2.35
7 A=1.0 I=1E-6 E= 54020
8 A=1.0 I=1E-6 E= 34681
9 A=1.0 I=1E-6 E= 34315
10 A=1.0 I=1E-6 E= 36149
11 A=1.0 I=1E-6 E= 53698

```

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (발파이완하중) *****

1 WG= 0, -0.5*2.68

C ***** (잔류수압) *****

```

2 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
3 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
4 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
5 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
6 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
7 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
8 TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
9 TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
10 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
11 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
12 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
13 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
14 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
15 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0
16 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
17 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
18 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
19 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
20 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
21 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0
22 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0
23 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
24 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0
25 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
26 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
27 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
28 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
29 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
30 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
31 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0

```

32 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0

33 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C *****

C						Pd	Pv	W
1	1	2	M=1	2	LP=1	NSL= 0	0	2
2	2	3	M=2	3		NSL= 0	0	3
3	3	4	M=3	4		NSL= 0	0	4
4	4	5	M=4	5		NSL= 0	1	5
5	5	6	M=5	6		NSL= 0	1	6
6	6	7	M=6			NSL= 0	1	7
7	7	8	M=6			NSL= 0	1	8
8	8	9	M=6			NSL= 0	1	9
9	9	10	M=6			NSL= 0	1	10
10	10	11	M=6			NSL= 0	1	11
11	11	12	M=6			NSL= 0	1	12
12	12	13	M=6			NSL= 0	1	13
13	13	14	M=6			NSL= 0	1	14
14	14	15	M=6			NSL= 0	1	15
15	15	16	M=6			NSL= 0	1	16
16	16	17	M=6			NSL= 0	1	17
17	17	18	M=6			NSL= 0	1	18
18	18	19	M=6			NSL= 0	1	19
19	19	20	M=6			NSL= 0	1	20
20	20	21	M=6			NSL= 0	1	21
21	21	22	M=6			NSL= 0	1	22
22	22	23	M=6			NSL= 0	1	23
23	23	24	M=6			NSL= 0	1	24
24	24	25	M=6			NSL= 0	1	25
25	25	26	M=6			NSL= 0	1	26
26	26	27	M=6			NSL= 0	1	27
27	27	28	M=6			NSL= 0	1	28
28	28	29	M=6	5		NSL= 0	1	29
29	29	30	M=5	4		NSL= 0	1	30
30	30	31	M=4	3		NSL= 0	0	31
31	31	32	M=3	2		NSL= 0	0	32
32	32	33	M=2	1		NSL= 0	0	33
42	42	2	M=7		LR=1, 1			
43	43	3	M=7		LR=1, 1			
44	44	4	M=7		LR=1, 1			
45	45	5	M=7		LR=1, 1			
46	46	6	M=8		LR=1, 1			
47	47	7	M=9		LR=1, 1			
48	48	8	M=9		LR=1, 1			
49	49	9	M=9		LR=1, 1			
50	50	10	M=9		LR=1, 1			
c 51	51	11	M=9		LR=1, 1			
c 52	52	12	M=9		LR=1, 1			
c 53	53	13	M=9		LR=1, 1			
c 54	54	14	M=9		LR=1, 1			
c 55	55	15	M=9		LR=1, 1			
c 56	56	16	M=9		LR=1, 1			
c 57	57	17	M=9		LR=1, 1			
c 58	58	18	M=9		LR=1, 1			
c 59	59	19	M=9		LR=1, 1			
c 60	60	20	M=9		LR=1, 1			
c 61	61	21	M=9		LR=1, 1			
c 62	62	22	M=9		LR=1, 1			
c 63	63	23	M=9		LR=1, 1			
64	64	24	M=9		LR=1, 1			
65	65	25	M=9		LR=1, 1			
66	66	26	M=9		LR=1, 1			
67	67	27	M=9		LR=1, 1			
68	68	28	M=10		LR=1, 1			
69	69	29	M=11		LR=1, 1			
70	70	30	M=11		LR=1, 1			
71	71	31	M=11		LR=1, 1			
72	72	32	M=11		LR=1, 1			

COMBO

1 C=1.00 0.00 -0.00

2) OUTPUT

PUSAN-ULSAN TUNNEL(거꾸집 탈형 시기 검토)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	DIST END1	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE
1				
1	.000			-12.881
	.000	-1.052	.634	
	.827	-.743	-.107	
	.827			-12.080
2				
1	.000			-12.144
	.000	-.016	-.107	
	.081	.000	-.108	
	.827	.144	-.054	
	.827			-11.353
3				
1	.000			-11.333
	.000	.083	-.054	
	.827	.106	.025	
	.827			-10.587
4				
1	.000			-10.574
	.000	.043	.025	
	.364	.000	.032	
	.827	-.054	.020	
	.827			-9.875
5				
1	.000			-9.878
	.000	.012	.020	
	.049	.000	.020	
	.827	-.195	-.056	
	.827			-9.225
6				
1	.000			-9.211
	.000	.220	-.056	
	.622	.000	.012	
	.810	-.067	.006	
	.810			-8.609
7				
1	.000			-8.604
	.000	.177	.006	
	.411	.000	.043	
	.810	-.172	.008	
	.810			-8.036
8				
1	.000			-8.040
	.000	.115	.008	
	.229	.000	.021	
	.810	-.293	-.064	
	.810			-7.513
9				
1	.000			-7.532
	.000	-.057	-.064	
	.810	-.520	-.298	
	.810			-7.052
10				
1	.000			-7.071
	.000	.166	-.298	
	.263	.000	-.276	
	.810	-.345	-.370	
	.810			-6.643
11				
1	.000			-6.642
	.000	.368	-.370	
	.538	.000	-.272	
	.810	-.186	-.297	
	.810			-6.271
12				
1	.000			-6.255
	.000	.486	-.297	
	.667	.000	-.135	
	.810	-.105	-.143	

13		.810			-5.946
	1	.000			-5.923
		.000	.532	-.143	
		.696	.000	.043	
		.810	-.088	.038	
		.810			-5.679
14					
	1	.000			-5.655
		.000	.520	.038	
		.656	.000	.208	
		.810	-.122	.199	
		.810			-5.479
15					
	1	.000			-5.460
		.000	.465	.199	
		.572	.000	.332	
		.810	-.193	.309	
		.810			-5.354
16					
	1	.000			-5.344
		.000	.381	.309	
		.464	.000	.397	
		.810	-.285	.348	
		.810			-5.308
17					
	1	.000			-5.308
		.000	.285	.348	
		.347	.000	.397	
		.810	-.381	.309	
		.810			-5.344
18					
	1	.000			-5.354
		.000	.193	.309	
		.238	.000	.332	
		.810	-.465	.199	
		.810			-5.461
19					
	1	.000			-5.479
		.000	.122	.199	
		.154	.000	.208	
		.810	-.520	.037	
		.810			-5.655
20					
	1	.000			-5.679
		.000	.088	.037	
		.115	.000	.042	
		.810	-.532	-.143	
		.810			-5.923
21					
	1	.000			-5.946
		.000	.105	-.143	
		.144	.000	-.135	
		.810	-.486	-.297	
		.810			-6.255
22					
	1	.000			-6.271
		.000	.186	-.297	
		.273	.000	-.272	
		.810	-.368	-.370	
		.810			-6.642
23					
	1	.000			-6.643
		.000	.345	-.370	
		.548	.000	-.276	
		.810	-.166	-.298	
		.810			-7.071
24					
	1	.000			-7.052
		.000	.519	-.298	
		.810	.057	-.064	
		.810			-7.532
25					
	1	.000			-7.514
		.000	.292	-.064	
		.579	.000	.020	
		.810	-.117	.007	

26		.810			-8.041
	1	.000			-8.038
		.000	.172	.007	
		.399	.000	.041	
		.810	-.178	.005	
		.810			-8.606
27					
	1	.000			-8.611
		.000	.077	.005	
		.219	.000	.013	
		.810	-.209	-.049	
		.810			-9.213
28					
	1	.000			-9.227
		.000	.187	-.049	
		.746	.000	.021	
		.896	-.038	.018	
		.896			-9.935
29					
	1	.000			-9.932
		.000	.062	.018	
		.528	.000	.035	
		.896	-.044	.027	
		.896			-10.689
30					
	1	.000			-10.699
		.000	-.089	.027	
		.896	-.066	-.043	
		.896			-11.508
31					
	1	.000			-11.527
		.000	-.171	-.043	
		.896	-.001	-.121	
		.896			-12.384
32					
	1	.000			-12.328
		.000	.657	-.121	
		.896	.988	.616	
		.896			-13.197

2.3.2 본선 터널 구간(패턴-Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ,Ⅳ) - 무근검토

가. 설계조건

1) 설계방법 : 허용응력설계법

2) 콘크리트

① 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

$$f_{ca} = 0.40f_{ck} = 96.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{ta} = 0.42\sqrt{f_{ck}} = 6.5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_a = 0.25\sqrt{f_{ck}} = 3.8 \text{ kgf/cm}^2$$

② 탄 성 계 수 : $E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

③ 단 위 중 량 : $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$

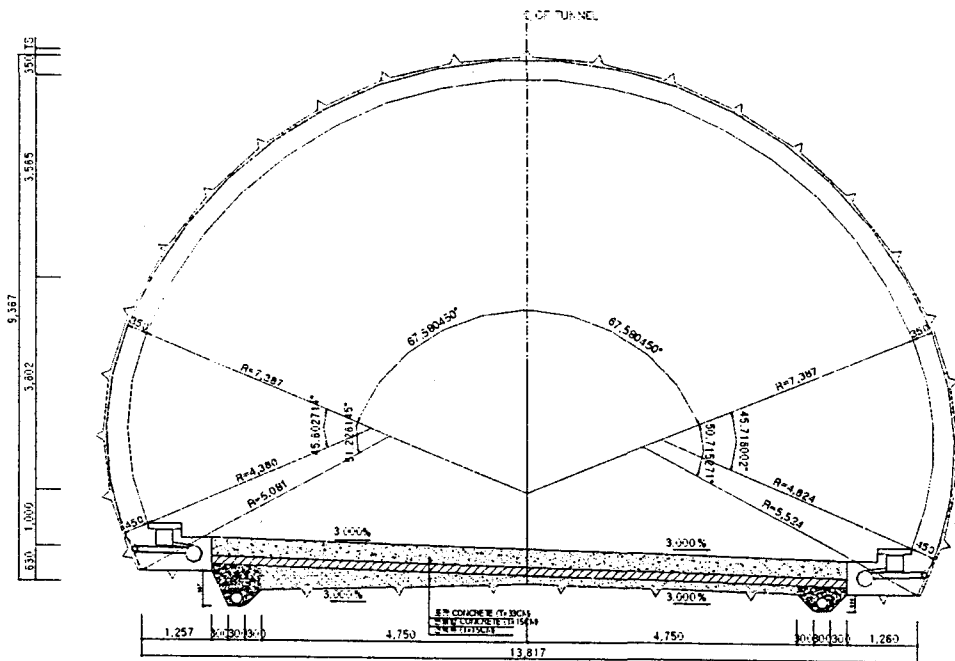
3) 지 반

① 단 위 중 량 : $\gamma_R = 2.68 \text{ tonf/m}^3$

$$\gamma_w = 1.00 \text{ tonf/m}^3$$

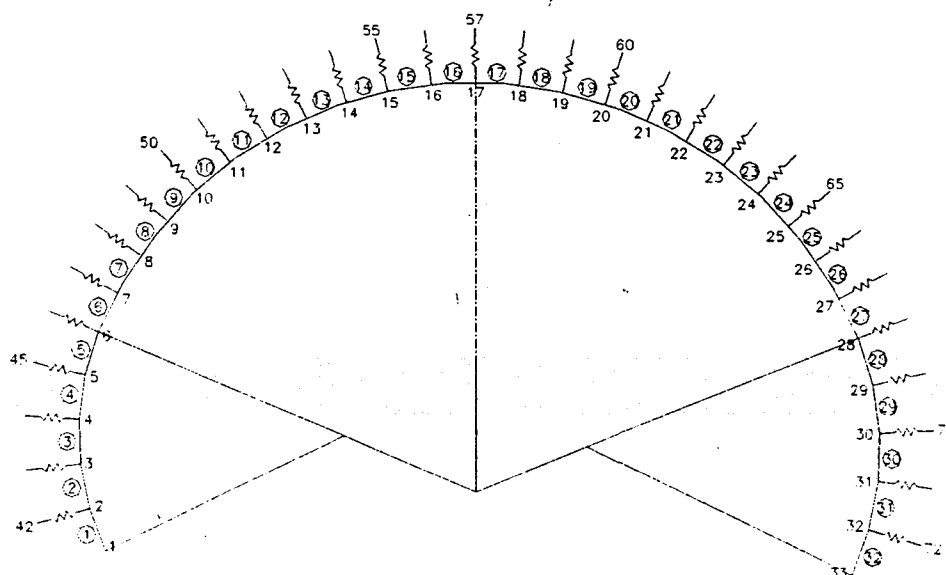
② 탄 성 계 수 : $E_R = 3.20 \times 10^5 \text{ tonf/m}^2$

나. 터널단면



다. 모델링

1) Coordinate



2) 절점좌표

절 점	X(m)	Y(m)	절 점	X(m)	Y(m)
1	-6.867	-8.695	18	0.809	-0.044
2	-7.165	-7.923	19	1.609	-0.174
3	-7.329	-7.112	20	2.391	-0.388
4	-7.354	-6.286	21	3.145	-0.685
5	-7.240	-5.466	22	3.863	-1.061
6	-6.990	-4.678	23	4.536	-1.512
7	-6.641	-3.946	24	5.158	-2.032
8	-6.216	-3.256	25	5.720	-2.616
9	-5.720	-2.616	26	6.216	-3.257
10	-5.157	-2.032	27	6.641	-3.947
11	-4.536	-1.512	28	6.990	-4.678
12	-3.862	-1.061	29	7.261	-5.532
13	-3.145	-0.685	30	7.386	-6.420
14	-2.391	-0.388	31	7.361	-7.316
15	-1.609	-0.174	32	7.186	-8.196
16	-0.809	-0.044	33	6.867	-9.034
17	0.000	0.000			

3) 부재단면

구 분	B(m)	H(m)	A(m ²)	I(m ⁴)	부재번호
1	1.000	0.450	0.450	7.594E-3	1, 32
2	1.000	0.433	0.433	6.765E-3	2, 31
3	1.000	0.397	0.397	5.214E-3	3, 30
4	1.000	0.371	0.371	4.255E-3	4, 29
5	1.000	0.355	0.355	3.728E-3	5, 28
6	1.000	0.350	0.350	3.573E-3	6~27

4) 지반스프링계수

- 내부 라이닝과 지반과의 실제 거동을 고려하기 위하여 모든 인장 스프링 요소는 반복계산을 통하여 제거시킴.

$$k = \frac{E}{R} \times A = \frac{E}{R} \times L \times 1.0$$

여기서,

E : 터널 주변 암반의 탄성계수 (320,000 tonf/m²)

R : 콘크리트 라이닝 반경

L : 요소점유길이

구 분	탄성계수 E(tonf/m ²)	터널반경 R(m)	부재길이 l(m)	지반스프링계수 k(tonf/m ²)	부재번호
1	320,000	4.906	0.828	54,020	42~45
2	320,000	7.562	0.820	34,681	46
3	320,000	7.562	0.811	34,315	47~67
4	320,000	7.562	0.854	36,149	68
5	320,000	5.349	0.898	53,698	69~72

라. 작용하중

1) 자 중

단위중량 $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

2) 암반이완하중

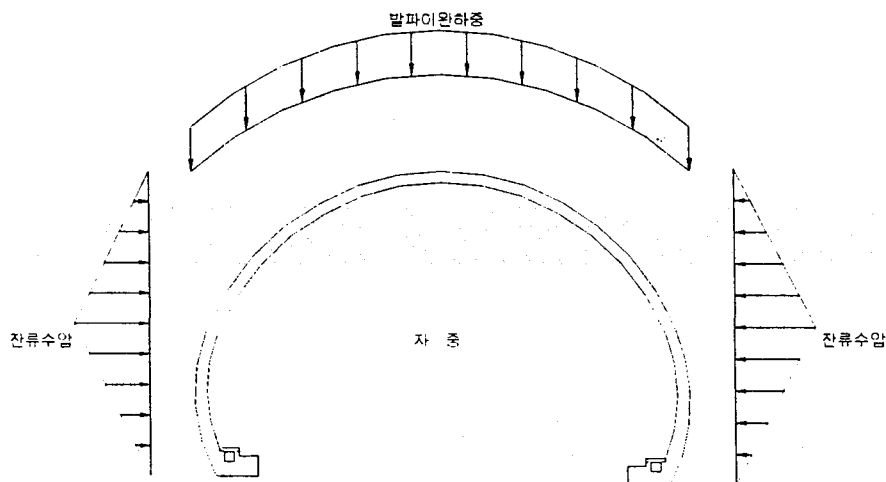
본선터널의 Type I, II, III, IV 주변지반은 연암~경암으로써 장기적인 지반 이완의 우려가 적으므로 발파의 영향을 고려하여 이완하중(0.5m)을 작용하였다

$$P_v = 0.5 \times 2.68 = 1.34 \text{ tonf/m}^2$$

3) 잔류수압

본 터널은 배수형으로서 이론적으로는 수압이 작용하지 않는다. 그러나 유도배수층인 부직포가 시간의 경과에 따라 제 기능을 발휘하지 못할 경우 내부라이닝은 잔류수압을 받게 되므로 다음과 같이 잔류수압을 터널 높이에 적용하였다.

$$Q = 0.5 \times H_t \times \gamma_w = 0.5 \times 9.367 \times 1.0 = 4.684 \text{ tonf/m}^2$$



마. 하중조합

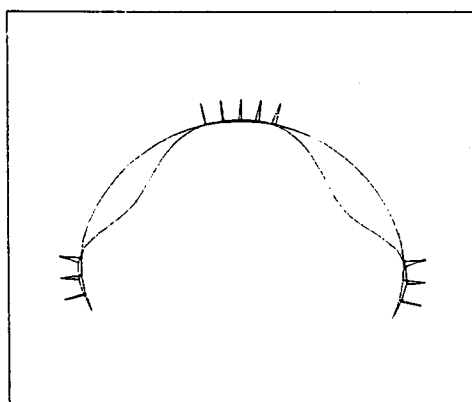
$$\text{CASE 1} = 1.0 \times \text{자 중} + 1.0 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{잔류수압}$$

바. 구조계산 결과

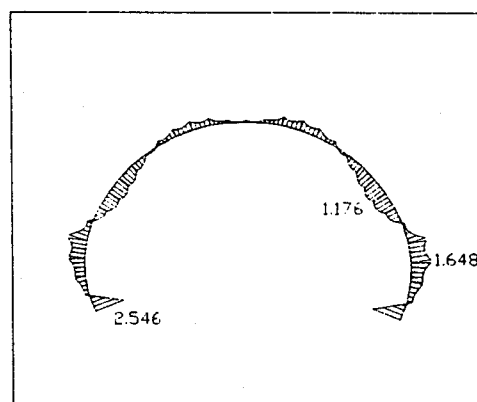
구 분	모멘트(tonf · m)	축 력(tonf)	전단력(tonf)	비 고
우 각 부	2.546	32.368	3.544	1번 부재
측 벽 부	1.648	30.636	3.348	29번 부재
아 치 부	1.176	26.136	1.718	25번 부재

사. 단 면 력 도

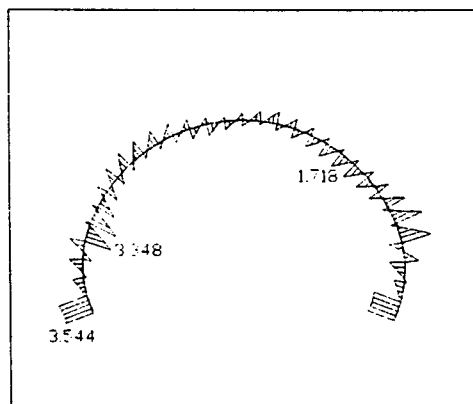
변 형 도



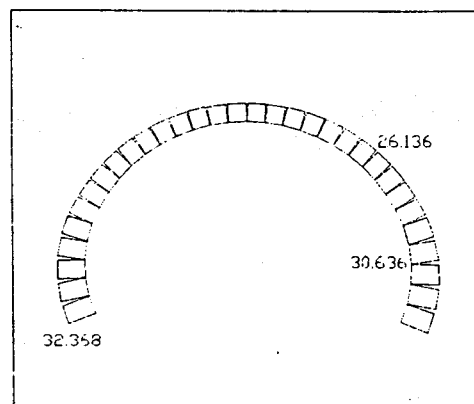
모 멘 트 도(tonf.m)



전 단 력 도(tonf)



축 력 도(tonf)



아. 단면 검토

1) 우각부(1번 부재)

$$P = 32.368 \text{ tonf}, \quad M = 2.546 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 3.544 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.450 \text{ m}, \quad Z = 0.034 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{32.368}{0.450} + \frac{2.546}{0.034} = 146.81 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{32.368}{0.450} - \frac{2.546}{0.034} = -2.95 \text{ tonf/m}^2 \text{ (인장)}$$

$$\therefore \underline{f_c = 146.81 \text{ tonf/m}^2} < \underline{f_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2} \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\underline{f_t = -2.95 \text{ tonf/m}^2} < \underline{f_{ta} = 65 \text{ tonf/m}^2} \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{3.544}{0.450} = 7.876 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 38 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

2) 측벽부(29번 부재)

$$P = 30.636 \text{ tonf}, \quad M = 1.648 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 3.348 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.371 \text{ m}, \quad Z = 0.023 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{30.636}{0.371} + \frac{1.648}{0.023} = 154.23 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{30.636}{0.371} - \frac{1.648}{0.023} = 10.92 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$\therefore \underline{f_c = 154.23 \text{ tonf/m}^2} < \underline{f_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2} \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{3.348}{0.371} = 9.024 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 38 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

3) 아치부(25번 부재)

$$P = 26.136 \text{ tonf}, \quad M = 1.176 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 1.718 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.350 \text{ m}^2, \quad Z = 0.020 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$
$$= \frac{26.136}{0.350} + \frac{1.176}{0.020} = 133.47 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{26.136}{0.350} - \frac{1.176}{0.020} = 15.87 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$\therefore f_c = 133.47 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{1.718}{0.350} = 4.909 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 38 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

4) 균열검토

$$f_t < 0.6f_{ta} = 39 \text{ tcnf/m}^2$$

휨모멘트 및 축방향력에 대한 콘크리트의 인장응력이 설계인장강도의 60%보다 작으므로
휨균열에 대한 검토를 하지 않아도 됨.

자. INPUT 및 OUTPUT

1) INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYEP-1, 2, 3, 4)

SYSTEM

R=0 L=3

JOINTS

73	X=-2.455	Y=-6.549	Z=0	
74	X=-2.455	Y=-6.549	Z=-1	
1	X=-6.867	Y=-8.695	Z=0	A=73, 74, 1, 4, 1, 9.6717
75	X= 0.000	Y=-7.562	Z=0	
76	X= 0.000	Y=-7.562	Z=-1	
6	X=-6.990	Y=-4.678	Z=0	A=75, 76, 6, 21, 1, 6.1437
77	X= 2.046	Y=-6.718	Z=0	
78	X= 2.046	Y=-6.718	Z=-1	
28	X= 6.990	Y=-4.678	Z=0	A=77, 78, 28, 5, 1, 9.6153
42	X=-8.125	Y=-8.203	Z=0	A=73, 74, 42, 3, 1, 9.6717
46	X=-7.915	Y=-4.297	Z=0	A=75, 76, 46, 21, 1, 6.1437
68	X= 7.915	Y=-4.297	Z=0	A=77, 78, 68, 4, 1, 9.6153

RESTRAINTS

1	33	32	R=1	1	1	1	1	1
2	32	1	R=0	0	1	1	1	0
42	72	1	R=1	1	1	1	1	1

FRAME

NM=11 NL=33 Y=-1

1	SH=R	T=0.450	1.000	E=2.32E6	W=0.450*2.35
2	SH=R	T=0.433	1.000	E=2.32E6	W=0.433*2.35
3	SH=R	T=0.397	1.000	E=2.32E6	W=0.397*2.35
4	SH=R	T=0.371	1.000	E=2.32E6	W=0.371*2.35
5	SH=R	T=0.355	1.000	E=2.32E6	W=0.355*2.35
6	SH=R	T=0.350	1.000	E=2.32E6	W=0.350*2.35
7	A=1.0	I=1E-6		E= 54020	
8	A=1.0	I=1E-6		E= 34681	
9	A=1.0	I=1E-6		E= 34315	
10	A=1.0	I=1E-6		E= 36149	
11	A=1.0	I=1E-6		E= 53698	

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (발파이완하중) *****

1 WG= 0, -0.5*2.68

C ***** (잔류수압) *****

2	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
3	TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
4	TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
5	TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
6	TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
7	TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
8	TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
9	TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
10	TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
11	TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
12	TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
13	TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
14	TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
15	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0
16	TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
17	TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
18	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
19	TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
20	TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
21	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0
22	TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0
23	TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
24	TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0
25	TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
26	TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
27	TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
28	TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
29	TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
30	TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
31	TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0

32 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0

33 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C *****

C	Pd	Pv	W
1 1 2 M=1 2 LP=1	NSL= 0	0	2
2 2 3 M=2 3	NSL= 0	0	3
3 3 4 M=3 4	NSL= 0	0	4
4 4 5 M=4 5	NSL= 0	1	5
5 5 6 M=5 6	NSL= 0	1	6
6 6 7 M=6	NSL= 0	1	7
7 7 8 M=6	NSL= 0	1	8
8 8 9 M=6	NSL= 0	1	9
9 9 10 M=6	NSL= 0	1	10
10 10 11 M=6	NSL= 0	1	11
11 11 12 M=6	NSL= 0	1	12
12 12 13 M=6	NSL= 0	1	13
13 13 14 M=6	NSL= 0	1	14
14 14 15 M=6	NSL= 0	1	15
15 15 16 M=6	NSL= 0	1	16
16 16 17 M=6	NSL= 0	1	17
17 17 18 M=6	NSL= 0	1	18
18 18 19 M=6	NSL= 0	1	19
19 19 20 M=6	NSL= 0	1	20
20 20 21 M=6	NSL= 0	1	21
21 21 22 M=6	NSL= 0	1	22
22 22 23 M=6	NSL= 0	1	23
23 23 24 M=6	NSL= 0	1	24
24 24 25 M=6	NSL= 0	1	25
25 25 26 M=6	NSL= 0	1	26
26 26 27 M=6	NSL= 0	1	27
27 27 28 M=6	NSL= 0	1	28
28 28 29 M=6 5	NSL= 0	1	29
29 29 30 M=5 4	NSL= 0	1	30
30 30 31 M=4 3	NSL= 0	0	31
31 31 32 M=3 2	NSL= 0	0	32
32 32 33 M=2 1	NSL= 0	0	33
42 42 2 M=7 LR=1, 1			
43 43 3 M=7 LR=1, 1			
44 44 4 M=7 LR=1, 1			
c 45 45 5 M=7 LR=1, 1			
c 46 46 6 M=8 LR=1, 1			
c 47 47 7 M=9 LR=1, 1			
c 48 48 8 M=9 LR=1, 1			
c 49 49 9 M=9 LR=1, 1			
c 50 50 10 M=9 LR=1, 1			
c 51 51 11 M=9 LR=1, 1			
c 52 52 12 M=9 LR=1, 1			
c 53 53 13 M=9 LR=1, 1			
c 54 54 14 M=9 LR=1, 1			
55 55 15 M=9 LR=1, 1			
56 56 16 M=9 LR=1, 1			
57 57 17 M=9 LR=1, 1			
58 58 18 M=9 LR=1, 1			
59 59 19 M=9 LR=1, 1			
c 60 60 20 M=9 LR=1, 1			
c 61 61 21 M=9 LR=1, 1			
c 62 62 22 M=9 LR=1, 1			
c 63 63 23 M=9 LR=1, 1			
c 64 64 24 M=9 LR=1, 1			
c 65 65 25 M=9 LR=1, 1			
c 66 66 26 M=9 LR=1, 1			
c 67 67 27 M=9 LR=1, 1			
c 68 68 28 M=10 LR=1, 1			
c 69 69 29 M=11 LR=1, 1			
70 70 30 M=11 LR=1, 1			
71 71 31 M=11 LR=1, 1			
72 72 32 M=11 LR=1, 1			

COMBO

1 C=1.00 1.00 1.00

2) OUTPUT

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE 1,2,3,4)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE
			SHEAR	MOMENT	
1 -----					
1	1	.000			-32.368
		.000	-3.466	2.546	
		.827	-3.544	-.299	
		.827			-31.567
2 -----					
2	1	.000			-31.888
		.000	-.250	-.299	
		.827	-1.253	-.866	
		.827			-31.097
3 -----					
3	1	.000			-31.171
		.000	.361	-.866	
		.185	.000	-.832	
		.827	-1.553	-1.306	
		.827			-30.425
4 -----					
4	1	.000			-30.467
		.000	1.043	-1.306	
		.332	.000	-1.130	
		.827	-1.788	-1.561	
		.827			-29.617
5 -----					
5	1	.000			-29.494
		.000	3.228	-1.561	
		.713	.000	-.375	
		.827	-.567	-.408	
		.827			-28.522
6 -----					
6	1	.000			-28.330
		.000	3.348	-.408	
		.672	.000	.695	
		.810	-.637	.650	
		.810			-27.307
7 -----					
7	1	.000			-27.218
		.000	2.289	.650	
		.505	.000	1.219	
		.810	-1.278	1.022	
		.810			-26.166
8 -----					
8	1	.000			-26.152
		.000	1.530	1.022	
		.372	.000	1.303	
		.810	-1.666	.932	
		.810			-25.099
9 -----					
9	1	.000			-25.134
		.000	1.030	.932	
		.276	.000	1.073	
		.810	-1.838	.573	
		.810			-24.111
10 -----					
10	1	.000			-24.169
		.000	.753	.573	
		.223	.000	.656	
		.810	-1.833	.106	
		.810			-23.207
11 -----					
11	1	.000			-23.270
		.000	.661	.106	
		.216	.000	.177	
		.810	-1.686	-.333	
		.810			-22.397
12 -----					
12	1	.000			-22.449
		.000	.721	-.333	
		.259	.000	-.241	

		.810	-1.429	-.641	-21.693
13		.810			
	1	.000			-21.721
		.000	.901	-.641	
		.354	.000	-.483	
		.810	-1.094	-.736	
		.810			-21.107
14					
	1	.000			-21.103
		.000	1.171	-.736	
		.496	.000	-.448	
		.810	-.709	-.560	
		.810			-20.649
15					
	1	.000			-20.616
		.000	1.331	-.560	
		.593	.000	-.168	
		.810	-.474	-.220	
		.810			-20.337
16					
	1	.000			-20.308
		.000	1.024	-.220	
		.468	.000	.019	
		.810	-.743	-.109	
		.810			-20.214
17					
	1	.000			-20.219
		.000	.660	-.109	
		.305	.000	-.008	
		.810	-1.106	-.287	
		.810			-20.313
18					
	1	.000			-20.353
		.000	.374	-.287	
		.172	.000	-.254	
		.810	-1.430	-.708	
		.810			-20.631
19					
	1	.000			-20.667
		.000	.760	-.708	
		.337	.000	-.579	
		.810	-1.120	-.842	
		.810			-21.121
20					
	1	.000			-21.120
		.000	1.147	-.842	
		.478	.000	-.564	
		.810	-.848	-.704	
		.810			-21.734
21					
	1	.000			-21.700
		.000	1.483	-.704	
		.571	.000	-.274	
		.810	-.667	-.353	
		.810			-22.456
22					
	1	.000			-22.398
		.000	1.740	-.353	
		.613	.000	.190	
		.810	-.607	.131	
		.810			-23.271
23					
	1	.000			-23.202
		.000	1.887	.131	
		.604	.000	.712	
		.810	-.698	.641	
		.810			-24.165
24					
	1	.000			-24.101
		.000	1.892	.641	
		.549	.000	1.170	
		.810	-.977	1.044	
		.810			-25.123
25					
	1	.000			-25.084
		.000	1.718	1.044	

		.452	.000	1.438	
		.810	-1.478	1.176	
		.810			-26.136
26		-----			
	1	.000			-26.144
		.000	1.328	1.176	
		.317	.000	1.388	
		.810	-2.240	.844	
		.810			-27.197
27		-----			
	1	.000			-27.280
		.000	.683	.844	
		.148	.000	.895	
		.810	-3.301	-.176	
		.810			-28.304
28		-----			
	1	.000			-28.489
		.000	.609	-.176	
		.122	.000	-.139	
		.896	-3.505	-1.536	
		.896			-29.543
29		-----			
	1	.000			-29.713
		.000	1.479	-1.536	
		.402	.000	-1.244	
		.896	-1.590	-1.648	
		.896			-30.636
30		-----			
	1	.000			-30.614
		.000	1.841	-1.648	
		.773	.000	-.976	
		.896	-.236	-.991	
		.896			-31.423
31		-----			
	1	.000			-31.333
		.000	1.277	-.991	
		.896	.187	-.398	
		.896			-32.190
32		-----			
	1	.000			-31.894
		.000	3.322	-.398	
		.896	3.233	2.476	
		.896			-32.763

2.3.3 본선 터널구간(패턴-V) : 무근 검토

가. 설계조건

1) 설계방법 : 허용응력설계법

2) 콘크리트

① 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

$$f_{ca} = 0.40f_{ck} = 96.0 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_{ta} = 0.42\sqrt{f_{ck}} = 6.5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\tau_a = 0.25\sqrt{f_{ck}} = 3.8 \text{ kgf/cm}^2$$

② 탄 성 계 수 : $E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

③ 단 위 중 량 : $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$

④ 온도 선팽창계수 : $\alpha = 1 \times 10^{-5}$

3) 지 반

① 단 위 중 량 : $\gamma_R = 2.65 \text{ tonf/m}^3$

$$\gamma_w = 1.00 \text{ tonf/m}^3$$

② 탄 성 계 수 : $E_R = 8.50 \times 10^4 \text{ tonf/m}^2$

2) 절점좌표

절 점	X(m)	Y(m)	절 점	X(m)	Y(m)
1	-6.867	-8.695	18	0.809	-0.044
2	-7.165	-7.923	19	1.609	-0.174
3	-7.329	-7.112	20	2.391	-0.388
4	-7.354	-6.286	21	3.145	-0.685
5	-7.240	-5.466	22	3.863	-1.061
6	-6.990	-4.678	23	4.536	-1.512
7	-6.641	-3.946	24	5.158	-2.032
8	-6.216	-3.256	25	5.720	-2.616
9	-5.720	-2.616	26	6.216	-3.257
10	-5.157	-2.032	27	6.641	-3.947
11	-4.536	-1.512	28	6.990	-4.678
12	-3.862	-1.061	29	7.261	-5.532
13	-3.145	-0.685	30	7.386	-6.420
14	-2.391	-0.388	31	7.361	-7.316
15	-1.609	-0.174	32	7.186	-8.196
16	-0.809	-0.044	33	6.867	-9.034
17	0.000	0.000			

3) 부재단면

구 분	B(m)	H(m)	A(m ²)	I(m ⁴)	부재번호
1	1.000	0.450	0.450	7.594E-3	1, 32
2	1.000	0.433	0.433	6.765E-3	2, 31
3	1.000	0.397	0.397	5.214E-3	3, 30
4	1.000	0.371	0.371	4.255E-3	4, 29
5	1.000	0.355	0.355	3.728E-3	5, 28
6	1.000	0.350	0.350	3.573E-3	6~27

4) 지반스프링계수

- 내부 라이닝과 지반과의 실제 거동을 고려하기 위하여 모든 인장 스프링 요소는 반복계산을 통하여 제거시킴.

$$k = \frac{E}{R} \times A = \frac{E}{R} \times L \times 1.0$$

여기서,

E : 터널 주변 암반의 탄성계수 (85,000 tonf/m²)

R : 콘크리트 라이닝 반경

L : 요소점유길이

구 분	탄성계수 E(tonf/m ²)	터널반경 R(m)	부재길이 l(m)	지반스프링계수 k(tonf/m ²)	부재번호
1	85,000	4.906	0.828	14,349	42~45
2	85,000	7.562	0.820	9,212	46
3	85,000	7.562	0.811	9,115	47~67
4	85,000	7.562	0.854	9,602	68
5	85,000	5.349	0.898	14,264	69~72

라. 작용하중

1) 자중

단위중량 $\gamma_c = 2.35 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

2) 암반이완하중

- 수정된 Terzaghi의 암반하중

· 패턴 V, VI 구간을 보통 정도의 블록상, 균열상의 암반상태로 분류하여 적용

$$\begin{aligned}
 H_p &= 0.25B \sim 0.20(B + H_t) \\
 &= 0.25 \times 13.817 \sim 0.2(13.817 + 9.367) \\
 &= 3.45 \sim 4.64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

∴ 암반이완하중고 $H_p = 4.64 \text{ m}$ 를 고려

$$P_v = 4.64 \text{ m} \times 2.65 \text{ tonf/m}^3 = 12.30 \text{ tonf/m}^2$$

3) 온도하중(T)

갱구부 구조물이 외부와 가까워 기상작용에 영향을 받으므로 온도에 대한 영향을 구조해석 단계에서 고려한다.

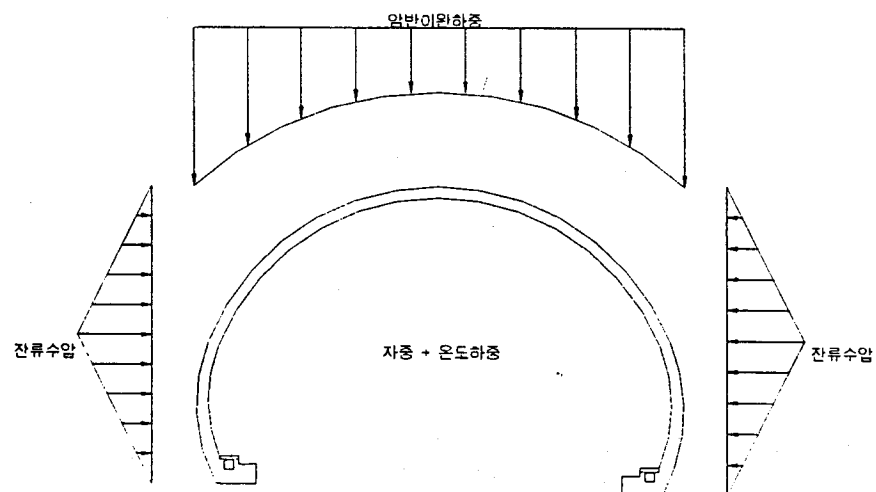
갱구부 콘크리트 라이닝의 내·외측 온도차(Δt)는 $\pm 5^\circ\text{C}$ 를 적용한다.

4) 잔류수압(Q)

본 터널은 배수형으로서 이론적으로는 수압이 작용하지 않는다. 그러나 유도배수층인 부직포가 시간의 경과에 따라 제 기능을 발휘하지 못할 경우 내부라이닝은 잔류수압을 받게 되므로 다음과 같이 잔류수압을 터널 높이에 적용하였다.

$$Q = 0.5 \times H_t \times \gamma_w = 0.5 \times 9.367 \times 1.0 = 4.684 \text{ tonf/m}^2$$

절 점	절점좌표 Y (m)	암반이완하중고 (m)	암반이완하중 (tonf/m ²)	잔류수압 (tonf/m ²)
1,33	-8.695	-	-	0.000
2,32	-7.923	-	-	0.937
3,31	-7.112	-	-	1.874
4,30	-6.286	10.926	28.954	2.811
5,29	-5.466	10.106	26.781	3.747
6,28	-4.678	9.318	24.693	4.684
7,27	-3.946	8.586	22.753	3.946
8,26	-3.256	7.896	20.924	3.256
9,25	-2.616	7.256	19.228	2.616
10,24	-2.032	6.672	17.681	2.032
11,23	-1.512	6.152	16.303	1.512
12,22	-1.061	5.701	15.108	1.061
13,21	-0.685	5.325	14.111	0.685
14,20	-0.388	5.028	13.324	0.388
15,19	-0.174	4.814	12.757	0.174
16,18	-0.044	4.684	12.413	0.044
17	0.000	4.640	12.296	0.000



마. 하중조합

$$\text{CASE 1} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(+5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{CASE 2} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(-5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{CASE 3} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(+5^{\circ}\text{C}) + 1.0 \times \text{잔류수압}$$

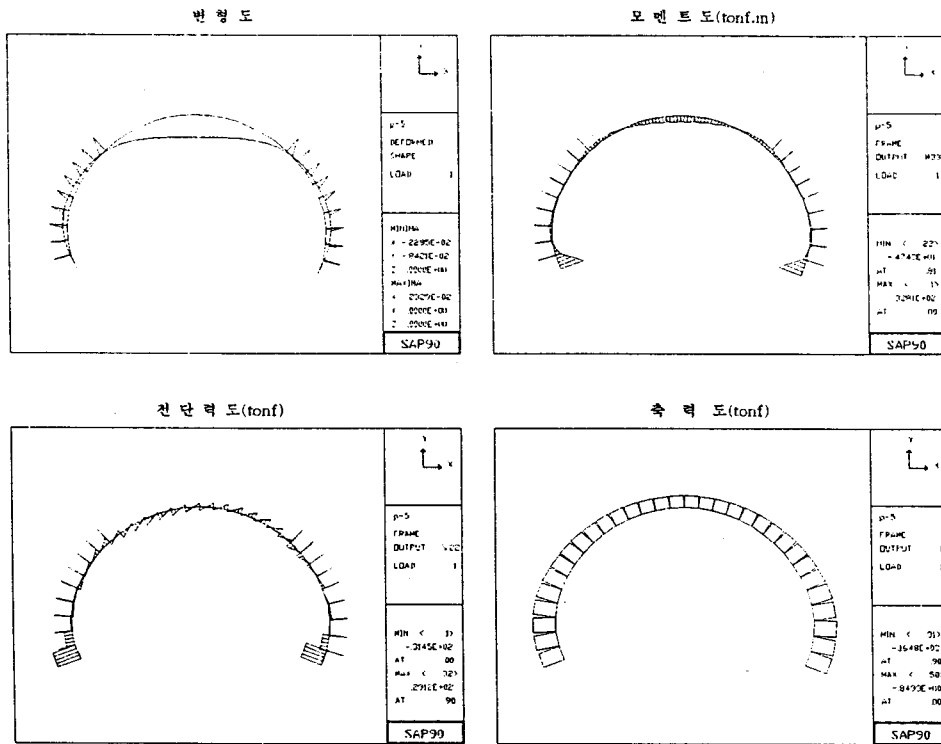
$$\text{CASE 4} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(-5^{\circ}\text{C}) + 1.0 \times \text{잔류수압}$$

바. 구조계산 결과

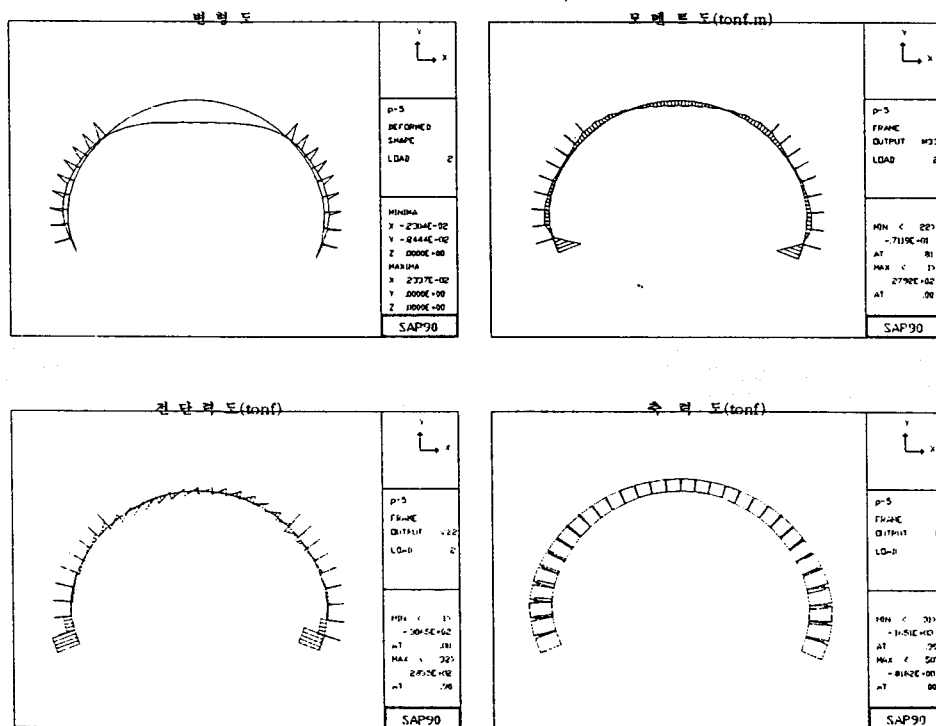
구 분	모멘트(tonf · m)	축 력(tonf)	전단력(tonf)	비 고
측벽부	6.92	163.53	11.23	
아치부	7.12	109.81	8.95	
천정부	8.59	87.09	6.03	

사. 단 면 력 도

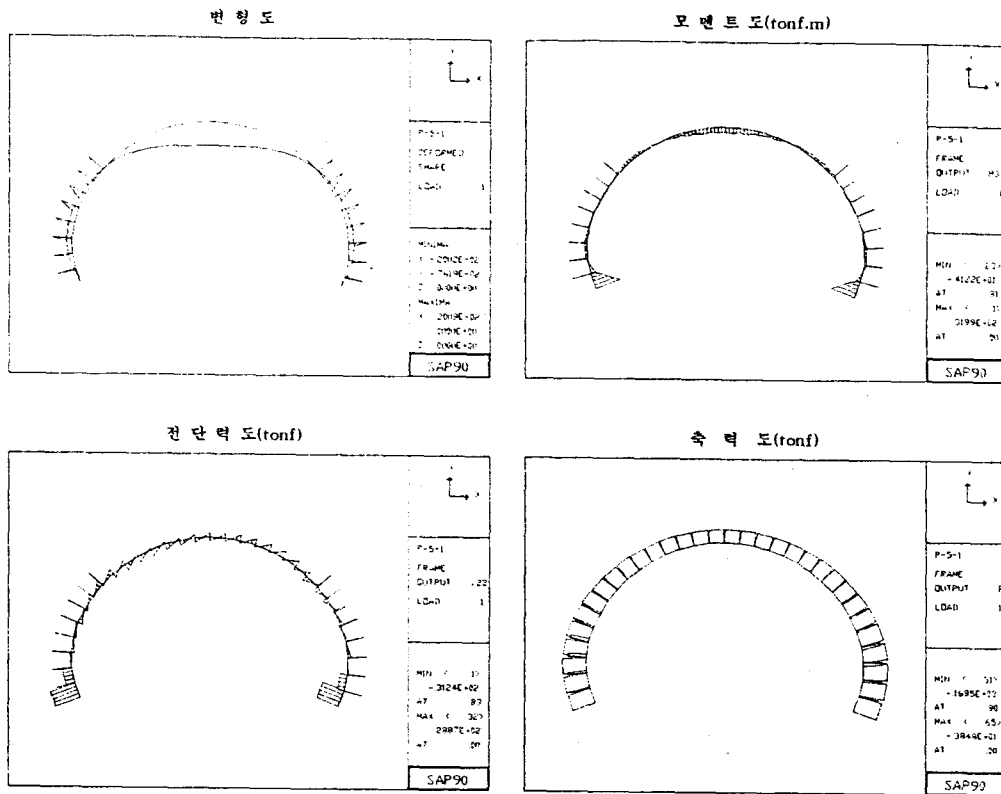
1) CASE 1 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(+5℃)



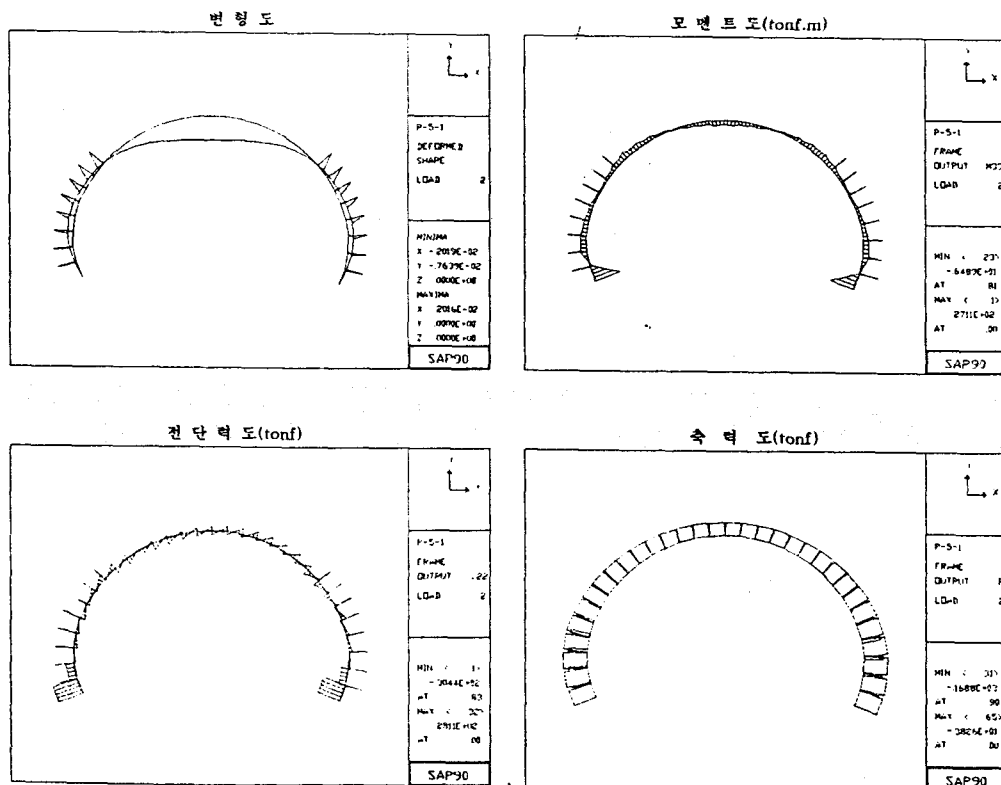
2) CASE 2 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(-5℃)



3) CASE 3 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(+5℃) + 1.0×잔류수압



4) CASE 4 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(-5℃) + 1.0×잔류수압



아. 단면 검토(무근)

1) 측벽부(2번 부재)

$$P = 163.53 \text{ tonf}, \quad M = 6.92 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 11.23 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.433 \text{ m}, \quad Z = 0.031 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{163.53}{0.433} + \frac{6.92}{0.031} = 600.89 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{163.53}{0.433} - \frac{6.92}{0.031} = 154.44 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$\therefore f_c = 600.89 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{11.23}{0.433} = 25.94 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 38 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

2) 아치부(22번 부재)

$$P = 109.81 \text{ tonf}, \quad M = 7.12 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 8.95 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.350 \text{ m}, \quad Z = 0.020 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{109.81}{0.350} + \frac{7.12}{0.020} = 669.74 \text{ tonf/m}^2 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{109.81}{0.350} - \frac{7.12}{0.020} = -42.26 \text{ tonf/m}^2 \text{ (인장)}$$

$$\therefore f_c = 669.74 \text{ tonf/m}^2 < f_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$f_t = 42.26 \text{ tonf/m}^2 < f_{ta} = 65 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{8.95}{0.350} = 25.57 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 38 \text{ tonf/m}^2 \quad \underline{\text{O.K}}$$

3) 천정부(16번 부재)

$$P = 87.09 \text{ tonf}, \quad M = 8.59 \text{ tonf} \cdot \text{m}, \quad V = 6.03 \text{ tonf}$$

$$\text{단 면 : } A = 0.350 \text{ m}, \quad Z = 0.020 \text{ m}^3$$

$$f = \frac{P}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{87.09}{0.350} + \frac{8.59}{0.020} = 678.33 \text{ tonf/m}^3 \text{ (압축)}$$

$$= \frac{87.09}{0.350} - \frac{8.59}{0.020} = -180.67 \text{ tonf/m}^3 \text{ (인장)}$$

$$\therefore f_c = 678.33 \text{ tonf/m}^3 < f_{ca} = 960 \text{ tonf/m}^3 \quad \text{O.K}$$

$$f_t = 180.67 \text{ tonf/m}^3 > f_{ta} = 65 \text{ tonf/m}^3 \quad \text{N.G}$$

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{6.03}{0.350} = 17.23 \text{ tonf/m}^2 < \tau_a = 38 \text{ tonf/m}^2 \quad \text{O.K}$$

자. 검토결과

단면검토결과 인장응력이 허용응력을 초과하여 발생하므로 철근을 보강하여 인장응력에 저항하도록 하여야 함. 그러므로 패턴-V를 철근보강콘크리트로 설계함.

차. INPUT 및 OUTPUT

1) CASE 1, CASE 2

□ INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-5)

SYSTEM

R=0 L=6

JOINTS

```

73 X=-2.455 Y=-6.549 Z=0
74 X=-2.455 Y=-6.549 Z=-1
1 X=-6.867 Y=-8.695 Z=0 A=73,74, 1, 4, 1, 9.6717
75 X= 0.000 Y=-7.562 Z=0
76 X= 0.000 Y=-7.562 Z=-1
6 X=-6.990 Y=-4.678 Z=0 A=75,76, 6,21, 1, 6.1437
77 X= 2.046 Y=-6.718 Z=0
78 X= 2.046 Y=-6.718 Z=-1
28 X= 6.990 Y=-4.678 Z=0 A=77,78, 28,5, 1, 9.6153
42 X=-8.125 Y=-8.203 Z=0 A=73,74, 42,3, 1, 9.6717
46 X=-7.915 Y=-4.297 Z=0 A=75,76, 46,21,1, 6.1437
68 X= 7.915 Y=-4.297 Z=0 A=77,78, 68,4, 1, 9.6153
    
```

RESTRAINTS

```

1 33 32 R=1 1 1 1 1 1
2 32 1 R=0 0 1 1 1 0
42 72 1 R=1 1 1 1 1 1
    
```

FRAME

NM=11 NL=48 Y=-1

```

1 SH=R T=0.450 1.000 E=2.32E6 W=0.450*2.35 TC=1E-5
2 SH=R T=0.433 1.000 E=2.32E6 W=0.433*2.35 TC=1E-5
3 SH=R T=0.397 1.000 E=2.32E6 W=0.397*2.35 TC=1E-5
4 SH=R T=0.371 1.000 E=2.32E6 W=0.371*2.35 TC=1E-5
5 SH=R T=0.355 1.000 E=2.32E6 W=0.355*2.35 TC=1E-5
6 SH=R T=0.350 1.000 E=2.32E6 W=0.350*2.35 TC=1E-5
7 A=1.0 I=1E-6 E= 14349
8 A=1.0 I=1E-6 E= 9212
9 A=1.0 I=1E-6 E= 9115
10 A=1.0 I=1E-6 E= 9602
11 A=1.0 I=1E-6 E= 14264
    
```

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (암반이완하중) *****

```

1 WG= 0, -4.640*2.65
2 WG= 0, -6.286*2.65
3 WG= 0, -5.466*2.65
4 WG= 0, -4.678*2.65
5 WG= 0, -3.946*2.65
6 WG= 0, -3.256*2.65
7 WG= 0, -2.616*2.65
8 WG= 0, -2.032*2.65
9 WG= 0, -1.512*2.65
10 WG= 0, -1.061*2.65
11 WG= 0, -0.685*2.65
12 WG= 0, -0.388*2.65
13 WG= 0, -0.174*2.65
14 WG= 0, -0.044*2.65
    
```

C ***** (온도하중) *****

```

15 T=0, 5/0.35
16 T=0, -5/0.35
    
```

C ***** (잔류수압) *****

```

17 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
18 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
19 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
20 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
21 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
22 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
23 TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
24 TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
25 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
26 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
27 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
    
```

28 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
 29 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
 30 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0
 31 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
 32 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
 33 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
 34 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
 35 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
 36 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0
 37 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0
 38 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
 39 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0
 40 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
 41 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
 42 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
 43 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
 44 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
 45 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
 46 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0
 47 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0
 48 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W
1 1 2 M=1 2 LP=1	NSL= 0	0	0	15	16	17
2 2 3 M=2 3	NSL= 0	0	0	15	16	18
3 3 4 M=3 4	NSL= 0	0	0	15	16	19
4 4 5 M=4 5	NSL= 0	1	2	15	16	20
5 5 6 M=5 6	NSL= 0	1	3	15	16	21
6 6 7 M=6	NSL= 0	1	4	15	16	22
7 7 8 M=6	NSL= 0	1	5	15	16	23
8 8 9 M=6	NSL= 0	1	6	15	16	24
9 9 10 M=6	NSL= 0	1	7	15	16	25
10 10 11 M=6	NSL= 0	1	8	15	16	26
11 11 12 M=6	NSL= 0	1	9	15	16	27
12 12 13 M=6	NSL= 0	1	10	15	16	28
13 13 14 M=6	NSL= 0	1	11	15	16	29
14 14 15 M=6	NSL= 0	1	12	15	16	30
15 15 16 M=6	NSL= 0	1	13	15	16	31
16 16 17 M=6	NSL= 0	1	14	15	16	32
17 17 18 M=6	NSL= 0	1	14	15	16	33
18 18 19 M=6	NSL= 0	1	13	15	16	34
19 19 20 M=6	NSL= 0	1	12	15	16	35
20 20 21 M=6	NSL= 0	1	11	15	16	36
21 21 22 M=6	NSL= 0	1	10	15	16	37
22 22 23 M=6	NSL= 0	1	9	15	16	38
23 23 24 M=6	NSL= 0	1	8	15	16	39
24 24 25 M=6	NSL= 0	1	7	15	16	40
25 25 26 M=6	NSL= 0	1	6	15	16	41
26 26 27 M=6	NSL= 0	1	5	15	16	42
27 27 28 M=6	NSL= 0	1	4	15	16	43
28 28 29 M=6 5	NSL= 0	1	3	15	16	44
29 29 30 M=5 4	NSL= 0	1	2	15	16	45
30 30 31 M=4 3	NSL= 0	0	0	15	16	46
31 31 32 M=3 2	NSL= 0	0	0	15	16	47
32 32 33 M=2 1	NSL= 0	0	0	15	16	48
42 42 2 M=7 LR=1, 1						
43 43 3 M=7 LR=1, 1						
44 44 4 M=7 LR=1, 1						
45 45 5 M=7 LR=1, 1						
46 46 6 M=8 LR=1, 1						
47 47 7 M=9 LR=1, 1						
48 48 8 M=9 LR=1, 1						
49 49 9 M=9 LR=1, 1						
50 50 10 M=9 LR=1, 1						
c 51 51 11 M=9 LR=1, 1						
c 52 52 12 M=9 LR=1, 1						
c 53 53 13 M=9 LR=1, 1						
c 54 54 14 M=9 LR=1, 1						
c 55 55 15 M=9 LR=1, 1						
c 56 56 16 M=9 LR=1, 1						
c 57 57 17 M=9 LR=1, 1						
c 58 58 18 M=9 LR=1, 1						
c 59 59 19 M=9 LR=1, 1						

c	60	60	20	M=9	LR=1, 1
c	61	61	21	M=9	LR=1, 1
c	62	62	22	M=9	LR=1, 1
c	63	63	23	M=9	LR=1, 1
	64	64	24	M=9	LR=1, 1
	65	65	25	M=9	LR=1, 1
	66	66	26	M=9	LR=1, 1
	67	67	27	M=9	LR=1, 1
	68	68	28	M=10	LR=1, 1
	69	69	29	M=11	LR=1, 1
	70	70	30	M=11	LR=1, 1
	71	71	31	M=11	LR=1, 1
	72	72	32	M=11	LR=1, 1

COMBO

C		Pd	Pv	Pv	T	T	W
1	C=1.00	1.00	1.00	1.00	1.0	0.0	0.0
2	C=1.00	1.00	1.00	1.00	0.0	1.0	0.0

2 OUTPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-5)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST END1	1-2 PLANE		AXIAL FORCE
			SHEAR	MOMENT	
1					
	1	.000			-160.768
		.000	-31.454	32.809	
		.827	-31.145	6.919	
		.827			-159.967
	2	.000			-161.202
		.000	-30.653	27.924	
		.827	-30.344	2.696	
		.827			-160.401
2					
	1	.000			-163.529
		.000	-10.990	6.919	
		.827	-10.831	-2.105	
		.827			-162.738
	2	.000			-163.824
		.000	-10.153	2.696	
		.827	-9.993	-5.635	
		.827			-163.033
3					
	1	.000			-163.722
		.000	-.893	-2.105	
		.827	-.870	-2.834	
		.827			-162.976
	2	.000			-163.886
		.000	-.178	-5.635	
		.827	-.155	-5.773	
		.827			-163.140
4					
	1	.000			-162.876
		.000	1.932	-2.834	
		.827	1.381	-1.464	
		.827			-158.911
	2	.000			-162.940
		.000	2.397	-5.773	
		.827	1.846	-4.018	
		.827			-158.975
5					
	1	.000			-158.663
		.000	1.487	-1.464	
		.550	.001	-1.056	
		.827	-.749	-1.159	
		.827			-151.622
	2	.000			-158.671
		.000	1.681	-4.018	
		.621	.001	-3.496	
		.827	-.555	-3.553	
		.827			-151.630
6					
	1	.000			-151.151
		.000	4.242	-1.159	
		.810	.248	.660	
		.810			-142.775
	2	.000			-151.139
		.000	4.307	-3.553	
		.810	.313	-1.681	
		.810			-142.763
7					
	1	.000			-142.652
		.000	2.182	.660	
		.326	.000	1.016	
		.810	-3.241	.231	
		.810			-133.850

2	.000		-142.637
	.000	2.179	-1.681
	.326	.000	-1.326
	.810	-3.244	-2.112
	.810		-133.835

8 1	.000		-133.994
	.000	.681	.231
	.081	.000	.259
	.810	-6.092	-1.962
	.810		-125.256
2	.000		-133.980
	.000	.654	-2.112
	.078	.000	-2.086
	.810	-6.119	-4.326
	.810		-125.243

9 1	.000		-125.553
	.000	.638	-1.962
	.065	.000	-1.941
	.810	-7.323	-4.671
	.810		-117.286
2	.000		-125.542
	.000	.616	-4.326
	.063	.000	-4.307
	.810	-7.345	-7.053
	.810		-117.276

10 1	.000		-117.443
	.000	4.423	-4.671
	.401	.000	-3.784
	.810	-4.513	-4.708
	.810		-109.962
2	.000		-117.433
	.000	4.431	-7.053
	.402	.000	-6.163
	.810	-4.505	-7.083
	.810		-109.952

11 1	.000		-109.813
	.000	7.281	-4.708
	.610	.000	-2.488
	.810	-2.399	-2.729
	.810		-103.336
2	.000		-109.803
	.000	7.288	-7.083
	.610	.000	-4.859
	.810	-2.392	-5.099
	.810		-103.325

12 1	.000		-102.999
	.000	8.674	-2.729
	.689	.000	.261
	.810	-1.524	.168
	.810		-97.658
2	.000		-102.988
	.000	8.680	-5.099
	.690	.000	-2.105
	.810	-1.518	-2.196
	.810		-97.646

13 1	.000		-97.260
	.000	8.937	.168
	.688	.000	3.245
	.810	-1.583	3.148
	.810		-93.115
2	.000		-97.248
	.000	8.941	-2.196
	.689	.000	.883
	.810	-1.579	.787
	.810		-93.103

14					
	1	.000			-92.750
		.000	8.391	3.148	
		.637	.000	5.819	
		.810	-2.292	5.619	
		.810			-89.816
	2	.000			-92.738
		.000	8.395	.787	
		.637	.000	3.460	
		.810	-2.289	3.261	
		.810			-89.803
15					
	1	.000			-89.545
		.000	7.333	5.619	
		.554	.000	7.650	
		.810	-3.398	7.214	
		.810			-87.804
	2	.000			-89.533
		.000	7.335	3.261	
		.554	.000	5.293	
		.810	-3.396	4.857	
		.810			-87.792
16					
	1	.000			-87.664
		.000	6.018	7.214	
		.456	.000	8.586	
		.810	-4.678	7.757	
		.810			-87.090
	2	.000			-87.651
		.000	6.019	4.857	
		.456	.000	6.229	
		.810	-4.677	5.400	
		.810			-87.077
17					
	1	.000			-87.090
		.000	4.669	7.757	
		.354	.000	8.583	
		.810	-6.027	7.207	
		.810			-87.665
	2	.000			-87.078
		.000	4.669	5.400	
		.354	.000	6.226	
		.810	-6.028	4.850	
		.810			-87.652
18					
	1	.000			-87.806
		.000	3.390	7.207	
		.256	.000	7.640	
		.810	-7.341	5.605	
		.810			-89.548
	2	.000			-87.793
		.000	3.388	4.850	
		.256	.000	5.283	
		.810	-7.344	3.247	
		.810			-89.535
19					
	1	.000			-89.819
		.000	2.284	5.605	
		.173	.000	5.803	
		.810	-8.399	3.128	
		.810			-92.754
	2	.000			-89.807
		.000	2.281	3.247	
		.173	.000	3.444	
		.810	-8.403	.766	
		.810			-92.741
20					
	1	.000			-93.120
		.000	1.576	3.128	
		.121	.000	3.223	
		.810	-8.944	.142	

		.810		-97.265
	2	.000		-93.108
		.000	1.571	.766
		.121	.000	.861
		.810	-8.948	-2.223
		.810		-97.253
21				
	1	.000		-97.663
		.000	1.517	.142
		.121	.000	.234
		.810	-8.680	-2.761
		.810		-103.005
	2	.000		-97.652
		.000	1.511	-2.223
		.120	.000	-2.132
		.810	-8.687	-5.131
		.810		-102.994
22				
	1	.000		-103.343
		.000	2.393	-2.761
		.200	.000	-2.521
		.810	-7.286	-4.743
		.810		-109.820
	2	.000		-103.332
		.000	2.386	-5.131
		.200	.000	-4.892
		.810	-7.293	-7.119
		.810		-109.809
23				
	1	.000		-109.969
		.000	4.509	-4.743
		.409	.000	-3.821
		.810	-4.427	-4.710
		.810		-117.450
	2	.000		-109.959
		.000	4.501	-7.119
		.408	.000	-6.201
		.810	-4.435	-7.093
		.810		-117.440
24				
	1	.000		-117.296
		.000	7.299	-4.710
		.743	.000	-1.998
		.810	-.661	-2.020
		.810		-125.562
	2	.000		-117.286
		.000	7.320	-7.093
		.745	.000	-4.365
		.810	-.641	-4.386
		.810		-125.552
25				
	1	.000		-125.273
		.000	6.132	-2.020
		.734	.000	.230
		.810	-.640	.206
		.810		-134.010
	2	.000		-125.260
		.000	6.158	-4.386
		.737	.000	-2.117
		.810	-.614	-2.139
		.810		-133.997
26				
	1	.000		-133.865
		.000	3.465	.206
		.518	.000	1.103
		.810	-1.957	.817
		.810		-142.667
	2	.000		-133.850
		.000	3.471	-2.139
		.519	.000	-1.239

		.810	-1.951	-1.523	
		.810		-142.652	
27					
	1	.000		-142.764	
		.000	.279	.817	
		.057	.000	.825	
		.810	-3.713	-.574	
		.810		-151.137	
	2	.000		-142.752	
		.000	.226	-1.523	
		.046	.000	-1.518	
		.810	-3.766	-2.957	
		.810		-151.125	
28					
	1	.000		-151.568	
		.000	.880	-.574	
		.326	-.000	-.430	
		.896	-1.543	-.870	
		.896		-159.201	
	2	.000		-151.573	
		.000	.706	-2.957	
		.261	-.000	-2.865	
		.896	-1.717	-3.410	
		.896		-159.206	
29					
	1	.000		-159.443	
		.000	-1.532	-.870	
		.896	-2.142	-2.517	
		.896		-163.777	
	2	.000		-159.499	
		.000	-1.962	-3.410	
		.896	-2.571	-5.442	
		.896		-163.833	
30					
	1	.000		-163.941	
		.000	-.004	-2.517	
		.150	.000	-2.517	
		.896	.019	-2.510	
		.896		-164.750	
	2	.000		-164.090	
		.000	-.678	-5.442	
		.896	-.655	-6.040	
		.896		-164.899	
31					
	1	.000		-163.983	
		.000	8.968	-2.510	
		.896	9.138	5.605	
		.896		-164.840	
	2	.000		-164.255	
		.000	8.171	-6.040	
		.896	8.341	1.360	
		.896		-165.113	
32					
	1	.000		-161.646	
		.000	28.785	5.605	
		.896	29.116	31.558	
		.896		-162.515	
	2	.000		-162.049	
		.000	28.024	1.360	
		.896	28.355	26.631	
		.896		-162.918	

2) CASE 3, CASE 4

① INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-5-1)

SYSTEM

R=0 L=6

JOINTS

73	X=-2.455	Y=-6.549	Z=0	
74	X=-2.455	Y=-6.549	Z=-1	
1	X=-6.867	Y=-8.695	Z=0	A=73, 74, 1, 4, 1, 9.6717
75	X= 0.000	Y=-7.562	Z=0	
76	X= 0.000	Y=-7.562	Z=-1	
6	X=-6.990	Y=-4.678	Z=0	A=75, 76, 6, 21, 1, 6.1437
77	X= 2.046	Y=-6.718	Z=0	
78	X= 2.046	Y=-6.718	Z=-1	
28	X= 6.990	Y=-4.678	Z=0	A=77, 78, 28, 5, 1, 9.6153
42	X=-8.125	Y=-8.203	Z=0	A=73, 74, 42, 3, 1, 9.6717
46	X=-7.915	Y=-4.297	Z=0	A=75, 76, 46, 21, 1, 6.1437
68	X= 7.915	Y=-4.297	Z=0	A=77, 78, 68, 4, 1, 9.6153

RESTRAINTS

1	33	32	R=1	1	1	1	1	1
2	32	1	R=0	0	1	1	1	0
42	72	1	R=1	1	1	1	1	1

FRAME

NM=11	NL=48	Y=-1			
1	SH=R	T=0.450	1.000	E=2.32E6	W=0.450*2.35 TC=1E-5
2	SH=R	T=0.433	1.000	E=2.32E6	W=0.433*2.35 TC=1E-5
3	SH=R	T=0.397	1.000	E=2.32E6	W=0.397*2.35 TC=1E-5
4	SH=R	T=0.371	1.000	E=2.32E6	W=0.371*2.35 TC=1E-5
5	SH=R	T=0.355	1.000	E=2.32E6	W=0.355*2.35 TC=1E-5
6	SH=R	T=0.350	1.000	E=2.32E6	W=0.350*2.35 TC=1E-5
7	A=1.0	I=1E-6	E= 14349		
8	A=1.0	I=1E-6	E= 9212		
9	A=1.0	I=1E-6	E= 9115		
10	A=1.0	I=1E-6	E= 9602		
11	A=1.0	I=1E-6	E= 14264		

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (암반이완하중) *****

1	WG= 0, -4.640*2.65
2	WG= 0, -6.286*2.65
3	WG= 0, -5.466*2.65
4	WG= 0, -4.678*2.65
5	WG= 0, -3.946*2.65
6	WG= 0, -3.256*2.65
7	WG= 0, -2.616*2.65
8	WG= 0, -2.032*2.65
9	WG= 0, -1.512*2.65
10	WG= 0, -1.061*2.65
11	WG= 0, -0.685*2.65
12	WG= 0, -0.388*2.65
13	WG= 0, -0.174*2.65
14	WG= 0, -0.044*2.65

C ***** (온도하중) *****

15	T=0, 5/0.35
16	T=0, -5/0.35

C ***** (잔류수압) *****

17	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
18	TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
19	TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
20	TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
21	TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
22	TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
23	TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
24	TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
25	TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
26	TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
27	TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
28	TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
29	TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
30	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0

31 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
 32 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
 33 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
 34 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
 35 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
 36 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0
 37 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0
 38 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
 39 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0
 40 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
 41 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
 42 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
 43 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
 44 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
 45 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
 46 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0
 47 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0
 48 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W
1 1 2 M=1 2 LP=1	NSL= 0	0	0	15	16	17
2 2 3 M=2 3	NSL= 0	0	0	15	16	18
3 3 4 M=3 4	NSL= 0	0	0	15	16	19
4 4 5 M=4 5	NSL= 0	1	2	15	16	20
5 5 6 M=5 6	NSL= 0	1	3	15	16	21
6 6 7 M=6	NSL= 0	1	4	15	16	22
7 7 8 M=6	NSL= 0	1	5	15	16	23
8 8 9 M=6	NSL= 0	1	6	15	16	24
9 9 10 M=6	NSL= 0	1	7	15	16	25
10 10 11 M=6	NSL= 0	1	8	15	16	26
11 11 12 M=6	NSL= 0	1	9	15	16	27
12 12 13 M=6	NSL= 0	1	10	15	16	28
13 13 14 M=6	NSL= 0	1	11	15	16	29
14 14 15 M=6	NSL= 0	1	12	15	16	30
15 15 16 M=6	NSL= 0	1	13	15	16	31
16 16 17 M=6	NSL= 0	1	14	15	16	32
17 17 18 M=6	NSL= 0	1	14	15	16	33
18 18 19 M=6	NSL= 0	1	13	15	16	34
19 19 20 M=6	NSL= 0	1	12	15	16	35
20 20 21 M=6	NSL= 0	1	11	15	16	36
21 21 22 M=6	NSL= 0	1	10	15	16	37
22 22 23 M=6	NSL= 0	1	9	15	16	38
23 23 24 M=6	NSL= 0	1	8	15	16	39
24 24 25 M=6	NSL= 0	1	7	15	16	40
25 25 26 M=6	NSL= 0	1	6	15	16	41
26 26 27 M=6	NSL= 0	1	5	15	16	42
27 27 28 M=6	NSL= 0	1	4	15	16	43
28 28 29 M=6 5	NSL= 0	1	3	15	16	44
29 29 30 M=5 4	NSL= 0	1	2	15	16	45
30 30 31 M=4 3	NSL= 0	0	0	15	16	46
31 31 32 M=3 2	NSL= 0	0	0	15	16	47
32 32 33 M=2 1	NSL= 0	0	0	15	16	48
42 42 2 M=7 LR=1, 1						
43 43 3 M=7 LR=1, 1						
44 44 4 M=7 LR=1, 1						
45 45 5 M=7 LR=1, 1						
46 46 6 M=8 LR=1, 1						
47 47 7 M=9 LR=1, 1						
48 48 8 M=9 LR=1, 1						
49 49 9 M=9 LR=1, 1						
c 50 50 10 M=9 LR=1, 1						
c 51 51 11 M=9 LR=1, 1						
c 52 52 12 M=9 LR=1, 1						
c 53 53 13 M=9 LR=1, 1						
c 54 54 14 M=9 LR=1, 1						
c 55 55 15 M=9 LR=1, 1						
c 56 56 16 M=9 LR=1, 1						
c 57 57 17 M=9 LR=1, 1						
c 58 58 18 M=9 LR=1, 1						
c 59 59 19 M=9 LR=1, 1						
c 60 60 20 M=9 LR=1, 1						
c 61 61 21 M=9 LR=1, 1						
c 62 62 22 M=9 LR=1, 1						

c	63	63	23	M=9	LR=1, 1
c	64	64	24	M=9	LR=1, 1
	65	65	25	M=9	LR=1, 1
	66	66	26	M=9	LR=1, 1
	67	67	27	M=9	LR=1, 1
	68	68	28	M=10	LR=1, 1
	69	69	29	M=11	LR=1, 1
	70	70	30	M=11	LR=1, 1
	71	71	31	M=11	LR=1, 1
	72	72	32	M=11	LR=1, 1

CONBO

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W
1	C=1.00	1.00	1.00	1.0	0.0	1.0
2	C=1.00	1.00	1.00	0.0	1.0	1.0

2 OUTPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-5-1)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE		AXIAL FORCE
			SHEAR	MOMENT	
1 -----					
1	1	.000			-164.503
		.000	-31.161	31.990	
		.827	-31.239	6.235	
		.827			-163.703
2	2	.000			-164.948
		.000	-30.362	27.107	
		.827	-30.440	2.013	
		.827			-164.147
2 -----					
1	1	.000			-167.208
		.000	-10.232	6.235	
		.827	-11.234	-2.589	
		.827			-166.418
2	2	.000			-167.514
		.000	-9.394	2.013	
		.827	-10.397	-6.118	
		.827			-166.723
3 -----					
1		.000			-167.347
		.000	.169	-2.589	
		.089	.000	-2.581	
		.827	-1.745	-3.187	
		.827			-166.601
2		.000			-167.521
		.000	.884	-6.118	
		.424	.000	-5.923	
		.827	-1.030	-6.125	
		.827			-166.775
4 -----					
1		.000			-166.449
		.000	3.422	-3.187	
		.827	.158	-1.653	
		.827			-162.484
2		.000			-166.524
		.000	3.885	-6.125	
		.827	.622	-4.208	
		.827			-162.559
5 -----					
1		.000			-162.156
		.000	3.666	-1.653	
		.542	.000	-.644	
		.827	-2.056	-.934	
		.827			-155.114
2		.000			-162.175
		.000	3.857	-4.208	
		.570	.000	-3.092	
		.827	-1.865	-3.330	
		.827			-155.133
6 -----					
1		.000			-154.661
		.000	5.796	-.934	
		.621	.000	.848	
		.810	-1.694	.688	
		.810			-146.285
2		.000			-154.660
		.000	5.859	-3.330	
		.628	.000	-1.509	
		.810	-1.632	-1.658	
		.810			-146.284
7 -----					
1		.000			-146.208
		.000	3.250	.688	

		.309	.000	1.188	
		.810	-5.091	-.096	
		.810			-137.405
	2	.000			-146.204
		.000	3.246	-1.658	
		.309	.000	-1.159	
		.810	-5.095	-2.445	
		.810			-137.402
8		-----			
	1	.000			-137.580
		.000	1.933	-.096	
		.167	.000	.066	
		.810	-7.219	-2.272	
		.810			-128.842
	2	.000			-137.577
		.000	1.912	-2.445	
		.166	.000	-2.287	
		.810	-7.240	-4.639	
		.810			-128.840
9		-----			
	1	.000			-129.084
		.000	2.748	-2.272	
		.222	.000	-1.968	
		.810	-7.096	-4.066	
		.810			-120.818
	2	.000			-129.083
		.000	2.749	-4.639	
		.222	.000	-4.334	
		.810	-7.095	-6.432	
		.810			-120.817
10		-----			
	1	.000			-120.883
		.000	5.875	-4.066	
		.455	.000	-2.735	
		.810	-4.498	-3.537	
		.810			-113.403
	2	.000			-120.882
		.000	5.876	-6.432	
		.455	.000	-5.100	
		.810	-4.497	-5.901	
		.810			-113.401
11		-----			
	1	.000			-113.233
		.000	7.665	-3.537	
		.576	.000	-1.336	
		.810	-3.058	-1.694	
		.810			-106.755
	2	.000			-113.231
		.000	7.666	-5.901	
		.577	.000	-3.701	
		.810	-3.057	-4.059	
		.810			-106.754
12		-----			
	1	.000			-106.470
		.000	8.385	-1.694	
		.621	.000	.900	
		.810	-2.520	.661	
		.810			-101.128
	2	.000			-106.468
		.000	8.386	-4.059	
		.621	.000	-1.463	
		.810	-2.520	-1.702	
		.810			-101.126
13		-----			
	1	.000			-100.817
		.000	8.317	.661	
		.614	.000	3.206	
		.810	-2.638	2.947	
		.810			-96.672
	2	.000			-100.815

		.000	8.318	-1.702	
		.614	.000	.843	
		.810	-2.637	.583	
		.810			-96.671
14		-----			
	1	.000			-96.399
		.000	7.724	2.947	
		.572	.000	5.153	
		.810	-3.188	4.773	
		.810			-93.465
	2	.000			-96.398
		.000	7.724	.583	
		.572	.000	2.790	
		.810	-3.187	2.410	
		.810			-93.464
15		-----			
	1	.000			-93.270
		.000	6.834	4.773	
		.509	.021	6.517	
		.810	-3.986	5.919	
		.810			-91.529
	2	.000			-93.268
		.000	6.834	2.410	
		.509	.021	4.154	
		.810	-3.986	3.557	
		.810			-91.527
16		-----			
	1	.000			-91.430
		.000	5.832	5.919	
		.440	.005	7.205	
		.810	-4.882	6.302	
		.810			-90.856
	2	.000			-91.428
		.000	5.832	3.557	
		.440	.005	4.842	
		.810	-4.882	3.939	
		.810			-90.854
17		-----			
	1	.000			-90.856
		.000	4.870	6.302	
		.369	-.004	7.200	
		.810	-5.844	5.910	
		.810			-91.431
	2	.000			-90.855
		.000	4.870	3.939	
		.369	-.004	4.837	
		.810	-5.844	3.546	
		.810			-91.429
18		-----			
	1	.000			-91.531
		.000	3.974	5.910	
		.299	-.007	6.503	
		.810	-6.845	4.754	
		.810			-93.272
	2	.000			-91.529
		.000	3.974	3.546	
		.299	-.007	4.140	
		.810	-6.846	2.390	
		.810			-93.271
19		-----			
	1	.000			-93.469
		.000	3.176	4.754	
		.237	.000	5.131	
		.810	-7.735	2.918	
		.810			-96.404
	2	.000			-93.468
		.000	3.176	2.390	
		.237	.000	2.767	
		.810	-7.735	.554	
		.810			-96.403
20		-----			

1	.000			-96.678
	.000	2.627	2.918	
	.196	.000	3.176	
	.810	-8.327	.625	
	.810			-100.823
2	.000			-96.677
	.000	2.626	.554	
	.196	.000	.812	
	.810	-8.328	-1.740	
	.810			-100.821

21	1	.000		-101.135
		.000	2.511	.625
		.189	.000	.862
		.810	-8.394	-1.739
		.810		-106.477
2	.000			-101.134
	.000	2.510	-1.740	
	.189	.000	-1.503	
	.810	-8.395	-4.104	
	.810			-106.476

22	1	.000		-106.764
		.000	3.049	-1.739
		.233	.000	-1.383
		.810	-7.673	-3.588
		.810		-113.241
2	.000			-106.763
	.000	3.048	-4.104	
	.233	.000	-3.748	
	.810	-7.674	-5.954	
	.810			-113.240

23	1	.000		-113.412
		.000	4.491	-3.588
		.355	.000	-2.788
		.810	-5.881	-4.122
		.810		-120.893
2	.000			-113.411
	.000	4.490	-5.954	
	.355	.000	-5.155	
	.810	-5.882	-6.489	
	.810			-120.892

24	1	.000		-120.828
		.000	7.091	-4.122
		.588	.000	-2.027
		.810	-2.753	-2.332
		.810		-129.094
2	.000			-120.827
	.000	7.090	-6.489	
	.588	.000	-4.394	
	.810	-2.754	-4.700	
	.810			-129.093

25	1	.000		-128.856
		.000	7.237	-2.332
		.645	.000	.018
		.810	-1.915	-.141
		.810		-137.593
2	.000			-128.854
	.000	7.257	-4.700	
	.646	.000	-2.337	
	.810	-1.895	-2.492	
	.810			-137.591

26	1	.000		-137.417
		.000	5.286	-.141
		.520	.000	1.243
		.810	-3.055	.801
		.810		-146.219

27	2	.000		-137.413
		.000	5.293	-2.492
		.521	.000	-1.105
		.810	-3.048	-1.545
		.810		-146.215

27	1	.000		-146.269
		.000	2.234	.801
		.249	.000	1.080
		.810	-5.254	-.382
		.810		-154.641
28	2	.000		-146.268
		.000	2.183	-1.545
		.243	.000	-1.278
		.810	-5.304	-2.768
		.810		-154.640

28	1	.000		-155.034
		.000	2.430	-.382
		.337	.000	.024
		.896	-3.773	-1.047
		.896		-162.667
29	2	.000		-155.050
		.000	2.258	-2.768
		.313	.000	-2.418
		.896	-3.945	-3.587
		.896		-162.683

29	1	.000		-162.982
		.000	-.152	-1.047
		.896	-3.701	-2.836
		.896		-167.316
30	2	.000		-163.048
		.000	-.581	-3.587
		.896	-4.130	-5.762
		.896		-167.383

30	1	.000		-167.530
		.000	.981	-2.836
		.379	.000	-2.655
		.896	-1.096	-2.951
		.896		-168.339
31	2	.000		-167.689
		.000	.307	-5.762
		.112	.000	-5.744
		.896	-1.771	-6.481
		.896		-168.498

31	1	.000		-167.628
		.000	9.426	-2.951
		.896	8.336	4.947
		.896		-168.485
32	2	.000		-167.910
		.000	8.629	-6.481
		.896	7.539	.703
		.896		-168.768

32	1	.000		-165.352
		.000	28.865	4.947
		.896	28.776	30.721
		.896		-166.221
32	2	.000		-165.765
		.000	28.105	.703
		.896	28.016	25.795
		.896		-166.634

2.3.4 본선 터널구간(패턴-V, VI) - 철근보강 검토

가. 설계조건

1) 설계방법 : 강도설계법

2) 콘크리트

① 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

② 탄성계수 : $E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

③ 단위중량 : $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$

④ 온도선팽창계수 : $\alpha = 1 \times 10^{-5}$

3) 철근(SD30)

① 항복강도 : $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

② 탄성계수 : $E_s = 2.00 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

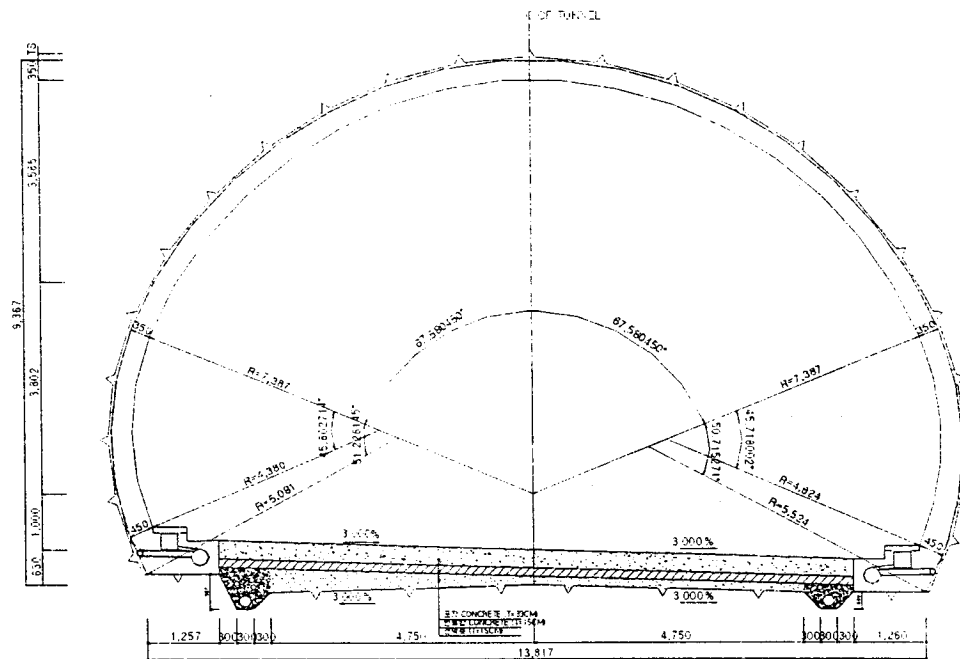
4) 지반

① 단위중량 : $\gamma_R = 2.65 \text{ tonf/m}^3$

$$\gamma_w = 1.00 \text{ tonf/m}^3$$

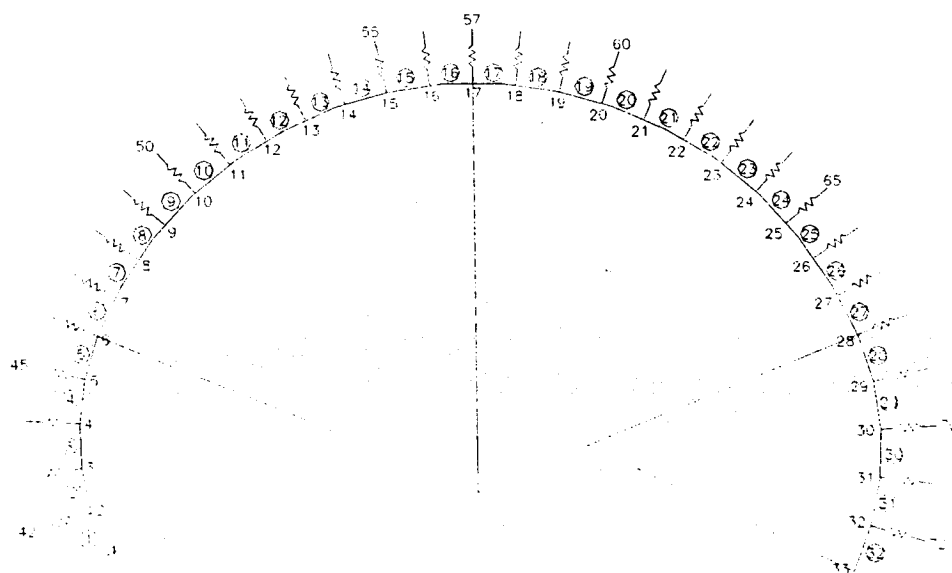
② 탄성계수 : $E_R = 8.50 \times 10^4 \text{ tonf/m}^2$

나. 티끌단면



다. 모델링

1) Coordinate



2) 절점좌표

절 점	X(m)	Y(m)	절 점	X(m)	Y(m)
1	-6.867	-8.695	18	0.809	-0.044
2	-7.165	-7.923	19	1.609	-0.174
3	-7.329	-7.112	20	2.391	-0.388
4	-7.354	-6.286	21	3.145	-0.685
5	-7.240	-5.466	22	3.863	-1.061
6	-6.990	-4.678	23	4.536	-1.512
7	-6.641	-3.946	24	5.158	-2.032
8	-6.216	-3.256	25	5.720	-2.616
9	-5.720	-2.616	26	6.216	-3.257
10	-5.157	-2.032	27	6.641	-3.947
11	-4.536	-1.512	28	6.990	-4.678
12	-3.862	-1.061	29	7.261	-5.532
13	-3.145	-0.685	30	7.386	-6.420
14	-2.391	-0.388	31	7.361	-7.316
15	-1.609	-0.174	32	7.186	-8.196
16	-0.809	-0.044	33	6.867	-9.034
17	0.000	0.000			

3) 부재단면

구 분	B(m)	H(m)	A(m ²)	I(m ⁴)	부재번호
1	1.000	0.450	0.450	7.594E-3	1, 32
2	1.000	0.433	0.433	6.765E-3	2, 31
3	1.000	0.397	0.397	5.214E-3	3, 30
4	1.000	0.371	0.371	4.255E-3	4, 29
5	1.000	0.355	0.355	3.728E-3	5, 28
6	1.000	0.350	0.350	3.573E-3	6~27

4) 지반스프링계수

- 내부 라이닝과 지반과의 실제 거동을 고려하기 위하여 모든 인장 스프링 요소는 반복계산을 통하여 제거시킴.

$$k = \frac{E}{R} \times A = \frac{E}{R} \times L \times 1.0$$

여기서,

E : 터널 주변 암반의 탄성계수 (85,000 tonf/m²)

R : 콘크리트 라이닝 반경

L : 요소점유길이

구 분	탄성계수 E(tonf/m ²)	터널반경 R(m)	부재길이 l(m)	지반스프링계수 k(tonf/m ²)	부재번호
1	85,000	4.906	0.828	14,349	42~45
2	85,000	7.562	0.820	9,212	46
3	85,000	7.562	0.811	9,115	47~67
4	85,000	7.562	0.854	9,602	68
5	85,000	5.349	0.898	14,264	69~72

라. 작용하중

1) 자중

단위중량 $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

2) 암반이완하중

- 수정된 Terzaghi의 암반하중

- 패턴 V, VI 구간을 보통 정도의 블록상, 균열상의 암반상태로 분류하여 적용

$$\begin{aligned}
 H_p &= 0.25B \sim 0.20(B + H_t) \\
 &= 0.25 \times 13.817 \sim 0.2(13.817 + 9.367) \\
 &= 3.45 \sim 4.64 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$\therefore$ 암반이완하중고 $H_p = 4.64 \text{ m}$ 를 고려

$$P_v = 4.64 \text{ m} \times 2.65 \text{ tonf/m}^3 = 12.30 \text{ tonf/m}^2$$

3) 온도하중(T)

갱구부 구조물이 외부와 가까워 기상작용에 영향을 받으므로 온도에 대한 영향을 구조해석 단계에서 고려한다.

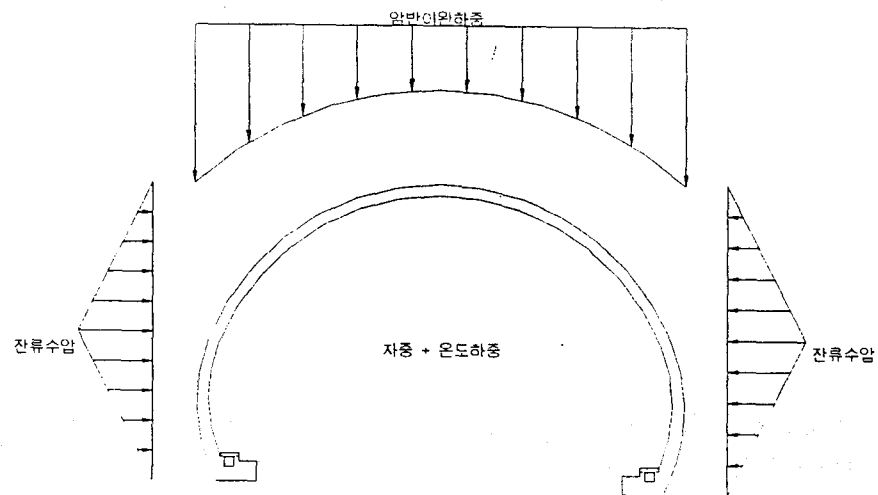
갱구부 콘크리트 라이닝의 내·외측 온도차(Δt)는 $\pm 5^\circ\text{C}$ 를 적용한다.

4) 잔류수압(Q)

본 터널은 배수형으로서 이론적으로는 수압이 작용하지 않는다. 그러나 유도배수층인 부직포가 시간의 경과에 따라 제 기능을 발휘하지 못할 경우 내부라이닝은 잔류수압을 받게 되므로 다음과 같이 잔류수압을 터널 높이에 적용하였다.

$$Q = 0.5 \times H_t \times \gamma_w = 0.5 \times 9.367 \times 1.0 = 4.684 \text{ tonf/m}^2$$

절 점	절점좌표 Y (m)	암반이완하중고 (m)	암반이완하중 (tonf/m ²)	잔류수압 (tonf/m ²)
1,33	-8.695	-	-	0.000
2,32	-7.923	-	-	0.937
3,31	-7.112	-	-	1.874
4,30	-6.286	10.926	28.954	2.811
5,29	-5.466	10.106	26.781	3.747
6,28	-4.678	9.318	24.693	4.684
7,27	-3.946	8.586	22.753	3.946
8,26	-3.256	7.896	20.924	3.256
9,25	-2.616	7.256	19.228	2.616
10,24	-2.032	6.672	17.681	2.032
11,23	-1.512	6.152	16.303	1.512
12,22	-1.061	5.701	15.108	1.061
13,21	-0.685	5.325	14.111	0.685
14,20	-0.388	5.028	13.324	0.388
15,19	-0.174	4.814	12.757	0.174
16,18	-0.044	4.684	12.413	0.044
17	0.000	4.640	12.296	0.000



마. 하중조합

$$\text{CASE 1} = 1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{이완하중} + 1.5 \times \text{온도하중}(+5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{CASE 2} = 1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{이완하중} + 1.5 \times \text{온도하중}(-5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{CASE 3} = 1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{이완하중} + 1.5 \times \text{온도하중}(+5^{\circ}\text{C}) + 1.8 \times \text{잔류수압}$$

$$\text{CASE 4} = 1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{이완하중} + 1.5 \times \text{온도하중}(-5^{\circ}\text{C}) + 1.8 \times \text{잔류수압}$$

$$\text{CASE 5} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(+5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{CASE 6} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(-5^{\circ}\text{C})$$

$$\text{CASE 7} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(+5^{\circ}\text{C}) + 1.0 \times \text{잔류수압}$$

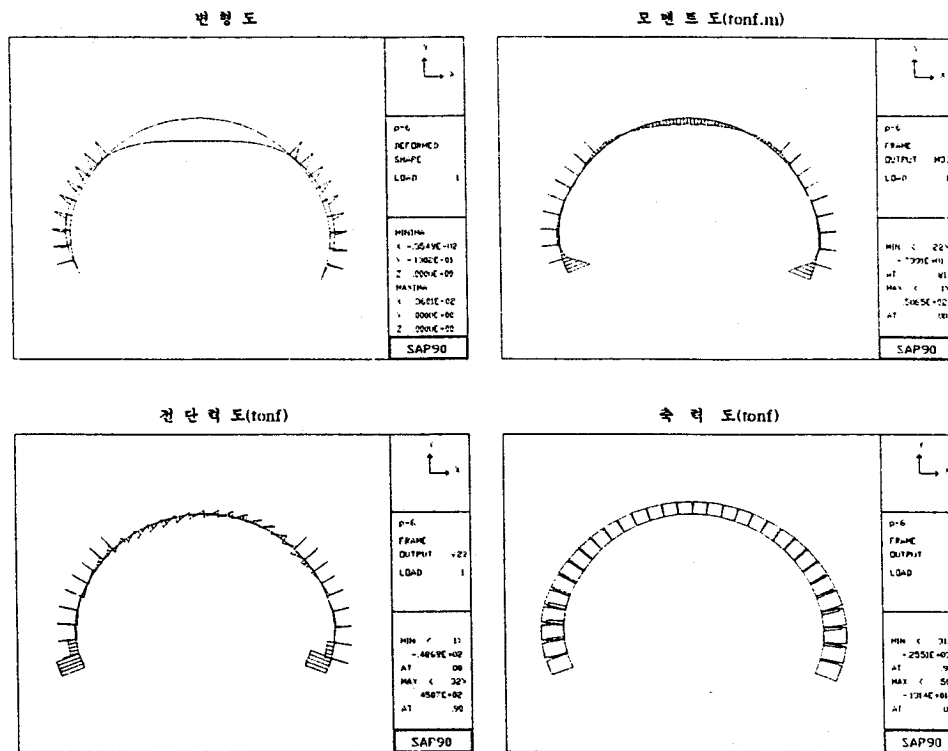
$$\text{CASE 8} = 1.00 \times \text{자중} + 1.00 \times \text{이완하중} + 1.0 \times \text{온도하중}(-5^{\circ}\text{C}) + 1.0 \times \text{잔류수압}$$

바. 구조계산 결과

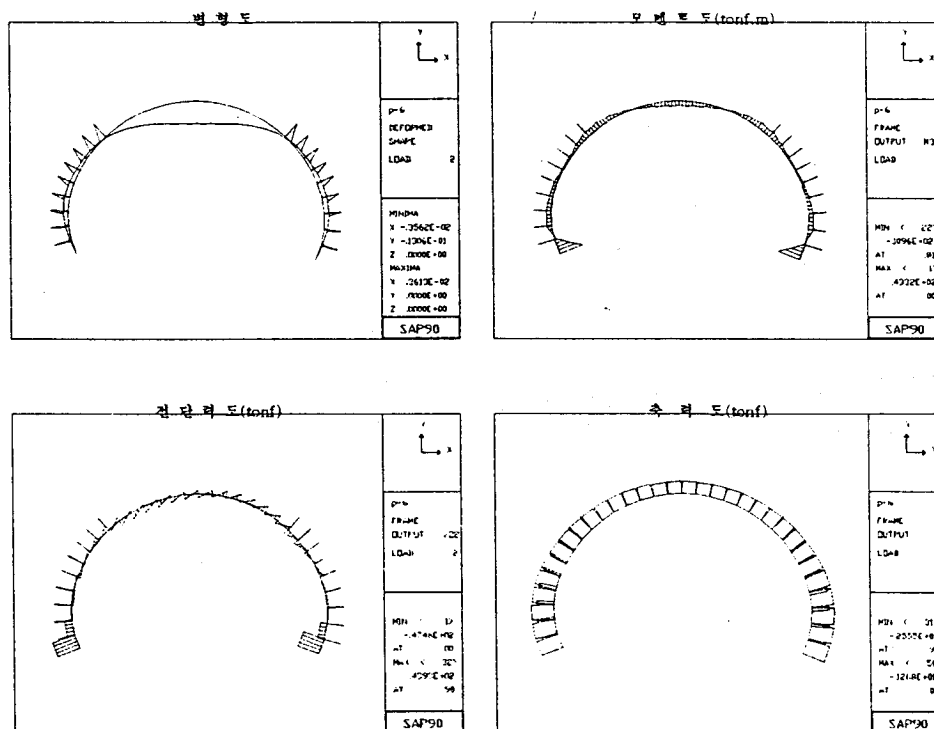
구 분	모멘트(tonf · m)	축 력(tonf)	전단력(tonf)	사용하중 모멘트 (tonf · m)
측벽부	10.59	253.03	17.46	6.93
아치부	10.96	169.75	13.84	7.15
천정부	13.22	134.63	9.31	8.62

사. 단 면 력 도

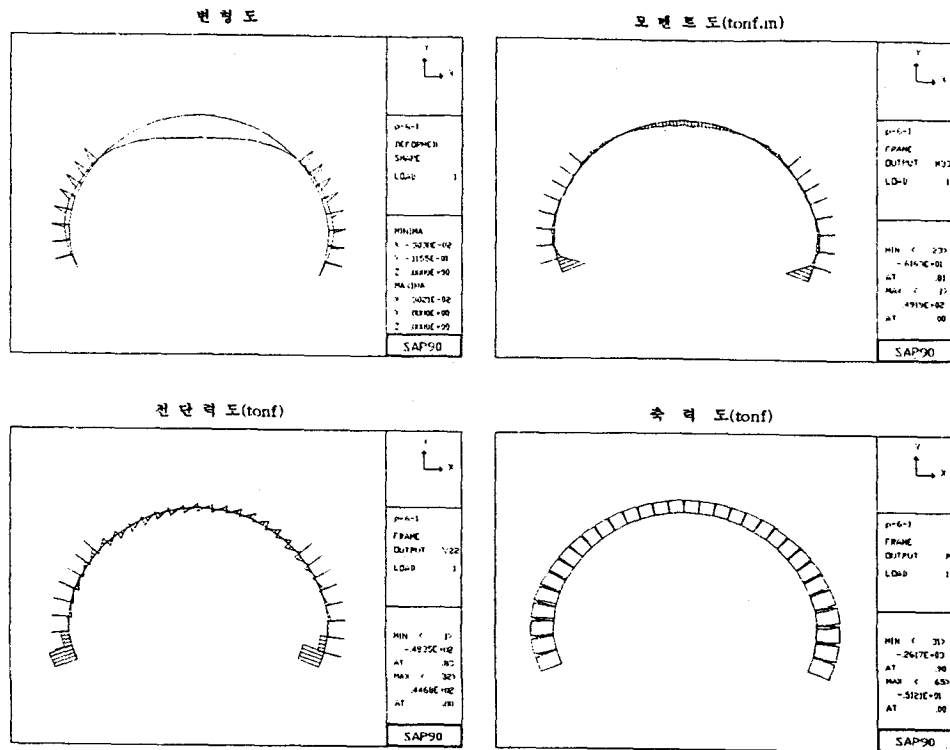
1) CASE 1 = 1.54×자중 + 1.54×이완하중 + 1.5×온도하중(+5℃)



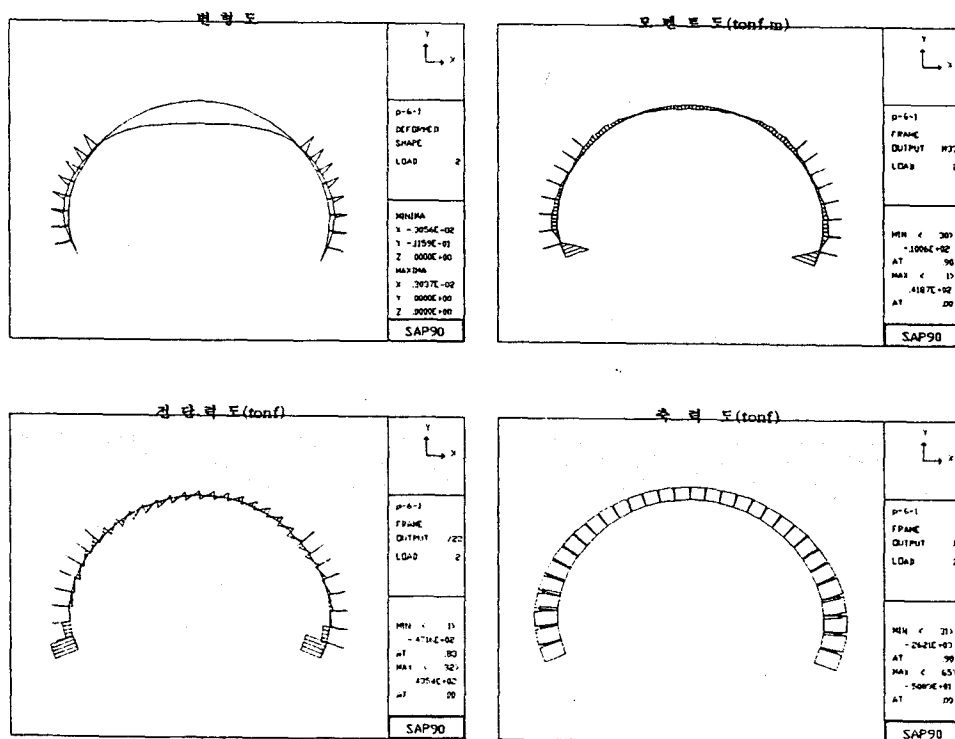
2) CASE 2 = 1.54×자중 + 1.54×이완하중 + 1.5×온도하중(-5℃)



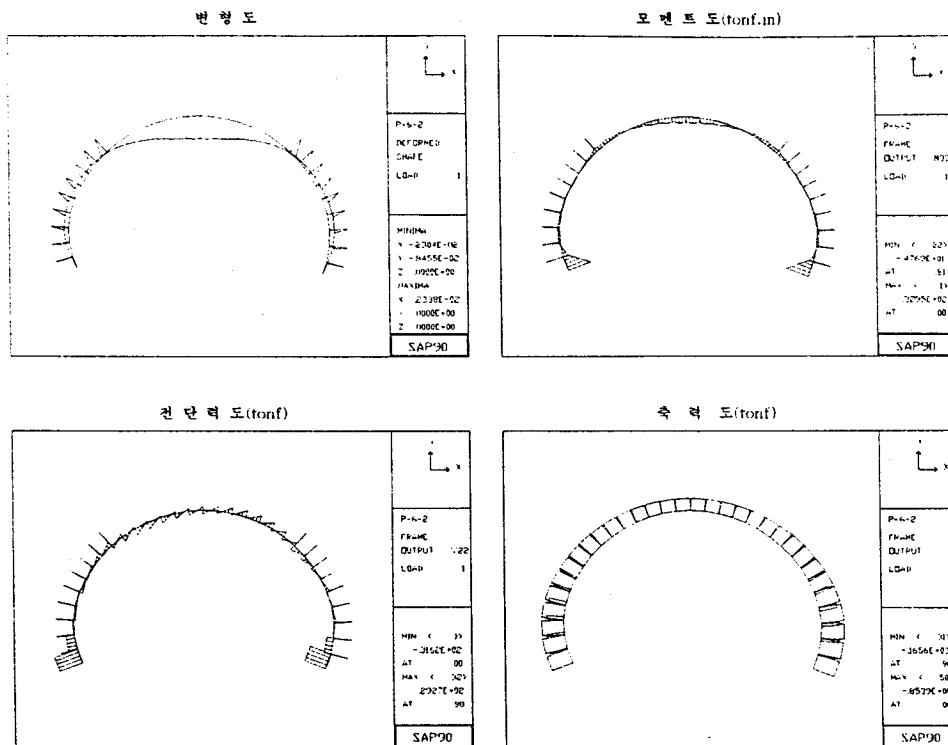
3) CASE 3 = 1.54×자중 + 1.54×이완하중 + 1.5×온도하중(+5℃) + 1.8×잔류수압



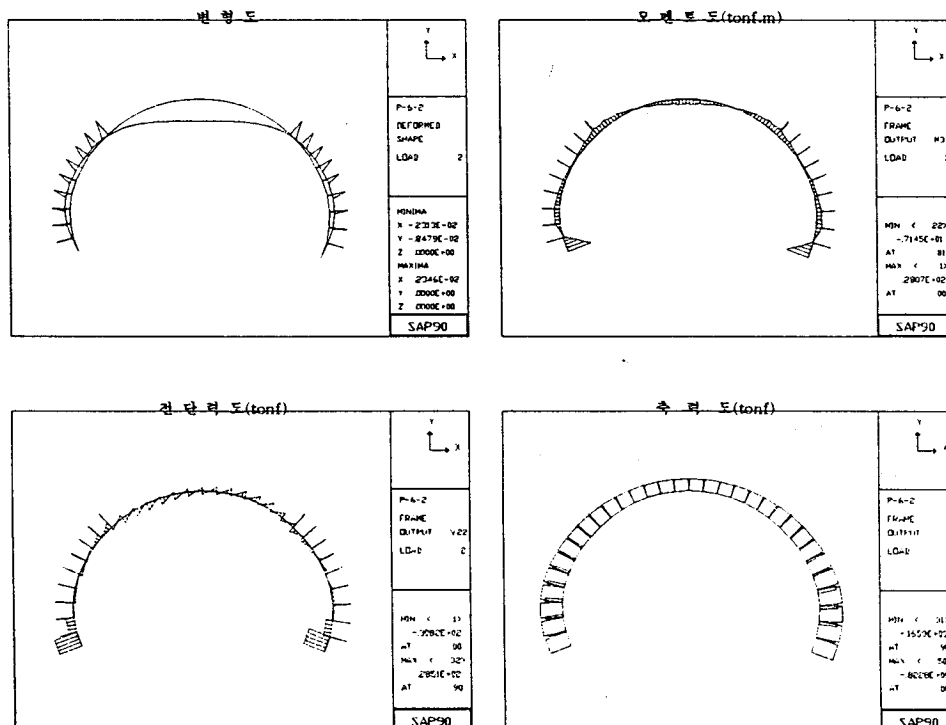
4) CASE 4 = 1.54×자중 + 1.54×이완하중 + 1.5×온도하중(-5℃) + 1.8×잔류수압



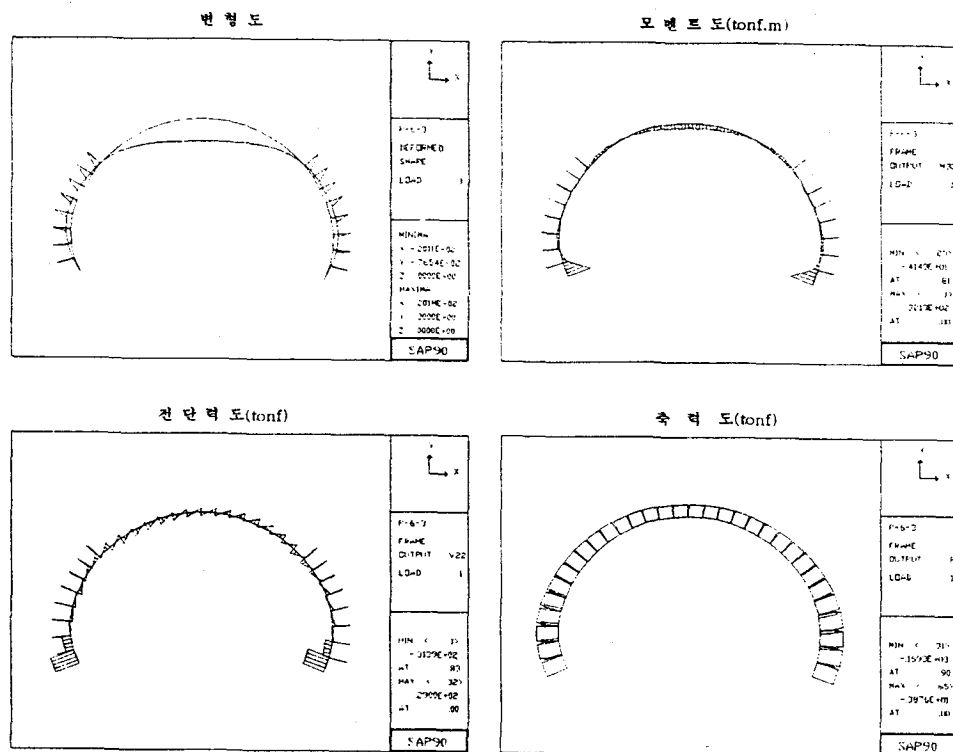
5) CASE 5 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(+5℃)



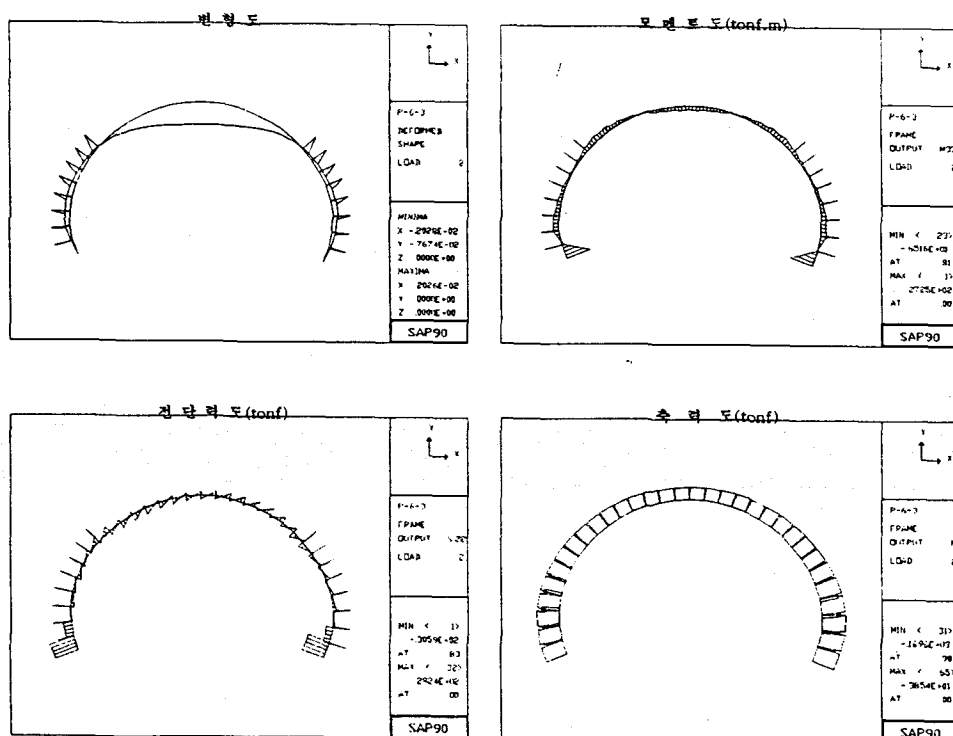
6) CASE 6 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(-5℃)



7) CASE 7 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(+5℃) + 1.0×잔류수압



8) CASE 8 = 1.00×자중 + 1.00×이완하중 + 1.0×온도하중(-5℃) + 1.0×잔류수압



아. 단면 검토

콘크리트 설계기준강도 $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ 철근항복강도 $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

등가직사각형 응력분포의 깊이를 구하기 위한 유효 길이 계수 $k_1 = 0.850$

압축부재 강도감소계수 $\phi_c = 0.70$ 휨 강도감소계수 $\phi_f = 0.85$ 전단 강도감소계수 $\phi_v = 0.80$

>> 측 벽 부

설계단면력 : 모멘트 $M_u = 10.59 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 축력 $P_u = 253.03 \text{ tonf}$ 전단력 $S_u = 17.46 \text{ tonf}$

편심 $e = M_u \cdot 100 / P_u = 4.19 \text{ cm}$

사용단면 : 두께 $H = 43.3 \text{ cm}$ 폭 $B = 100.0 \text{ cm}$

인장철근 : D22@125 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d_c = 6.00 \text{ cm}$

유효두께 $D = H - d_c = 37.30 \text{ cm}$

압축철근 : D22@125 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d' = 6.00 \text{ cm}$

* 평형하중 산정

- 소성중심

$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 883320 \text{ kgf}$

$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$ $C_{s2} = A_s' \cdot (f_y - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$

$X_p = [C_c \cdot H/2 + C_{s1} \cdot d_c + C_{s2} \cdot (H - d')] / (C_c + C_{s1} + C_{s2}) = 21.56 \text{ cm}$

$d'' = X_p - h + d = 15.56 \text{ cm}$

- 평형상태

$c_b = 6120 / (6120 + f_y) \cdot D = 25.03 \text{ cm}$ $a_b = k_1 \cdot c_b = 21.28 \text{ cm}$

$f_s' = 6120 \cdot (c_b - d') / c_b = 4652.98 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \implies f_s' = f_y$

$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a_b \cdot B = 434025 \text{ kgf}$

$T = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$

$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$

- 평형하중 및 편심

$P_b = C_c + C_s - T = 427707 \text{ kgf} = 427.71 \text{ tonf}$

$M_b = C_c \cdot (d - a_b/2 - d'') + C_s \cdot (d - d' - d'') + T \cdot d'' = 7628355 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 76.28 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

$$e_b = M_b/P_b = 17.84 \text{ cm}$$

$$e_b > e \quad \rightarrow \quad \text{압축파괴}$$

* 공칭 강도

$$c = 43.22 \text{ cm}, \quad a = k_1 \cdot c = 36.73 \text{ cm} \text{ 라 가정하면}$$

$$f_s = 6120 \cdot (D-c)/c = -837.82 \text{ kgf/cm}^2 < 0 \quad \rightarrow f_s = -f_s \text{ (압축)}$$

$$f'_s = 6120 \cdot (c-d')/c = 5270.32 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \quad \rightarrow f'_s = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot B = 749370 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s \cdot (f'_s - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf} \quad T = A_s \cdot (f_s + 0.85 \cdot f_{ck}) = -19628 \text{ kgf}$$

$$P_n = C_c + C_s - T = 855585 \text{ kgf} = 855.58 \text{ tonf}$$

$$M_n = C_c \cdot (D - a/2) + C_s \cdot (D - d') = 16898046 \text{ kgf.cm} = 168.98 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e' = e + d'' = 19.74 \text{ cm}$$

$$\text{오차} = |e' - M_n/P_n| = 0.008 \text{ cm} < 0.01 \text{ 가정만족}$$

* 강도 검토

$$\phi_c \cdot P_n = 598.91 \text{ tonf} > P_u = 253.03 \text{ tonf} \text{ 만족}$$

$$\phi_c \cdot M_n = \phi_c \cdot (P_n \cdot e) = 25.07 \text{ tonf} \cdot \text{m} > M_u = 10.59 \text{ tonf} \cdot \text{m} \text{ 만족}$$

* 철근비 검토

- 최소철근비 검토

$$\text{철근항복강도 } f_y < 4000.0 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 사용 최소철근직경 (D22) } > 16\text{mm}$$

$$\text{사용 철근비 } \rho = (A_s + A'_s)/(B \cdot H) = 0.0143 \geq \text{최소 철근비} = 0.0015 \text{ .. 만족}$$

* 전단설계

$$\phi_v \cdot V_c = \phi_v \cdot 0.53 \cdot (1 + 0.0071 \cdot P_u / A_g) \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 34.67 \text{ tonf}$$

$$S_u \leq \phi_v \cdot V_c \text{ ... 전단보강철근 필요없음.}$$

$$\text{최소간격 } s = \min (60\text{cm}, 0.5D) = 18.6 \text{ cm}$$

>> 아 치 부

설계단면력 : 모멘트 $M_u = 10.96 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 축력 $P_u = 169.75 \text{ tonf}$ 전단력 $S_u = 13.84 \text{ tonf}$

$$\text{편심 } e = M_u \cdot 100 / P_u = 6.46 \text{ cm}$$

사용단면 : 두께 $H = 35.0 \text{ cm}$ 폭 $B = 100.0 \text{ cm}$

인장철근 : D22@125 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d_c = 6.00 \text{ cm}$

$$\text{유효두께 } D = H - d_c = 29.00 \text{ cm}$$

압축철근 : D22@125 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d' = 6.00 \text{ cm}$

* 평형하중 산정

- 소성중심

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 714000 \text{ kgf}$$

$$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf} \quad C_{s2} = A_s' \cdot (f_y - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

$$X_p = [C_c \cdot H / 2 + C_{s1} \cdot d_c + C_{s2} \cdot (H - d')] / (C_c + C_{s1} + C_{s2}) = 17.42 \text{ cm}$$

$$d'' = X_p - h + d = 11.42 \text{ cm}$$

- 평형상태

$$c_b = 6120 / (6120 + f_y) \cdot D = 19.46 \text{ cm} \quad a_b' = k_1 \cdot c_b = 16.54 \text{ cm}$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c_b - d') / c_b = 4233.10 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \Rightarrow f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a_b' \cdot B = 337446 \text{ kgf}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

- 평형하중 및 편심

$$P_b = C_c + C_s - T = 331128 \text{ kgf} = 331.13 \text{ tonf}$$

$$M_b = C_c \cdot (d - a_b / 2 - d'') + C_s \cdot (d - d' - d'') + T \cdot d'' = 5205444 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 52.05 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e_b = M_b / P_b = 15.72 \text{ cm}$$

$e_b > e \rightarrow$ 압축파괴

* 공칭 강도

$$c = 28.54 \text{ cm}, \quad a = k_1 \cdot c = 24.26 \text{ cm} \text{ 라 가정하면}$$

$$f_s = 6120 \cdot (D - c) / c = 98.93 \text{ kgf/cm}^2 < f_y$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c - d') / c = 4833.32 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot B = 494860 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf} \quad T = A_s \cdot f_s = 3064 \text{ kgf}$$

$$P_n = C_c + C_s - T = 578383 \text{ kgf} = 578.38 \text{ tonf}$$

$$M_n' = C_c \cdot (D - a / 2) + C_s \cdot (D - d') = 10340314 \text{ kgf.cm} = 103.40 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e' = e + d'' = 17.88 \text{ cm}$$

$$\text{오차} = |e' - M_n' / P_n| = 0.003 \text{ cm} < 0.01 \text{ 가정만족}$$

* 강도 검토

$$\phi_c \cdot P_n = 404.87 \text{ tonf} > P_u = 169.75 \text{ tonf} \text{ 만족}$$

$$\phi_c \cdot M_n = \phi_c \cdot (P_n \cdot e) = 26.14 \text{ tonf} \cdot \text{m} > M_u = 10.96 \text{ tonf} \cdot \text{m} \text{ 만족}$$

* 철근비 검토

- 최소철근비 검토

$$\text{철근항복강도 } f_y < 4000.0 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 사용 최소철근직경 (D22) } > 16\text{mm}$$

$$\text{사용 철근비 } \rho = (A_s + A_s') / (B \cdot H) = 0.0177 \geq \text{최소 철근비} = 0.0015 \text{ .. 만족}$$

* 전단설계

$$\phi_v \cdot S_c = \phi_v \cdot 0.53 \cdot (1 + 0.0071 \cdot P_u / A_g) \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 25.61 \text{ tonf}$$

$$S_u \leq \phi_v \cdot S_c \text{ ... 전단보강철근 필요없음.}$$

$$\text{최소간격 } s = \min (60\text{cm}, 0.5D) = 14.5 \text{ cm}$$

>> 천 정 부

설계단면력 : 모멘트 $M_u = 13.22 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 축력 $P_u = 134.63 \text{ tonf}$ 전단력 $S_u = 9.31 \text{ tonf}$

$$\text{편심 } e = M_u \cdot 100 / P_u = 9.82 \text{ cm}$$

사용단면 : 두께 $H = 35.0 \text{ cm}$ 폭 $B = 100.0 \text{ cm}$

인장철근 : D22@125 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d_c = 6.00 \text{ cm}$

$$\text{유효두께 } D = H - d_c = 29.00 \text{ cm}$$

압축철근 : D22@125 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d' = 6.00 \text{ cm}$

* 평형하중 산정

- 소성중심

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 714000 \text{ kgf}$$

$$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf} \quad C_{s2} = A_s' \cdot (f_y - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

$$X_p = [C_c \cdot H/2 + C_{s1} \cdot d_c + C_{s2} \cdot (H - d')]/(C_c + C_{s1} + C_{s2}) = 17.42 \text{ cm}$$

$$d'' = X_p - h + d = 11.42 \text{ cm}$$

- 평형상태

$$c_b = 6120/(6120 + f_y) \cdot D = 19.46 \text{ cm} \quad a_b = k_1 \cdot c_b = 16.54 \text{ cm}$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c_b - d')/c_b = 4233.10 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \implies f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a_b \cdot B = 337446 \text{ kgf}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

- 평형하중 및 편심

$$P_b = C_c + C_s - T = 331128 \text{ kgf} = 331.13 \text{ tonf}$$

$$M_b = C_c \cdot (d - a_b/2 - d'') + C_s \cdot (d - d' - d'') + T \cdot d'' = 5205444 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 52.05 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e_b = M_b/P_b = 15.72 \text{ cm}$$

$e_b > e \implies$ 압축파괴

* 공칭 강도

$$c = 23.94 \text{ cm}, \quad a = k_1 \cdot c = 20.35 \text{ cm} \text{ 라 가정하면}$$

$$f_s = 6120 \cdot (D - c) / c = 1292.02 \text{ kgf/cm}^2 < f_y$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c - d') / c = 4586.48 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot B = 415205 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf} \quad T = A_s \cdot f_s = 40011 \text{ kgf}$$

$$P_n = C_c + C_s - T = 461780 \text{ kgf} = 461.78 \text{ tonf}$$

$$M_n' = C_c \cdot (D - a / 2) + C_s \cdot (D - d') = 9807060 \text{ kgf.cm} = 98.07 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e' = e + d'' = 21.24 \text{ cm}$$

$$\text{오차} = |e' - M_n' / P_n| = 0.001 \text{ cm} < 0.01 \dots \text{가정만족}$$

* 강도 검토

$$\phi_c \cdot P_n = 323.25 \text{ tonf} > P_u = 134.63 \text{ tonf} \dots \text{만족}$$

$$\phi_c \cdot M_n = \phi_c \cdot (P_n \cdot e) = 31.74 \text{ tonf} \cdot \text{m} > M_u = 13.22 \text{ tonf} \cdot \text{m} \dots \text{만족}$$

* 철근비 검토

- 최소철근비 검토

$$\text{철근항복강도 } f_y < 4000.0 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 사용 최소철근직경 (D22)} > 16\text{mm}$$

$$\text{사용 철근비 } \rho = (A_s + A_s') / (B \cdot H) = 0.0177 > \text{최소 철근비} = 0.0015 \dots \text{만족}$$

* 전단설계

$$\phi_v \cdot V_c = \phi_v \cdot 0.53 \cdot (1 + 0.0071 \cdot P_u / A_g) \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 24.25 \text{ tonf}$$

$$S_u \leq \phi_v \cdot V_c \dots \text{전단보강철근 필요없음.}$$

$$\text{최소간격 } s = \min (60\text{cm}, 0.5D) = 14.5 \text{ cm}$$

=====

균열 검토

=====

콘크리트 설계기준강도 $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

철근항복강도 $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

콘크리트 탄성계수 $E_c = 15000 \cdot \sqrt{f_{ck}} = 232379.0 \text{ kgf/cm}^2$

철근의 탄성계수 $E_s = 2040000 \text{ kgf/cm}^2$ 탄성계수비 $n = E_s/E_c = 8.78$

>> 측 벽 부

사 용 하 중 모 멘 트 : $M_o = 6.93 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

사 용 단 면 두 개 : $H = 43.30 \text{ cm}$ 폭 : $B = 100.00 \text{ cm}$

부식에 대한 환경조건 : 일반 환경 (0.005C)

인장철근 : 8 -D22 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근 : 8 -D22 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d_1' = 6.00 \text{ cm}$

허용 균열폭 $W_a = 0.005C = 0.245 \text{ mm}$

---> $C = \text{최외단철근덮개} = dc_1\text{-주철근 } D/2 = 49.00 \text{ mm}$

인장철근중심거리 $dcg = dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근중심거리 $dcg' = d_1' = 6.00 \text{ cm}$

인장철근비 $p = A_s / [(H-dcg) \cdot B] = 0.0083$

압축철근비 $p' = A_s' / [(H-dcg) \cdot B] = 0.0083$

중립축비 $k = -n(p+2p') + \sqrt{[n^2 (p+2p')^2 + 2n(p+2p')(d'/d)]} = 0.2717$

$j = (1-dcg'/d) - k^2 \cdot (k/3 - dcg'/d) / \{2np \cdot (1-k)\} = 0.8880$

힘균열폭 $W = 1.06 \cdot R \cdot f_s \cdot \sqrt{(dc \cdot A)} / 100000 = 0.08441 \text{ mm}$

---> $f_s = M_o / (A_s \cdot j \cdot d) = 675.59 \text{ kgf/cm}^2$

$R = (H-k \cdot d) / (D-k \cdot d) = 1.221$

$dc = 6.00 \text{ cm}$

$A = 2 \cdot dcg \cdot B / \text{철근총갯수} = 150.00 \text{ cm}^2$

힘균열폭 $W = 0.08441 \text{ mm} < \text{허용힘균열폭 } W_a = 0.24500 \text{ mm} \dots \text{만족}$
 >> 아 치 부

사 용 하 중 모 멘 트 : $M_o = 7.15 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

사 용 단 면 두 개 : $H = 35.00 \text{ cm}$ 폭 : $B = 100.00 \text{ cm}$

부식에 대한 환경조건 : 일반 환경 (0.005C)

인장철근 : 8 -D22 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d_{c1} = 6.00 \text{ cm}$

압축철근 : 8 -D22 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d'1 = 6.00 \text{ cm}$

허용 균열폭 $W_a = 0.005C = 0.245 \text{ mm}$

---> $C = \text{최외단철근덮개} = d_{c1} - \text{주철근 } D/2 = 49.00 \text{ mm}$

인장철근중심거리 $d_{cg} = d_{c1} = 6.00 \text{ cm}$

압축철근중심거리 $d_{cg}' = d'1 = 6.00 \text{ cm}$

인장철근비 $p = A_s / [(H - d_{cg}) * B] = 0.0107$

압축철근비 $p' = A_s' / [(H - d_{cg}) * B] = 0.0107$

중립축비 $k = -n(p + 2p') + \sqrt{[n^2 (p + 2p')^2 + 2n(p + 2p')(d'/d)]} = 0.3054$

$j = (1 - d_{cg}'/d) - k^2 * (k/3 - d_{cg}'/d) / \{2np*(1-k)\} = 0.8684$

힘균열폭 $W = 1.06 * R * f_s *^3 \sqrt{(dc * A)} / 100000 = 0.12178 \text{ mm}$

---> $f_s = M_o / (A_s * j * d) = 916.82 \text{ kgf/cm}^2$

$R = (H - k*d) / (D - k*d) = 1.298$

$dc = 6.00 \text{ cm}$

$A = 2 * d_{cg} * B / \text{철근총갯수} = 150.00 \text{ cm}^2$

힘균열폭 $W = 0.12178 \text{ mm} < \text{허용힘균열폭 } W_a = 0.24500 \text{ mm} \dots \text{만족}$

>> 천 정 부

사 용 하 중 모 멘 트 : $M_o = 8.62 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

사 용 단 면 두 겹 : $H = 35.00 \text{ cm}$ 폭 : $B = 100.00 \text{ cm}$

부식에 대한 환경조건 : 일반 환경 (0.005C)

인장철근 : 8 -D22 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근 : 8 -D22 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d'_1 = 6.00 \text{ cm}$

허용 균열폭 $W_a = 0.005C = 0.245 \text{ mm}$

---> $C = \text{최외단철근덮개} = dc_1 - \text{주철근 } D/2 = 49.00 \text{ mm}$

인장철근중심거리 $dc_g = dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근중심거리 $dc_g' = d'_1 = 6.00 \text{ cm}$

인장철근비 $p = A_s / [(H - dc_g) \cdot B] = 0.0107$

압축철근비 $p' = A_s' / [(H - dc_g) \cdot B] = 0.0107$

중립축비 $k = -n(p + 2p') + \sqrt{[n^2 (p + 2p')^2 + 2n(p + 2p')(d'/d)]} = 0.3054$

$j = (1 - dc_g'/d) - k^2 \cdot (k/3 - dc_g'/d) / \{2np(1 - k)\} = 0.8684$

휨균열폭 $W = 1.06 \cdot R \cdot f_s \cdot \sqrt{(dc \cdot A)} / 100000 = 0.14682 \text{ mm}$

---> $f_s = M_o / (A_s \cdot j \cdot d) = 1105.32 \text{ kgf/cm}^2$

$R = (H - k \cdot d) / (D - k \cdot d) = 1.298$

$dc = 6.00 \text{ cm}$

$A = 2 \cdot dc_g \cdot B / \text{철근총갯수} = 150.00 \text{ cm}^2$

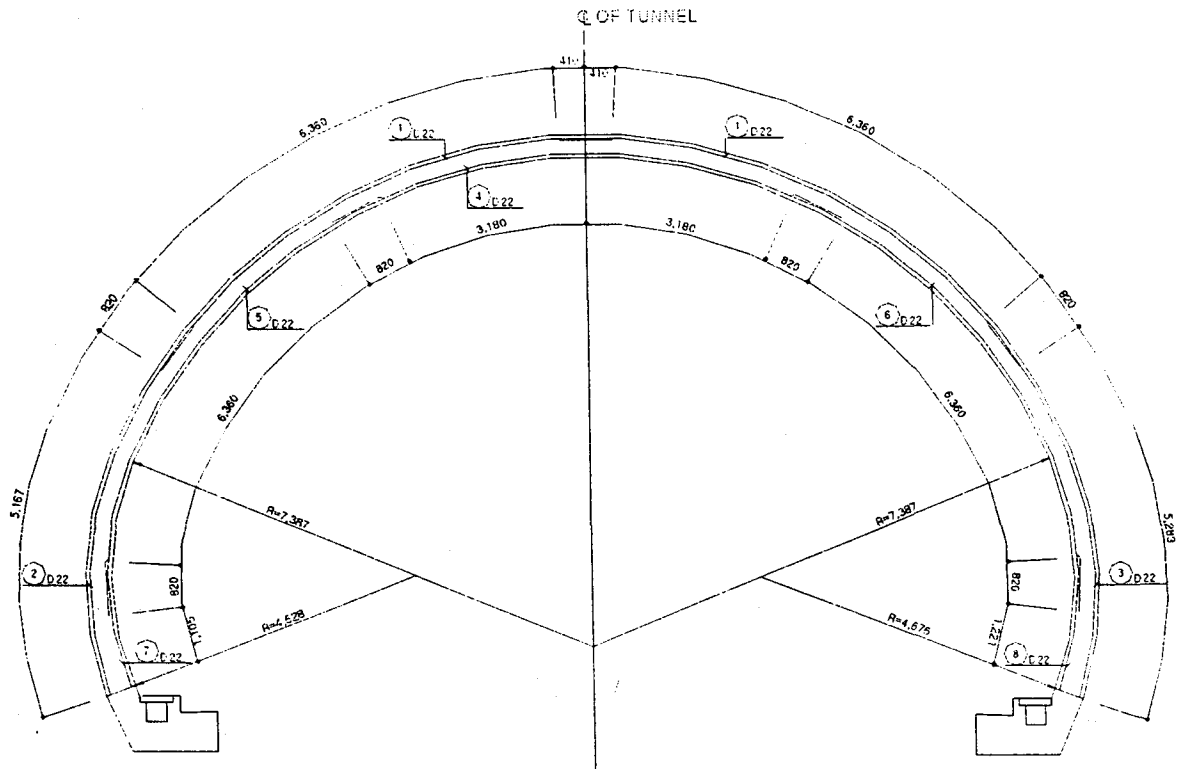
휨균열폭 $W = 0.14682 \text{ mm} < \text{허용휨균열폭 } W_a = 0.24500 \text{ mm} \dots \text{ 만족}$

=====

주철근 조립도

=====

C.T.C 125



자. INPUT 및 OUTPUT

1) CASE 1, CASE 2

INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-6)

SYSTEM

R=0 L=6

JOINTS

```

73 X=-2.455 Y=-6.549 Z=0
74 X=-2.455 Y=-6.549 Z=-1
1 X=-6.867 Y=-8.695 Z=0 A=73,74, 1, 4, 1, 9.6717
75 X= 0.000 Y=-7.562 Z=0
76 X= 0.000 Y=-7.562 Z=-1
6 X=-6.990 Y=-4.678 Z=0 A=75,76, 6,21, 1, 6.1437
77 X= 2.046 Y=-6.718 Z=0
78 X= 2.046 Y=-6.718 Z=-1
28 X= 6.990 Y=-4.678 Z=0 A=77,78, 28,5, 1, 9.6153
42 X=-8.125 Y=-8.203 Z=0 A=73,74, 42,3, 1, 9.6717
46 X=-7.915 Y=-4.297 Z=0 A=75,76, 46,21, 1, 6.1437
68 X= 7.915 Y=-4.297 Z=0 A=77,78, 68,4, 1, 9.6153

```

RESTRAINTS

```

1 33 32 R=1 1 1 1 1 1
2 32 1 R=0 0 1 1 1 0
42 72 1 R=1 1 1 1 1 1

```

FRAME

NM=11 NL=48 Y=-1

```

1 SH=R T=0.450 1.000 E=2.32E6 W=0.450*2.50 TC=1E-5
2 SH=R T=0.433 1.000 E=2.32E6 W=0.433*2.50 TC=1E-5
3 SH=R T=0.397 1.000 E=2.32E6 W=0.397*2.50 TC=1E-5
4 SH=R T=0.371 1.000 E=2.32E6 W=0.371*2.50 TC=1E-5
5 SH=R T=0.355 1.000 E=2.32E6 W=0.355*2.50 TC=1E-5
6 SH=R T=0.350 1.000 E=2.32E6 W=0.350*2.50 TC=1E-5
7 A=1.0 I=1E-6 E= 14349
8 A=1.0 I=1E-6 E= 9212
9 A=1.0 I=1E-6 E= 9115
10 A=1.0 I=1E-6 E= 9602
11 A=1.0 I=1E-6 E= 14264

```

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (암반이완하중) *****

```

1 WG= 0, -4.640*2.65
2 WG= 0, -6.286*2.65
3 WG= 0, -5.466*2.65
4 WG= 0, -4.678*2.65
5 WG= 0, -3.946*2.65
6 WG= 0, -3.256*2.65
7 WG= 0, -2.616*2.65
8 WG= 0, -2.032*2.65
9 WG= 0, -1.512*2.65
10 WG= 0, -1.061*2.65
11 WG= 0, -0.685*2.65
12 WG= 0, -0.388*2.65
13 WG= 0, -0.174*2.65
14 WG= 0, -0.044*2.65

```

C ***** (온도하중) *****

```

15 T=0, 5/0.35
16 T=0, -5/0.35

```

C ***** (잔류수압) *****

```

17 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
18 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
19 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
20 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
21 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
22 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
23 TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
24 TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
25 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
26 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
27 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
28 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
29 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
30 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0
31 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
32 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
33 TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
34 TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
35 TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
36 TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0
37 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0

```

38 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
 39 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0
 40 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
 41 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
 42 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
 43 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
 44 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
 45 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
 46 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0
 47 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0
 48 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W						
1	1	2	M=1	2	LP=1	NSL= 0	0	0	0	15	16	17
2	2	3	M=2	3		NSL= 0	0	0	0	15	16	18
3	3	4	M=3	4		NSL= 0	0	0	0	15	16	19
4	4	5	M=4	5		NSL= 0	1	2	15	16	20	
5	5	6	M=5	6		NSL= 0	1	3	15	16	21	
6	6	7	M=6			NSL= 0	1	4	15	16	22	
7	7	8	M=6			NSL= 0	1	5	15	16	23	
8	8	9	M=6			NSL= 0	1	6	15	16	24	
9	9	10	M=6			NSL= 0	1	7	15	16	25	
10	10	11	M=6			NSL= 0	1	8	15	16	26	
11	11	12	M=6			NSL= 0	1	9	15	16	27	
12	12	13	M=6			NSL= 0	1	10	15	16	28	
13	13	14	M=6			NSL= 0	1	11	15	16	29	
14	14	15	M=6			NSL= 0	1	12	15	16	30	
15	15	16	M=6			NSL= 0	1	13	15	16	31	
16	16	17	M=6			NSL= 0	1	14	15	16	32	
17	17	18	M=6			NSL= 0	1	14	15	16	33	
18	18	19	M=6			NSL= 0	1	13	15	16	34	
19	19	20	M=6			NSL= 0	1	12	15	16	35	
20	20	21	M=6			NSL= 0	1	11	15	16	36	
21	21	22	M=6			NSL= 0	1	10	15	16	37	
22	22	23	M=6			NSL= 0	1	9	15	16	38	
23	23	24	M=6			NSL= 0	1	8	15	16	39	
24	24	25	M=6			NSL= 0	1	7	15	16	40	
25	25	26	M=6			NSL= 0	1	6	15	16	41	
26	26	27	M=6			NSL= 0	1	5	15	16	42	
27	27	28	M=6			NSL= 0	1	4	15	16	43	
28	28	29	M=6	5		NSL= 0	1	3	15	16	44	
29	29	30	M=5	4		NSL= 0	1	2	15	16	45	
30	30	31	M=4	3		NSL= 0	0	0	15	16	46	
31	31	32	M=3	2		NSL= 0	0	0	15	16	47	
32	32	33	M=2	1		NSL= 0	0	0	15	16	48	
42	42	2	M=7		LR=1, 1							
43	43	3	M=7		LR=1, 1							
44	44	4	M=7		LR=1, 1							
45	45	5	M=7		LR=1, 1							
46	46	6	M=8		LR=1, 1							
47	47	7	M=9		LR=1, 1							
48	48	8	M=9		LR=1, 1							
49	49	9	M=9		LR=1, 1							
50	50	10	M=9		LR=1, 1							
c 51	51	11	M=9		LR=1, 1							
c 52	52	12	M=9		LR=1, 1							
c 53	53	13	M=9		LR=1, 1							
c 54	54	14	M=9		LR=1, 1							
c 55	55	15	M=9		LR=1, 1							
c 56	56	16	M=9		LR=1, 1							
c 57	57	17	M=9		LR=1, 1							
c 58	58	18	M=9		LR=1, 1							
c 59	59	19	M=9		LR=1, 1							
c 60	60	20	M=9		LR=1, 1							
c 61	61	21	M=9		LR=1, 1							
c 62	62	22	M=9		LR=1, 1							
c 63	63	23	M=9		LR=1, 1							
64	64	24	M=9		LR=1, 1							
65	65	25	M=9		LR=1, 1							
66	66	26	M=9		LR=1, 1							
67	67	27	M=9		LR=1, 1							
68	68	28	M=10		LR=1, 1							
69	69	29	M=11		LR=1, 1							
70	70	30	M=11		LR=1, 1							
71	71	31	M=11		LR=1, 1							
72	72	32	M=11		LR=1, 1							

CONIBO

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W
1	C=1.54	1.54	1.54	1.5	0.0	0.0
2	C=1.54	1.54	1.54	0.0	1.5	0.0

2 OUTPUT

PUSAN-ULSAN TUNNEL (TYPE-6)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST END1	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE
1					
1	1	.000			-248.829
		.000	-48.679	50.650	
		.827	-48.172	10.594	
		.827			-247.517
2	2	.000			-249.480
		.000	-47.477	43.323	
		.827	-46.971	4.260	
		.827			-248.169
2					
1	1	.000			-253.025
		.000	-16.987	10.594	
		.827	-16.725	-3.348	
		.827			-251.730
2	2	.000			-253.468
		.000	-15.731	4.260	
		.827	-15.469	-8.642	
		.827			-252.173
3					
1	1	.000			-253.248
		.000	-1.356	-3.348	
		.827	-1.318	-4.454	
		.827			-252.026
2	2	.000			-253.494
		.000	-.283	-8.642	
		.827	-.246	-8.861	
		.827			-252.272
4					
1	1	.000			-251.867
		.000	3.008	-4.454	
		.827	2.150	-2.321	
		.827			-245.692
2	2	.000			-251.963
		.000	3.705	-8.861	
		.827	2.847	-6.151	
		.827			-245.788
5					
1	1	.000			-245.307
		.000	2.309	-2.321	
		.551	.001	-1.685	
		.827	-1.155	-1.844	
2	2	.000			-234.399
		.000	2.600	-6.151	
		.620	.001	-5.345	
		.827	-.864	-5.434	
6	2	.827			-234.411
		.827			
		.827			
		.827			
6					
1	1	.000			-233.670
		.000	6.560	-1.844	
		.810	.381	.969	
		.810			-220.712
2	2	.000			-233.653
		.000	6.658	-5.434	
		.810	.480	-2.541	
		.810			-220.694
7					
1	1	.000			-220.523
		.000	3.373	.969	
		.326	.000	1.519	
		.810	-5.013	.304	
2	2	.810			-206.912
		.810			
		.810			
		.810			
8					
1	1	.000			-220.500
		.000	3.368	-2.541	
		.326	.000	-1.993	
		.810	-5.017	-3.210	
8	1	.810			-206.889
		.810			
		.810			
		.810			
8					
1	1	.000			-207.134
		.000	1.050	.304	

		.081	.000	.347	
		.810	-9.420	-3.087	
		.810			-193.626
2		.000			-207.114
		.000	1.010	-3.210	
		.078	.000	-3.170	
		.810	-9.460	-6.634	
		.810			-193.606
9					
	1	.000			-194.085
		.000	.983	-3.087	
		.065	.000	-3.056	
		.810	-11.323	-7.278	
		.810			-181.308
	2	.000			-194.069
		.000	.950	-6.634	
		.063	.000	-6.604	
		.810	-11.356	-10.850	
		.810			-181.292
10					
	1	.000			-181.549
		.000	6.834	-7.278	
		.401	.000	-5.908	
		.810	-6.978	-7.336	
		.810			-169.987
	2	.000			-181.535
		.000	6.846	-10.850	
		.402	.000	-9.476	
		.810	-6.966	-10.899	
		.810			-169.972
11					
	1	.000			-169.758
		.000	11.254	-7.336	
		.610	.000	-3.906	
		.810	-3.707	-4.278	
		.810			-159.746
	2	.000			-169.742
		.000	11.265	-10.899	
		.610	.000	-7.462	
		.810	-3.697	-7.832	
		.810			-159.730
12					
	1	.000			-159.226
		.000	13.411	-4.278	
		.689	.000	.345	
		.810	-2.353	.203	
		.810			-150.969
	2	.000			-159.208
		.000	13.419	-7.832	
		.690	.000	-3.203	
		.810	-2.344	-3.344	
		.810			-150.952
13					
	1	.000			-150.354
		.000	13.818	.203	
		.689	.000	4.960	
		.810	-2.444	4.812	
		.810			-143.947
	2	.000			-150.336
		.000	13.825	-3.344	
		.689	.000	1.418	
		.810	-2.437	1.270	
		.810			-143.929
14					
	1	.000			-143.382
		.000	12.976	4.812	
		.637	.000	8.943	
		.810	-3.540	8.635	
		.810			-138.846
	2	.000			-143.363
		.000	12.981	1.270	
		.637	.000	5.404	
		.810	-3.535	5.098	
		.810			-138.827
15					
	1	.000			-138.427
		.000	11.340	8.635	
		.554	.000	11.776	

		.810	-5.251	11.103	
		.810			-135.736
2		.000			-138.408
		.000	11.343	5.098	
		.554	.000	8.240	
		.810	-5.248	7.568	
		.810			-135.717
16					
	1	.000			-135.518
		.000	9.306	11.103	
		.456	.000	13.224	
		.810	-7.232	11.943	
		.810			-134.631
	2	.000			-135.499
		.000	9.307	7.568	
		.456	.000	9.690	
		.810	-7.231	8.409	
		.810			-134.612
17					
	1	.000			-134.632
		.000	7.218	11.943	
		.354	.000	13.220	
		.810	-9.319	11.092	
		.810			-135.520
	2	.000			-134.613
		.000	7.217	8.409	
		.354	.000	9.685	
		.810	-9.320	7.557	
		.810			-135.500
18					
	1	.000			-135.739
		.000	5.238	11.092	
		.256	.000	11.762	
		.810	-11.353	8.614	
		.810			-138.431
	2	.000			-135.720
		.000	5.235	7.557	
		.256	.000	8.226	
		.810	-11.356	5.076	
		.810			-138.412
19					
	1	.000			-138.851
		.000	3.527	8.614	
		.173	.000	8.919	
		.810	-12.988	4.780	
		.810			-143.388
	2	.000			-138.832
		.000	3.522	5.076	
		.173	.000	5.380	
		.810	-12.993	1.238	
		.810			-143.369
20					
	1	.000			-143.954
		.000	2.432	4.780	
		.121	.000	4.928	
		.810	-13.829	.162	
		.810			-150.361
	2	.000			-143.936
		.000	2.425	1.238	
		.121	.000	1.385	
		.810	-13.836	-3.386	
		.810			-150.343
21					
	1	.000			-150.977
		.000	2.343	.162	
		.120	.000	.303	
		.810	-13.420	-4.327	
		.810			-159.235
	2	.000			-150.960
		.000	2.333	-3.386	
		.120	.000	-3.246	
		.810	-13.429	-7.882	
		.810			-159.218
22					
	1	.000			-159.756
		.000	3.699	-4.327	
		.200	.000	-3.956	
		.810	-11.262	-7.391	

		.810		-169.768
	2	.000		-159.740
		.000	3.688	-7.882
		.200	.000	-7.514
		.810	-11.273	-10.955
		.810		-169.752
23				
	1	.000		-169.999
		.000	6.972	-7.391
		.409	.000	-5.965
		.810	-6.839	-7.337
		.810		-181.561
	2	.000		-169.984
		.000	6.960	-10.955
		.408	.000	-9.534
		.810	-6.852	-10.912
		.810		-181.546
24				
	1	.000		-181.323
		.000	11.286	-7.337
		.743	.000	-3.143
		.810	-1.019	-3.177
		.810		-194.100
	2	.000		-181.307
		.000	11.316	-10.912
		.745	.000	-6.694
		.810	-.988	-6.726
		.810		-194.084
25				
	1	.000		-193.652
		.000	9.483	-3.177
		.734	.000	.303
		.810	-.987	.266
		.810		-207.160
	2	.000		-193.633
		.000	9.521	-6.726
		.737	.000	-3.218
		.810	-.948	-3.252
		.810		-207.140
26				
	1	.000		-206.935
		.000	5.360	.266
		.518	.000	1.654
		.810	-3.024	1.212
		.810		-220.545
	2	.000		-206.912
		.000	5.369	-3.252
		.519	.000	-1.859
		.810	-3.015	-2.298
		.810		-220.523
27				
	1	.000		-220.696
		.000	.434	1.212
		.057	.000	1.224
		.810	-5.742	-.938
		.810		-233.648
	2	.000		-220.678
		.000	.353	-2.298
		.046	.000	-2.290
		.810	-5.822	-4.514
		.810		-233.630
28				
	1	.000		-234.316
		.000	1.359	-.938
		.325	.000	-.717
		.896	-2.395	-1.402
		.896		-246.139
	2	.000		-234.324
		.000	1.098	-4.514
		.262	.000	-4.370
		.896	-2.656	-5.212
		.896		-246.147
29				
	1	.000		-246.515
		.000	-2.383	-1.402
		.896	-3.331	-3.962
		.896		-253.265

	2	.000			-246.599
		.000	-3.027	-5.212	
		.896	-3.976	-8.350	
		.896			-253.349
30					
	1	.000			-253.523
		.000	-.032	-3.962	
		.769	.000	-3.975	
		.896	.005	-3.974	
		.896			-254.848
	2	.000			-253.746
		.000	-1.044	-8.350	
		.896	-1.006	-9.269	
		.896			-255.071
31					
	1	.000			-253.665
		.000	13.845	-3.974	
		.896	14.124	8.561	
		.896			-255.070
	2	.000			-254.073
		.000	12.649	-9.269	
		.896	12.928	2.194	
		.896			-255.478
32					
	1	.000			-250.129
		.000	44.526	8.561	
		.896	45.068	48.719	
		.896			-251.554
	2	.000			-250.735
		.000	43.383	2.194	
		.896	43.926	41.328	
		.896			-252.159

2) CASE 3, CASE 4

1 INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-6-1)

SYSTEM

R=0 L=6

JOINTS

73	X=-2.455	Y=-6.549	Z=0	
74	X=-2.455	Y=-6.549	Z=-1	
1	X=-6.867	Y=-8.695	Z=0	A=73, 74, 1, 4, 1, 9.6717
75	X= 0.000	Y=-7.562	Z=0	
76	X= 0.000	Y=-7.562	Z=-1	
6	X=-6.990	Y=-4.678	Z=0	A=75, 76, 6, 21, 1, 6.1437
77	X= 2.046	Y=-6.718	Z=0	
78	X= 2.046	Y=-6.718	Z=-1	
28	X= 6.990	Y=-4.678	Z=0	A=77, 78, 28, 5, 1, 9.6153
42	X=-8.125	Y=-8.203	Z=0	A=73, 74, 42, 3, 1, 9.6717
46	X=-7.915	Y=-4.297	Z=0	A=75, 76, 46, 21, 1, 6.1437
68	X= 7.915	Y=-4.297	Z=0	A=77, 78, 68, 4, 1, 9.6153

RESTRAINTS

1	33	32	R=1	1	1	1	1	1
2	32	1	R=0	0	1	1	1	0
42	72	1	R=1	1	1	1	1	1

FRAME

NM=11 NL=48 Y=-1

1	SH=R	T=0.450	1.000	E=2.32E6	W=0.450*2.50	TC=1E-5
2	SH=R	T=0.433	1.000	E=2.32E6	W=0.433*2.50	TC=1E-5
3	SH=R	T=0.397	1.000	E=2.32E6	W=0.397*2.50	TC=1E-5
4	SH=R	T=0.371	1.000	E=2.32E6	W=0.371*2.50	TC=1E-5
5	SH=R	T=0.355	1.000	E=2.32E6	W=0.355*2.50	TC=1E-5
6	SH=R	T=0.350	1.000	E=2.32E6	W=0.350*2.50	TC=1E-5
7	A=1.0	I=1E-6		E= 14349		
8	A=1.0	I=1E-6		E= 9212		
9	A=1.0	I=1E-6		E= 9115		
10	A=1.0	I=1E-6		E= 9602		
11	A=1.0	I=1E-6		E= 14264		

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (암반이완하중) *****

1	WG= 0,	-4.640*2.65
2	WG= 0,	-6.286*2.65
3	WG= 0,	-5.466*2.65
4	WG= 0,	-4.678*2.65
5	WG= 0,	-3.946*2.65
6	WG= 0,	-3.256*2.65
7	WG= 0,	-2.616*2.65
8	WG= 0,	-2.032*2.65
9	WG= 0,	-1.512*2.65
10	WG= 0,	-1.061*2.65
11	WG= 0,	-0.685*2.65
12	WG= 0,	-0.388*2.65
13	WG= 0,	-0.174*2.65
14	WG= 0,	-0.044*2.65

C ***** (온도하중) *****

15	T=0,	5/0.35
16	T=0,	-5/0.35

C ***** (잔류수압) *****

17	TRAP= 0,	0.000,	0,	-1,	-0.937,	0
18	TRAP= 0,	-0.937,	0,	-1,	-1.874,	0
19	TRAP= 0,	-1.874,	0,	-1,	-2.811,	0
20	TRAP= 0,	-2.811,	0,	-1,	-3.747,	0
21	TRAP= 0,	-3.747,	0,	-1,	-4.684,	0
22	TRAP= 0,	-4.684,	0,	-1,	-3.946,	0
23	TRAP= 0,	-3.946,	0,	-1,	-3.256,	0
24	TRAP= 0,	-3.256,	0,	-1,	-2.616,	0
25	TRAP= 0,	-2.616,	0,	-1,	-2.032,	0
26	TRAP= 0,	-2.032,	0,	-1,	-1.512,	0
27	TRAP= 0,	-1.512,	0,	-1,	-1.061,	0
28	TRAP= 0,	-1.061,	0,	-1,	-0.685,	0
29	TRAP= 0,	-0.685,	0,	-1,	-0.388,	0
30	TRAP= 0,	-0.388,	0,	-1,	-0.174,	0
31	TRAP= 0,	-0.174,	0,	-1,	-0.044,	0
32	TRAP= 0,	-0.044,	0,	-1,	0.000,	0
33	TRAP= 0,	0.000,	0,	-1,	-0.044,	0
34	TRAP= 0,	-0.044,	0,	-1,	-0.174,	0
35	TRAP= 0,	-0.174,	0,	-1,	-0.388,	0
36	TRAP= 0,	-0.388,	0,	-1,	-0.685,	0
37	TRAP= 0,	-0.685,	0,	-1,	-1.061,	0
38	TRAP= 0,	-1.061,	0,	-1,	-1.512,	0
39	TRAP= 0,	-1.512,	0,	-1,	-2.032,	0

40 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
 41 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
 42 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
 43 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
 44 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
 45 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
 46 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0
 47 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0
 48 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W					
1	1	2	M=1	2	LP=1	NSL= 0	0	0	15	16	17
2	2	3	M=2	3		NSL= 0	0	0	15	16	18
3	3	4	M=3	4		NSL= 0	0	0	15	16	19
4	4	5	M=4	5		NSL= 0	1	2	15	16	20
5	5	6	M=5	6		NSL= 0	1	3	15	16	21
6	6	7	M=6			NSL= 0	1	4	15	16	22
7	7	8	M=6			NSL= 0	1	5	15	16	23
8	8	9	M=6			NSL= 0	1	6	15	16	24
9	9	10	M=6			NSL= 0	1	7	15	16	25
10	10	11	M=6			NSL= 0	1	8	15	16	26
11	11	12	M=6			NSL= 0	1	9	15	16	27
12	12	13	M=6			NSL= 0	1	10	15	16	28
13	13	14	M=6			NSL= 0	1	11	15	16	29
14	14	15	M=6			NSL= 0	1	12	15	16	30
15	15	16	M=6			NSL= 0	1	13	15	16	31
16	16	17	M=6			NSL= 0	1	14	15	16	32
17	17	18	M=6			NSL= 0	1	14	15	16	33
18	18	19	M=6			NSL= 0	1	13	15	16	34
19	19	20	M=6			NSL= 0	1	12	15	16	35
20	20	21	M=6			NSL= 0	1	11	15	16	36
21	21	22	M=6			NSL= 0	1	10	15	16	37
22	22	23	M=6			NSL= 0	1	9	15	16	38
23	23	24	M=6			NSL= 0	1	8	15	16	39
24	24	25	M=6			NSL= 0	1	7	15	16	40
25	25	26	M=6			NSL= 0	1	6	15	16	41
26	26	27	M=6			NSL= 0	1	5	15	16	42
27	27	28	M=6			NSL= 0	1	4	15	16	43
28	28	29	M=6	5		NSL= 0	1	3	15	16	44
29	29	30	M=5	4		NSL= 0	1	2	15	16	45
30	30	31	M=4	3		NSL= 0	0	0	15	16	46
31	31	32	M=3	2		NSL= 0	0	0	15	16	47
32	32	33	M=2	1		NSL= 0	0	0	15	16	48
42	42	2	M=7		LR=1, 1						
43	43	3	M=7		LR=1, 1						
44	44	4	M=7		LR=1, 1						
45	45	5	M=7		LR=1, 1						
46	46	6	M=8		LR=1, 1						
47	47	7	M=9		LR=1, 1						
48	48	8	M=9		LR=1, 1						
49	49	9	M=9		LR=1, 1						
c 50	50	10	M=9		LR=1, 1						
c 51	51	11	M=9		LR=1, 1						
c 52	52	12	M=9		LR=1, 1						
c 53	53	13	M=9		LR=1, 1						
c 54	54	14	M=9		LR=1, 1						
c 55	55	15	M=9		LR=1, 1						
c 56	56	16	M=9		LR=1, 1						
c 57	57	17	M=9		LR=1, 1						
c 58	58	18	M=9		LR=1, 1						
c 59	59	19	M=9		LR=1, 1						
c 60	60	20	M=9		LR=1, 1						
c 61	61	21	M=9		LR=1, 1						
c 62	62	22	M=9		LR=1, 1						
c 63	63	23	M=9		LR=1, 1						
c 64	64	24	M=9		LR=1, 1						
65	65	25	M=9		LR=1, 1						
66	66	26	M=9		LR=1, 1						
67	67	27	M=9		LR=1, 1						
68	68	28	M=10		LR=1, 1						
69	69	29	M=11		LR=1, 1						
70	70	30	M=11		LR=1, 1						
71	71	31	M=11		LR=1, 1						
72	72	32	M=11		LR=1, 1						

COMBO

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W
1	C=1.54	1.54	1.54	1.5	0.0	1.8
2	C=1.54	1.54	1.54	0.0	1.5	1.8

2 OUTPUT

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-6-1)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST END1	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE
1					
1	1	.000			-255.625
		.000	-48.163	49.191	
		.827	-48.355	9.368	
		.827			-254.313
2	2	.000			-256.291
		.000	-46.965	41.866	
		.827	-47.156	3.035	
		.827			-254.980
2					
1	1	.000			-259.722
		.000	-15.625	9.368	
		.827	-17.456	-4.216	
		.827			-258.426
2	2	.000			-260.180
		.000	-14.369	3.035	
		.827	-16.200	-9.510	
		.827			-258.885
3					
1	1	.000			-259.845
		.000	.555	-4.216	
		.159	.000	-4.171	
		.827	-2.896	-5.088	
2	2	.000			-260.107
		.000	1.627	-9.510	
		.432	.000	-9.145	
		.827	-1.823	-9.495	
4					
1	1	.000			-258.372
		.000	5.683	-5.088	
		.827	-.057	-2.666	
		.827			-252.198
2	2	.000			-258.484
		.000	6.379	-9.495	
		.827	.638	-6.497	
		.827			-252.310
5					
1	1	.000			-251.669
		.000	6.214	-2.666	
		.541	.000	-.957	
		.827	-3.525	-1.457	
2	2	.000			-251.698
		.000	6.502	-6.497	
		.565	.000	-4.630	
		.827	-3.238	-5.052	
6					
1	1	.000			-240.066
		.000	9.339	-1.457	
		.600	.000	1.315	
		.810	-3.134	.984	
2	2	.000			-227.108
		.000	9.432	-5.052	
		.606	.000	-2.223	
		.810	-3.041	-2.534	
7					
1	1	.000			-227.002
		.000	5.285	.984	
		.307	.000	1.792	
		.810	-8.353	-.327	
2	2	.000			-213.391
		.000	5.278	-2.534	
		.307	.000	-1.729	
		.810			-226.997

		.810	-8.360	-3.851	
		.810		-213.386	
8					
	1	.000		-213.667	
		.000	3.344	-.327	
		.179	.000	-.028	
		.810	-11.409	-3.658	
		.810		-200.159	
	2	.000		-213.663	
		.000	3.313	-3.851	
		.178	.000	-3.558	
		.810	-11.441	-7.208	
		.810		-200.155	
9					
	1	.000		-200.509	
		.000	4.937	-3.658	
		.250	.000	-3.042	
		.810	-10.759	-6.074	
		.810		-187.732	
	2	.000		-200.507	
		.000	4.939	-7.208	
		.250	.000	-6.591	
		.810	-10.757	-9.623	
		.810		-187.730	
10					
	1	.000		-187.805	
		.000	9.395	-6.074	
		.460	.000	-3.924	
		.810	-7.002	-5.156	
		.810		-176.243	
	2	.000		-187.803	
		.000	9.396	-9.623	
		.460	.000	-7.472	
		.810	-7.001	-8.703	
		.810		-176.241	
11					
	1	.000		-175.980	
		.000	11.900	-5.156	
		.569	.000	-1.783	
		.810	-4.938	-2.380	
		.810		-165.969	
	2	.000		-175.978	
		.000	11.901	-8.703	
		.570	.000	-5.330	
		.810	-4.937	-5.926	
		.810		-165.967	
12					
	1	.000		-165.544	
		.000	12.853	-2.380	
		.609	.000	1.518	
		.810	-4.184	1.096	
		.810		-157.287	
	2	.000		-165.542	
		.000	12.854	-5.926	
		.609	.000	-2.027	
		.810	-4.183	-2.449	
		.810		-157.285	
13					
	1	.000		-156.832	
		.000	12.673	1.096	
		.601	.000	4.890	
		.810	-4.371	4.431	
		.810		-150.425	
	2	.000		-156.829	
		.000	12.674	-2.449	
		.601	.000	1.345	
		.810	-4.370	.886	
		.810		-150.423	
14					
	1	.000		-150.029	
		.000	11.753	4.431	
		.561	.000	7.722	
		.810	-5.173	7.077	
		.810		-145.493	
	2	.000		-150.027	
		.000	11.754	.886	
		.561	.000	4.177	
		.810	-5.172	3.532	

15		.810		-145.491
	1	.000		-145.211
		.000	10.428	7.077
		.503	.000	9.699
		.810	-6.322	8.728
		.810		-142.520
	2	.000		-145.209
		.000	10.428	3.532
		.503	.000	6.154
		.810	-6.322	5.183
		.810		-142.517
16				
	1	.000		-142.378
		.000	8.967	8.728
		.438	.009	10.692
		.810	-7.603	9.276
		.810		-141.490
	2	.000		-142.375
		.000	8.967	5.183
		.438	.009	7.147
		.810	-7.603	5.732
		.810		-141.488
17				
	1	.000		-141.491
		.000	7.584	9.276
		.372	-.007	10.684
		.810	-8.986	8.712
		.810		-142.379
	2	.000		-141.489
		.000	7.583	5.732
		.372	-.007	7.140
		.810	-8.986	5.167
		.810		-142.377
18				
	1	.000		-142.523
		.000	6.303	8.712
		.306	.000	9.677
		.810	-10.447	7.046
		.810		-145.215
	2	.000		-142.521
		.000	6.303	5.167
		.306	.000	6.132
		.810	-10.447	3.501
		.810		-145.213
19				
	1	.000		-145.499
		.000	5.155	7.046
		.248	.000	7.687
		.810	-11.771	4.386
		.810		-150.036
	2	.000		-145.497
		.000	5.154	3.501
		.248	.000	4.141
		.810	-11.772	.840
		.810		-150.034
20				
	1	.000		-150.434
		.000	4.354	4.386
		.209	.000	4.842
		.810	-12.690	1.038
		.810		-156.841
	2	.000		-150.432
		.000	4.353	.840
		.209	.000	1.296
		.810	-12.691	-2.509
		.810		-156.839
21				
	1	.000		-157.298
		.000	4.169	1.038
		.201	.000	1.457
		.810	-12.867	-2.450
		.810		-165.556
	2	.000		-157.296
		.000	4.167	-2.509
		.201	.000	-2.090
		.810	-12.868	-5.998
		.810		-165.554

22 -----				
1	.000			-165.982
	.000	4.925	-2.450	
	.240	.000	-1.857	
	.810	-11.912	-5.237	
	.810			-175.994
2	.000			-165.980
	.000	4.923	-5.998	
	.240	.000	-5.405	
	.810	-11.914	-8.786	
	.810			-175.992
23 -----				
1	.000			-176.258
	.000	6.991	-5.237	
	.350	.000	-4.009	
	.810	-9.405	-6.163	
	.810			-187.820
2	.000			-176.256
	.000	6.990	-8.786	
	.350	.000	-7.558	
	.810	-9.406	-9.714	
	.810			-187.818
24 -----				
1	.000			-187.748
	.000	10.750	-6.163	
	.560	.000	-3.135	
	.810	-4.944	-3.753	
	.810			-200.525
2	.000			-187.746
	.000	10.749	-9.714	
	.560	.000	-6.687	
	.810	-4.946	-7.305	
	.810			-200.524
25 -----				
1	.000			-200.180
	.000	11.431	-3.753	
	.632	.000	-.109	
	.810	-3.322	-.404	
	.810			-213.688
2	.000			-200.177
	.000	11.461	-7.305	
	.634	.000	-3.642	
	.810	-3.291	-3.932	
	.810			-213.685
26 -----				
1	.000			-213.408
	.000	8.649	-.404	
	.521	.000	1.866	
	.810	-4.990	1.146	
	.810			-227.019
2	.000			-213.403
	.000	8.660	-3.932	
	.521	.000	-1.656	
	.810	-4.979	-2.372	
	.810			-227.014
27 -----				
1	.000			-227.083
	.000	3.974	1.146	
	.266	.000	1.677	
	.810	-8.494	-.612	
	.810			-240.035
2	.000			-227.081
	.000	3.898	-2.372	
	.261	.000	-1.861	
	.810	-8.571	-4.192	
	.810			-240.033
28 -----				
1	.000			-240.630
	.000	4.165	-.612	
	.339	.000	.087	
	.896	-6.392	-1.723	
	.896			-252.454
2	.000			-240.654
	.000	3.907	-4.192	
	.317	.000	-3.578	
	.896	-6.650	-5.534	
	.896			-252.478
29 -----				

	1	.000		-252.960
		.000	.107	-1.723
		.896	-6.133	-4.537
		.896		-259.710
	2	.000		-253.060
		.000	-.537	-5.534
		.896	-6.776	-8.925
		.896		-259.809
30				
	1	.000		-260.057
		.000	1.741	-4.537
		.373	.000	-4.220
		.896	-2.002	-4.767
		.896		-261.382
	2	.000		-260.295
		.000	.730	-8.925
		.150	.000	-8.871
		.896	-3.013	-10.061
		.896		-261.620
31				
	1	.000		-260.299
		.000	14.671	-4.767
		.896	12.682	7.380
		.896		-261.704
	2	.000		-260.723
		.000	13.476	-10.061
		.896	11.487	1.013
		.896		-262.128
32				
	1	.000		-256.872
		.000	44.680	7.380
		.896	44.467	47.225
		.896		-258.296
	2	.000		-257.492
		.000	43.540	1.013
		.896	43.327	39.837
		.896		-258.916

3) CASE 5, CASE 6

□ INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE: 6-2)

SYSTEM

R=0 L=6

JOINTS

73	X=-2.455	Y=-6.549	Z=0	
74	X=-2.455	Y=-6.549	Z=-1	
1	X=-6.867	Y=-8.695	Z=0	A=73, 74, 1, 4, 1, 9.6717
75	X=0.000	Y=-7.562	Z=0	
76	X=0.000	Y=-7.562	Z=-1	
6	X=-6.990	Y=-4.678	Z=0	A=75, 76, 6, 21, 1, 6.1437
77	X=2.046	Y=-6.718	Z=0	
78	X=2.046	Y=-6.718	Z=-1	
28	X=6.990	Y=-4.678	Z=0	A=77, 78, 28, 5, 1, 9.6153
42	X=-8.125	Y=-8.203	Z=0	A=73, 74, 42, 3, 1, 9.6717
46	X=-7.915	Y=-4.297	Z=0	A=75, 76, 46, 21, 1, 6.1437
68	X=7.915	Y=-4.297	Z=0	A=77, 78, 68, 4, 1, 9.6153

RESTRAINTS

1	33	32	R=1	1	1	1	1	1
2	32	1	R=0	0	1	1	1	0
42	72	1	R=1	1	1	1	1	1

FRAME

NN=11 NL=48 Y=-1

1	SH=R	T=0.450	1.000	E=2.32E6	W=0.450*2.50	TC=1E-5
2	SH=R	T=0.433	1.000	E=2.32E6	W=0.433*2.50	TC=1E-5
3	SH=R	T=0.397	1.000	E=2.32E6	W=0.397*2.50	TC=1E-5
4	SH=R	T=0.371	1.000	E=2.32E6	W=0.371*2.50	TC=1E-5
5	SH=R	T=0.355	1.000	E=2.32E6	W=0.355*2.50	TC=1E-5
6	SH=R	T=0.350	1.000	E=2.32E6	W=0.350*2.50	TC=1E-5
7	A=1.0	I=1E-6		E=14349		
8	A=1.0	I=1E-6		E=9212		
9	A=1.0	I=1E-6		E=9115		
10	A=1.0	I=1E-6		E=9602		
11	A=1.0	I=1E-6		E=14264		

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (암반이완하중) *****

1	WG= 0, -4.640*2.65
2	WG= 0, -6.286*2.65
3	WG= 0, -5.466*2.65
4	WG= 0, -4.678*2.65
5	WG= 0, -3.946*2.65
6	WG= 0, -3.256*2.65
7	WG= 0, -2.616*2.65
8	WG= 0, -2.032*2.65
9	WG= 0, -1.512*2.65
10	WG= 0, -1.061*2.65
11	WG= 0, -0.685*2.65
12	WG= 0, -0.388*2.65
13	WG= 0, -0.174*2.65
14	WG= 0, -0.044*2.65

C ***** (온도하중) *****

15	T=0, 5/0.35
16	T=0, -5/0.35

C ***** (잔류수압) *****

17	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
18	TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
19	TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
20	TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
21	TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
22	TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
23	TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
24	TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
25	TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
26	TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
27	TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
28	TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
29	TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
30	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0
31	TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
32	TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
33	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
34	TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
35	TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
36	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0

37 TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0
 38 TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
 39 TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0
 40 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
 41 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
 42 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
 43 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
 44 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
 45 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
 46 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0
 47 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0
 48 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W				
1	1	2	M=1 2	LP=1	NSL= 0	0	0	15	16	17
2	2	3	M=2 3		NSL= 0	0	0	15	16	18
3	3	4	M=3 4		NSL= 0	0	0	15	16	19
4	4	5	M=4 5		NSL= 0	1	2	15	16	20
5	5	6	M=5 6		NSL= 0	1	3	15	16	21
6	6	7	M=6		NSL= 0	1	4	15	16	22
7	7	8	M=6		NSL= 0	1	5	15	16	23
8	8	9	M=6		NSL= 0	1	6	15	16	24
9	9	10	M=6		NSL= 0	1	7	15	16	25
10	10	11	M=6		NSL= 0	1	8	15	16	26
11	11	12	M=6		NSL= 0	1	9	15	16	27
12	12	13	M=6		NSL= 0	1	10	15	16	28
13	13	14	M=6		NSL= 0	1	11	15	16	29
14	14	15	M=6		NSL= 0	1	12	15	16	30
15	15	16	M=6		NSL= 0	1	13	15	16	31
16	16	17	M=6		NSL= 0	1	14	15	16	32
17	17	18	M=6		NSL= 0	1	14	15	16	33
18	18	19	M=6		NSL= 0	1	13	15	16	34
19	19	20	M=6		NSL= 0	1	12	15	16	35
20	20	21	M=6		NSL= 0	1	11	15	16	36
21	21	22	M=6		NSL= 0	1	10	15	16	37
22	22	23	M=6		NSL= 0	1	9	15	16	38
23	23	24	M=6		NSL= 0	1	8	15	16	39
24	24	25	M=6		NSL= 0	1	7	15	16	40
25	25	26	M=6		NSL= 0	1	6	15	16	41
26	26	27	M=6		NSL= 0	1	5	15	16	42
27	27	28	M=6		NSL= 0	1	4	15	16	43
28	28	29	M=6 5		NSL= 0	1	3	15	16	44
29	29	30	M=5 4		NSL= 0	1	2	15	16	45
30	30	31	M=4 3		NSL= 0	0	0	15	16	46
31	31	32	M=3 2		NSL= 0	0	0	15	16	47
32	32	33	M=2 1		NSL= 0	0	0	15	16	48
42	42	2	M=7	LR=1, 1						
43	43	3	M=7	LR=1, 1						
44	44	4	M=7	LR=1, 1						
45	45	5	M=7	LR=1, 1						
46	46	6	M=8	LR=1, 1						
47	47	7	M=9	LR=1, 1						
48	48	8	M=9	LR=1, 1						
49	49	9	M=9	LR=1, 1						
50	50	10	M=9	LR=1, 1						
c 51	51	11	M=9	LR=1, 1						
c 52	52	12	M=9	LR=1, 1						
c 53	53	13	M=9	LR=1, 1						
c 54	54	14	M=9	LR=1, 1						
c 55	55	15	M=9	LR=1, 1						
c 56	56	16	M=9	LR=1, 1						
c 57	57	17	M=9	LR=1, 1						
c 58	58	18	M=9	LR=1, 1						
c 59	59	19	M=9	LR=1, 1						
c 60	60	20	M=9	LR=1, 1						
c 61	61	21	M=9	LR=1, 1						
c 62	62	22	M=9	LR=1, 1						
c 63	63	23	M=9	LR=1, 1						
64	64	24	M=9	LR=1, 1						
65	65	25	M=9	LR=1, 1						
66	66	26	M=9	LR=1, 1						
67	67	27	M=9	LR=1, 1						
68	68	28	M=10	LR=1, 1						
69	69	29	M=11	LR=1, 1						
70	70	30	M=11	LR=1, 1						
71	71	31	M=11	LR=1, 1						
72	72	32	M=11	LR=1, 1						

COMBO

C Pd Pv Pv T T W

1 C=1.00 1.00 1.00 1.0 0.0 0.0
 2 C=1.00 1.00 1.00 0.0 1.0 0.0

2 OUTPUT

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-6-2)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST END1	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE
1					
1	1	.000			-161.572
		.000	-31.620	32.953	
		.827	-31.291	6.934	
		.827			-160.720
2	2	.000			-162.006
		.000	-30.819	28.068	
		.827	-30.490	2.711	
		.827			-161.154
2					
1	1	.000			-164.298
		.000	-11.042	6.934	
		.827	-10.871	-2.128	
		.827			-163.457
2	2	.000			-164.594
		.000	-10.204	2.711	
		.827	-10.034	-5.658	
		.827			-163.753
3					
1	1	.000			-164.445
		.000	-.890	-2.128	
		.827	-.865	-2.854	
		.827			-163.651
2	2	.000			-164.609
		.000	-.175	-5.658	
		.827	-.150	-5.792	
		.827			-163.815
4					
1	1	.000			-163.549
		.000	1.947	-2.854	
		.827	1.390	-1.474	
		.827			-159.540
2	2	.000			-163.613
		.000	2.412	-5.792	
		.827	1.855	-4.028	
		.827			-159.604
5					
1	1	.000			-159.290
		.000	1.497	-1.474	
		.550	.001	-1.062	
		.827	-.752	-1.166	
2	2	.000			-152.207
		.000	1.691	-4.028	
		.621	.001	-3.502	
		.827	-.558	-3.560	
6					
1	1	.000			-151.734
		.000	4.259	-1.166	
		.810	.247	.660	
		.810			-143.320
2	2	.000			-151.722
		.000	4.324	-3.560	
		.810	.312	-1.681	
		.810			-143.308
7					
1	1	.000			-143.197
		.000	2.190	.660	
		.326	.000	1.017	
		.810	-3.255	.228	
2	2	.000			-134.358
		.000			
		.810			
		.810			

8	2	.000		-143.182
		.000	2.187	-1.681
		.326	.000	-1.325
		.810	-3.258	-2.115
		.810		-134.343

9	1	.000		-134.503
		.000	.682	.228
		.081	.000	.256
		.810	-6.117	-1.974
		.810		-125.731
10	2	.000		-134.489
		.000	.655	-2.115
		.078	.000	-2.089
		.810	-6.143	-4.338
		.810		-125.718

11	1	.000		-126.029
		.000	.638	-1.974
		.065	.000	-1.953
		.810	-7.352	-4.695
		.810		-117.732
12	2	.000		-126.019
		.000	.617	-4.338
		.063	.000	-4.319
		.810	-7.374	-7.077
		.810		-117.722

13	1	.000		-117.889
		.000	4.437	-4.695
		.401	.000	-3.805
		.810	-4.532	-4.733
		.810		-110.382
14	2	.000		-117.879
		.000	4.446	-7.077
		.402	.000	-6.184
		.810	-4.523	-7.108
		.810		-110.372

15	1	.000		-110.233
		.000	7.308	-4.733
		.610	.000	-2.506
		.810	-2.407	-2.747
		.810		-103.732
16	2	.000		-110.222
		.000	7.315	-7.108
		.610	.000	-4.876
		.810	-2.400	-5.117
		.810		-103.721

17	1	.000		-103.393
		.000	8.708	-2.747
		.689	.000	.255
		.810	-1.528	.162
		.810		-98.032
18	2	.000		-103.382
		.000	8.714	-5.117
		.690	.000	-2.111
		.810	-1.522	-2.202
		.810		-98.020

19	1	.000		-97.632
		.000	8.973	.162
		.689	.000	3.252
		.810	-1.587	3.155
		.810		-93.473
20	2	.000		-97.620
		.000	8.977	-2.202
		.689	.000	.890
		.810	-1.582	.794
		.810		-93.460

21	1	.000		-93.106
		.000	8.426	3.155
		.637	.000	5.838
		.810	-2.299	5.638
		.810		-90.160
22	2	.000		-93.093

		.000	8.429	.794	
		.637	.000	3.479	
		.810	-2.295	3.280	
		.810			-90.147
15		-----			
	1	.000			-89.888
		.000	7.364	5.638	
		.554	.000	7.677	
		.810	-3.410	7.240	
		.810			-88.140
	2	.000			-89.875
		.000	7.366	3.280	
		.554	.000	5.320	
		.810	-3.408	4.883	
		.810			-88.128
16		-----			
	1	.000			-87.999
		.000	6.043	7.240	
		.456	.000	8.618	
		.810	-4.696	7.786	
		.810			-87.423
	2	.000			-87.986
		.000	6.043	4.883	
		.456	.000	6.262	
		.810	-4.695	5.430	
		.810			-87.410
17		-----			
	1	.000			-87.424
		.000	4.687	7.786	
		.354	.000	8.615	
		.810	-6.051	7.233	
		.810			-88.000
	2	.000			-87.411
		.000	4.686	5.430	
		.354	.000	6.258	
		.810	-6.052	4.876	
		.810			-87.987
18		-----			
	1	.000			-88.142
		.000	3.401	7.233	
		.256	.000	7.668	
		.810	-7.372	5.624	
		.810			-89.890
	2	.000			-88.130
		.000	3.399	4.876	
		.256	.000	5.311	
		.810	-7.374	3.265	
		.810			-89.878
19		-----			
	1	.000			-90.163
		.000	2.291	5.624	
		.173	.000	5.822	
		.810	-8.434	3.135	
		.810			-93.109
	2	.000			-90.151
		.000	2.287	3.265	
		.173	.000	3.463	
		.810	-8.437	.773	
		.810			-93.097
20		-----			
	1	.000			-93.477
		.000	1.579	3.135	
		.121	.000	3.230	
		.810	-8.980	.136	
		.810			-97.637
	2	.000			-93.465
		.000	1.575	.773	
		.121	.000	.868	
		.810	-8.985	-2.229	
		.810			-97.625
21		-----			
	1	.000			-98.037
		.000	1.521	.136	
		.120	.000	.228	
		.810	-8.714	-2.779	
		.810			-103.399
	2	.000			-98.026
		.000	1.515	-2.229	

		.120	.000	-2.138	
		.810	-8.720	-5.149	
		.810			-103.388
22					
	1	.000			-103.738
		.000	2.402	-2.779	
		.200	.000	-2.538	
		.810	-7.313	-4.769	
		.810			-110.239
	2	.000			-103.727
		.000	2.395	-5.149	
		.200	.000	-4.910	
		.810	-7.320	-7.145	
		.810			-110.229
23					
	1	.000			-110.389
		.000	4.527	-4.769	
		.409	.000	-3.842	
		.810	-4.441	-4.734	
		.810			-117.897
	2	.000			-110.379
		.000	4.519	-7.145	
		.408	.000	-6.222	
		.810	-4.449	-7.116	
		.810			-117.887
24					
	1	.000			-117.742
		.000	7.328	-4.734	
		.743	.000	-2.010	
		.810	-.662	-2.032	
		.810			-126.039
	2	.000			-117.732
		.000	7.349	-7.116	
		.745	.000	-4.378	
		.810	-.641	-4.399	
		.810			-126.029
25					
	1	.000			-125.748
		.000	6.157	-2.032	
		.734	.000	.227	
		.810	-.641	.203	
		.810			-134.520
	2	.000			-125.735
		.000	6.183	-4.399	
		.737	.000	-2.120	
		.810	-.615	-2.142	
		.810			-134.507
26					
	1	.000			-134.373
		.000	3.480	.203	
		.518	.000	1.105	
		.810	-1.964	.817	
		.810			-143.211
	2	.000			-134.359
		.000	3.487	-2.142	
		.519	.000	-1.238	
		.810	-1.958	-1.523	
		.810			-143.197
27					
	1	.000			-143.309
		.000	.283	.817	
		.057	.000	.826	
		.810	-3.728	-.578	
		.810			-151.720
	2	.000			-143.297
		.000	.229	-1.523	
		.046	.000	-1.518	
		.810	-3.781	-2.962	
		.810			-151.708
28					
	1	.000			-152.153
		.000	.885	-.578	
		.326	-.000	-.434	
		.896	-1.553	-.877	
		.896			-159.831
	2	.000			-152.158
		.000	.711	-2.962	
		.262	-.000	-2.869	

		.896	-1.727	-3.417	
		.896			-159.836
29		-----			
	1	.000			-160.074
		.000	-1.542	-.877	
		.896	-2.158	-2.535	
		.896			-164.457
	2	.000			-160.130
		.000	-1.971	-3.417	
		.896	-2.587	-5.460	
		.896			-164.513
30		-----			
	1	.000			-164.623
		.000	-.012	-2.535	
		.449	.000	-2.538	
		.896	.012	-2.535	
		.896			-165.484
	2	.000			-164.772
		.000	-.686	-5.460	
		.896	-.662	-6.065	
		.896			-165.632
31		-----			
	1	.000			-164.714
		.000	9.001	-2.535	
		.896	9.182	5.614	
		.896			-165.626
	2	.000			-164.986
		.000	8.203	-6.065	
		.896	8.384	1.369	
		.896			-165.899
32		-----			
	1	.000			-162.417
		.000	28.923	5.614	
		.896	29.275	31.700	
		.896			-163.341
	2	.000			-162.820
		.000	28.161	1.369	
		.896	28.513	26.773	
		.896			-163.745

4) CASE 7, CASE 8

① INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL (TYPE-6-3)

SYSTEM

R=0 L=6

JOINTS

73	X=-2.455	Y=-6.549	Z=0	
74	X=-2.455	Y=-6.549	Z=-1	
1	X=-6.867	Y=-8.695	Z=0	A=73,74, 1, 4, 1, 9.6717
75	X=0.000	Y=-7.562	Z=0	
76	X=0.000	Y=-7.562	Z=-1	
6	X=-6.990	Y=-4.678	Z=0	A=75,76, 6,21, 1, 6.1437
77	X=2.046	Y=-6.718	Z=0	
78	X=2.046	Y=-6.718	Z=-1	
28	X=6.990	Y=-4.678	Z=0	A=77,78, 28,5, 1, 9.6153
42	X=-8.125	Y=-8.203	Z=0	A=73,74, 42,3, 1, 9.6717
46	X=-7.915	Y=-4.297	Z=0	A=75,76, 46,21,1, 6.1437
68	X=7.915	Y=-4.297	Z=0	A=77,78, 68,4, 1, 9.6153

RESTRAINTS

1	33	32	R=1	1	1	1	1	1
2	32	1	R=0	0	1	1	1	0
42	72	1	R=1	1	1	1	1	1

FRAME

NM=11 NL=48 Y=-1

1	SH=R	T=0.450	1.000	E=2.32E6	W=0.450*2.50	TC=1E-5
2	SH=R	T=0.433	1.000	E=2.32E6	W=0.433*2.50	TC=1E-5
3	SH=R	T=0.397	1.000	E=2.32E6	W=0.397*2.50	TC=1E-5
4	SH=R	T=0.371	1.000	E=2.32E6	W=0.371*2.50	TC=1E-5
5	SH=R	T=0.355	1.000	E=2.32E6	W=0.355*2.50	TC=1E-5
6	SH=R	T=0.350	1.000	E=2.32E6	W=0.350*2.50	TC=1E-5
7	A=1.0	I=1E-6	E=	14349		
8	A=1.0	I=1E-6	E=	9212		
9	A=1.0	I=1E-6	E=	9115		
10	A=1.0	I=1E-6	E=	9602		
11	A=1.0	I=1E-6	E=	14264		

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (암반이완하중) *****

1	WG= 0, -4.640*2.65
2	WG= 0, -6.286*2.65
3	WG= 0, -5.466*2.65
4	WG= 0, -4.678*2.65
5	WG= 0, -3.946*2.65
6	WG= 0, -3.256*2.65
7	WG= 0, -2.616*2.65
8	WG= 0, -2.032*2.65
9	WG= 0, -1.512*2.65
10	WG= 0, -1.061*2.65
11	WG= 0, -0.685*2.65
12	WG= 0, -0.388*2.65
13	WG= 0, -0.174*2.65
14	WG= 0, -0.044*2.65

C ***** (온도하중) *****

15	T=0, 5/0.35
16	T=0, -5/0.35

C ***** (관류수압) *****

17	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.937, 0
18	TRAP= 0, -0.937, 0, -1, -1.874, 0
19	TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -2.811, 0
20	TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -3.747, 0
21	TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -4.684, 0
22	TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.946, 0
23	TRAP= 0, -3.946, 0, -1, -3.256, 0
24	TRAP= 0, -3.256, 0, -1, -2.616, 0
25	TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -2.032, 0
26	TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -1.512, 0
27	TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -1.061, 0
28	TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -0.685, 0
29	TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -0.388, 0
30	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.174, 0
31	TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.044, 0
32	TRAP= 0, -0.044, 0, -1, 0.000, 0
33	TRAP= 0, 0.000, 0, -1, -0.044, 0
34	TRAP= 0, -0.044, 0, -1, -0.174, 0
35	TRAP= 0, -0.174, 0, -1, -0.388, 0
36	TRAP= 0, -0.388, 0, -1, -0.685, 0
37	TRAP= 0, -0.685, 0, -1, -1.061, 0
38	TRAP= 0, -1.061, 0, -1, -1.512, 0
39	TRAP= 0, -1.512, 0, -1, -2.032, 0

40 TRAP= 0, -2.032, 0, -1, -2.616, 0
 41 TRAP= 0, -2.616, 0, -1, -3.257, 0
 42 TRAP= 0, -3.257, 0, -1, -3.947, 0
 43 TRAP= 0, -3.947, 0, -1, -4.684, 0
 44 TRAP= 0, -4.684, 0, -1, -3.747, 0
 45 TRAP= 0, -3.747, 0, -1, -2.811, 0
 46 TRAP= 0, -2.811, 0, -1, -1.874, 0
 47 TRAP= 0, -1.874, 0, -1, -0.937, 0
 48 TRAP= 0, -0.937, 0, -1, 0.000, 0

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W				
1	1	2	M=1 2	LP=1	NSL= 0	0	0	15	16	17
2	2	3	M=2 3		NSL= 0	0	0	15	16	18
3	3	4	M=3 4		NSL= 0	0	0	15	16	19
4	4	5	M=4 5		NSL= 0	1	2	15	16	20
5	5	6	M=5 6		NSL= 0	1	3	15	16	21
6	6	7	M=6		NSL= 0	1	4	15	16	22
7	7	8	M=6		NSL= 0	1	5	15	16	23
8	8	9	M=6		NSL= 0	1	6	15	16	24
9	9	10	M=6		NSL= 0	1	7	15	16	25
10	10	11	M=6		NSL= 0	1	8	15	16	26
11	11	12	M=6		NSL= 0	1	9	15	16	27
12	12	13	M=6		NSL= 0	1	10	15	16	28
13	13	14	M=6		NSL= 0	1	11	15	16	29
14	14	15	M=6		NSL= 0	1	12	15	16	30
15	15	16	M=6		NSL= 0	1	13	15	16	31
16	16	17	M=6		NSL= 0	1	14	15	16	32
17	17	18	M=6		NSL= 0	1	14	15	16	33
18	18	19	M=6		NSL= 0	1	13	15	16	34
19	19	20	M=6		NSL= 0	1	12	15	16	35
20	20	21	M=6		NSL= 0	1	11	15	16	36
21	21	22	M=6		NSL= 0	1	10	15	16	37
22	22	23	M=6		NSL= 0	1	9	15	16	38
23	23	24	M=6		NSL= 0	1	8	15	16	39
24	24	25	M=6		NSL= 0	1	7	15	16	40
25	25	26	M=6		NSL= 0	1	6	15	16	41
26	26	27	M=6		NSL= 0	1	5	15	16	42
27	27	28	M=6		NSL= 0	1	4	15	16	43
28	28	29	M=6 5		NSL= 0	1	3	15	16	44
29	29	30	M=5 4		NSL= 0	1	2	15	16	45
30	30	31	M=4 3		NSL= 0	0	0	15	16	46
31	31	32	M=3 2		NSL= 0	0	0	15	16	47
32	32	33	M=2 1		NSL= 0	0	0	15	16	48
42	42	2	M=7	LR=1, 1						
43	43	3	M=7	LR=1, 1						
44	44	4	M=7	LR=1, 1						
45	45	5	M=7	LR=1, 1						
46	46	6	M=8	LR=1, 1						
47	47	7	M=9	LR=1, 1						
48	48	8	M=9	LR=1, 1						
49	49	9	M=9	LR=1, 1						
c 50	50	10	M=9	LR=1, 1						
c 51	51	11	M=9	LR=1, 1						
c 52	52	12	M=9	LR=1, 1						
c 53	53	13	M=9	LR=1, 1						
c 54	54	14	M=9	LR=1, 1						
c 55	55	15	M=9	LR=1, 1						
c 56	56	16	M=9	LR=1, 1						
c 57	57	17	M=9	LR=1, 1						
c 58	58	18	M=9	LR=1, 1						
c 59	59	19	M=9	LR=1, 1						
c 60	60	20	M=9	LR=1, 1						
c 61	61	21	M=9	LR=1, 1						
c 62	62	22	M=9	LR=1, 1						
c 63	63	23	M=9	LR=1, 1						
c 64	64	24	M=9	LR=1, 1						
65	65	25	M=9	LR=1, 1						
66	66	26	M=9	LR=1, 1						
67	67	27	M=9	LR=1, 1						
68	68	28	M=10	LR=1, 1						
69	69	29	M=11	LR=1, 1						
70	70	30	M=11	LR=1, 1						
71	71	31	M=11	LR=1, 1						
72	72	32	M=11	LR=1, 1						

COMBO

C	Pd	Pv	Pv	T	T	W
1	C=1.00	1.00	1.00	1.0	0.0	1.0
2	C=1.00	1.00	1.00	0.0	1.0	1.0

2 OUTPUT

PUSAN-ULSAN TUNNEL(TYPE-6-3)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT ID	LOAD COMB	DIST END1	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE
1					
1	1	.000			-165.306
		.000	-31.327	32.134	
		.827	-31.385	6.251	
		.827			-164.454
2	2	.000			-165.750
		.000	-30.527	27.251	
		.827	-30.586	2.028	
		.827			-164.898
2					
1	1	.000			-167.977
		.000	-10.283	6.251	
		.827	-11.275	-2.611	
		.827			-167.135
2	2	.000			-168.282
		.000	-9.445	2.028	
		.827	-10.438	-6.141	
		.827			-167.441
3					
1	1	.000			-168.068
		.000	.173	-2.611	
		.091	.000	-2.603	
		.827	-1.741	-3.206	
2	2	.000			-167.274
		.000	.888	-6.141	
		.426	.000	-5.945	
		.827	-1.026	-6.144	
4					
1	1	.000			-167.448
		.000	3.437	-3.206	
		.827	.167	-1.662	
		.827			-167.121
2	2	.000			-163.111
		.000	3.901	-6.144	
		.827	.631	-4.217	
		.827			-167.195
5					
1	1	.000			-163.186
		.000	3.676	-1.662	
		.543	.000	-.650	
		.827	-2.059	-.941	
2	2	.000			-155.698
		.000	3.868	-4.217	
		.570	.000	-3.098	
		.827	-1.868	-3.337	
6					
1	1	.000			-155.717
		.000	5.814	-.941	
		.622	.000	.849	
		.810	-1.695	.688	
2	2	.000			-146.828
		.000	5.877	-3.337	
		.629	.000	-1.508	
		.810	-1.632	-1.657	
7					
1	1	.000			-146.827
		.000	3.259	.688	
		.309	.000	1.190	
		.810	-5.105	-.098	
2	2	.000			-137.912
		.000	3.254	-1.657	
		.309	.000	-1.157	
					-146.747

		.810	-5.109	-2.447	
		.810		-137.908	
8		-----			
	1	.000			-138.087
		.000	1.934	-.098	
		.167	.000	.064	
		.810	-7.244	-2.284	
		.810			-129.315
	2	.000			-138.085
		.000	1.913	-2.447	
		.165	.000	-2.289	
		.810	-7.265	-4.651	
		.810			-129.313
9		-----			
	1	.000			-129.559
		.000	2.746	-2.284	
		.221	.000	-1.981	
		.810	-7.129	-4.092	
		.810			-121.262
	2	.000			-129.558
		.000	2.747	-4.651	
		.222	.000	-4.347	
		.810	-7.128	-6.458	
		.810			-121.261
10		-----			
	1	.000			-121.329
		.000	5.890	-4.092	
		.455	.000	-2.758	
		.810	-4.515	-3.564	
		.810			-113.821
	2	.000			-121.328
		.000	5.891	-6.458	
		.455	.000	-5.123	
		.810	-4.514	-5.928	
		.810			-113.820
11		-----			
	1	.000			-113.650
		.000	7.692	-3.564	
		.577	.000	-1.354	
		.810	-3.065	-1.713	
		.810			-107.149
	2	.000			-113.649
		.000	7.693	-5.928	
		.577	.000	-3.719	
		.810	-3.065	-4.077	
		.810			-107.148
12		-----			
	1	.000			-106.862
		.000	8.420	-1.713	
		.622	.000	.894	
		.810	-2.524	.655	
		.810			-101.501
	2	.000			-106.861
		.000	8.420	-4.077	
		.622	.000	-1.470	
		.810	-2.523	-1.708	
		.810			-101.499
13		-----			
	1	.000			-101.188
		.000	8.354	.655	
		.614	.000	3.213	
		.810	-2.640	2.954	
		.810			-97.028
	2	.000			-101.186
		.000	8.354	-1.708	
		.614	.000	.850	
		.810	-2.640	.591	
		.810			-97.026
14		-----			
	1	.000			-96.753
		.000	7.759	2.954	
		.573	.000	5.172	
		.810	-3.193	4.792	
		.810			-93.808
	2	.000			-96.752
		.000	7.759	.591	
		.573	.000	2.809	
		.810	-3.193	2.429	

15		.810			-93.806
	1	.000			-93.611
		.000	6.864	4.792	
		.510	.021	6.545	
		.810	-3.998	5.947	
		.810			-91.863
	2	.000			-93.609
		.000	6.864	2.429	
		.510	.021	4.182	
		.810	-3.997	3.584	
		.810			-91.861
16					
	1	.000			-91.763
		.000	5.857	5.947	
		.441	.005	7.238	
		.810	-4.900	6.332	
		.810			-91.187
	2	.000			-91.762
		.000	5.857	3.584	
		.441	.005	4.875	
		.810	-4.900	3.969	
		.810			-91.185
17					
	1	.000			-91.188
		.000	4.888	6.332	
		.369	-.004	7.233	
		.810	-5.869	5.937	
		.810			-91.764
	2	.000			-91.186
		.000	4.887	3.969	
		.369	-.004	4.870	
		.810	-5.869	3.574	
		.810			-91.763
18					
	1	.000			-91.865
		.000	3.986	5.937	
		.299	-.007	6.532	
		.810	-6.876	4.773	
		.810			-93.613
	2	.000			-91.864
		.000	3.985	3.574	
		.299	-.007	4.169	
		.810	-6.877	2.409	
		.810			-93.612
19					
	1	.000			-93.812
		.000	3.182	4.773	
		.237	.000	5.150	
		.810	-7.770	2.926	
		.810			-96.758
	2	.000			-93.810
		.000	3.182	2.409	
		.237	.000	2.786	
		.810	-7.771	.562	
		.810			-96.756
20					
	1	.000			-97.034
		.000	2.630	2.926	
		.195	.000	3.183	
		.810	-8.364	.618	
		.810			-101.194
	2	.000			-97.032
		.000	2.629	.562	
		.195	.000	.819	
		.810	-8.365	-1.746	
		.810			-101.192
21					
	1	.000			-101.508
		.000	2.514	.618	
		.188	.000	.855	
		.810	-8.429	-1.758	
		.810			-106.870
	2	.000			-101.506
		.000	2.513	-1.746	
		.188	.000	-1.510	
		.810	-8.430	-4.123	
		.810			-106.868

22	1	.000			-107.158
		.000	3.057	-1.758	
		.233	.000	-1.401	
		.810	-7.700	-3.615	
		.810			-113.659
	2	.000			-107.157
		.000	3.056	-4.123	
		.233	.000	-3.766	
		.810	-7.701	-5.981	
		.810			-113.658
23	1	.000			-113.830
		.000	4.508	-3.615	
		.355	.000	-2.812	
		.810	-5.896	-4.149	
		.810			-121.338
	2	.000			-113.829
		.000	4.507	-5.981	
		.355	.000	-5.178	
		.810	-5.897	-6.516	
		.810			-121.337
24	1	.000			-121.273
		.000	7.124	-4.149	
		.589	.000	-2.040	
		.810	-2.750	-2.345	
		.810			-129.569
	2	.000			-121.272
		.000	7.122	-6.516	
		.588	.000	-4.408	
		.810	-2.751	-4.712	
		.810			-129.568
25	1	.000			-129.330
		.000	7.262	-2.345	
		.645	.000	.015	
		.810	-1.915	-.143	
		.810			-138.101
	2	.000			-129.327
		.000	7.283	-4.712	
		.647	.000	-2.339	
		.810	-1.895	-2.494	
		.810			-138.099
26	1	.000			-137.924
		.000	5.301	-.143	
		.520	.000	1.245	
		.810	-3.063	.802	
		.810			-146.762
	2	.000			-137.920
		.000	5.308	-2.494	
		.521	.000	-1.102	
		.810	-3.055	-1.543	
		.810			-146.758
27	1	.000			-146.812
		.000	2.237	.802	
		.248	.000	1.081	
		.810	-5.269	-.386	
		.810			-155.223
	2	.000			-146.811
		.000	2.186	-1.543	
		.243	.000	-1.277	
		.810	-5.320	-2.772	
		.810			-155.222
28	1	.000			-155.617
		.000	2.434	-.386	
		.337	.000	.021	
		.896	-3.783	-1.053	
		.896			-163.295
	2	.000			-155.633
		.000	2.262	-2.772	
		.312	.000	-2.422	
		.896	-3.955	-3.594	
		.896			-163.311
29					

1	.000			-163.612
	.000	-.162	-1.053	
	.896	-3.717	-2.854	
	.896			-167.995
2	.000			-163.678
	.000	-.591	-3.594	
	.896	-4.146	-5.780	
	.896			-168.061
30				
1	.000			-168.211
	.000	.973	-2.854	
	.376	.000	-2.676	
	.896	-1.103	-2.976	
	.896			-169.071
2	.000			-168.370
	.000	.298	-5.780	
	.109	.000	-5.763	
	.896	-1.777	-6.506	
	.896			-169.230
31				
1	.000			-168.357
	.000	9.458	-2.976	
	.896	8.379	4.956	
	.896			-169.270
2	.000			-168.640
	.000	8.661	-6.506	
	.896	7.582	.712	
	.896			-169.552
32				
1	.000			-166.121
	.000	29.002	4.956	
	.896	28.934	30.862	
	.896			-167.045
2	.000			-166.534
	.000	28.242	.712	
	.896	28.174	25.937	
	.896			-167.459

2.3.5 본선과 면벽 접속부 구간(토피고 3m)

가. 설계조건

1) 설계방법 : 강도설계법

2) 콘크리트

① 설계기준강도 : $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

② 탄 성 계 수 : $E_c = 15,000\sqrt{f_{ck}} = 2.32 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$

③ 단 위 중 량 : $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$

④ 온도 선팽창계수 : $\alpha = 1 \times 10^{-5}$

3) 철 근(SD30)

① 항복강도 : $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

② 탄성계수 : $E_s = 2.00 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$

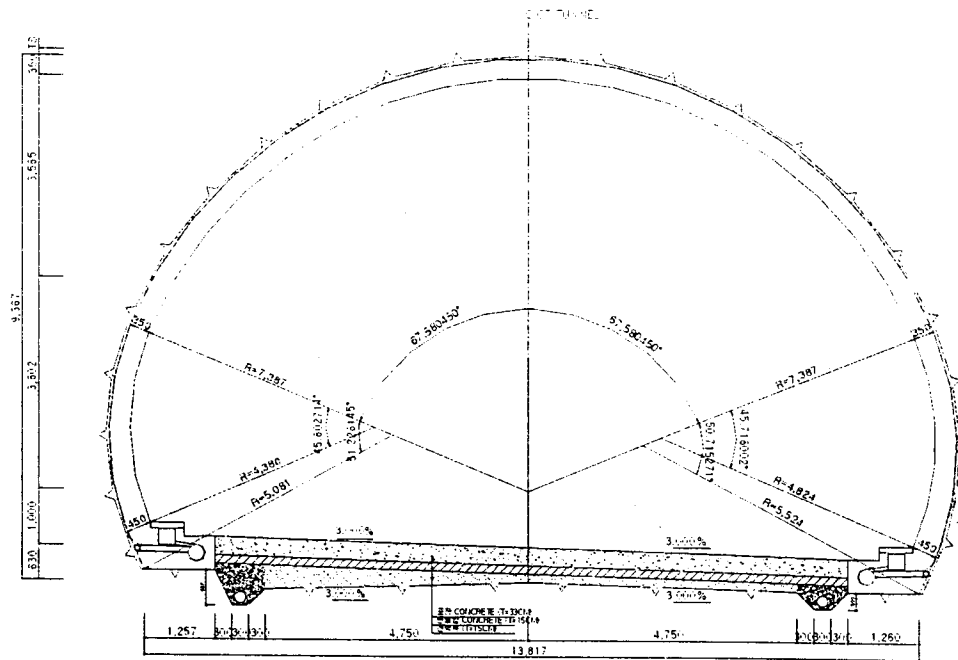
4) 지 반

① 단 위 중 량 : 토사 $\gamma_s = 2.00 \text{ tonf/m}^3$

② 정지토압계수 : $K_o = 0.5$

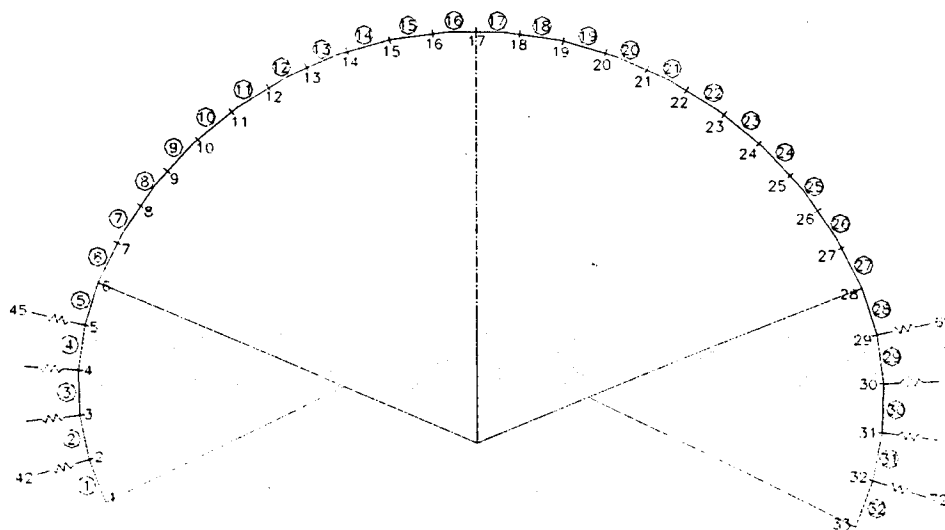
② 탄 성 계 수 : $E_R = 28N = 28 \times 20 = 5600 \text{ tonf/m}^3$

4. 터널단면



다. 모델링

1) Coordinate



2) 절점좌표

절 점	X(m)	Y(m)	절 점	X(m)	Y(m)
1	-6.867	-8.695	18	0.809	-0.044
2	-7.165	-7.923	19	1.609	-0.174
3	-7.329	-7.112	20	2.391	-0.388
4	-7.354	-6.286	21	3.145	-0.685
5	-7.240	-5.466	22	3.863	-1.061
6	-6.990	-4.678	23	4.536	-1.512
7	-6.641	-3.946	24	5.158	-2.032
8	-6.216	-3.256	25	5.720	-2.616
9	-5.720	-2.616	26	6.216	-3.257
10	-5.157	-2.032	27	6.641	-3.947
11	-4.536	-1.512	28	6.990	-4.678
12	-3.862	-1.061	29	7.261	-5.532
13	-3.145	-0.685	30	7.386	-6.420
14	-2.391	-0.388	31	7.361	-7.316
15	-1.609	-0.174	32	7.186	-8.196
16	-0.809	-0.044	33	6.867	-9.034
17	0.000	0.000			

3) 부재단면

구 분	B(m)	H(m)	A(m ²)	I(m ⁴)	부재번호
1	1.000	0.450	0.450	7.594E-3	1, 32
2	1.000	0.433	0.433	6.765E-3	2, 31
3	1.000	0.397	0.397	5.214E-3	3, 30
4	1.000	0.371	0.371	4.255E-3	4, 29
5	1.000	0.355	0.355	3.728E-3	5, 28
6	1.000	0.350	0.350	3.573E-3	6~27

4) 지반스프링계수

- 내부 라이닝과 지반과의 실제 거동을 고려하기 위하여 모든 인장 스프링 요소는 반복계산을 통하여 제거시킴.

$$k = \frac{E}{R} \times A = \frac{E}{R} \times L \times 1.0$$

여기서,

E : 터널 주변 암반의 탄성계수 (5,600 tonf/m²)

R : 콘크리트 라이닝 반경

L : 요소점유길이

구 분	탄성계수 E(tonf/m ²)	터널반경 R(m)	부재길이 l(m)	지반스프링계수 k(tonf/m ²)	부재번호
1	5,600	4.906	0.828	945	42~45
2	5,600	5.349	0.898	940	69~72

라. 작용하중

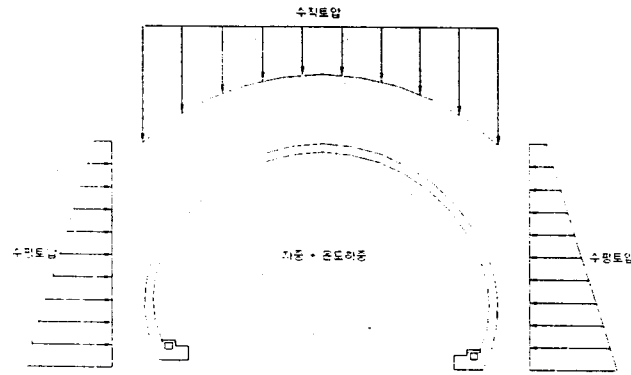
1) 자중

단위중량 $\gamma_c = 2.50 \text{ tonf/m}^3$ (PROGRAM 내에서 자동계산)

2) 토 압(토피고 H=3.00m)

- 수직토압 = $\gamma_t \cdot H$
- 수평토압 = $K_0 \cdot \gamma_t \cdot H$

절점	토피 H (m)	토 압	
		수직토압(tonf/m ²)	수평토압(tonf/m ²)
1,33	11.695	23.390	11.695
2,32	10.923	21.846	10.923
3,31	10.112	20.224	10.112
4,30	9.286	18.572	9.286
5,29	8.466	16.932	8.466
6,28	7.678	15.356	7.678
7,27	6.946	13.892	6.946
8,26	6.256	12.512	6.256
9,25	5.616	11.232	5.616
10,24	5.032	10.064	5.032
11,23	4.512	9.024	4.512
12,22	4.061	8.122	4.061
13,21	3.685	7.370	3.685
14,20	3.388	6.776	3.388
15,19	3.174	6.348	3.174
16,18	3.044	6.088	3.044
17	3.000	6.000	3.000



3) 건조수축 및 온도하중

- 접속부는 온도 변화의 영향에 따른 균열이 발생하기 쉽기 때문에 이에 대한 고려를 하기 위하여 현지 기후의 변화를 하중으로 적용.
- 온도변화 : $\pm 15^{\circ}\text{C}$

마. 하중조합

$$\text{CASE 1} = 1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 1.8 \times \text{수평토압}$$

$$\text{CASE 2} = 1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 0.9 \times \text{수평토압}$$

$$\text{CASE 3} = 0.75[1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 0.9 \times \text{수평토압} + 1.5 \times \text{온도하중}(+15^{\circ}\text{C})]$$

$$\text{CASE 4} = 0.75[1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 0.9 \times \text{수평토압} + 1.5 \times \text{온도하중}(-15^{\circ}\text{C})]$$

$$\text{CASE 5} = 1.0 \times \text{자중} + 1.0 \times \text{수직토압} + 1.0 \times \text{수평토압}$$

$$\text{CASE 6} = 1.0 \times \text{자중} + 1.0 \times \text{수직토압} + 1.0 \times \text{수평토압} + 1.0 \times \text{온도하중}(+15^{\circ}\text{C})$$

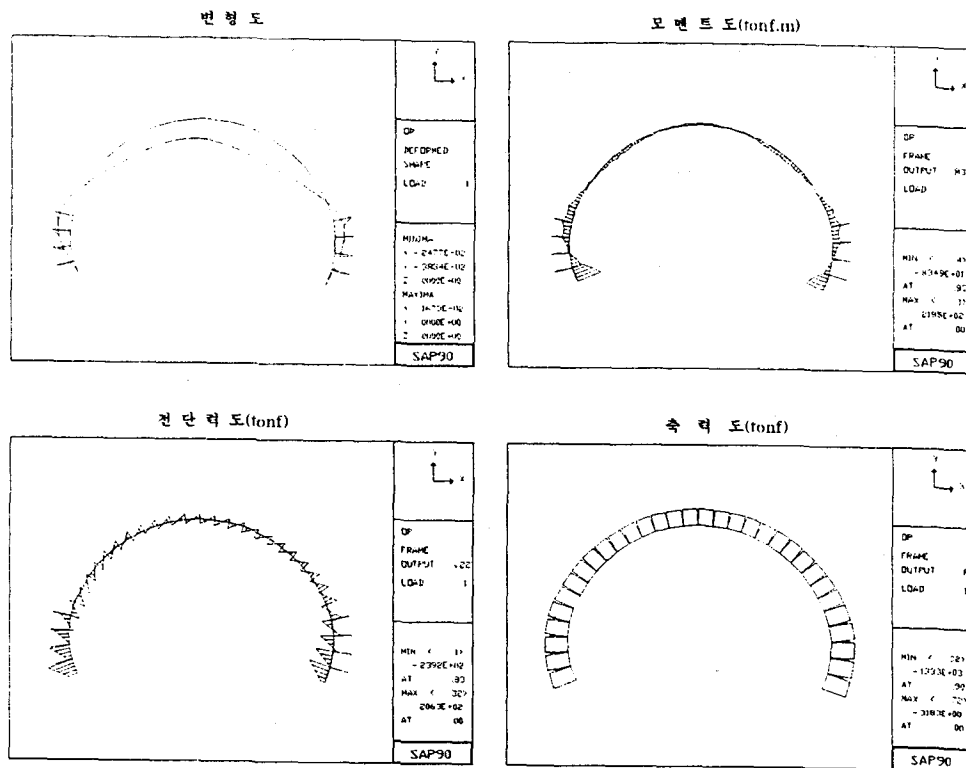
$$\text{CASE 7} = 1.0 \times \text{자중} + 1.0 \times \text{수직토압} + 1.0 \times \text{수평토압} + 1.0 \times \text{온도하중}(-15^{\circ}\text{C})$$

바. 구조계산 결과

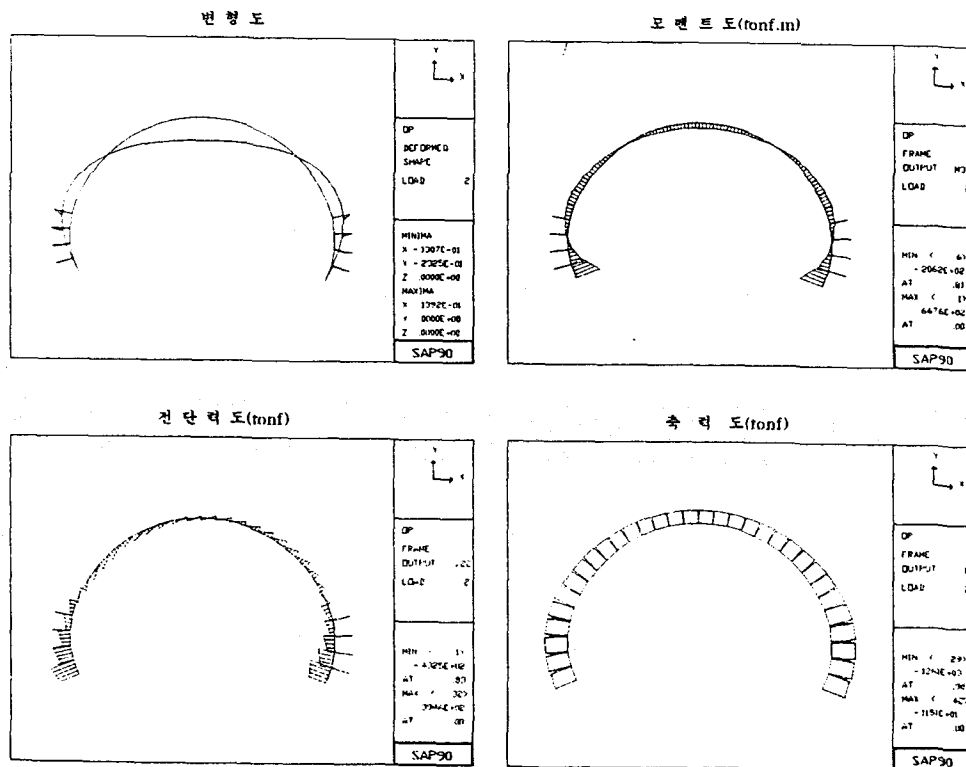
구 분	모멘트(tonf · m)	축 력(tonf)	전단력(tonf)	사용하중 모멘트(tonf · m)
측벽부	33.91	123.05	31.62	15.62
아치부	20.62	112.19	10.76	11.13
천정부	14.54	53.15	4.91	5.53

사. 단 면 력 도

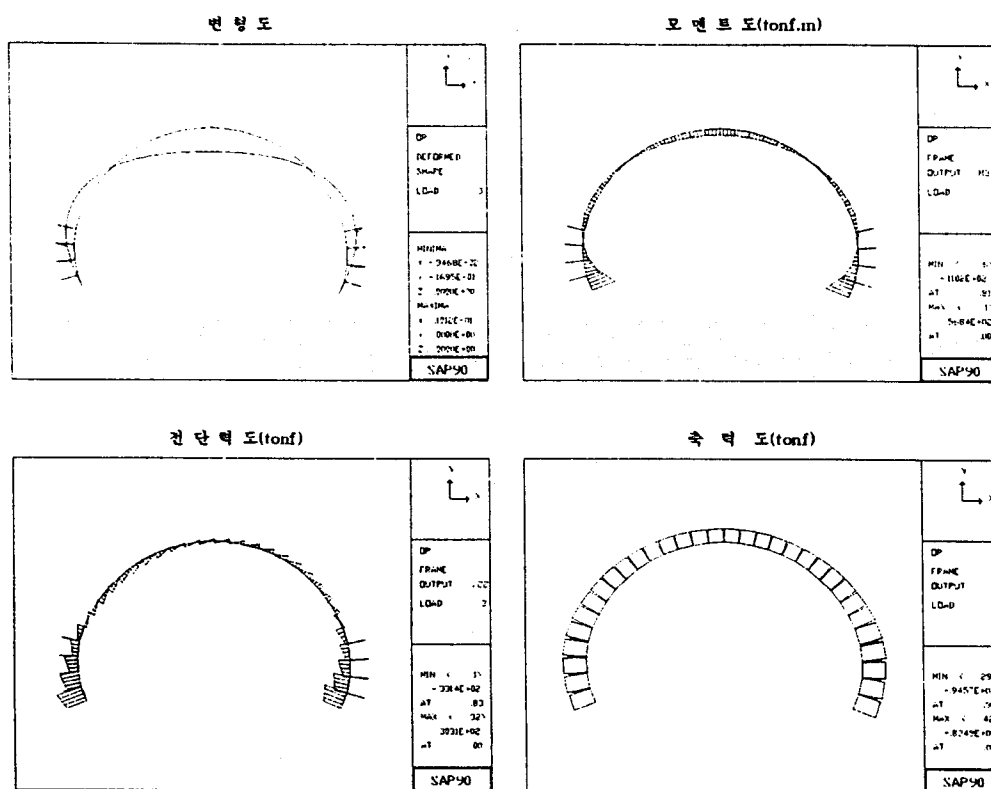
1) CASE 1 = $1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 1.8 \times \text{수평토압}$



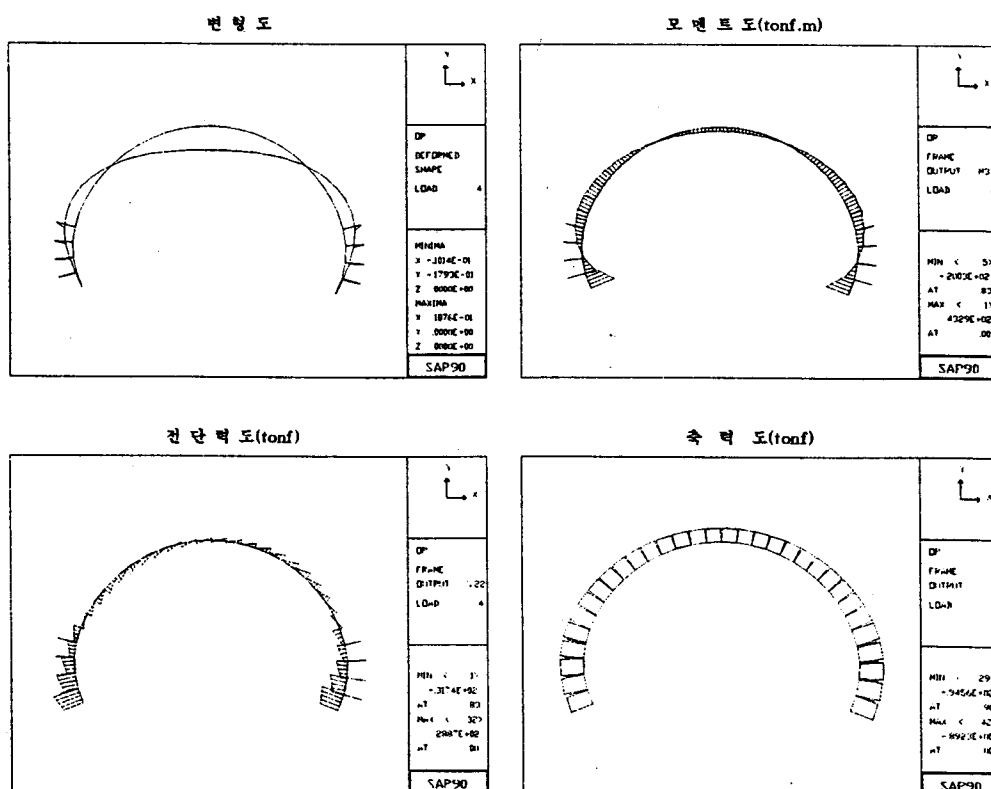
2) CASE 2 = $1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 0.9 \times \text{수평토압}$



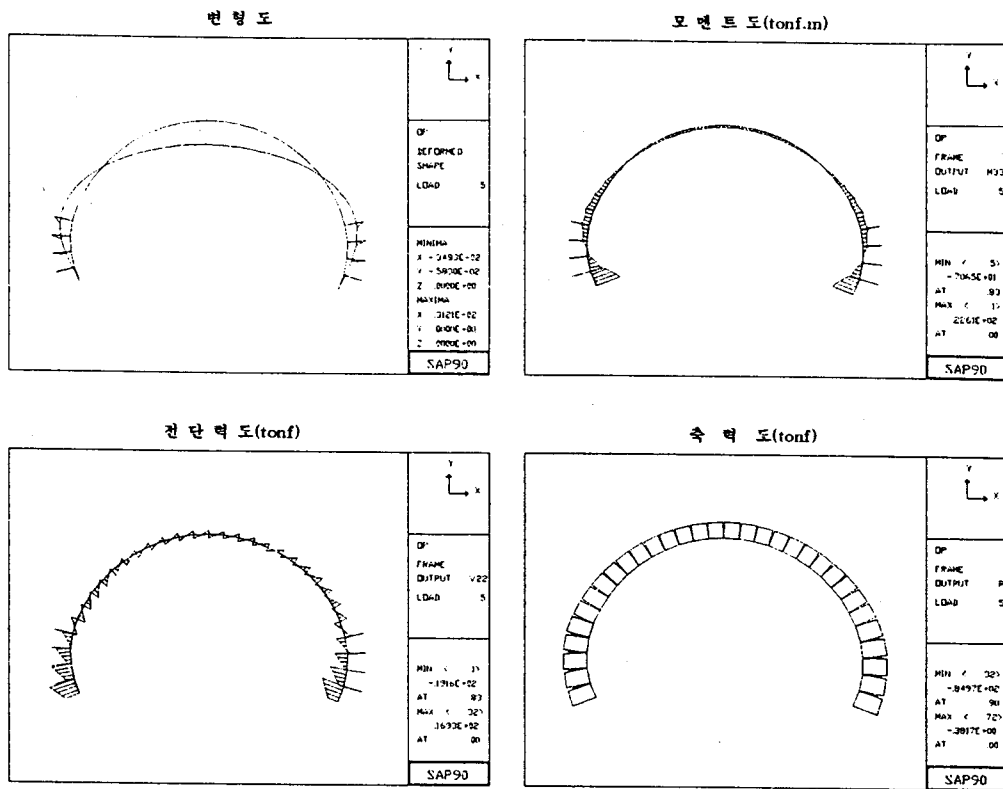
3) CASE 3 = $0.75(1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 0.9 \times \text{수평토압} + 1.5 \times \text{온도하중}(+15^{\circ}\text{C}))$



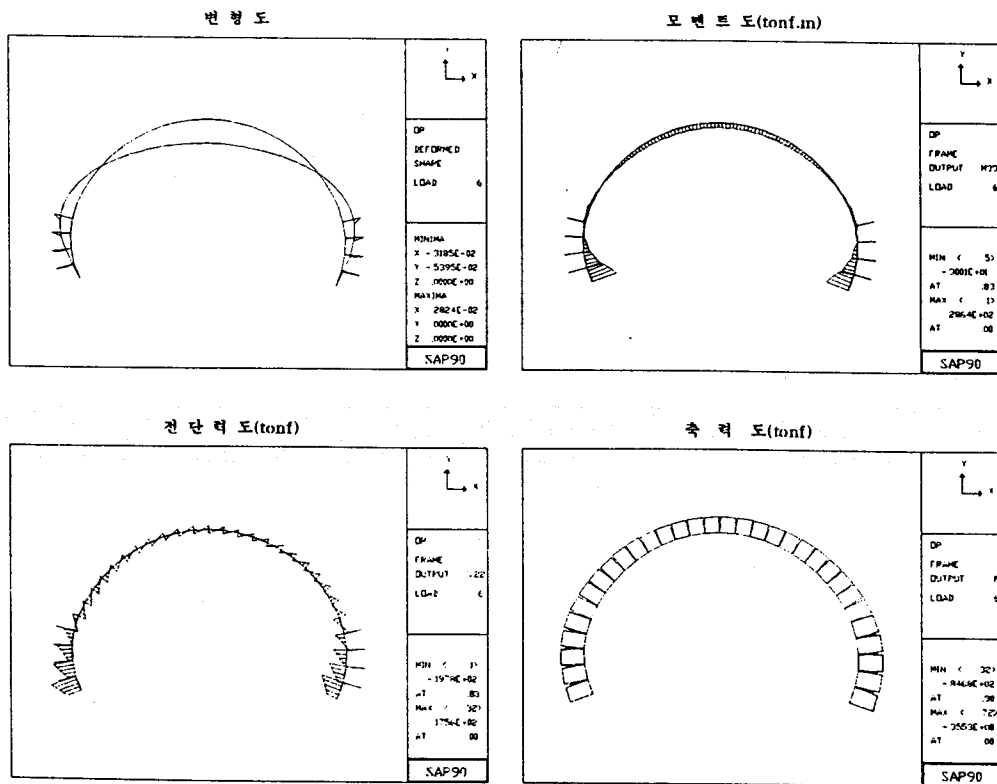
4) CASE 4 = $0.75(1.54 \times \text{자중} + 1.54 \times \text{수직토압} + 0.9 \times \text{수평토압} + 1.5 \times \text{온도하중}(-15^{\circ}\text{C}))$



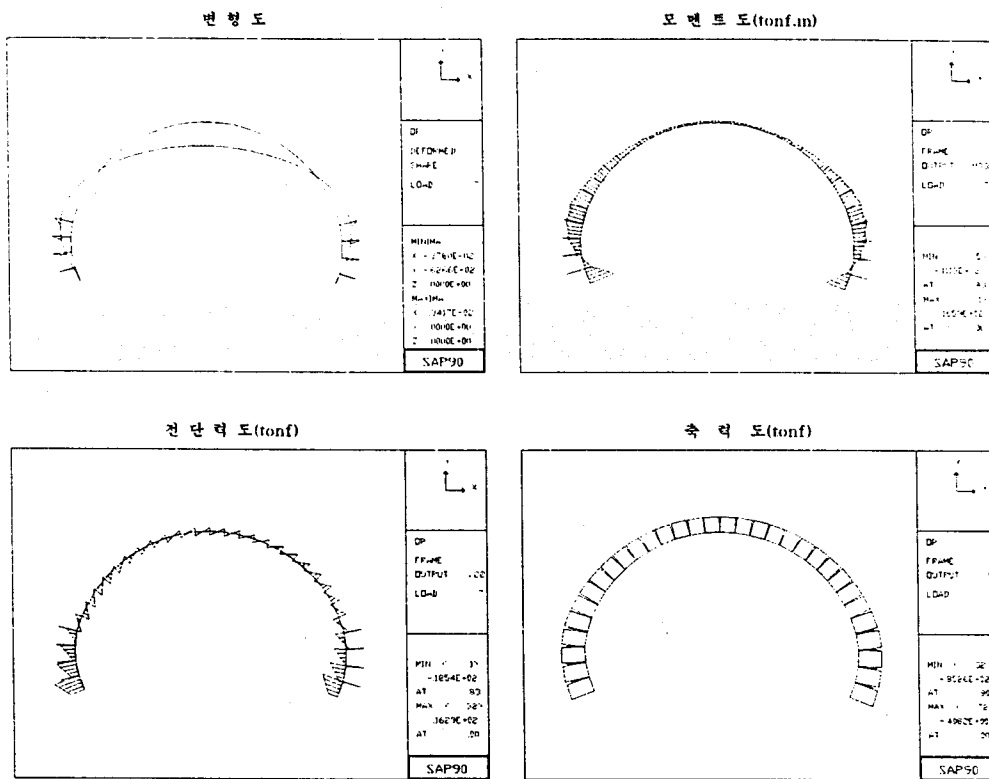
5) CASE 5 = 1.0×자중 + 1.0×수직토압 + 1.0×수평토압



6) CASE 6 = 1.0×자중 + 1.0×수직토압 + 1.0×수평토압 + 1.0×온도하중(+15℃)



7) CASE 7 = 1.0×자중 + 1.0×수직토압 + 1.0×수평토압 + 1.0×온도하중(-15℃)



아. 단 면 검 토

콘크리트 설계기준강도 $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$ 철근항복강도 $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

등가직사각형 응력분포의 깊이를 구하기 위한 유효 길이 계수 $k_1 = 0.850$

압축부재 강도감소계수 $\phi_c = 0.70$ 휨 강도감소계수 $\phi_f = 0.85$ 전단 강도감소계수 $\phi_v = 0.80$

>> 측 벽 부

설계단면력 : 모멘트 $M_u = 33.91 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 축력 $P_u = 123.05 \text{ tonf}$ 전단력 $S_u = 28.62 \text{ to}$

편심 $e = M_u \cdot 100 / P_u = 27.56 \text{ cm}$

사용단면 : 두께 $H = 43.3 \text{ cm}$ 폭 $B = 100.0 \text{ cm}$

인장철근 : D22@125 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d_c = 6.00 \text{ cm}$

유효두께 $D = H - d_c = 37.30 \text{ cm}$

압축철근 : D22@125 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d' = 6.00 \text{ cm}$

* 평형하중 산정

- 소성중심

$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 883320 \text{ kgf}$

$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$ $C_{s2} = A_s' \cdot (f_y - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$

$X_p = [C_c \cdot H/2 + C_{s1} \cdot d_c + C_{s2} \cdot (H - d')]/(C_c + C_{s1} + C_{s2}) = 21.56 \text{ cm}$

$d'' = X_p - h + d = 15.56 \text{ cm}$

- 평형상태

$cb = 6120/(6120 + f_y) \cdot D = 25.03 \text{ cm}$ $ab = k_1 \cdot cb = 21.28 \text{ cm}$

$fs' = 6120 \cdot (cb - d')/cb = 4652.98 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \Rightarrow fs' = f_y$

$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot ab \cdot B = 434025 \text{ kgf}$

$T = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$

$C_s = A_s' \cdot (fs' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$

- 평형하중 및 편심

$P_b = C_c + C_s - T = 427707 \text{ kgf} = 427.71 \text{ tonf}$

$M_b = C_c \cdot (d - ab/2 - d'') + C_s \cdot (d - d' - d'') + T \cdot d'' = 7628355 \text{ kgf} \cdot \text{cm} = 76.28 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

$eb = M_b/P_b = 17.84 \text{ cm}$

$eb < e \rightarrow$ 인장 파괴

* 공칭 강도

$c = 14.41 \text{ cm}$, $a = k_1 \cdot c = 12.25 \text{ cm}$ 라 가정하면

$fs = 6120 \cdot (D - c)/c = 9723.42 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow fs = f_y$

$fs' = 6120 \cdot (c - d')/c = 3571.46 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow fs' = f_y$

$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot B = 249839 \text{ kgf}$

$C_s = A_s' \cdot (fs' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$ $T = A_s \cdot fs = 92904 \text{ kgf}$

$$P_n = C_c + C_s - T = 243522 \text{ kgf} = 243.52 \text{ tonf}$$

$$M_n' = C_c * (D - a / 2) + C_s * (D - d') = 10499267 \text{ kgf.cm} = 104.99 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e' = e + d'' = 43.11 \text{ cm}$$

$$\text{오차} = |e' - M_n'/P_n| = 0.001 \text{ cm} < 0.01 \text{ 가정만족}$$

* 강도 검토

$$\phi_c * P_n = 170.47 \text{ tonf} > \text{Min} (0.1f_{ck} A_g, \phi_c * P_b) = 103.92 \text{ tonf}$$

$$\phi = \phi_c = 0.700$$

$$\phi * P_n = 170.47 \text{ tonf} > P_u = 123.05 \text{ tonf} \text{ 만족}$$

$$\phi * M_n = \phi * (P_n * e) = 46.98 \text{ tonf} \cdot \text{m} > M_u = 33.91 \text{ tonf} \cdot \text{m} \text{ 만족}$$

* 철근비 검토

- 최소철근비 검토

$$\text{철근항복강도 } f_y < 4000.0 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 사용 최소철근직경 (D22) } > 16\text{mm}$$

$$\text{사용 철근비 } \rho = (A_s + A_s') / (B * H) = 0.0143 > \text{최소 철근비} = 0.0015 \text{ .. 만족}$$

- 최대철근비 검토

* 전단설계

$$\phi_v * V_c = \phi_v * 0.53 * (1 + 0.0071 * P_u / A_g) * \sqrt{f_{ck}} * B * D / 1000 = 29.44 \text{ tonf}$$

$$S_u \leq \phi_v * V_c \text{ ... 전단보강철근 필요없음.}$$

$$\text{최소간격 } s = \min (60\text{cm}, 0.5D) = 18.6 \text{ cm}$$

>> 아 치 부

설계단면력 : 모멘트 $M_u = 20.62 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 축력 $P_u = 112.19 \text{ tonf}$ 전단력 $S_u = 10. \text{ tonf}$

$$\text{편심 } e = M_u * 100 / P_u = 18.38 \text{ cm}$$

$$\text{사용단면 : 두께 } H = 35.0 \text{ cm} \quad \text{폭 } B = 100.0 \text{ cm}$$

$$\text{인장철근 : D22@125 (} A_s = 30.97 \text{ cm}^2 \text{)} \quad \text{철근중심 } d_c = 6.00 \text{ cm}$$

$$\text{유효두께 } D = H - d_c = 29.00 \text{ cm}$$

$$\text{압축철근 : D22@125 (} A_s' = 30.97 \text{ cm}^2 \text{)} \quad \text{철근중심 } d' = 6.00 \text{ cm}$$

* 평형하중 산정

- 소성중심

$$C_c = 0.85 * f_{ck} * A_g = 714000 \text{ kgf}$$

$$C_{s1} = A_s * f_y = 92904 \text{ kgf} \quad C_{s2} = A_s' * (f_y - 0.85 * f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

$$X_p = [C_c * H / 2 + C_{s1} * d_c + C_{s2} * (H - d')] / (C_c + C_{s1} + C_{s2}) = 17.42 \text{ cm}$$

$$d'' = X_p - h + d = 11.42 \text{ cm}$$

- 평형상태

$$c_b = 6120 / (6120 + f_y) \cdot D = 19.46 \text{ cm} \quad a_b = k_1 \cdot c_b = 16.54 \text{ cm}$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c_b - d') / c_b = 4233.10 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \Rightarrow f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a_b \cdot B = 337446 \text{ kgf}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

- 평형하중 및 편심

$$P_b = C_c + C_s - T = 331128 \text{ kgf} = 331.13 \text{ tonf}$$

$$M_b = C_c \cdot (d - a_b/2 - d'') + C_s \cdot (d - d' - d'') + T \cdot d'' = 5205444 \text{ kgf.cm} = 52.05 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e_b = M_b / P_b = 15.72 \text{ cm}$$

$$e_b < e \rightarrow \text{인장 파괴}$$

* 공칭 강도

$$c = 16.29 \text{ cm}, \quad a = k_1 \cdot c = 13.85 \text{ cm} \text{ 라 가정하면}$$

$$f_s = 6120 \cdot (D - c) / c = 4775.92 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow f_s = f_y$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c - d') / c = 3865.67 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot B = 282445 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf} \quad T = A_s \cdot f_s = 92904 \text{ kgf}$$

$$P_n = C_c + C_s - T = 276128 \text{ kgf} = 276.13 \text{ tonf}$$

$$M_n' = C_c \cdot (D - a / 2) + C_s \cdot (D - d') = 8227128 \text{ kgf.cm} = 82.27 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e' = e + d'' = 29.80 \text{ cm}$$

$$\text{오차} = |e' - M_n' / P_n| = 0.004 \text{ cm} < 0.01 \dots \text{가정만족}$$

* 강도 검토

$$\phi_c \cdot P_n = 193.29 \text{ tonf} > \text{Min} (0.1 f_{ck} A_g, \phi_c \cdot P_b) = 84.00 \text{ tonf}$$

$$\phi = \phi_c = 0.700$$

$$\phi \cdot P_n = 193.29 \text{ tonf} > P_u = 112.19 \text{ tonf} \dots \text{만족}$$

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot (P_n \cdot e) = 35.53 \text{ tonf} \cdot \text{m} > M_u = 20.62 \text{ tonf} \cdot \text{m} \dots \text{만족}$$

* 철근비 검토

- 최소철근비 검토

$$\text{철근항복강도 } f_y < 4000.0 \text{ kgf/cm}^2 \text{ 사용 최소철근직경 (D22) } > 16 \text{ mm}$$

$$\text{사용 철근비 } \rho = (A_s + A_s') / (B \cdot H) = 0.0177 \geq \text{최소 철근비} = 0.0015 \dots \text{만족}$$

- 최대철근비 검토

* 전단설계

$$\phi_v \cdot S_c = \phi_v \cdot 0.53 \cdot (1 + 0.0071 \cdot P_u / A_g) \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 23.38 \text{ tonf}$$

$$S_u \leq \phi_v \cdot S_c \dots \text{전단보강철근 필요없음.}$$

$$\text{최소간격 } s = \min (60 \text{ cm}, 0.5D) = 14.5 \text{ cm}$$

>> 천 정 부

설계단면력 : 모멘트 $M_u = 14.54 \text{ tonf} \cdot \text{m}$ 축력 $P_u = 53.15 \text{ tonf}$ 전단력 $S_u = 4.91 \text{ to}$

$$\text{편심 } e = M_u \cdot 100 / P_u = 27.36 \text{ cm}$$

사용단면 : 두께 $H = 35.0 \text{ cm}$ 폭 $B = 100.0 \text{ cm}$

인장철근 : D22@125 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d_c = 6.00 \text{ cm}$

$$\text{유효두께 } D = H - d_c = 29.00 \text{ cm}$$

압축철근 : D22@125 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 철근중심 $d' = 6.00 \text{ cm}$

* 평형하중 산정

- 소성중심

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot A_g = 714000 \text{ kgf}$$

$$C_{s1} = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf} \quad C_{s2} = A_s' \cdot (f_y - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

$$X_p = [C_c \cdot H/2 + C_{s1} \cdot d_c + C_{s2} \cdot (H - d')] / (C_c + C_{s1} + C_{s2}) = 17.42 \text{ cm}$$

$$d'' = X_p - h + d = 11.42 \text{ cm}$$

- 평형상태

$$c_b = 6120 / (6120 + f_y) \cdot D = 19.46 \text{ cm} \quad a_b = k_1 \cdot c_b = 16.54 \text{ cm}$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c_b - d') / c_b = 4233.10 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \Rightarrow f_s' = f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a_b \cdot B = 337446 \text{ kgf}$$

$$T = A_s \cdot f_y = 92904 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 86587 \text{ kgf}$$

- 평형하중 및 편심

$$P_b = C_c + C_s - T = 331128 \text{ kgf} = 331.13 \text{ tonf}$$

$$M_b = C_c \cdot (d - a_b/2 - d'') + C_s \cdot (d - d' - d'') + T \cdot d'' = 5205444 \text{ kgf.cm} = 52.05 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e_b = M_b / P_b = 15.72 \text{ cm}$$

$$e_b < e \rightarrow \text{인장 파괴}$$

* 공칭 강도

$$c = 10.15 \text{ cm}, \quad a = k_1 \cdot c = 8.63 \text{ cm} \text{ 라 가정하면}$$

$$f_s = 6120 \cdot (D - c) / c = 11361.03 \text{ kgf/cm}^2 > f_y \rightarrow f_s = f_y$$

$$f_s' = 6120 \cdot (c - d') / c = 2503.24 \text{ kgf/cm}^2 < f_y$$

$$C_c = 0.85 \cdot f_{ck} \cdot a \cdot B = 176048 \text{ kgf}$$

$$C_s = A_s' \cdot (f_s' - 0.85 \cdot f_{ck}) = 71203 \text{ kgf} \quad T = A_s \cdot f_s = 92904 \text{ kgf}$$

$$P_n = C_c + C_s - T = 154347 \text{ kgf} = 154.35 \text{ tonf}$$

$$M_n' = C_c \cdot (D - a/2) + C_s \cdot (D - d') = 5983428 \text{ kgf.cm} = 59.83 \text{ tonf} \cdot \text{m}$$

$$e' = e + d'' = 38.78 \text{ cm}$$

$$\text{오차} = |e' - M_n' / P_n| = 0.009 \text{ cm} < 0.01 \dots \text{가정만족}$$

* 강도 검토

$$\phi_c \cdot P_n = 108.04 \text{ tonf} > \text{Min} (0.1f_{ck} A_g, \phi_c \cdot P_b) = 84.00 \text{ tonf}$$

$$\phi = \phi_c = 0.700$$

$$\phi \cdot P_n = 108.04 \text{ tonf} > P_u = 53.15 \text{ tonf} \dots \text{만족}$$

$$\phi \cdot M_n = \phi \cdot (P_n \cdot e) = 29.56 \text{ tonf} \cdot \text{m} > M_u = 14.54 \text{ tonf} \cdot \text{m} \dots \text{만족}$$

* 철근비 검토

- 최소철근비 검토

철근항복강도 $f_y < 4000.0 \text{ kgf/cm}^2$ 사용 최소철근직경 (D22) $> 16\text{mm}$

사용 철근비 $\rho = (A_s + A_s') / (B \cdot H) = 0.0177 \geq \text{최소 철근비} = 0.0015 \dots \text{만족}$

- 최대철근비 검토

* 전단설계

$$\phi_v \cdot V_c = \phi_v \cdot 0.53 \cdot (1 + 0.0071 \cdot P_u / A_g) \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot B \cdot D / 1000 = 21.10 \text{ tonf}$$

$S_u \leq \phi_v \cdot V_c \dots$ 전단보강철근 필요없음.

$$\text{최소간격 } s = \min (60\text{cm}, 0.5D) = 14.5 \text{ cm}$$

=====

균열 검토

=====

콘크리트 설계기준강도 $f_{ck} = 240 \text{ kgf/cm}^2$

철근항복강도 $f_y = 3000 \text{ kgf/cm}^2$

콘크리트 탄성계수 $E_c = 15000 \cdot \sqrt{f_{ck}} = 232379.0 \text{ kgf/cm}^2$

철근의 탄성계수 $E_s = 2040000 \text{ kgf/cm}^2$ 탄성계수비 $n = E_s/E_c = 8.78$

>> 측 벽 부

사 용 하 중 모 멘 트 : $M_o = 15.62 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

사 용 단 면 두 께 : $H = 43.30 \text{ cm}$ 폭 : $B = 100.00 \text{ cm}$

부식에 대한 환경조건 : 일반 환경 (0.005C)

인장철근 : 8 -D22 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근 : 8 -D22 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d_1' = 6.00 \text{ cm}$

허용 균열폭 $W_a = 0.005C = 0.245 \text{ mm}$

----> $C = \text{최외단철근덮개} = dc_1 - \text{주철근 } D/2 = 49.00 \text{ mm}$

인장철근중심거리 $d_{cg} = dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근중심거리 $d_{cg}' = d_1' = 6.00 \text{ cm}$

인장철근비 $p = A_s / [(H - d_{cg}) \cdot B] = 0.0083$

압축철근비 $p' = A_s' / [(H - d_{cg}) \cdot B] = 0.0083$

중립축비 $k = -n(p + 2p') + \sqrt{[n^2 (p + 2p')^2 + 2n(p + 2p')(d'/d)]} = 0.2717$

$j = (1 - d_{cg}'/d) - k^2 \cdot (k/3 - d_{cg}'/d) / \{2np(1 - k)\} = 0.8880$

휨균열폭 $W = 1.08 \cdot R \cdot f_s \cdot \sqrt{(dc \cdot A)} / 100000 = 0.19389 \text{ mm}$

----> $f_s = M_o / (A_s \cdot j \cdot d) = 1522.77 \text{ kgf/cm}^2$

$R = (H - k \cdot d) / (D - k \cdot d) = 1.221$

$dc = 6.00 \text{ cm}$

$A = 2 \cdot d_{cg} \cdot B / \text{철근총갯수} = 150.00 \text{ cm}^2$

휨균열폭 $W = 0.19389 \text{ mm} < \text{허용휨균열폭 } W_a = 0.24500 \text{ mm} \dots \text{ 만족}$

>> 아 차 부

사 용 하 중 모 멘 트 : $M_o = 11.13 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

사 용 단 면 두 께 : $H = 35.00 \text{ cm}$ 폭 : $B = 100.00 \text{ cm}$

부식에 대한 환경조건 : 일반 환경 (0.005C)

인장철근 : 8 -D22 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근 : 8 -D22 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d_1' = 6.00 \text{ cm}$

허용 균열폭 $W_a = 0.005C = 0.245 \text{ mm}$

---> $C = \text{최외단철근덮개} = dc_1 - \text{주철근 } D/2 = 49.00 \text{ mm}$

인장철근중심거리 $dcg = dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근중심거리 $dcg' = d_1' = 6.00 \text{ cm}$

인장철근비 $p = A_s / [(H - dcg) * B] = 0.0107$

압축철근비 $p' = A_s' / [(H - dcg) * B] = 0.0107$

중립축비 $k = -n(p + 2p') + \sqrt{[n^2 (p + 2p')^2 + 2n(p + 2p')(d'/d)]} = 0.3054$

$j = (1 - dcg'/d) - k^2 * (k/3 - dcg'/d) / \{2np*(1-k)\} = 0.8684$

휨균열폭 $W = 1.08 * R * f_s *^3 \sqrt{(dc * A)} / 100000 = 0.19317 \text{ mm}$

---> $f_s = M_o / (A_s * j * d) = 1427.17 \text{ kgf/cm}^2$

$R = (H - k*d) / (D - k*d) = 1.298$

$dc = 6.00 \text{ cm}$

$A = 2 * dcg * B / \text{철근총갯수} = 150.00 \text{ cm}^2$

휨균열폭 $W = 0.19317 \text{ mm} < \text{허용휨균열폭 } W_a = 0.24500 \text{ mm} \dots \text{만족}$

>> 천 정 부

사 용 하 중 모 멘 트 : $M_o = 5.53 \text{ tonf} \cdot \text{m}$

사 용 단 면 두 겹 : $H = 35.00 \text{ cm}$

폭 : $B = 100.00 \text{ cm}$

부식에 대한 환경조건 : 일반 환경 (0.005C)

인장철근 : 8 -D22 ($A_s = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근 : 8 -D22 ($A_s' = 30.97 \text{ cm}^2$) 피복 : $d'_1 = 6.00 \text{ cm}$

허용 균열폭 $W_a = 0.005C = 0.245 \text{ mm}$

---> $C = \text{최외단철근덮개} = dc_1 - \text{주철근 } D/2 = 49.00 \text{ mm}$

인장철근중심거리 $dcg = dc_1 = 6.00 \text{ cm}$

압축철근중심거리 $dcg' = d'_1 = 6.00 \text{ cm}$

인장철근비 $p = A_s / [(H - dcg) \cdot B] = 0.0107$

압축철근비 $p' = A_s' / [(H - dcg) \cdot B] = 0.0107$

중립축비 $k = -n(p + 2p') + \sqrt{[n^2 (p + 2p')^2 + 2n(p + 2p')(d'/d)]} = 0.3054$

$j = (1 - dcg'/d) - k^2 \cdot (k/3 - dcg'/d) / \{2np \cdot (1 - k)\} = 0.8684$

힘균열폭 $W = 1.08 \cdot R \cdot f_s \cdot \sqrt{(dc \cdot A) / 100000} = 0.09598 \text{ mm}$

---> $f_s = M_o / (A_s \cdot j \cdot d) = 709.09 \text{ kgf/cm}^2$

$R = (H - k \cdot d) / (D - k \cdot d) = 1.298$

$dc = 6.00 \text{ cm}$

$A = 2 \cdot dcg \cdot B / \text{철근총갯수} = 150.00 \text{ cm}^2$

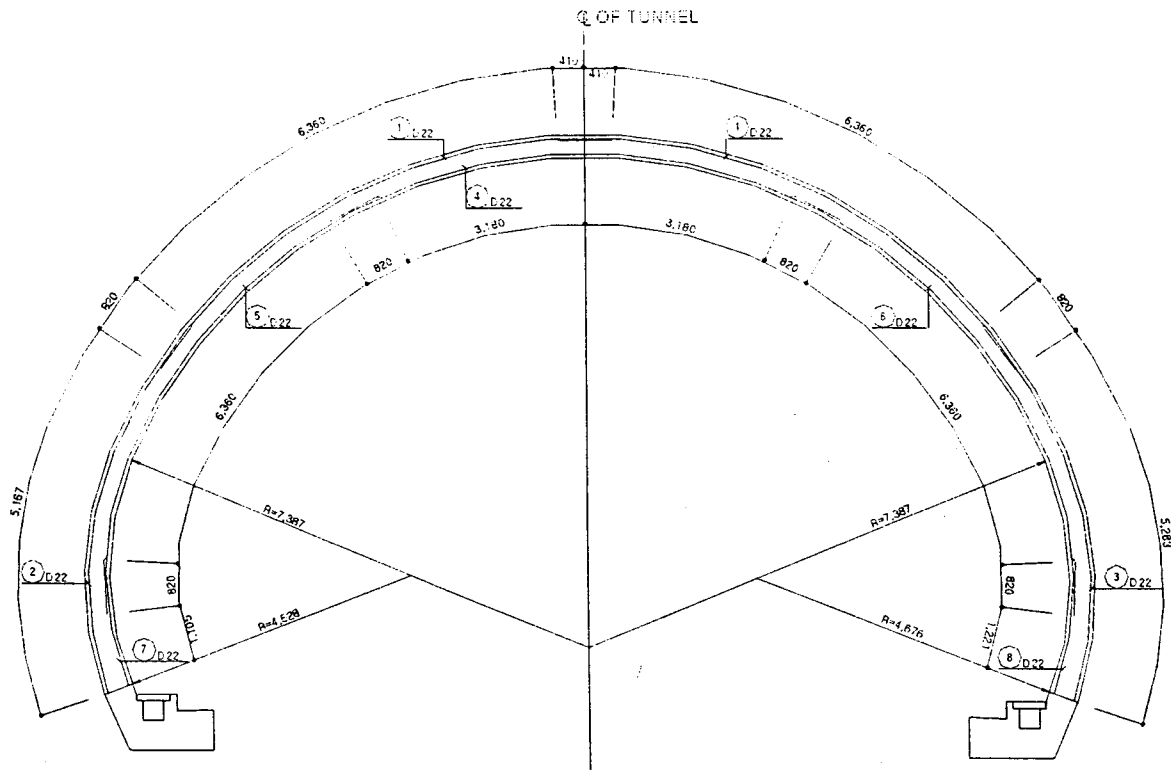
힘균열폭 $W = 0.09598 \text{ mm} < \text{허용힘균열폭 } W_a = 0.24500 \text{ mm} \dots \text{만족}$

=====

주철근 조립도

=====

C.T.C 125



자. INPUT 및 OUTPUT

1) INPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(본선과 면벽 접속부)

SYSTEM

R=0 L=5

JOINTS

73	X=-2.455	Y=-6.549	Z=0	
74	X=-2.455	Y=-6.549	Z=-1	
1	X=-6.867	Y=-8.695	Z=0	A=73, 74, 1, 4, 1, 9.6717
75	X= 0.000	Y=-7.562	Z=0	
76	X= 0.000	Y=-7.562	Z=-1	
6	X=-6.990	Y=-4.678	Z=0	A=75, 76, 6, 21, 1, 6.1437
77	X= 2.046	Y=-6.718	Z=0	
78	X= 2.046	Y=-6.718	Z=-1	
28	X= 6.990	Y=-4.678	Z=0	A=77, 78, 28, 5, 1, 9.6153
42	X=-8.125	Y=-8.203	Z=0	A=73, 74, 42, 3, 1, 9.6717
46	X=-7.915	Y=-4.297	Z=0	A=75, 76, 46, 21, 1, 6.1437
68	X= 7.915	Y=-4.297	Z=0	A=77, 78, 68, 4, 1, 9.6153

RESTRAINTS

1	33	32	R=1	1	1	1	1	1
2	32	1	R=0	0	1	1	1	0
42	45	1	R=1	1	1	1	1	1
69	78	1	R=1	1	1	1	1	1

FRAME

NM= 8 NL=47 Y=-1

1	SH=R	T=0.450	1.000	E=2.32E6	W=0.450*2.50	TC=1E-5
2	SH=R	T=0.433	1.000	E=2.32E6	W=0.433*2.50	TC=1E-5
3	SH=R	T=0.397	1.000	E=2.32E6	W=0.397*2.50	TC=1E-5
4	SH=R	T=0.371	1.000	E=2.32E6	W=0.371*2.50	TC=1E-5
5	SH=R	T=0.355	1.000	E=2.32E6	W=0.355*2.50	TC=1E-5
6	SH=R	T=0.350	1.000	E=2.32E6	W=0.350*2.50	TC=1E-5
7	A=1.0	I=1E-6	E= 945			
8	A=1.0	I=1E-6	E= 940			

C ***** (자 중) *****

C SELF-WEIGHT

C ***** (수직토폰) *****

1	WG= 0, -18.572
2	WG= 0, -16.932
3	WG= 0, -15.356
4	WG= 0, -13.892
5	WG= 0, -12.512
6	WG= 0, -11.232
7	WG= 0, -10.064
8	WG= 0, -9.024
9	WG= 0, -8.122
10	WG= 0, -7.370
11	WG= 0, -6.776
12	WG= 0, -6.348
13	WG= 0, -6.088

C ***** (수평토폰) *****

14	WG= 23.390*0.5, 0
15	WG= 21.846*0.5, 0
16	WG= 20.224*0.5, 0
17	WG= 18.572*0.5, 0
18	WG= 16.932*0.5, 0
19	WG= 15.356*0.5, 0
20	WG= 13.892*0.5, 0
21	WG= 12.512*0.5, 0
22	WG= 11.232*0.5, 0
23	WG= 10.064*0.5, 0
24	WG= 9.024*0.5, 0
25	WG= 8.122*0.5, 0
26	WG= 7.370*0.5, 0
27	WG= 6.776*0.5, 0
28	WG= 6.348*0.5, 0
29	WG= 6.088*0.5, 0

30 WG= -23.390*0.5, 0
 31 WG= -21.846*0.5, 0
 32 WG= -20.224*0.5, 0
 33 WG= -18.572*0.5, 0
 34 WG= -16.932*0.5, 0
 35 WG= -15.356*0.5, 0
 36 WG= -13.892*0.5, 0
 37 WG= -12.512*0.5, 0
 38 WG= -11.232*0.5, 0
 39 WG= -10.064*0.5, 0
 40 WG= -9.024*0.5, 0
 41 WG= -8.122*0.5, 0
 42 WG= -7.370*0.5, 0
 43 WG= -6.776*0.5, 0
 44 WG= -6.348*0.5, 0
 45 WG= -6.088*0.5, 0

C ***** (온도하중) *****

46 T=0, 15/0.35

47 T=0, -15/0.35

C						Pd	Pv	Ph	T	T
1	1	2	M=1	2	LP=1	NSL= 0	0	14	46	47
2	2	3	M=2	3		NSL= 0	0	15	46	47
3	3	4	M=3	4		NSL= 0	0	16	46	47
4	4	5	M=4	5		NSL= 0	1	17	46	47
5	5	6	M=5	6		NSL= 0	2	18	46	47
6	6	7	M=6			NSL= 0	3	19	46	47
7	7	8	M=6			NSL= 0	4	20	46	47
8	8	9	M=6			NSL= 0	5	21	46	47
9	9	10	M=6			NSL= 0	6	22	46	47
10	10	11	M=6			NSL= 0	7	23	46	47
11	11	12	M=6			NSL= 0	8	24	46	47
12	12	13	M=6			NSL= 0	9	25	46	47
13	13	14	M=6			NSL= 0	10	26	46	47
14	14	15	M=6			NSL= 0	11	27	46	47
15	15	16	M=6			NSL= 0	12	28	46	47
16	16	17	M=6			NSL= 0	13	29	46	47
17	17	18	M=6			NSL= 0	13	45	46	47
18	18	19	M=6			NSL= 0	12	44	46	47
19	19	20	M=6			NSL= 0	11	43	46	47
20	20	21	M=6			NSL= 0	10	42	46	47
21	21	22	M=6			NSL= 0	9	41	46	47
22	22	23	M=6			NSL= 0	8	40	46	47
23	23	24	M=6			NSL= 0	7	39	46	47
24	24	25	M=6			NSL= 0	6	38	46	47
25	25	26	M=6			NSL= 0	5	37	46	47
26	26	27	M=6			NSL= 0	4	36	46	47
27	27	28	M=6			NSL= 0	3	35	46	47
28	28	29	M=6	5		NSL= 0	2	34	46	47
29	29	30	M=5	4		NSL= 0	1	33	46	47
30	30	31	M=4	3		NSL= 0	0	32	46	47
31	31	32	M=3	2		NSL= 0	0	31	46	47
32	32	33	M=2	1		NSL= 0	0	30	46	47
42	42	2	M=7		LR=1, 1					
43	43	3	M=7		LR=1, 1					
44	44	4	M=7		LR=1, 1					
45	45	5	M=7		LR=1, 1					
69	69	29	M=8		LR=1, 1					
70	70	30	M=8		LR=1, 1					
71	71	31	M=8		LR=1, 1					
72	72	32	M=8		LR=1, 1					

COMBO

C		Pd	Pv	Ph	T	T
1	C=1.54	1.54	1.80	0.0	0.0	
2	C=1.54	1.54	0.90	0.0	0.0	
3	C=1.155	1.155	0.675	1.125	0.0	
4	C=1.155	1.155	0.675	0.0	1.125	
5	C=1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	
6	C=1.00	1.00	1.00	1.0	0.0	
7	C=1.00	1.00	1.00	0.0	1.0	

2) OUTPUT DATA

PUSAN-ULSAN TUNNEL(본선과 면벽 접속부)

FRAME ELEMENT FORCES

ELT LOAD ID COMB	DIST ENDI	1-2 PLANE SHEAR	MOMENT	AXIAL FORCE
1 -----				
1	.000			-130.571
	.000	-9.272	21.848	
	.827	-23.922	8.121	
	.827			-123.410
2	.000			-121.589
	.000	-36.177	66.755	
	.827	-43.249	33.906	
	.827			-117.353
3	.000			-90.866
	.000	-27.833	56.844	
	.827	-33.137	31.628	
	.827			-87.689
4	.000			-91.517
	.000	-26.432	43.289	
	.827	-31.736	19.231	
	.827			-88.340
5	.000			-83.102
	.000	-11.068	22.611	
	.827	-19.159	10.110	
	.827			-79.000
6	.000			-82.812
	.000	-11.691	28.636	
	.827	-19.782	15.620	
	.827			-78.711
7	.000			-83.391
	.000	-10.445	16.586	
	.827	-18.536	4.601	
	.827			-79.290
2 -----				
1	.000			-125.707
	.000	-3.224	8.121	
	.827	-18.587	- .899	
	.827			-121.252
2	.000			-123.047
	.000	-24.066	33.906	
	.827	-28.617	10.877	
	.827			-120.172
3	.000			-92.080
	.000	-18.766	31.628	
	.827	-24.429	13.763	
	.827			-89.923
4	.000			-92.491
	.000	-17.333	19.231	
	.827	-22.996	2.553	
	.827			-90.335
5	.000			-81.129
	.000	-6.003	10.110	
	.827	-14.514	1.625	
	.827			-78.533
6	.000			-80.946
	.000	-6.640	15.620	
	.827	-15.151	6.608	
	.827			-78.350
7	.000			-81.312
	.000	-5.366	4.601	

		.827	-13.877	-3.357	
		.827		-78.715	
3					
	1	.000			-122.745
		.000	.934	-.899	
		.051	.000	-.875	
		.827	-14.071	-6.332	
		.827			-121.061
	2	.000			-124.087
		.000	-14.675	10.877	
		.827	-22.158	-4.357	
		.827			-122.634
	3	.000			-92.974
		.000	-11.640	13.763	
		.827	-17.253	1.813	
		.827			-91.884
	4	.000			-93.156
		.000	-10.372	2.553	
		.827	-15.985	-8.348	
		.827			-92.066
	5	.000			-79.956
		.000	-2.322	1.625	
		.827	-10.654	-3.741	
		.827			-78.906
	6	.000			-79.875
		.000	-2.886	6.608	
		.827	-11.218	.775	
		.827			-78.825
	7	.000			-80.038
		.000	-1.758	-3.357	
		.827	-10.090	-8.257	
		.827			-78.987
4					
	1	.000			-121.857
		.000	4.649	-6.332	
		.271	.000	-5.702	
		.827	-9.523	-8.349	
		.827			-119.372
	2	.000			-125.180
		.000	-7.973	-4.357	
		.827	-15.363	-14.009	
		.827			-121.752
	3	.000			-93.885
		.000	-6.423	1.813	
		.827	-11.965	-5.793	
		.827			-91.314
	4	.000			-93.885
		.000	-5.537	-8.348	
		.827	-11.079	-15.221	
		.827			-91.314
	5	.000			-79.751
		.000	.651	-3.741	
		.068	.000	-3.719	
		.827	-7.279	-6.483	
		.827			-77.960
	6	.000			-79.751
		.000	.257	.775	
		.027	.000	.778	
		.827	-7.673	-2.293	
		.827			-77.960
	7	.000			-79.751
		.000	1.045	-8.257	
		.109	.000	-8.201	
		.827	-6.885	-10.673	
		.827			-77.961

5 -----				
1	.000			-119.450
	.000	8.599	-8.349	
	.517	.001	-6.127	
	.827	-5.165	-6.929	
	.827			-115.795
2	.000			-123.389
	.000	-3.957	-14.009	
	.827	-11.997	-20.607	
	.827			-117.917
3	.000			-92.594
	.000	-3.139	-5.793	
	.827	-9.169	-10.883	
	.827			-88.490
4	.000			-92.490
	.000	-2.797	-15.221	
	.827	-8.826	-20.028	
	.827			-88.386
5	.000			-78.304
	.000	3.228	-6.483	
	.339	.000	-5.935	
	.827	-4.636	-7.065	
	.827			-75.589
6	.000			-78.350
	.000	3.076	-2.293	
	.323	.000	-1.795	
	.827	-4.788	-3.001	
	.827			-75.636
7	.000			-78.257
	.000	3.381	-10.673	
	.355	.000	-10.073	
	.827	-4.483	-11.130	
	.827			-75.543
6 -----				
1	.000			-115.410
	.000	10.756	-6.929	
	.663	.000	-3.363	
	.810	-2.389	-3.539	
	.810			-111.330
2	.000			-118.448
	.000	4.281	-20.607	
	.404	.000	-19.742	
	.810	-4.302	-20.616	
	.810			-112.193
3	.000			-88.911
	.000	3.048	-10.883	
	.384	.000	-10.298	
	.810	-3.389	-11.021	
	.810			-84.220
4	.000			-88.761
	.000	3.373	-20.028	
	.425	.000	-19.312	
	.810	-3.064	-19.903	
	.810			-84.070
5	.000			-75.511
	.000	5.770	-7.065	
	.609	.000	-5.309	
	.810	-1.910	-5.501	
	.810			-72.454
6	.000			-75.578
	.000	5.625	-3.001	
	.594	.000	-1.331	
	.810	-2.055	-1.554	
	.810			-72.521
7	.000			-75.445

		.000	5.914	-11.130	
		.624	.000	-9.284	
		.810	-1.766	-9.449	
		.810			-72.387
7		-----			
	1	.000			-110.946
		.000	9.539	-3.539	
		.609	.000	-.632	
		.810	-3.149	-.949	
		.810			-106.799
	2	.000			-112.009
		.000	7.730	-20.616	
		.695	.000	-17.931	
		.810	-1.286	-18.005	
		.810			-105.599
	3	.000			-84.099
		.000	5.644	-11.021	
		.676	.000	-9.112	
		.810	-1.118	-9.187	
		.810			-79.291
	4	.000			-83.915
		.000	5.951	-19.903	
		.713	.000	-17.781	
		.810	-.811	-17.820	
		.810			-79.107
	5	.000			-72.242
		.000	5.855	-5.501	
		.628	.000	-3.662	
		.810	-1.695	-3.816	
		.810			-69.125
	6	.000			-72.324
		.000	5.718	-1.554	
		.614	.000	.201	
		.810	-1.832	.021	
		.810			-69.206
	7	.000			-72.160
		.000	5.991	-9.449	
		.643	.000	-7.522	
		.810	-1.559	-7.653	
		.810			-69.043
8		-----			
	1	.000			-106.522
		.000	8.299	-.949	
		.550	.000	1.333	
		.810	-3.931	.821	
		.810			-102.517
	2	.000			-105.130
		.000	10.023	-18.005	
		.810	.643	-13.683	
		.810			-98.915
	3	.000			-78.955
		.000	7.374	-9.187	
		.810	.339	-6.062	
		.810			-74.294
	4	.000			-78.740
		.000	7.660	-17.820	
		.810	.625	-14.463	
		.810			-74.078
	5	.000			-68.909
		.000	5.713	-3.816	
		.625	.000	-2.031	
		.810	-1.695	-2.188	
		.810			-65.894
	6	.000			-69.005
		.000	5.586	.021	
		.611	.000	1.728	

	.810	-1.822	1.546	
	.810			-65.990
7	.000			-68.813
	.000	5.839	-7.653	
	.639	.000	-5.787	
	.810	-1.568	-5.922	
	.810			-65.798
9				
1	.000			-102.349
	.000	7.063	.821	
	.487	.000	2.541	
	.810	-4.691	1.782	
	.810			-98.651
2	.000			-98.278
	.000	11.225	-13.683	
	.810	1.597	-8.487	
	.810			-92.534
3	.000			-73.831
	.000	8.289	-6.062	
	.810	1.067	-2.270	
	.810			-69.523
4	.000			-73.586
	.000	8.549	-14.463	
	.810	1.328	-10.461	
	.810			-69.278
5	.000			-65.697
	.000	5.367	-2.188	
	.601	.000	-.574	
	.810	-1.866	-.769	
	.810			-62.912
6	.000			-65.806
	.000	5.251	1.546	
	.588	.000	3.091	
	.810	-1.982	2.871	
	.810			-63.021
7	.000			-65.588
	.000	5.483	-5.922	
	.614	.000	-4.237	
	.810	-1.750	-4.409	
	.810			-62.803
10				
1	.000			-98.587
	.000	5.894	1.782	
	.425	.000	3.034	
	.810	-5.353	2.002	
	.810			-95.316
2	.000			-91.832
	.000	11.491	-8.487	
	.810	1.756	-3.119	
	.810			-86.755
3	.000			-69.010
	.000	8.502	-2.270	
	.810	1.201	1.661	
	.810			-65.202
4	.000			-68.738
	.000	8.735	-10.461	
	.810	1.434	-6.340	
	.810			-64.931
5	.000			-62.750
	.000	4.877	-.769	
	.563	.000	.604	
	.810	-2.142	.339	
	.810			-60.288
6	.000			-62.871
	.000	4.774	2.871	

		.551	.000	4.186	
		.810	-2.246	3.895	
		.810			-60.409
7		.000			-62.629
		.000	4.981	-4.409	
		.575	.000	-2.977	
		.810	-2.039	-3.217	
		.810			-60.167
11					
	1	.000			-95.342
		.000	4.879	2.002	
		.369	.000	2.901	
		.810	-5.843	1.611	
		.810			-92.571
	2	.000			-86.069
		.000	11.031	-3.119	
		.810	1.326	1.888	
		.810			-81.777
	3	.000			-64.699
		.000	8.172	1.661	
		.810	.893	5.334	
		.810			-61.480
	4	.000			-64.404
		.000	8.374	-6.340	
		.810	1.096	-2.503	
		.810			-61.185
	5	.000			-60.171
		.000	4.322	.339	
		.517	.000	1.457	
		.810	-2.449	1.098	
		.810			-58.086
	6	.000			-60.302
		.000	4.232	3.895	
		.506	.000	4.967	
		.810	-2.540	4.581	
		.810			-58.217
	7	.000			-60.040
		.000	4.412	-3.217	
		.528	.000	-2.052	
		.810	-2.359	-2.385	
		.810			-57.955
12					
	1	.000			-92.665
		.000	4.097	1.611	
		.326	.000	2.278	
		.810	-6.100	.800	
		.810			-90.427
	2	.000			-81.166
		.000	10.071	1.888	
		.810	.511	6.176	
		.810			-77.710
	3	.000			-61.032
		.000	7.468	5.334	
		.810	.298	8.481	
		.810			-58.440
	4	.000			-60.717
		.000	7.638	-2.503	
		.810	.468	.782	
		.810			-58.125
	5	.000			-58.015
		.000	3.781	1.098	
		.471	.000	1.989	
		.810	-2.721	1.528	
		.810			-56.333
	6	.000			-58.155

		.000	3.706	4.581	
		.462	.000	5.437	
		.810	-2.796	4.950	
		.810			-56.473
7		.000			-57.875
		.000	3.857	-2.385	
		.481	.000	-1.458	
		.810	-2.645	-1.894	
		.810			-56.193
13		-----			
	1	.000			-90.560
		.000	3.613	.800	
		.302	.000	1.345	
		.810	-6.088	-.203	
		.810			-88.856
	2	.000			-77.209
		.000	8.825	6.176	
		.766	.000	9.555	
		.810	-.515	9.543	
		.810			-74.588
	3	.000			-58.072
		.000	6.551	8.481	
		.758	.000	10.964	
		.810	-.454	10.952	
		.810			-56.107
	4	.000			-57.741
		.000	6.686	.782	
		.774	.000	3.369	
		.810	-.318	3.363	
		.810			-55.776
	5	.000			-56.301
		.000	3.324	1.528	
		.432	.000	2.246	
		.810	-2.908	1.696	
		.810			-55.022
	6	.000			-56.448
		.000	3.264	4.950	
		.424	.000	5.642	
		.810	-2.968	5.070	
		.810			-55.170
	7	.000			-56.153
		.000	3.384	-1.894	
		.440	.000	-1.149	
		.810	-2.847	-1.677	
		.810			-54.875
14		-----			
	1	.000			-88.997
		.000	3.457	-.203	
		.302	.000	.320	
		.810	-5.806	-1.155	
		.810			-87.811
	2	.000			-74.215
		.000	7.471	9.543	
		.666	.000	12.031	
		.810	-1.619	11.915	
		.810			-72.397
	3	.000			-55.833
		.000	5.554	10.952	
		.660	.000	12.785	
		.810	-1.264	12.690	
		.810			-54.470
	4	.000			-55.489
		.000	5.653	3.363	
		.672	.000	5.262	
		.810	-1.165	5.181	
		.810			-54.126

5	.000			-55.018
	.000	2.998	1.696	
	.406	.000	2.305	
	.810	-2.985	1.702	
	.810			-54.128
6	.000			-55.170
	.000	2.954	5.070	
	.400	.000	5.660	
	.810	-3.029	5.039	
	.810			-54.281
7	.000			-54.865
	.000	3.042	-1.677	
	.412	.000	-1.050	
	.810	-2.941	-1.636	
	.810			-53.976
15 -----				
1	.000			-87.928
	.000	3.625	-1.155	
	.329	.000	-.558	
	.810	-5.291	-1.830	
	.810			-87.232
2	.000			-72.155
	.000	6.138	11.915	
	.562	.000	13.639	
	.810	-2.718	13.300	
	.810			-71.093
3	.000			-54.292
	.000	4.573	12.690	
	.558	.000	13.966	
	.810	-2.070	13.705	
	.810			-53.496
4	.000			-53.940
	.000	4.635	5.181	
	.565	.000	6.492	
	.810	-2.008	6.246	
	.810			-53.144
5	.000			-54.137
	.000	2.825	1.702	
	.396	.000	2.261	
	.810	-2.953	1.650	
	.810			-53.617
6	.000			-54.294
	.000	2.798	5.039	
	.392	.000	5.588	
	.810	-2.981	4.965	
	.810			-53.774
7	.000			-53.980
	.000	2.853	-1.636	
	.400	.000	-1.065	
	.810	-2.926	-1.665	
	.810			-53.460
16 -----				
1	.000			-87.298
	.000	4.075	-1.830	
	.380	.000	-1.055	
	.810	-4.605	-2.045	
	.810			-87.070
2	.000			-70.976
	.000	4.906	13.300	
	.458	.000	14.425	
	.810	-3.767	13.762	
	.810			-70.630
3	.000			-53.411
	.000	3.668	13.705	
	.457	.000	14.543	
	.810	-2.837	14.041	
	.810			-53.151

4	.000			-53.053
	.000	3.691	6.246	
	.460	.000	7.094	
	.810	-2.814	6.601	
	.810			-52.794
5	.000			-53.625
	.000	2.802	1.650	
	.403	.000	2.214	
	.810	-2.833	1.637	
	.810			-53.455
6	.000			-53.784
	.000	2.791	4.965	
	.401	.000	5.525	
	.810	-2.844	4.944	
	.810			-53.614
7	.000			-53.466
	.000	2.812	-1.665	
	.404	.000	-1.097	
	.810	-2.823	-1.670	
	.810			-53.296

17 1	.000			-87.063
	.000	4.740	-2.045	
	.443	.000	-.996	
	.810	-3.939	-1.721	
	.810			-87.291
2	.000			-70.627
	.000	3.813	13.762	
	.356	.000	14.441	
	.810	-4.860	13.338	
	.810			-70.974
3	.000			-53.149
	.000	2.867	14.041	
	.357	.000	14.554	
	.810	-3.637	13.729	
	.810			-53.409
4	.000			-52.792
	.000	2.853	6.601	
	.355	.000	7.108	
	.810	-3.652	6.277	
	.810			-53.052
5	.000			-53.451
	.000	2.904	1.637	
	.418	.000	2.244	
	.810	-2.731	1.707	
	.810			-53.621
6	.000			-53.610
	.000	2.911	4.944	
	.419	.000	5.553	
	.810	-2.724	5.019	
	.810			-53.780
7	.000			-53.292
	.000	2.898	-1.670	
	.417	.000	-1.066	
	.810	-2.737	-1.605	
	.810			-53.462

18 1	.000			-87.211
	.000	5.425	-1.721	
	.493	.000	-.383	
	.810	-3.491	-.937	
	.810			-87.906
2	.000			-71.086
	.000	2.764	13.338	
	.253	.000	13.687	
	.810	-6.093	11.989	

		.810		-72.148
3		.000		-53.492
		.000	2.099	13.729
		.256	.000	13.998
		.810	-4.543	12.739
		.810		-54.288
4		.000		-53.138
		.000	2.046	6.277
		.250	.000	6.533
		.810	-4.596	5.244
		.810		-53.934
5		.000		-53.606
		.000	3.024	1.707
		.424	.000	2.348
		.810	-2.755	1.816
		.810		-54.126
6		.000		-53.763
		.000	3.047	5.019
		.427	.000	5.671
		.810	-2.731	5.147
		.810		-54.283
7		.000		-53.448
		.000	3.000	-1.605
		.421	.000	-.973
		.810	-2.778	-1.515
		.810		-53.969
19				
1		.000		-87.775
		.000	5.937	-.937
		.519	.000	.605
		.810	-3.326	.121
		.810		-88.962
2		.000		-72.385
		.000	1.664	11.989
		.148	.000	12.112
		.810	-7.426	9.654
		.810		-74.204
3		.000		-54.462
		.000	1.293	12.739
		.154	.000	12.838
		.810	-5.524	11.024
		.810		-55.826
4		.000		-54.116
		.000	1.202	5.244
		.143	.000	5.330
		.810	-5.615	3.456
		.810		-55.480
5		.000		-54.110
		.000	3.054	1.816
		.414	.000	2.448
		.810	-2.929	1.867
		.810		-54.999
6		.000		-54.264
		.000	3.094	5.147
		.419	.000	5.796
		.810	-2.889	5.231
		.810		-55.153
7		.000		-53.956
		.000	3.013	-1.515
		.408	.000	-.900
		.810	-2.969	-1.497
		.810		-54.845
20				
1		.000		-88.807
		.000	6.214	.121
		.519	.000	1.734

	.810	-3.487	1.226	
	.810			-90.511
2	.000			-74.572
	.000	.558	9.654	
	.048	.000	9.667	
	.810	-8.782	6.321	
	.810			-77.193
3	.000			-56.097
	.000	.482	11.024	
	.056	.000	11.038	
	.810	-6.523	8.577	
	.810			-58.062
4	.000			-55.762
	.000	.355	3.456	
	.041	.000	3.463	
	.810	-6.650	.905	
	.810			-57.727
5	.000			-54.997
	.000	2.974	1.867	
	.387	.000	2.442	
	.810	-3.257	1.752	
	.810			-56.275
6	.000			-55.145
	.000	3.030	5.231	
	.394	.000	5.828	
	.810	-3.201	5.162	
	.810			-56.424
7	.000			-54.848
	.000	2.917	-1.497	
	.379	.000	-.943	
	.810	-3.314	-1.658	
	.810			-56.126
21	-----			
1	.000			-90.364
	.000	6.220	1.226	
	.494	.000	2.764	
	.810	-3.977	2.135	
	.810			-92.603
2	.000			-77.689
	.000	-.470	6.321	
	.810	-10.029	2.067	
	.810			-81.145
3	.000			-58.427
	.000	-.271	8.577	
	.810	-7.441	5.452	
	.810			-61.019
4	.000			-58.108
	.000	-.433	.905	
	.810	-7.603	-2.351	
	.810			-60.699
5	.000			-56.301
	.000	2.784	1.752	
	.347	.000	2.235	
	.810	-3.718	1.374	
	.810			-57.982
6	.000			-56.442
	.000	2.856	5.162	
	.356	.000	5.670	
	.810	-3.646	4.842	
	.810			-58.124
7	.000			-56.159
	.000	2.712	-1.658	
	.338	.000	-1.199	
	.810	-3.790	-2.094	
	.810			-57.841

22 -----				
1	.000			-92.497
	.000	5.957	2.135	
	.450	.000	3.476	
	.810	-4.766	2.618	
	.810			-95.267
2	.000			-81.753
	.000	-1.287	2.067	
	.810	-10.991	-2.908	
	.810			-86.045
3	.000			-61.464
	.000	-.867	5.452	
	.810	-8.146	1.800	
	.810			-64.683
4	.000			-61.164
	.000	-1.063	-2.351	
	.810	-8.341	-6.162	
	.810			-64.383
5	.000			-58.047
	.000	2.509	1.374	
	.300	.000	1.750	
	.810	-4.262	.663	
	.810			-60.132
6	.000			-58.181
	.000	2.596	4.842	
	.311	.000	5.245	
	.810	-4.175	4.202	
	.810			-60.265
7	.000			-57.914
	.000	2.422	-2.094	
	.290	.000	-1.743	
	.810	-4.349	-2.875	
	.810			-59.998
23 -----				
1	.000			-95.230
	.000	5.458	2.618	
	.393	.000	3.691	
	.810	-5.789	2.484	
	.810			-98.500
2	.000			-86.727
	.000	-1.719	-2.908	
	.810	-11.454	-8.246	
	.810			-91.803
3	.000			-65.184
	.000	-1.176	1.800	
	.810	-8.477	-2.112	
	.810			-68.991
4	.000			-64.906
	.000	-1.403	-6.162	
	.810	-8.703	-10.257	
	.810			-68.714
5	.000			-60.243
	.000	2.198	.663	
	.254	.000	.942	
	.810	-4.822	-.400	
	.810			-62.705
6	.000			-60.366
	.000	2.298	4.202	
	.265	.000	4.507	
	.810	-4.721	3.220	
	.810			-62.828
7	.000			-60.119
	.000	2.097	-2.875	
	.242	.000	-2.621	
	.810	-4.922	-4.020	

24		.810		-62.582
1	.000			-98.554
	.000	4.786	2.484	
	.330	.000	3.273	
	.810	-6.967	1.600	
	.810			-102.252
2	.000			-92.502
	.000	-1.563	-8.246	
	.810	-11.191	-13.414	
	.810			-98.246
3	.000			-69.502
	.000	-1.045	-2.112	
	.810	-8.266	-5.885	
	.810			-73.810
4	.000			-69.251
	.000	-1.300	-10.257	
	.810	-8.520	-14.236	
	.810			-73.559
5	.000			-62.861
	.000	1.917	-.400	
	.215	.000	-.194	
	.810	-5.316	-1.778	
	.810			-65.646
6	.000			-62.973
	.000	2.030	3.220	
	.227	.000	3.451	
	.810	-5.203	1.934	
	.810			-65.758
7	.000			-62.749
	.000	1.803	-4.020	
	.202	.000	-3.838	
	.810	-5.430	-5.489	
	.810			-65.534
25				
1	.000			-102.410
	.000	4.016	1.600	
	.266	.000	2.134	
	.810	-8.214	-.102	
	.810			-106.415
2	.000			-98.879
	.000	-.612	-13.414	
	.810	-9.992	-17.710	
	.810			-105.094
3	.000			-74.271
	.000	-.319	-5.885	
	.810	-7.354	-8.994	
	.810			-78.932
4	.000			-74.048
	.000	-.599	-14.236	
	.810	-7.634	-17.572	
	.810			-78.709
5	.000			-65.838
	.000	1.740	-1.778	
	.190	.000	-1.612	
	.810	-5.667	-3.369	
	.810			-68.853
6	.000			-65.937
	.000	1.864	1.934	
	.204	.000	2.124	
	.810	-5.543	.443	
	.810			-68.952
7	.000			-65.739
	.000	1.615	-5.489	
	.177	.000	-5.347	

		.810	-5.792	-7.182	
		.810			-68.754
26					
	1	.000			-106.683
		.000	3.222	-.102	
		.206	.000	.230	
		.810	-9.466	-2.632	
		.810			-110.831
	2	.000			-105.560
		.000	1.313	-17.710	
		.118	.000	-17.633	
		.810	-7.702	-20.299	
		.810			-111.970
	3	.000			-79.266
		.000	1.136	-8.994	
		.136	.000	-8.916	
		.810	-5.625	-10.813	
		.810			-84.073
	4	.000			-79.074
		.000	.834	-17.572	
		.100	.000	-17.530	
		.810	-5.927	-19.636	
		.810			-83.882
	5	.000			-69.064
		.000	1.734	-3.369	
		.186	.000	-3.208	
		.810	-5.816	-5.023	
		.810			-72.182
	6	.000			-69.149
		.000	1.868	.443	
		.201	.000	.631	
		.810	-5.681	-1.102	
		.810			-72.267
	7	.000			-68.979
		.000	1.600	-7.182	
		.172	.000	-7.045	
		.810	-5.950	-8.945	
		.810			-72.097
27					
	1	.000			-111.207
		.000	2.448	-2.632	
		.151	.000	-2.447	
		.810	-10.693	-5.972	
		.810			-115.286
	2	.000			-112.151
		.000	4.323	-20.299	
		.408	.000	-19.417	
		.810	-4.256	-20.272	
		.810			-118.404
	3	.000			-84.192
		.000	3.403	-10.813	
		.428	.000	-10.084	
		.810	-3.031	-10.662	
		.810			-88.882
	4	.000			-84.034
		.000	3.082	-19.636	
		.388	.000	-19.038	
		.810	-3.352	-19.746	
		.810			-88.724
	5	.000			-72.390
		.000	1.941	-5.023	
		.205	.000	-4.824	
		.810	-5.736	-6.560	
		.810			-75.446
	6	.000			-72.460
		.000	2.084	-1.102	

		.220	.000	-.873	
		.810	-5.593	-2.523	
		.810			-75.516
7		.000			-72.319
		.000	1.798	-8.945	
		.190	.000	-8.774	
		.810	-5.879	-10.598	
		.810			-75.375
28		-----			
	1	.000			-115.663
		.000	5.207	-5.972	
		.313	-.000	-5.157	
		.896	-9.712	-7.991	
		.896			-119.625
	2	.000			-117.870
		.000	12.011	-20.272	
		.896	3.297	-13.410	
		.896			-123.802
	3	.000			-88.459
		.000	9.178	-10.662	
		.896	2.642	-5.363	
		.896			-92.907
	4	.000			-88.346
		.000	8.838	-19.746	
		.896	2.302	-14.752	
		.896			-92.795
	5	.000			-75.520
		.000	4.657	-6.560	
		.490	-.001	-5.419	
		.896	-3.866	-6.205	
		.896			-78.462
	6	.000			-75.570
		.000	4.809	-2.523	
		.506	-.001	-1.307	
		.896	-3.715	-2.033	
		.896			-78.512
	7	.000			-75.470
		.000	4.506	-10.598	
		.474	-.000	-9.529	
		.896	-4.017	-10.378	
		.896			-78.412
29		-----			
	1	.000			-119.682
		.000	9.026	-7.991	
		.527	-.001	-5.614	
		.896	-6.339	-6.786	
		.896			-122.391
	2	.000			-122.349
		.000	13.896	-13.410	
		.896	5.878	-4.546	
		.896			-126.091
	3	.000			-91.767
		.000	10.868	-5.363	
		.896	4.854	1.685	
		.896			-94.573
	4	.000			-91.757
		.000	9.976	-14.752	
		.896	3.962	-8.504	
		.896			-94.564
	5	.000			-78.216
		.000	6.775	-6.205	
		.706	-.002	-3.813	
		.896	-1.825	-3.986	
		.896			-80.169
	6	.000			-78.220

		.000	7.171	-2.033	
		.748	-.002	.648	
		.896	-1.428	.542	
		.896			-80.173
7		.000			-78.212
		.000	6.378	-10.378	
		.665	-.001	-8.257	
		.896	-2.221	-8.514	
		.896			-80.165
30					
	1	.000			-121.845
		.000	12.824	-6.786	
		.707	.001	-2.255	
		.896	-3.444	-2.581	
		.896			-123.629
	2	.000			-123.945
		.000	19.587	-4.546	
		.896	11.472	9.376	
		.896			-125.500
	3	.000			-92.872
		.000	15.335	1.685	
		.896	9.249	12.704	
		.896			-94.038
	4	.000			-93.046
		.000	14.046	-8.504	
		.896	7.960	1.360	
		.896			-94.212
	5	.000			-79.514
		.000	9.596	-3.986	
		.896	.562	.567	
		.896			-80.630
	6	.000			-79.436
		.000	10.169	.542	
		.896	1.135	5.609	
		.896			-80.552
	7	.000			-79.591
		.000	9.023	-8.514	
		.896	-.011	-4.475	
		.896			-80.707
31					
	1	.000			-122.543
		.000	16.352	-2.581	
		.878	.012	4.603	
		.896	-.326	4.600	
		.896			-127.316
	2	.000			-122.155
		.000	28.265	9.376	
		.896	20.065	31.038	
		.896			-125.244
	3	.000			-91.413
		.000	21.931	12.704	
		.896	15.781	29.607	
		.896			-93.730
	4	.000			-91.819
		.000	20.466	1.360	
		.896	14.316	16.950	
		.896			-94.135
	5	.000			-79.501
		.000	12.853	.567	
		.896	3.613	7.947	
		.896			-82.284
	6	.000			-79.320
		.000	13.504	5.609	
		.896	4.264	13.572	
		.896			-82.104

7	.000			-79.681
	.000	12.202	-4.475	
	.896	2.962	2.321	
	.896			-82.464
32	-----			
1	.000			-125.608
	.000	20.627	4.600	
	.896	4.687	15.946	
	.896			-133.308
2	.000			-120.237
	.000	39.455	31.038	
	.896	31.757	62.957	
	.896			-124.799
3	.000			-89.853
	.000	30.309	29.607	
	.896	24.535	54.190	
	.896			-93.275
4	.000			-90.502
	.000	28.874	16.950	
	.896	23.100	40.246	
	.896			-93.924
5	.000			-80.556
	.000	16.926	7.947	
	.896	8.121	19.173	
	.896			-84.968
6	.000			-80.267
	.000	17.564	13.572	
	.896	8.760	25.371	
	.896			-84.679
7	.000			-80.845
	.000	16.288	2.321	
	.896	7.483	12.976	
	.896			-85.256