

기 술 검 토 서

NO. 토질 / 구조 — 36

제 목 : 대인용 피난연결통로 설계 적정성 검토

2006. 6

강 원 건 설 사 업 소

춘 천 ~ 동 홍 천 기 술 자 문 단

기술검토건명	대인용 피난연결통로 설계 적정성 검토		
공 구	제 2, 3, 4 공구	검 토 구 분	토질 / 구조
검 토 기 간	2006. 6. 21 ~ 2006. 6. 27	검 토 자	오 관 식
		담 당 자	오 현 택, 오 성 민
근 거 공 문	구두지시	회 신 공 문	용마(홍천) 제2006 - 0034호

1. 검토목적

춘천~동홍천간 고속도로 건설공사와 관련하여 터널내에 위치하는 대인용 피난연결통로의 설계 적정성을 검토하고자 함.

2. 검토내용

가. 현황

1) 추진배경

- 당초 설계에서는 「도로설계요령, 한국도로공사, 2002」 및 「터널 피난연락갱 설치기준, 설계기 13201-350, 2001.7.6」에 의거하여 각각 750m 간격 내외로 차량용 피난연결통로만 설계되어 있음.
- 도로터널 내에서의 재해에 대비하여 신속하고 체계적인 방재대책 마련의 일환으로 「도로터널 방재시설 지침서, 건설교통부, 2004.12」 및 「피난연락갱 설치간격조정, 설계구 10201-30414, 2003.8」이 제정됨.
- 따라서, 개정된 「도로터널 방재시설 지침서」 및 「피난연락갱 설치간격조정」에 의거 대인용 피난연결통로를 추가로 계획함.

2) 대상터널

[표-1] 터널현황

() : NATM 연장

공 구	터 널 명	연 장(m)	
		서울방향	양양방향
2	동산2터널	1,225m(1,215m)	1,113m(1,103m)
	북방1터널	2,290m(2,257m)	2,311m(2,286m)
3	북방3터널	1,518m(1,492m)	1,520m(1,474m)
4	송정1터널	679m(660m)	721m(704m)

춘 천 ~ 동 홍 천 기 술 자 문 단

나. 설계도서 검토

1) 대인용 피난연락통로 설치위치

[표-2] 터널별 대인용 피난연락통로 설치위치

공 구	터 널 명	위치(STA.)		비 고
		서울방향	양양방향	
2	동산2터널	4+117.809	4+119.500	설치간격을 검토한 결과 대인용 피난연락통로 설치간격 250m를 기준으로 최소간격은 197.5m, 최대간격은 300m(갱구부에서 첫 번째 피난연결통로까지의 거리는 300m까지 허용)로 경제성, 시공성, 터널 암분류결과 등을 감안하여 적절한 배치를 실시함.
		4+317.809	4+319.500	
		4+817.809	4+819.500	
	북방1터널	5+620.555	5+620.000	
		5+870.555	5+870.000	
		6+380.555	6+380.000	
		6+640.555	6+640.000	
		7+152.270	7+150.000	
		7+404.165	7+400.000	
3	북방3터널	9+996.643	9+990.000	
		10+234.875	10+230.000	
		10+732.396	10+730.000	
		10+982.396	10+980.000	
4	송정1터널	12+714.762	12+720.000	
		12+944.218	12+955.000	

2) 접속부 본선구간 보강방안 검토

- 현재 도로공사에서 적용된 보강단면을 적용할 경우 기시공된 지보재를 제거후 새로운 지보재를 설치하여야 함으로 비경제적이고 시공성 및 터널 안정성 측면에서 불리하며,
- 현재까지의 시공상태를 감안한 접속부 본선구간의 보강방안이 수립됨.
- 접속부의 지보설계는 본선부의 시공상태에 따라 RP-1A, RP-1B, RP-2A, RP-2B의 4개로 구분하여 보강방안을 제안함.
- 따라서, 기시공된 지보공의 제거없이 추가보강으로 안정을 도모하였으며 추가보강방안은 보강록볼트(L=5m) + 추가쑏크리트(5cm)로 보강하는 방안에 대한 설계를 수행하였으며 보강방안에 대한 세부내용은 아래와 같다.

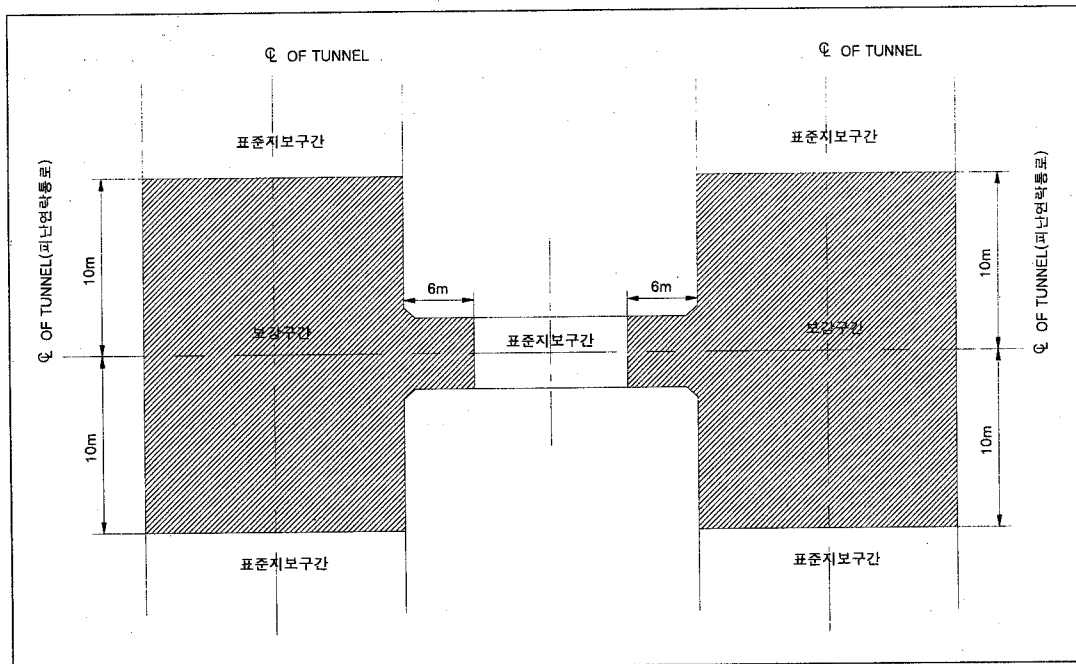
[표-3] 접속부 본선 구간 보강방안

구 분			RP-1			RP-2		
시 공 단 면								
			RP-1A		RP-1B (지보패턴3)	RP-2A (지보패턴4)	RP-2B (지보패턴5)	
			지보패턴1	지보패턴2				
숏크리트 (mm)	기 시 공		50	50	80	120	160	
	추가시공		50	50	50	50	50	
목 볼 트 (m)	기 시 공	종간격	3.5	2.0	2.0	1.5	1.2	
		횡간격	Random	2.0	1.5	1.5	1.5	
	추가 System	종간격	2.0	-	-	-	-	
		횡간격	2.0 (상반설치)	-	-	-	-	
	추가 접속부 보강	종간격	2.0	2.0	2.0	1.5	1.2	
		횡간격	2.0 (상반설치)	2.0	1.5	1.5	1.5	
강 지 보	기 시 공		-	-	-	LG-50×20×30	LG-70×20×30	
	추가시공		-	-	-	-	-	
보강개요도								

3) 터널 보강범위

- 터널내 교차부 보강 개선방안(설심이 13201-242, 2000.12.14)

구 분	보 강 범 위
본선구간	피난연락갱 접속부 중심에서 양쪽으로 10m 씩
피난연락갱구간	본선 접속부 단부에서 6m 씩



[그림-1] 보강도

4) 터널 안정성 검토

(1) 해석 모델링

- 해석을 위한 굴착단계별 모델링은 초기단계부터 시공완료의 4단계로 구성되어 있음.
- 굴착단계별 시공순서는 초기단계로부터 대인용 피난연결통로 굴착의 14단계로 구성되어 있음.

[표-5] 굴착단계별 시공순서

시공단계	시공내용
Initial	Initializing
Stage 1~4	본선타널 굴착
Stage 5~14	대인용 피난연락통로 굴착

(2) 해석 적용 물성치

- 지반

[표-5] 지반 물성치

구 분	공구	발파암				풍화암
		경 암			연 암	
		암반등급 I	암반등급 II	암반등급 III	암반등급 IV	암반등급 V
변형계수 (tonf/m ²)	2	3,800,000	1,220,000	610,000	190,000	60,000
	3	4,090,000	1,560,000	700,000	170,000	60,000
	4	4,090,000	1,800,000	700,000	170,000	60,000
점착력 (tonf/m ²)	2	377.0	181.0	71.0	34.0	5.0
	3	380.0	123.0	57.0	27.0	5.0
	4	380.0	123.0	57.0	27.0	5.0
내부마찰각 (deg)	2	46.0	42.0	37.0	30.0	30.0
	3	46.0	42.0	36.0	30.0	30.0
	4	47.0	43.0	37.0	30.0	30.0
단위중량 (tonf/m ³)	2	2.7	2.7	2.6	2.5	2.1
	3	2.7	2.7	2.6	2.5	2.1
	4	2.7	2.7	2.6	2.5	2.1
포아송비	2	0.20	0.21	0.25	0.29	0.30
	3	0.20	0.21	0.25	0.29	0.30
	4	0.20	0.21	0.25	0.29	0.30

- 지보재

[표-6] 지보재 물성치

구 분	압축강도 (kgf/m ²)	탄성계수 (tonf/m ²)	단위중량 (tonf/m ³)	단면적 (m ²)	단면2차모멘트 (cm ⁴)	비고
연성 슛크리트	100	500,000	2.35	0.05	1.042e-5	2,3,4공구 공통
강성 슛크리트	200	1,500,000	2.35	0.05	1.042e-5	
록볼트	-	21,000,000	-	4.91E-4	-	

(3) 지보응력 해석결과

공구	터널명	해석 위치	변위(mm)				-shotcrete 응력(kgf/cm ²)			-rock bolt 축력(tonf)		
			천단		내공		본선 굴착후	피난갱 굴착후	판단	본선 굴착후	피난갱 굴착후	판단
			본선	피난갱	본선	피난갱						
2	동산2	4+319.500 (양양)	4.9	3.8	3.6	2.1	13.7	52.1	O.K	1.67	5.76	O.K
		4+317.809 (서울)	3.0	2.8	3.5	2.5	34.1	41.7	O.K	3.18	3.76	O.K
	북방1	5+870.000 (양양)	0.75	0.59	0.27	0.19	6.7	11.6	O.K	0.37	0.49	O.K
		7+150.000 (양양)	0.85	0.64	0.22	0.30	7.2	15.3	O.K	0.72	0.75	O.K
3	북방3	9+990.000 (양양)	0.87	0.69	0.33	0.26	7.6	13.0	O.K	0.31	0.61	O.K
		10+980.000 (양양)	2.8	0.4	0.2	1.5	38.6	45.8	O.K	3.31	7.29	O.K
		10+982.396 (서울)	6.6	4.3	4.8	3.6	70.3	70.8	O.K	7.75	7.75	O.K
4	송정1	12+741.762 (서울)	2.01	1.55	0.74	0.54	24	26.8	O.K	1.85	2.09	O.K

▶ Shotcrete 허용응력

- 28일 설계기준강도 : $f_{ck} = 200 \text{ kgf/cm}^2$
- Shotcrete 허용압축응력 : $f_{ca} = 0.4f_{ck} = 80 \text{ kgf/cm}^2$

▶ Rock Bolt 축력(D25/SD35)

- Rock Bolt 허용축력 : $P = A \cdot f_{sa} = \frac{(\pi \times 2.54^2)}{4} \times 1750 = 8.867 \text{ ton}$

(4) 지보응력 해석결과

- 변위량은 최소 0.19mm ~ 최대 6.6mm 발생함.
- Shotcrete에 발생하는 응력은 최소 6.7 kgf/cm^2 ~ 최대 70.8 kgf/cm^2 발생하는데 이는 허용압축응력 80 kgf/cm^2 이내이므로 안정함.
- Rock Bolt에 발생하는 축력은 최소 0.31ton ~ 최대 7.75ton 발생하는데 이는 허용축력 8.867ton 이내이므로 안정함.

5) 일반 구조물 검토

가) 제2공구

(1) 접속부 콘크리트 라이닝

구 분			현 설 계	자 문 단 검 토
RP-1B	본선부	천정부	$M_u=6.071\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=10.241\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=3.273\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=6.071\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=3.273\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=3.553\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=5.913\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.273\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=3.553\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=7.883\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.273\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=5.198\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=8.727\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=11.094\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.198\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=11.094\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=2.026\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=3.345\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.259\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=2.026\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=4.459\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.259\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
RP-2A	본선부	천정부	$M_u=6.979\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.833\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=5.587\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=6.979\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.832\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=5.587\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=4.132\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=6.897\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=7.583\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=4.132\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=9.196\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=7.583\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=5.794\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=9.759\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=12.148\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.794\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=12.148\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=3.440\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=5.721\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=6.315\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=3.440\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=7.628\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=6.315\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
RP-2B	본선부	천정부	$M_u=12.103\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=21.146\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=9.236\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=12.103\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=21.146\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=9.236\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=7.882\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=13.432\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=14.963\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=7.882\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=13.431\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=14.963\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=6.936\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.757\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=15.074\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=6.936\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.756\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=15.074\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=5.959\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=10.046\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.725\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.959\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.725\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$

(2) 일반부 인도용 피난 연락 통로

구 분			현 설 계	자 문 단 검 토
RP-1B	천정부	모멘트 최대시	$\bullet f_c=7.693\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.107\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.310\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=7.693\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.107\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.465\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$\bullet f_c=3.990\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=0.810\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.310\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=3.990\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=0.810\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.465\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$\bullet f_c=5.830\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=3.103\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.313\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=5.830\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=3.103\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.470\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$\bullet f_c=2.070\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.313\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=2.070\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.470\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
RP-2A	천정부	모멘트 최대시	$\bullet f_c=10.967\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.700\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=10.967\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.700\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$\bullet f_c=3.927\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=3.927\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$\bullet f_c=8.960\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=3.307\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=8.960\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=3.307\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$\bullet f_c=3.580\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=3.580\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
RP-2B	천정부	모멘트 최대시	$\bullet f_c=12.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.973\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.857\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=12.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.973\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=1.285\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$\bullet f_c=7.110\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.857\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=7.110\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=1.285\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$\bullet f_c=12.840\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.840\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=12.840\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet f_t=5.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=1.260\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$\bullet f_c=4.670\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=0.840\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$\bullet f_c=4.670\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $\bullet v=1.260\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$

나) 제3공구

(1) 접속부 콘크리트 라이닝

구 분			현 설 계	자 문 단 검 토
RP-1B	본선부	천정부	$M_u=6.058\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=10.219\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=3.279\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=6.058\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=3.279\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=3.519\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=5.855\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.386\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=3.519\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=7.806\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.386\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=5.145\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=8.635\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.995\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.145\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.995\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=2.048\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=3.381\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.087\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=2.048\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=4.508\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.087\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
RP-2A	본선부	천정부	$M_u=7.025\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.914\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=5.830\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=7.025\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.913\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=5.830\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=4.575\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=7.655\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=8.860\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=4.575\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=10.206\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=8.860\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=7.510\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=12.771\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=13.940\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=7.510\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=12.770\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=13.940\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=3.849\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=6.415\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=7.855\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=3.849\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=8.553\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=7.855\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
RP-2B	본선부	천정부	$M_u=12.103\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=21.146\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=9.236\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=12.103\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=21.146\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=9.236\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=7.882\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=13.432\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=14.963\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=7.882\text{tf.m} < \phi M_n=13.042\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=13.431\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=22.920\text{cm}^2$ $V_u=14.963\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=6.936\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.757\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=15.074\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=6.936\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.756\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=15.074\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=5.959\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=10.046\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.725\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.959\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.725\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$

(2) 일반부 인도용 피난 연락 통로

구 분			현 설 계	자 문 단 검 토
RP-1B	천정부	모멘트 최대시	$f_c=7.693\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.107\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.310\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=7.693\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.107\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.465\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=3.990\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=0.810\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.310\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=3.990\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=0.810\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.465\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$f_c=5.830\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=3.103\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.313\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=5.830\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=3.103\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.470\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=2.070\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.313\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=2.070\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.470\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
RP-2A	천정부	모멘트 최대시	$f_c=10.967\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.700\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=10.967\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.700\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=3.927\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=3.927\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$f_c=8.960\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=3.307\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=8.960\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=3.307\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=3.580\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.617\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=3.580\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.925\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
RP-2B	천정부	모멘트 최대시	$f_c=12.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.973\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.857\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=12.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.973\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=1.285\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=7.110\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.857\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=7.110\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=1.285\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$f_c=12.840\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.840\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=12.840\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.293\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=1.260\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=4.670\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.840\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=4.670\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=1.260\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$

춘 천 ~ 동 흥 천 기 술 자 문 단

다) 제4공구

(1) 접속부 콘크리트 라이닝

구 분			현 설 계	자 문 단 검 토
RP-1B	본선부	천정부	$M_u=5.904\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=9.950\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=3.045\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.904\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=3.045\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=3.567\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=5.936\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.749\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=3.567\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=7.915\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.749\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
	인도부	천정부	$M_u=5.133\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=8.615\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.956\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=5.133\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=11.200\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=10.956\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$
		측벽부	$M_u=2.047\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=3.380\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.182\text{tf} < \phi V_c=15.765\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$	$M_u=2.047\text{tf.m} < \phi M_n=8.382\text{tf.m}$ $\text{Req'd } A_s=4.506\text{cm}^2 < \text{Use } A_s=14.325\text{cm}^2$ $V_u=4.182\text{tf} < \phi V_c=15.764\text{tf} \quad \therefore \text{O.K}$

(2) 일반부 인도용 피난 연락 통로

구 분			현 설 계	자 문 단 검 토
RP-1B	천정부	모멘트 최대시	$f_c=7.693\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.107\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.310\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=7.693\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=5.107\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.465\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=3.990\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=0.810\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.310\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=3.990\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=0.810\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.465\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
	측벽부	모멘트 최대시	$f_c=5.830\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=3.103\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.313\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=5.830\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $f_t=3.103\text{kgf/cm}^2 < f_{ta}=6.507\text{kgf/cm}^2$ $v=0.470\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$
		축력 최대시	$f_c=2.070\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.313\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$	$f_c=2.070\text{kgf/cm}^2 < f_{ca}=96.000\text{kgf/cm}^2$ $v=0.470\text{kgf/cm}^2 < v_a=3.873\text{kgf/cm}^2$ $\therefore \text{O. K}$

3. 검토결론

- 1) 대인용 피난연락통로의 보강방안은 현시공단면에서 록볼트(L=5m)+슛크리트(t=5cm)를 이용하여 안정성 검토를 수행함.
- 2) 지보응력에 대한 안정성 검토결과
 - 변위량은 최소 0.19mm ~ 최대 6.6mm 발생함.
 - Shotcrete에 발생하는 응력은 최소 6.7kgf/cm^2 ~ 최대 70.8kgf/cm^2 발생하는데 이는 허용압축응력 80kgf/cm^2 이내이므로 안정함.
 - Rock Bolt에 발생하는 축력은 최소 0.31ton ~ 최대 7.75ton 발생하는데 이는 허용축력 8.867ton 이내이므로 안정함.
- 3) 일반 구조물에 대한 적정성을 검토한 결과
 - 현실계 접속부 콘크리트 라이닝 및 일반부 인도용 피난연락통로에 대한 적정성을 검토한 결과 2. 나. 5) 일반구조물 검토 내용과 같이 적정한 것으로 판단됨.
 - 인도용 피난연락통로의 내부라이닝은 콘크리트 자체의 발생응력이 콘크리트 허용응력 이하이므로 무근콘크리트 라이닝 적용이 가능함.