

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.2 외관조사

3.3 콘크리트 내구성조사

3.4 터널측량

3.5 GPR 탐사

3.6 현장조사 및 시험 결과 요약

제 3장 현장조사 및 시험

3.1 개요

3.1.1 개요

본 과업 대상 터널인 차령터널(천안방향)은 천안논산선(이정 : 263.18km)상의 터널로 2002년 4차선(천안 : 2차선, 논산 : 2차선)으로 준공하였다.

행정구역상 충청남도 천안시 광덕면 원덕리(시점)~충청남도 공주시 정안면 인풍리(종점)에 위치하며 무학산(401m), 봉수산(366m)등 지세가 험준하고 골곡이 심한 차령산맥을 관통하고 있으며, 연장 2,420m의 1종 시설물이다. 본 터널은 NATM 공법으로 시공되었으며, 갱문형식은 원통절개식이고, 환기방식은 수직갱 및 제트팬이 설치되었다.

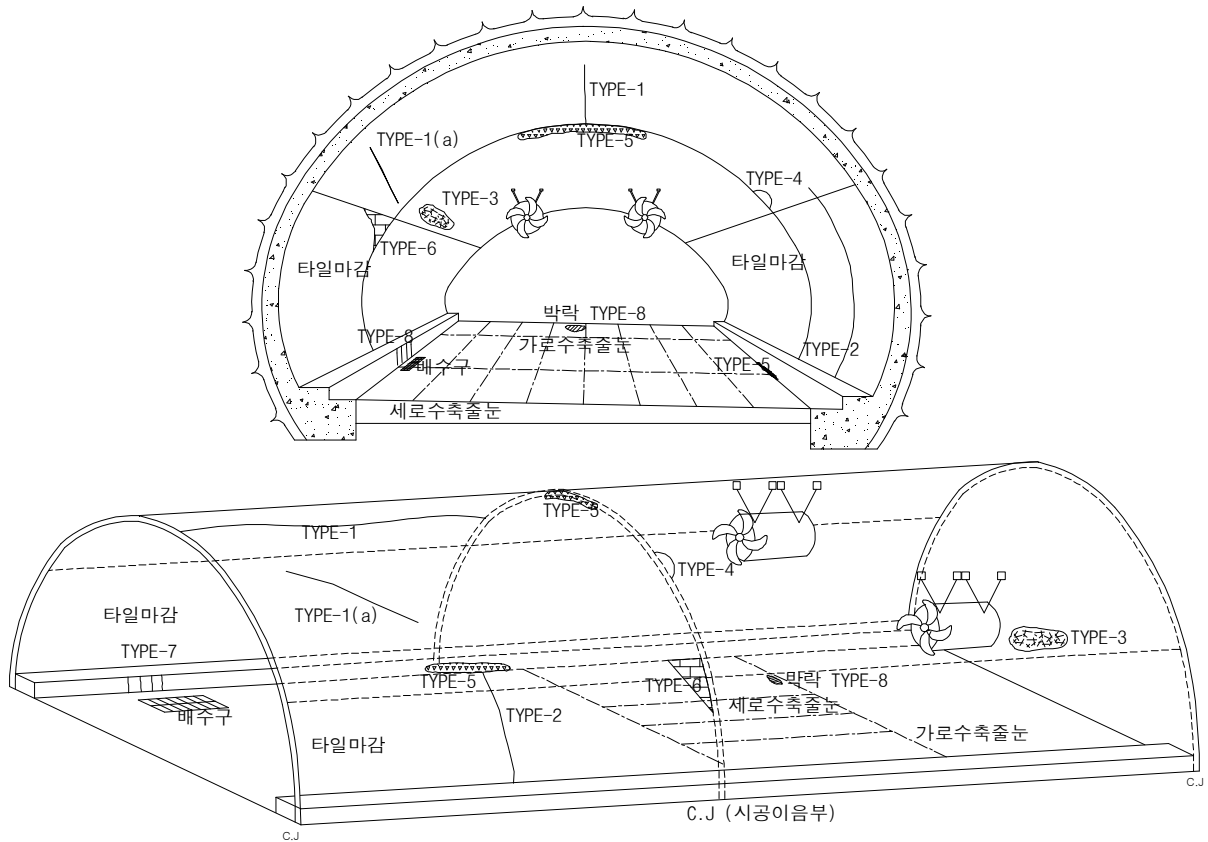
터널의 종단선형은 $S=1.8496\%$, 횡구배 $S=\pm 2\%$ 로 시공되었다.

본 과업은 대상터널의 물리적, 기능적 결함을 발견하고 안전성 판단을 목적으로 터널부재 전체에 대하여 가능한 한 근접한 육안조사의 실시를 위해 고소작업차 및 사다리 등을 이용하여 라이닝 외관조사시 편도 2차선 중 1개 차선씩을 교대로 통제하여 천단부 및 좌·우측 벽체를 고소작업차를 이용하여 조사를 실시하였다.

또한, 외관조사는 주요 구조부재인 콘크리트 라이닝, 갱구부와 부속 시설물로서 공동구, 배수시설, 바닥부(포장)에 대한 현 상태를 조사하였고, 기존 정기점검(* 17. 06)시 발생한 손상의 확인, 진행유무, 보수상태, 재발생 여부 및 신규발생 손상 등에 대하여 면밀한 조사를 실시하였다.

본 장에서는 외관조사 결과 확인된 결함과 손상 상태에 대하여 터널의 구성 부재별로 사진을 첨부하여 설명하고 발생 원인을 분석하여 보수·보강 및 유지관리 방안을 마련하는 데 참고할 수 있도록 하였으며, 전체 부재에 대한 외관조사망도를 작성하여 향후 터널의 점검 및 유지관리 시 효율적으로 활용할 수 있도록 하였다.

【표 3.1】 터널 주요 조사항목



균열형상	추정원인	비 고
Type-1 종방향균열	- 구조적 균열인 경우 : 이완토포압, 지압작용, 지보공 편중침하 - 비구조적 균열인 경우 : 건조수축, 횡방향 온도변화	
Type-1(a) 사방향균열	- 구조적 균열인 경우 : 부등침하 - 비구조적 균열인 경우 : 초기수화열, 건조수축, 온도균열	
Type-2 횡방향균열	종방향구속, 건조수축	
Type-3 망상균열	- 동결융해 및 화학작용 - 콘크리트 비비기를 시작하여 타설까지의 시간과다	
Type-4 시공이음부 반원형균열	- 거푸집 조기탈형 및 시공이음부 시공 미진 - 슬럼프가 큰 콘크리트 타설 - 천장부 라이닝 두께 부족	
Type-5	누수 및 공동구 하부 누수 : 시공이음 경계부에 방수결함	
Type-6	타일마감부의 박락 : 시공이음부에 맞닿아 발생	
Type-7	공동구 측벽 파손 및 횡방향 균열 : 종방향 구속	
Type-8	가로 및 세로수축줄눈부의 줄눈부 박락 및 노면 재료분리	



【사진 3.1】차령터널 조사 현황

3.1.2 터널 구간 분할

측점분할은 터널의 시점부로부터 신축이음부(SPAN)를 이용하여 구분하여 향후 유지관리에 있어 외관조사망도에 기입된 사항과의 일관성을 유지할 수 있도록 하였다. 외관조사는 교통 통제를 실시하여 고소작업차에 조명시설을 설치한 후 최대한 대상시설물에 근접한 후 육안 조사를 실시하였다. 또한, 외관조사망도는 터널 변상에 대한 원활한 조사와 유지관리를 위하여 신축이음부(SPAN)로 분할하여 각각의 SPAN No.를 부여하여 작성하였으며, 작성된 외관조사망도 번호와 SPAN 번호는 【표 3.2】 ~ 【표 3.6】 및 【그림 3.1】에 나타낸 바와 같다.

【표 3.2】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(갱구부)

망도번호	Span No.	비고	망도번호	Span No.	비고	망도번호	Span No.	비고
1	-	시설물 대장	3	갱문 (천안)	시점부	5	갱문 (천안)	시점부
2	-	종평면도	4	갱문 (논산)	종점부	6	갱문 (논산)	종점부

【표 3.3】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)

망도번호	Span No.	길이(L)	망도번호	Span No.	길이(L)	망도번호	Span No.	길이(L)
7	1	10.0	15	41	9.0	23	81	9.0
	2	9.0		42	9.0		82	11.0
	3	9.0		43	9.0		83	11.0
	4	9.0		44	9.0		84	12.0
	5	9.0		45	9.0		85	9.0
8	6	9.0	16	46	9.0	24	86	9.0
	7	9.0		47	9.0		87	9.0
	8	9.0		48	9.0		88	9.0
	9	9.0		49	9.0		89	9.0
	10	9.0		50	9.0		90	9.0
9	11	9.0	17	51	9.0	25	91	9.0
	12	9.0		52	9.0		92	9.0
	13	9.0		53	9.0		93	9.0
	14	9.0		54	9.0		94	9.0
	15	9.0		55	9.0		95	9.0
10	16	9.0	18	56	9.0	26	96	9.0
	17	9.0		57	9.0		97	9.0
	18	9.0		58	9.0		98	9.0
	19	9.0		59	9.0		99	9.0
	20	9.0		60	9.0		100	9.0
11	21	9.0	19	61	9.0	27	101	9.0
	22	9.0		62	9.0		102	9.0
	23	9.0		63	9.0		103	9.0
	24	9.0		64	9.0		104	9.0
	25	9.0		65	9.0		105	9.0
12	26	9.0	20	66	9.0	28	106	9.0
	27	9.0		67	9.0		107	9.0
	28	9.0		68	9.0		108	9.0
	29	9.0		69	9.0		109	9.0
	30	9.0		70	9.0		110	9.0
13	31	9.0	21	71	9.0	29	111	9.0
	32	9.0		72	9.0		112	9.0
	33	9.0		73	9.0		113	9.0
	34	9.0		74	9.0		114	9.0
	35	9.0		75	9.0		115	9.0
14	36	9.0	22	76	9.0	30	116	9.0
	37	9.0		77	9.0		117	9.0
	38	9.0		78	9.0		118	9.0
	39	9.0		79	9.0		119	9.0
	40	9.0		80	13.0		120	9.0

【표 3.4】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속)

망도번호	Span No.	길이(L)	망도번호	Span No.	길이(L)	망도번호	Span No.	길이(L)
31	121	9.0	38	156	9.0	45	191	9.0
	122	9.0		157	9.0		192	9.0
	123	9.0		158	9.0		193	9.0
	124	9.0		159	9.0		194	9.0
	125	9.0		160	9.0		195	9.0
32	126	9.0	39	161	9.0	46	196	9.0
	127	9.0		162	9.0		197	9.0
	128	9.0		163	9.0		198	9.0
	129	9.0		164	9.0		199	9.0
	130	9.0		165	9.0		200	9.0
33	131	9.0	40	166	9.0	47	201	9.0
	132	9.0		167	9.0		202	9.0
	133	9.0		168	9.0		203	9.0
	134	9.0		169	9.0		204	9.0
	135	9.0		170	9.0		205	11.0
34	136	8.0	41	171	9.0	48	206	9.0
	137	8.0		172	9.0		207	11.0
	138	8.0		173	9.0		208	9.0
	139	9.0		174	9.0		209	8.0
	140	9.0		175	9.0		210	8.0
35	141	9.0	42	176	9.0	49	211	8.0
	142	10.0		177	9.0		212	8.0
	143	11.0		178	9.0		213	8.0
	144	8.0		179	9.0		214	8.0
	145	11.0		180	9.0		215	9.0
36	146	9.0	43	181	9.0	50	216	9.0
	147	9.0		182	9.0		217	9.0
	148	9.0		183	9.0		218	9.0
	149	7.0		184	9.0		219	9.0
	150	9.0		185	9.0		220	9.0
37	151	9.0	44	186	9.0	51	221	9.0
	152	9.0		187	9.0		222	9.0
	153	9.0		188	9.0		223	9.0
	154	9.0		189	9.0		224	9.0
	155	9.0		190	9.0		225	9.0

【표 3.5】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(본선 라이닝-천안)(계속)

망도번호	Span No.	길이(L)	망도번호	Span No.	길이(L)	망도번호	Span No.	길이(L)
52	226	9.0	55	241	9.0	58	256	9.0
	227	9.0		242	9.0		257	9.0
	228	9.0		243	9.0		258	9.0
	229	9.0		244	9.0		259	9.0
	230	9.0		245	9.0		260	9.0
53	231	9.0	56	246	9.0	59	261	9.0
	232	9.0		247	9.0		262	9.0
	233	9.0		248	9.0		263	9.0
	234	9.0		249	9.0		264	9.0
	235	9.0		250	9.0		265	9.0
54	236	9.0	57	251	9.0	60	266	9.0
	237	9.0		252	9.0		267	9.0
	238	9.0		253	9.0		268	10.0
	239	9.0		254	9.0			
	240	9.0		255	9.0			

【표 3.6】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(피난연결통로)

망도번호	Span No.	비고	망도번호	Span No.	비고	망도번호	Span No.	비고
115	-	피난연결 통로(E1)	116	-	피난연결 통로(E2)	117	-	피난연결 통로(E3)

SPAN NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35
연 장(m)	10	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
조사망 번호	7				8				9				10				11				12				13										

SPAN NO.	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
연 장(m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
조사망 번호	14					15					16					17					18					19					20				

SPAN NO.	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
연 장(m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	13	9	11	11	12	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
조사망 번호	21					22					23					24					25					26					27				

SPAN NO.	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
연 장(m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	8	8	8	9	9
조사망 번호	28					29					30					31					32					33					34				

SPAN NO.	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175
연 장(m)	9	10	11	8	11	9	9	9	7	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
조사망 번호	35					36					37					38					39					40					41				

SPAN NO.	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
연 장(m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	11	9	11	9	8	8	
조사망 번호	42					43					44					45					46					47					48				

SPAN NO.	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245
연 장(m)	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
조사망 번호	49				50				51				52				53				54				55										

SPAN NO.	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268
연 장(m)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
조사망 번호	56					57					58					59					60		

【그림 3.1】 SPAN No. 및 외관조사망도 번호(천안)

3.2 외관조사

3.2.1 터널라이닝

가. 라이닝(천장부, 어깨부)

1) 균열

① 외관조사 결과

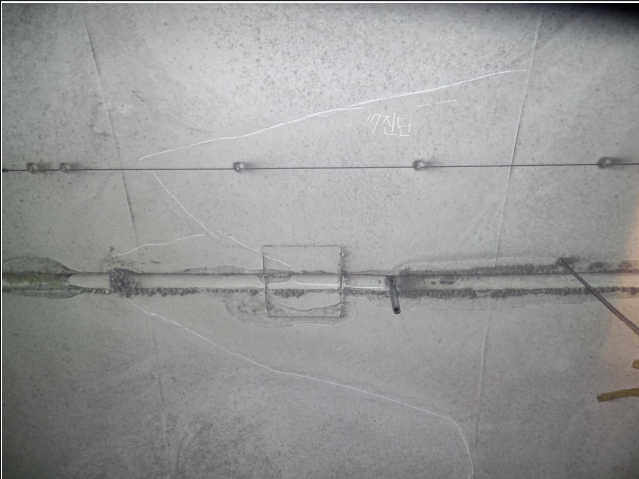
- 라이닝 균열에 대한 외관조사 결과, 균열 / 망상균열의 손상이 조사되었으며, 최대 균열폭은 0.3mm 이상이다.

【표 3.7】 라이닝-균열 외관조사 결과

구분	스판번호	균열				망상균열	
		0.2mm이하		0.3mm이상			
		m/개소		m/개소		㎡/개소	
라이닝	S1~S5	42.20	28	3.50	1	41.50	4
	S6~S10	8.20	6	0.00	0	0.00	0
	S11~S15	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	2.70	2	0.00	0	0.00	0
	S21~S25	7.00	4	0.00	0	0.00	0
	S26~S30	1.00	1	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	2.40	2	1.40	2	0.00	0
	S36~S40	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	6.30	3	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	2.00	1	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	0.00	0	3.00	1	0.00	0
	S61~S65	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S71~S75	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S76~S80	6.00	2	7.00	2	0.00	0
	S81~S85	0.00	0	8.00	4	0.00	0
	S86~S90	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S91~S95	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S96~S100	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S101~S105	3.00	1	0.00	0	0.00	0
	S106~S110	1.50	1	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	3.8	4	3.00	1	0.00	0
소 계		86.10	55	25.90	11	41.50	4

【표 3.8】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속)

구분	스판번호	균열				망상균열	
		0.2mm이하		0.3mm이상			
		m/개소		m/개소		㎡/개소	
라이닝	S116~S120	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S121~S125	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	1.30	2	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	4.00	1	0.00	0	0.00	0
	S136~S140	2.00	1	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	20.30	11	9.00	1	0.00	0
	S146~S150	23.10	7	0.00	0	0.00	0
	S151~S155	4.00	2	0.00	0	0.00	0
	S156~S160	0.00	0	1.80	1	0.00	0
	S161~S165	2.50	2	0.00	0	0.00	0
	S166~S170	7.00	1	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	3.00	2	0.00	0	0.00	0
	S181~S185	3.60	3	0.80	1	0.00	0
	S186~S190	8.00	2	0.00	0	0.00	0
	S191~S195	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S206~S210	7.50	2	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S216~S220	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	4.50	2	0.00	0	0.00	0
	S226~S230	2.00	1	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.80	1	0.00	0	0.00	0
	S236~S240	10.50	3	4.00	1	0.00	0
	S241~S245	2.00	1	0.00	0	0.00	0
	S246~S250	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	3.50	2	0.00	0	0.00	0
	S256~S260	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S261~S265	10.50	4	3.00	1	0.00	0
	S266~S268	5.50	4	4.00	2	23.00	4
소 계		125.60	54	22.60	7	23.00	4
합 계		211.7	109	48.50	18	64.50	8

	
S158 천장부 폭 0.3mm 이상 횡방향 균열	S240 천장부 폭 0.3mm 이상 종방향 균열
	
S239 천장부 폭 0.2mm 이하 종방향 균열	S239 천장부 폭 0.2mm 이하 종방향 균열
	
S82 천장부 폭 0.2mm 이하 종방향 균열	S51 천장부 폭 0.2mm 이하 횡방향 균열

【사진 3.2】 라이닝-균열 손상현황

㉠ 주요 균열 현황

기존 진단에서 조사된 폭 0.3mm이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다.

종방향 균열 : 무근콘크리트 라이닝이며, 천단부에 인접하여 발생된 균열로서 전 스팬에 걸쳐 발생되었으나, 인접한 스팬에 연속되는 종균열은 없는 상태로서 균열폭 등을 고려할 때, 토압의 작용에 따른 구조적인 균열은 아닌 것으로 판단된다.

횡방향 균열 : 사방향 형태의 균열로서 부등침하 가능성에 대하여 주변 현황을 조사한 결과, 시공이음 경계의 단차는 없는 상태이며, 인접한 균열의 경우, 유사 성향의 방향성을 가진 균열은 없는 상태로서 보수가 실시되어 재균열의 양상은 보이지 않는 상태이다.

㉡ 기 진단결과와의 비교·분석

라이닝 균열에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 균열폭 0.2~0.3mm의 균열이 추가 조사되었다. 기존 누락 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.9】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 고	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	55ea / 110.70m	109ea / 211.70m	↑ 101.00m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	11ea / 28.00m	18ea / 48.50m	↑ 20.50m	물량변동
망상균열	8ea / 64.50㎡	8ea / 64.50㎡	- -	변동없음

㉢ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 조사된 균열은 대부분 균열 폭 0.1~0.2mm로 깊이가 얇은 표면균열 형태를 띄고 있고, 일부 폭 0.3mm 이상 균열이 조사되었다. 균열의 형상, 방향성, 발생위치 등을 고려해 볼 때 시공초기 건조수축, 거푸집 준치기간, 콘크리트 품질에 따른 비구조적인 손상으로 판단된다.
- 금회 조사된 균열폭 0.3mm이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속 관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다.

2) 기타손상

① 외관조사 결과

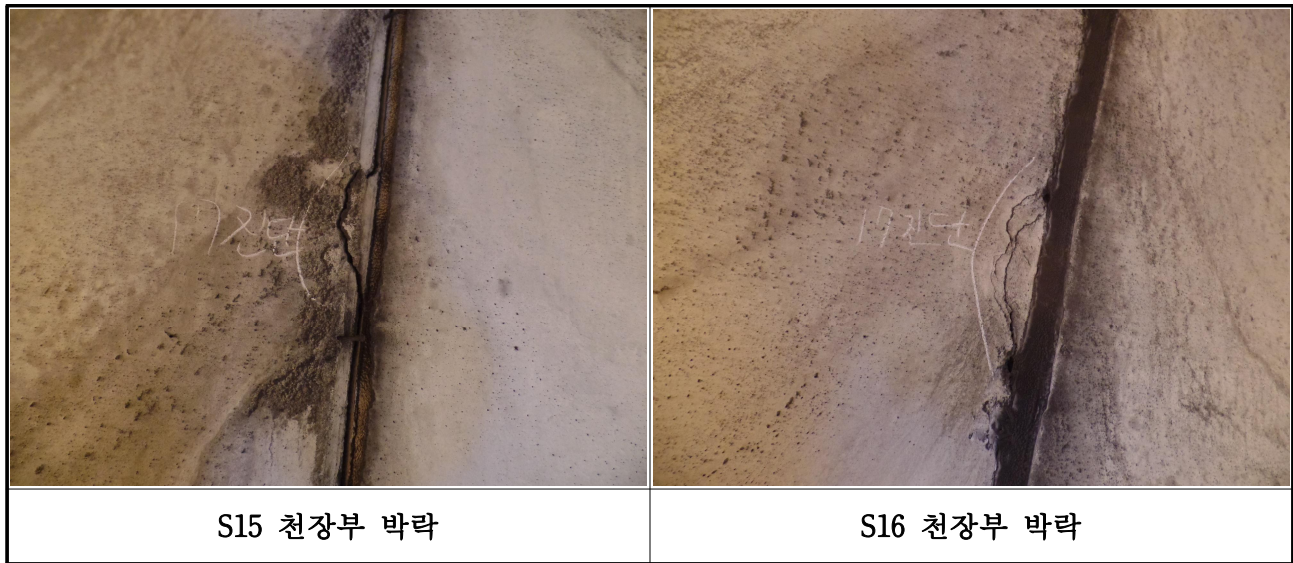
- 라이닝에 발생한 박락은 조인트부에 발생한 것으로 조사되었다.
- 일부 박락 보수부에서 들뜸이 조사되었으며 기존손상으로 진전이 발생되지 않은 상태이다.
- 라이닝 잡철물 1개소가 삽입되어 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.10】 라이닝-기타손상 외관조사 결과

구분	스판번호	박락		보수부 들뜸		잡철물	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
라이닝	S1~S5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S6~S10	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S11~S15	0.04	2	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	0.02	1	0.00	0	0.00	0
	S21~S25	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S26~S30	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	0.16	1	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S61~S65	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S71~S75	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S76~S80	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S81~S85	0.01	1	0.00	0	0.00	0
	S86~S90	0.02	1	0.00	0	0.00	0
	S91~S95	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S96~S100	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S101~S105	0.03	1	0.00	0	0.00	0
	S106~S110	0.02	1	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		0.30	8	0.00	0	0.01	1

【표 3.11】 라이닝-균열 외관조사 결과(계속)

구분	스판번호	박락		보수부 들뜸		잡침물	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
라이닝	S116~S120	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S121~S125	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	0.01	1	0.00	0	0.00	0
	S136~S140	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S146~S150	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S151~S155	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S156~S160	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S161~S165	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S166~S170	0.02	1	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S181~S185	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S186~S190	0.02	1	0.00	0	0.00	0
	S191~S195	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	0.42	3	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	0.00	0	0.12	1	0.00	0
	S206~S210	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.00	0	0.06	1	0.00	0
	S216~S220	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S226~S230	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S236~S240	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S241~S245	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S246~S250	0.02	1	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	0.03	1	0.00	0	0.00	0
	S256~S260	0.05	2	0.00	0	0.00	0
	S261~S265	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		0.57	10	0.18	2	0.00	0
합 계		0.87	18	0.18	2	0.01	1



【사진 3.3】 라이닝-균열 손상현황

㉠ 주요 손상 현황

라이닝 신축이음부에 발생한 박락 손상은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 박락은 기 조사된 손상으로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 박락의 우려가 있는 상태로 조사되었다.

기 박락 보수부에 들뜸이 일부 관찰되었으며 기 조사된 손상으로서 특이 진전이 없는 상태로 관찰되었다.

㉡ 기 진단결과와의 비교·분석

박락에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 일부 추가 조사되었다. 기존 누락 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.12】 라이닝-균열 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
박락	13ea / 0.62㎡	18ea / 0.87㎡	↑ 0.25㎡	물량변동
보수부 들뜸	2ea / 0.18㎡	2ea / 0.18㎡	- -	변동없음
잡철물	1ea / 0.01㎡	1ea / 0.01㎡	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다. 기존 조사된 국부적인 라이닝의 박락 및 반원형 균열로 인한 박락우려 부위에 대해서는 보수가 대부분 완료된 상태로 조사되었으며, 금회 조사된 박락우려 부위는 시공이음 사이의 몰탈로서 탈락 및 낙하의 우려가 있다. 다만, 2차로측 공동구 상단에 위치하여 갓길 폭 등을 고려할 때, 주행차량의 안전에 영향을 미치는 상태는 아니나, 제거를 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다.

나. 측벽부

측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 타일 부착면 하단의 콘크리트 노출면을 포함하여 측벽부 구간으로 구분하였다.

1) 균열

① 외관조사 결과

- 측벽부 균열은 타일부착면 하단의 콘크리트 노출면에 발생된 손상이며, 대부분 시공이음 주변에 위치하고 있다.

【표 3.13】 측벽부-균열 외관조사 결과

구분	스판번호	균열				스판번호	균열			
		0.2mm이하		0.3mm이상			0.2mm이하		0.3mm이상	
		m/개소		m/개소			m/개소		m/개소	
측벽부	S1~S5	0.00	0	0.00	0	S71~S75	0.00	0	0.00	0
	S6~S10	0.00	0	0.00	0	S76~S80	0.00	0	0.30	1
	S11~S15	0.00	0	0.00	0	S81~S85	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	0.00	0	0.20	1	S86~S90	0.00	0	0.00	0
	S21~S25	0.00	0	0.60	1	S91~S95	0.00	0	0.00	0
	S26~S30	0.00	0	0.60	2	S96~S100	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	0.00	0	0.00	0	S101~S105	0.00	0	0.60	1
	S36~S40	0.00	0	0.00	0	S106~S110	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	0.30	1	0.90	3	S111~S115	0.00	0	0.30	1
	S46~S50	0.00	0	0.00	0	S116~S120	0.00	0	0.30	1
	S51~S55	0.00	0	0.00	0	S121~S125	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	0.00	0	0.00	0	S126~S130	0.00	0	0.70	1
	S61~S65	0.00	0	0.00	0	S131~S135	0.30	1	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	0.00	0	S136~S140	0.30	1	0.30	1
소 계		0.30	1	2.30	7	소 계	0.60	2	2.50	6

【표 3.14】측벽부-균열 외관조사 결과

구분	스판번호	균열				스판번호	균열				
		0.2mm이하		0.3mm이상			0.2mm이하		0.3mm이상		
		m/개소		m/개소			m/개소		m/개소		
측벽부	S141~S145	0.00	0	0.00	0	S206~S210	0.00	0	0.00	0	
	S146~S150	0.30	1	0.50	1	S211~S215	0.00	0	1.40	3	
	S151~S155	0.60	1	2.30	4	S216~S220	0.00	0	0.60	2	
	S156~S160	0.00	0	0.50	1	S221~S225	0.70	2	1.20	4	
	S161~S165	0.30	1	0.30	1	S226~S230	0.00	0	1.40	5	
	S166~S170	0.00	0	0.70	2	S231~S235	0.00	0	0.50	2	
	S171~S175	0.00	0	0.60	2	S236~S240	0.00	0	2.00	5	
	S176~S180	0.30	1	0.60	1	S241~S245	0.00	0	1.90	3	
	S181~S185	0.00	0	0.60	2	S246~S250	0.30	1	0.60	2	
	S186~S190	0.30	1	1.50	3	S251~S255	0.00	0	0.80	2	
	S191~S195	0.00	0	0.20	1	S256~S260	0.00	0	0.00	0	
	S196~S200	1.00	1	1.40	5	S261~S265	0.00	0	0.00	0	
	S201~S205	1.50	1	1.10	2	S266~S268	0.60	3	0.00	0	
소 계		4.30	7	10.30	25	소 계		1.60	6	10.40	28
합 계							6.80	16	26.40	66	



【사진 3.4】측벽부-균열 손상현황

② 기 진단결과와의 비교·분석

라이닝 균열에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 균열폭 0.2~0.3mm의 균열이 2개소 추가 조사되었다. 기존 누락 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.15】측벽부-균열 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	15ea / 6.20m	16ea / 6.80m	↑ 0.40m	물량변동
균열 (폭 0.3mm이상)	64ea / 25.10m	66ea / 25.50m	↑ 0.40m	물량변동

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 측벽부 라이닝 노출부는 라이닝 최하단 및 공동구와 인접한 부위로서 콘크리트 타설은 하단 공동구와 일체화되어 시공된 부위이다.
- 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스판구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생된 손상으로 판단된다.
- 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3mm 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2mm 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다.

2) 기타손상

① 외관조사 결과

- 백태가 1개소 조사되었다.
- 차량충격에 의한 긁힘, 파손, 타일긁힘, 타일파손, 타일박락이 조사되었으며 물량이 추가 조사되었다.
- 줄눈몰탈박락 및 줄눈파손이 조사되었다.

【표 3.16】측벽부-기타손상 외관조사 결과

구분	스판번호	백태		파손		긁힘		줄눈몰탈박락		줄눈파손	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
측벽부	S1~S5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S6~S10	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S11~S15	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S21~S25	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0

【표 3.17】측벽부-기타손상 외관조사 결과

구분	스판번호	백태		파손		균힘		줄눈몰탈박락		줄눈파손	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
측벽부	S26~S30	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	0.00	0	1.20	2	0.04	1	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	0.00	0	1.80	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S61~S65	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S71~S75	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.10	1	0.00	0
	S76~S80	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S81~S85	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S86~S90	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.12	1	0.00	0
	S91~S95	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.04	2	0.00	0
	S96~S100	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.10	1	0.00	0
	S101~S105	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.34	2	0.00	0
	S106~S110	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S116~S120	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S121~S125	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	0.00	0	0.40	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S136~S140	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	0.06	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S146~S150	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.10	1	0.00	0
	S151~S155	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.14	1	0.00	0
	S156~S160	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S161~S165	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S166~S170	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S181~S185	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S186~S190	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S191~S195	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		0.06	1	4.40	8	0.04	1	0.94	9	0.00	0

【표 3.18】측벽부-기타손상 외관조사 결과

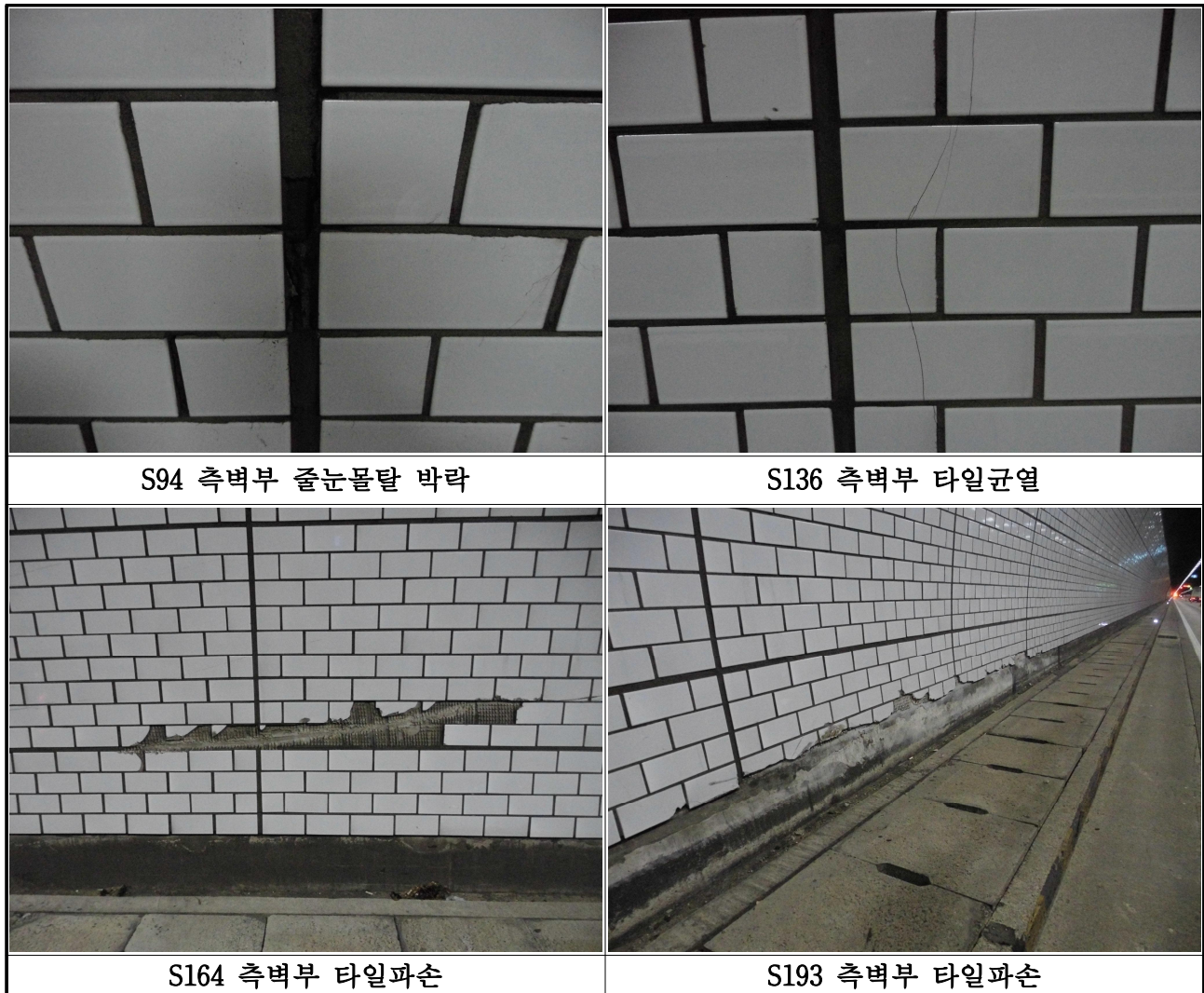
구분	스판번호	백태		파손		긁힘		줄눈몰탈박락		줄눈파손	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
측벽부	S206~S210	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.40	2
	S216~S220	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S226~S230	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S236~S240	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S241~S245	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S246~S250	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S256~S260	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S261~S265	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.40	2
합 계		0.06	1	4.40	8	0.04	1	0.94	9	0.40	2

【표 3.19】측벽부-기타손상 외관조사 결과

구분	스판번호	타일균열		타일긁힘		타일박락		타일파손		타일탈락	
		m /개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		개소/개소	
측벽부	S1~S5	4.80	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S6~S10	0.00	0	4.00	1	0.00	0	0.00	0	1.00	1
	S11~S15	2.10	2	1.26	3	0.00	0	0.04	1	0.00	0
	S16~S20	2.10	2	0.02	1	0.00	0	0.05	2	0.00	0
	S21~S25	5.40	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S26~S30	11.10	6	2.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	5.80	7	2.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	4.00	3	0.04	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	0.50	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	2.40	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	2.00	2	0.00	0	0.00	0	0.03	3	0.00	0
	S61~S65	2.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	0
	S71~S75	2.00	1	2.00	1	0.00	0	1.00	10	0.00	0
	S76~S80	4.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		48.20	38	11.52	10	0.00	0	1.13	17	1.00	1

【표 3.20】측벽부-기타손상 외관조사 결과

구분	스판번호	타일균열		타일긁힘		타일박락		타일파손		타일탈락	
		m /개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
측벽부	S81~S85	0.00	0	1.50	1	0.00	0	0.02	2	0.00	0
	S86~S90	2.50	2	2.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S91~S95	5.00	4	0.60	1	0.00	0	0.08	8	0.00	0
	S96~S100	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S101~S105	2.70	2	4.00	1	0.01	1	0.05	1	0.00	0
	S106~S110	1.50	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S116~S120	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	0
	S121~S125	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	0
	S136~S140	3.90	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	3.50	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S146~S150	6.60	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S151~S155	7.00	6	0.00	0	0.00	0	0.00	0	6.00	6
	S156~S160	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S161~S165	1.50	1	0.00	0	0.00	0	0.12	12	0.00	0
	S166~S170	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	4.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	1.50	1	0.00	0	0.00	0	0.08	8	0.00	0
	S181~S185	1.20	1	0.00	0	0.00	0	0.22	22	0.00	0
	S186~S190	3.50	2	0.00	0	0.00	0	0.08	8	0.00	0
	S191~S195	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	0
	S196~S200	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	2.50	2	0.00	0	0.00	0	0.08	8	0.00	0
	S206~S210	9.30	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	0
	S216~S220	3.60	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.01	1	0.00	0
	S226~S230	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.02	2	0.00	0
	S231~S235	3.50	3	0.00	0	0.00	0	0.06	6	6.00	6
	S236~S240	1.00	1	1.50	1	0.00	0	0.06	6	0.00	0
	S241~S245	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.04	4	19.00	19
	S246~S250	3.20	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	3.00	3
	S251~S255	0.50	1	0.00	0	0.01	1	0.00	0	0.00	0
	S256~S260	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.30	1	0.00	0
	S261~S265	6.00	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		76.40	57	9.60	5	0.02	2	1.26	93	34.00	34
합 계		124.6	95	21.12	15	0.02	2	2.39	110	35.00	35



【사진 3.5】측벽부-기타손상 손상현황

② 기 진단결과와의 비교·분석

타일균열 및 파손, 타일파손에 대하여 전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 일부 추가 조사되었다. 타일균열은 기존 누락 손상으로 확인되었으며 파손 및 타일파손은 충격에 의한 신규손상으로 확인되었고 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.21】측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
백태	1ea / 0.06㎡	1ea / 0.06㎡	- -	변동없음
파손	- / -	8ea / 4.40㎡	↑ 4.40㎡	신규손상
굽힘	1ea / 0.04㎡	1ea / 0.04㎡	- -	변동없음

【표 3.22】측벽부-기타손상 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
줄눈물탈박락	9ea / 0.94㎡	9ea / 0.94㎡	- -	변동없음
줄눈파손	2ea / 0.40㎡	2ea / 0.40㎡	- -	변동없음
타일균열	60ea / 72.60m	95ea / 124.60m	↑ 52.00m	물량변동
타일굽힘	15ea / 21.12㎡	15ea / 21.12㎡	- -	변동없음
타일박락	2ea / 0.02㎡	2ea / 0.02㎡	- -	변동없음
타일파손	105ea / 2.34㎡	110ea / 2.39㎡	↑ 0.04㎡	변동없음
타일탈락	35ea / 35ea	35ea / 35ea	- -	변동없음

③ 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을 미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 굽힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

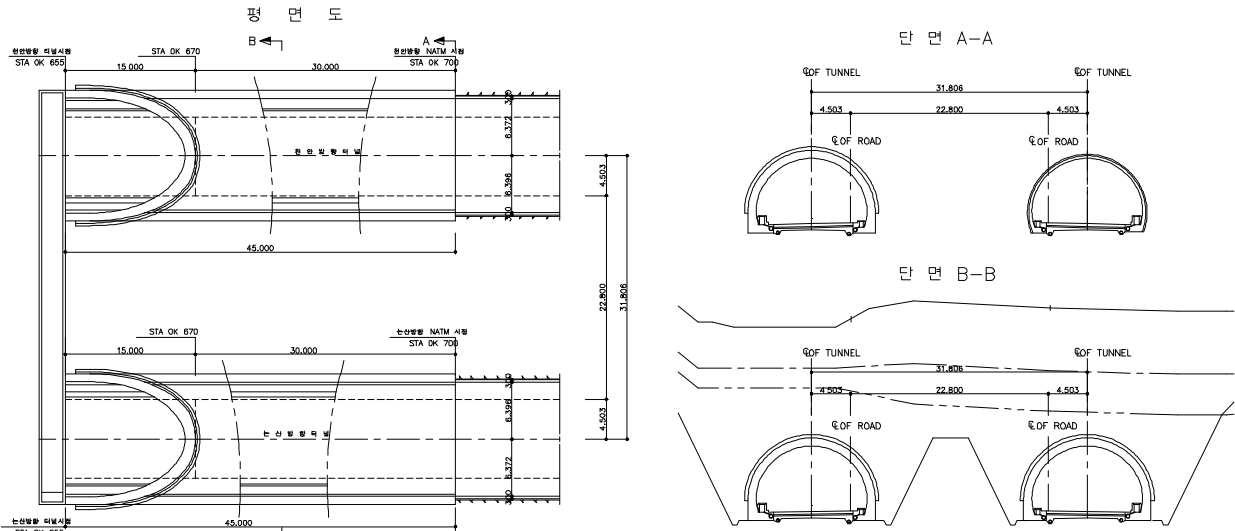
3.2.2 터널주변

가. 갭문

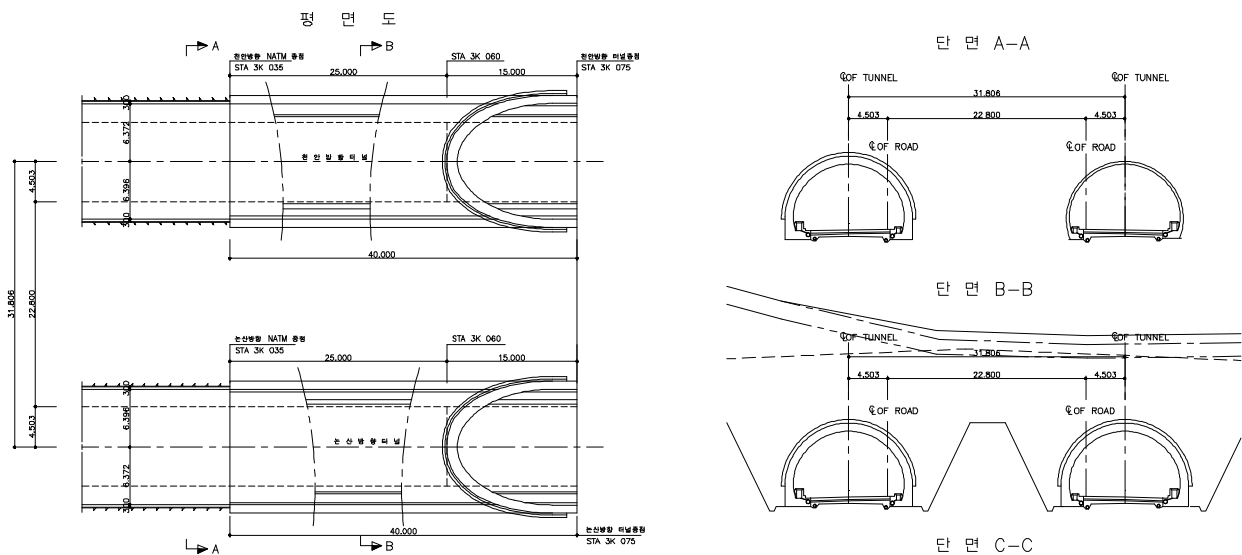
차령터널은 각 편도 2차로(총 왕복 4차로) 병렬터널로 구성되었으며, 갭구부는 원통절개형으로 시공되어 있다.



【사진 3.6】갭문 전경



【그림 3.2】 천안측 갭구부 일반도



【그림 3.3】 논산측 갭구부 일반도

1) 외관조사 결과

- 주요 손상은 시·종점부 갭문에 도장박리가 조사되었다.

【표 3.23】 갭문 외관조사 결과

구분		도장박리	
		m ² /개소	
갭문	시점	34.50	2
	종점	16.50	1
소 계		51.00	3



【사진 3.7】갯문 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 도장박리가 추가 조사되었다. 공용중 노후화에 의한 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.24】갯문 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 고	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
도장박리	- / -	3ea / 51.00㎡	↑ 51.00㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

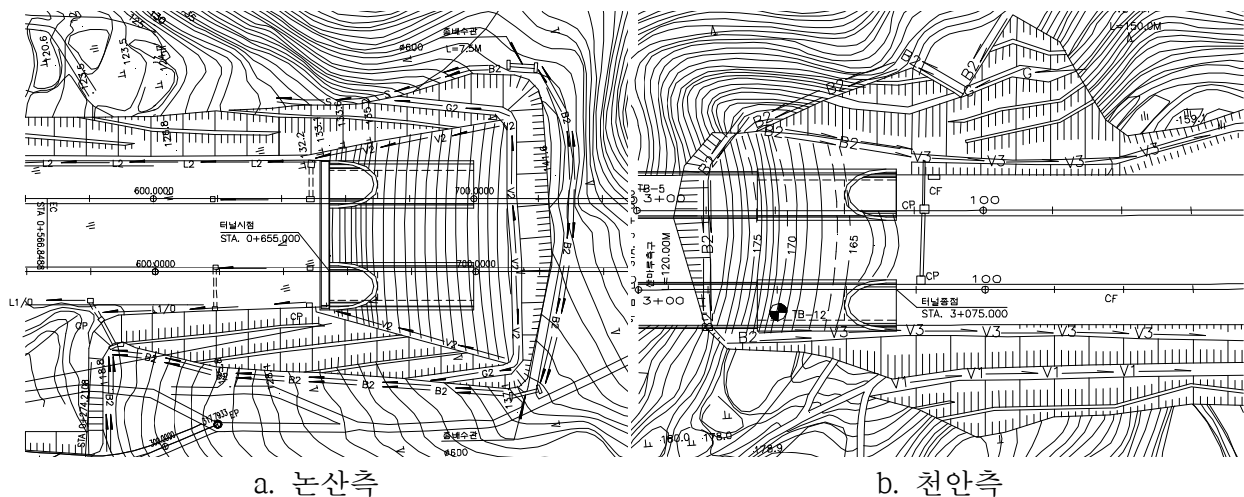
- 갯문에 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생한 손상으로 판단된다.

나. 입·출구부 사면

입·출구부 사면은 NATM구간 시·종점 주변의 절토부와 개착구간 상부의 성토부로 구성되어 있으며, 경계부에는 배수호가 위치하고 있다.



【사진 3.8】 입·출구부 사면 전경



【그림 3.4】 갱구부 사면 배수처리 계통도

1) 외관조사 결과

- 갱구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.
- 사면의 상단부 지표수 및 우수를 처리하기 위하여 콘크리트 도수로를 시공하여 배수처리를 하고 있는 상태이다. 외관조사 결과 도수로 제체의 시공상태는 양호한 것으로 조사되었고, 내부 이물질 퇴적 및 배수의 지장이 발생될 만한 상태는 아닌 것으로 관찰되어 배수시설의 상태는 전반적으로 양호한 것으로 조사되었다.

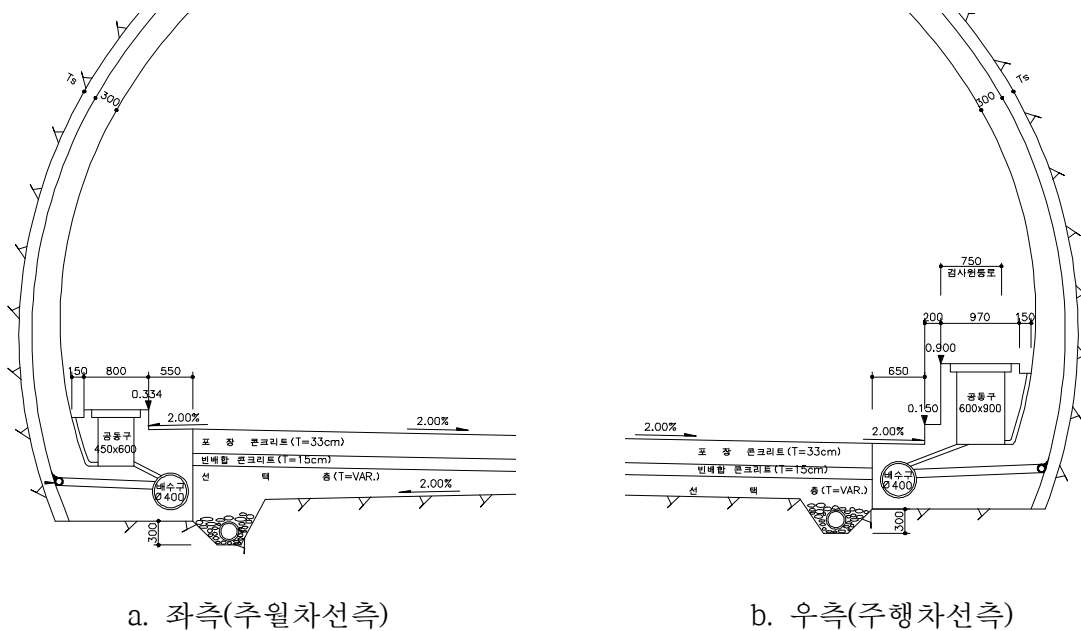
다. 배수시설 및 공동구

차령터널내 배수시설은 터널 양측 하부 배수형식으로 공동구 하단부에 배수로가 설치되어 외부로 배수하는 배수형터널이다.

공동구는 통신 및 전기 케이블 등의 보호를 위해 터널 바닥면 양측에 설치된 공간으로 일반적으로 이물질 퇴적, 침수, 파손 등의 결함이 발생될 수 있으므로 이에 해한 조사에 중점을 두었다



【사진 3.9】 배수시설 및 공동구 전경



【그림 3.5】 배수시설 및 공동구 상세도

1) 외관조사 결과

① 배수시설

- 배수시설의 주요 손상으로는 배수로 상면의 균열 및 파손이 조사되었다.

【표 3.25】 배수시설 외관조사 결과

구분	스판번호	균열		파손	
		m/개소		㎡/개소	
배수시설	S1~S5	1.00	1	0.78	4
	S6~S10	1.60	2	0.00	0
	S11~S15	2.00	2	0.00	0
	S16~S20	0.30	1	0.00	0
	S21~S25	0.80	2	0.00	0
	S26~S30	2.00	2	0.00	0
	S31~S35	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	0.60	1	0.00	0
	S41~S45	1.80	2	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	0.80	1	0.00	0
	S56~S60	1.00	1	0.00	0
	S61~S65	2.10	3	0.00	0
	S66~S70	2.00	2	0.00	0
	S71~S75	0.80	1	0.00	0
	S76~S80	0.80	1	0.00	0
	S81~S85	6.50	9	0.00	0
	S86~S90	4.70	6	0.00	0
	S91~S95	7.80	10	0.00	0
	S96~S100	8.60	11	0.00	0
	S101~S105	10.40	13	0.00	0
	S106~S110	7.70	10	0.00	0
	S111~S115	15.60	20	0.00	0
	S116~S120	15.40	20	0.00	0
	S121~S125	17.10	21	0.00	0
	S126~S130	7.30	10	0.00	0
	S131~S135	11.50	14	0.00	0
	S136~S140	10.80	12	0.00	0
	S141~S145	11.70	14	0.00	0
	S146~S150	12.40	14	0.00	0
소 계		165.10	206	0.78	4

【표 3.26】 배수시설 외관조사 결과

구분	스판번호	균열		파손	
		m/개소		㎡/개소	
배수시설	S151~S155	13.30	15	0.00	0
	S156~S160	17.60	21	0.00	0
	S161~S165	10.20	13	0.00	0
	S166~S170	56.00	22	0.00	0
	S171~S175	15.00	18	0.00	0
	S176~S180	18.40	20	0.00	0
	S181~S185	17.20	19	0.00	0
	S186~S190	17.40	20	0.00	0
	S191~S195	15.70	17	0.00	0
	S196~S200	9.40	13	0.00	0
	S201~S205	9.70	13	0.00	0
	S206~S210	12.40	15	0.48	2
	S211~S215	20.30	24	0.00	0
	S216~S220	15.90	18	0.00	0
	S221~S225	13.00	16	0.00	0
	S226~S230	15.00	17	0.00	0
	S231~S235	16.00	18	0.00	0
	S236~S240	10.70	14	0.00	0
	S241~S245	16.60	21	0.00	0
	S246~S250	15.60	17	0.00	0
	S251~S255	9.80	13	0.00	0
	S256~S260	15.00	15	0.00	0
	S261~S265	16.60	19	0.00	0
	S266~S268	6.70	8	0.00	0
소 계		383.50	406	0.48	2
합 계		548.60	612	1.26	6



【사진 3.10】 배수시설 손상현황

② 공동구

- 공동구의 주요 손상으로는 균열, 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식, 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손, 타일균열, 타일탈락, 타일파손이 조사되었다.

【표 3.27】공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	균열				재료분리		박리		박락	
		0.2mm이하		0.3mm이상							
		m/개소		m/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
공동구	S1~S5	0.00	0	1.00	1	0.00	0	0.00	0	1.00	1
	S6~S10	0.60	1	1.10	2	0.00	0	0.00	0	3.60	1
	S11~S15	1.60	2	1.00	1	0.00	0	0.00	0	2.80	2
	S16~S20	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.90	2
	S21~S25	2.50	4	0.40	1	0.00	0	0.04	1	3.40	4
	S26~S30	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	2.80	4
	S31~S35	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	1.60	2
	S36~S40	0.50	1	0.30	1	0.00	0	0.60	1	0.00	0
	S41~S45	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.16	1
	S51~S55	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S61~S65	0.00	0	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	0.80	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S71~S75	0.00	0	0.60	2	0.24	1	0.00	0	0.00	0
	S76~S80	0.00	0	0.80	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S81~S85	2.40	3	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S86~S90	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S91~S95	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S96~S100	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S101~S105	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S106~S110	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	0.30	1	0.80	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S116~S120	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S121~S125	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	1.40	2	3.80	4	0.00	0	0.00	0	0.03	1
	S131~S135	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S136~S140	0.60	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	0.00	0	0.00	0	0.26	1	0.00	0	0.00	0
	S146~S150	0.00	0	0.00	0	0.10	1	0.00	0	0.00	0
소 계		11.80	20	11.60	18	0.60	3	0.64	2	17.29	18

【표 3.28】 공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	균열				재료분리		박리		박락	
		0.2mm이하		0.3mm이상							
		m/개소		m/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
공동구	S151~S155	0.30	1	0.40	1	0.20	1	0.00	0	0.00	0
	S156~S160	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S161~S165	0.30	1	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S166~S170	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	0.00	0	0.60	2	1.20	1	0.00	0	0.00	0
	S181~S185	1.00	1	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S186~S190	0.00	0	0.00	0	1.44	2	0.00	0	0.00	0
	S191~S195	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	0.00	0	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S206~S210	0.00	0	2.80	6	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.00	0	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S216~S220	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S226~S230	0.00	0	0.90	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.00	0	0.80	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S236~S240	0.30	1	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S241~S245	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S246~S250	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	0.00	0	0.80	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S256~S260	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S261~S265	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		2.80	7	8.40	19	2.84	4	0.00	0	0.00	0
합 계		14.60	27	20.00	37	3.44	7	0.64	2	17.29	18

【표 3.29】 공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	파손		철근노출		철근부식		덮개재료분리		덮개박리	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
공동구	S1~S5	0.52	2	0.00	0	0.20	1	0.40	1	25.40	2
	S6~S10	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S11~S15	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		0.52	2	0.00	0	0.20	1	0.40	1	25.40	2

【표 3.30】공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	파손		철근노출		철근부식		덮개재료분리		덮개박리	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
공동구	S21~S25	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S26~S30	0.10	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	3.23	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	3.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	0.90	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S56~S60	0.33	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S61~S65	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S71~S75	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S76~S80	1.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S81~S85	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S86~S90	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S91~S95	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S96~S100	1.20	2	0.05	2	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S101~S105	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S106~S110	0.00	0	0.02	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	1.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S116~S120	0.90	2	0.00	0	0.30	1	0.00	0	0.00	0
	S121~S125	1.28	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	0.10	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S136~S140	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	0.13	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S146~S150	0.30	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S151~S155	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S156~S160	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S161~S165	0.46	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S166~S170	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	0.06	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S181~S185	0.10	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S186~S190	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S191~S195	0.64	7	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		17.03	43	0.07	3	0.30	1	0.00	0	0.01	1

【표 3.31】 공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	파손		철근노출		철근부식		덮개재료분리		덮개박리	
		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소		㎡/개소	
공동구	S201~S205	0.02	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S206~S210	0.12	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S216~S220	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S226~S230	0.20	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.21	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S236~S240	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S241~S245	0.03	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S246~S250	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S256~S260	0.40	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S261~S265	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.10	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		1.08	10	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
합 계		18.63	55	0.07	3	0.50	2	0.40	1	25.41	3

【표 3.32】 공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	덮개 파손		타일균열		타일탈락		타일파손	
		㎡/개소		m/개소		ea/개소		㎡/개소	
공동구	S1~S5	0.48	24	5.00	5	10.00	10	0.00	0
	S6~S10	7.37	50	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S11~S15	1.97	19	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	0.45	3	0.00	0	1.00	1	0.01	1
	S21~S25	0.92	8	1.20	2	0.00	0	0.00	0
	S26~S30	0.16	2	2.40	2	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	0.02	1	1.00	1	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	0.00	0	2.50	3	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	0.01	1	3.00	3	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	0.04	1	3.00	3	0.00	0	0.10	1
	S56~S60	0.00	0	2.20	3	0.00	0	0.00	0
	S61~S65	0.00	0	1.40	2	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	0.07	2	5.80	5	0.00	0	0.00	0
	S71~S75	0.00	0	0.40	1	0.00	0	0.27	1
	S76~S80	0.04	1	1.40	2	0.00	0	0.00	0
	S81~S85	0.05	2	3.00	3	0.00	0	0.00	0
	S86~S90	0.01	1	1.90	3	0.00	0	0.00	0
소 계		11.59	115	34.20	38	11.00	11	0.38	3

【표 3.33】공동구 외관조사 결과

구분	스판번호	덮개 파손		타일균열		타일탈락		타일파손	
		m/개소		m/개소		ea/개소		㎡/개소	
공동구	S91~S95	0.00	0	7.50	10	0.00	0	0.00	0
	S96~S100	0.00	0	4.80	5	0.00	0	0.00	0
	S101~S105	0.02	2	5.00	5	0.00	0	0.00	0
	S106~S110	0.00	0	6.50	7	0.00	0	0.00	0
	S111~S115	0.00	0	3.50	5	0.00	0	0.00	0
	S116~S120	0.00	0	6.50	8	0.00	0	0.00	0
	S121~S125	0.00	0	5.80	6	0.00	0	10.00	1
	S126~S130	0.00	0	6.60	7	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	0.04	1	1.80	2	0.00	0	0.00	0
	S136~S140	0.02	1	2.00	2	0.00	0	0.00	0
	S141~S145	0.04	3	6.50	8	0.00	0	0.12	1
	S146~S150	0.01	1	3.50	4	0.00	0	0.00	0
	S151~S155	0.00	0	3.20	3	0.00	0	0.00	0
	S156~S160	0.00	0	0.80	1	0.00	0	0.00	0
	S161~S165	0.00	0	3.20	4	0.00	0	0.18	1
	S166~S170	0.00	0	2.00	2	0.00	0	0.00	0
	S171~S175	0.02	1	2.00	2	0.00	0	0.00	0
	S176~S180	0.00	0	4.20	5	0.00	0	0.00	0
	S181~S185	0.00	0	2.60	3	0.00	0	0.00	0
	S186~S190	0.00	0	3.50	4	0.00	0	0.00	0
	S191~S195	0.00	0	2.20	4	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	0.00	0	2.20	2	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	0.04	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S206~S210	0.01	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.19	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S216~S220	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.08	2	0.60	2	0.00	0	0.13	13
	S226~S230	0.15	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.04	1	0.00	0	0.00	0	0.02	1
	S236~S240	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S241~S245	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S246~S250	0.00	0	3.20	4	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	0.00	0	5.20	9	0.00	0	0.01	1
	S256~S260	0.00	0	0.50	1	0.00	0	0.00	0
	S261~S265	0.04	1	0.40	1	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.03	2	1.40	2	0.00	0	0.01	1
소 계		0.73	20	97.20	118	0.00	0	10.48	20
합 계		12.32	135	131.4	1566	11.00	11	10.86	23

	
공동구 S4 파손	공동구 S98 덮개 철근노출
	
공동구 S2 덮개 박리	공동구 S8 덮개 파손
	
공동구 S134 타일 균열	공동구 S1 타일 탈락

【사진 3.11】 공동구 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 배수시설 상면의 균열 및 파손이 추가 조사되었다. 공용중 중차량 통행에 의한 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다. 공동구 균열 및 박락, 덮개파손, 타일 균열이 추가 조사되었다. 균열 및 타일 균열은 누락으로 판단되며 공동구 박락, 덮개파손 등은 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생한 손상으로 판단된다.

【표 3.34】 배수시설 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열	561ea / 500.10m	612ea / 548.60m	↑ 48.50m	신규손상
파손	5ea / 1.17㎡	6ea / 1.26㎡	↑ 0.09㎡	신규손상

【표 3.35】 공동구 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
균열 (폭 0.3mm미만)	26ea / 14.10m	27ea / 14.60m	↑ 0.50m	신규손상
균열 (폭 0.3mm이상)	27ea / 12.80m	37ea / 20.00m	↑ 7.20m	신규손상
재료분리	7ea / 3.44㎡	7ea / 3.44㎡	- -	변동없음
박리	2ea / 0.64㎡	2ea / 0.64㎡	- -	변동없음
박락	6ea / 7.43㎡	18ea / 17.29㎡	↑ 9.86㎡	변동없음
철근노출	3ea / 0.07㎡	3ea / 0.07㎡	- -	변동없음
철근부식	2ea / 0.50㎡	2ea / 0.50㎡	- -	변동없음
덮개재료분리	1ea / 0.40㎡	1ea / 0.40㎡	- -	변동없음
덮개박리	3ea / 25.41㎡	3ea / 25.41㎡	- -	변동없음
덮개파손	97ea / 7.41㎡	135ea / 12.32㎡	↑ 4.91㎡	변동없음
타일균열	151ea / 126.20m	156ea / 131.40m	↑ 5.20m	신규손상
타일탈락	11ea / 11ea	11ea / 11ea	- -	변동없음
타일파손	23ea / 10.86㎡	23ea / 10.86㎡	- -	변동없음

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

- 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생한 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.
- 공동구의 주요 손상으로는 균열, 박리, 박락, 파손, 재료분리, 철근노출, 철근부식, 덮개 박리, 덮개 재료분리, 덮개 파손, 타일균열, 타일탈락, 타일파손이 조사되었다.
- 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2mm이하의 횡방향 균열이 다수 발생한 상태이다. 균열 폭 0.2mm이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세 균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.
- 공동구 측벽에 발생한 박리, 박락, 덮개파손은 추가 조사되었으며 공용기간 증대에 의한 노후화로 인하여 발생한 것으로 판단된다.

3.2.3 부대시설

가. 포장

차령터널의 포장은 콘크리트 포장으로 두께는 $t=330\text{mm}$ 로 시공되어 있다. 표면은 횡방향 타이닝 처리가 되어 있는 것으로 조사되었으며 편도 2차로이다.



【사진 3.12】 포장 전경

1) 외관조사 결과

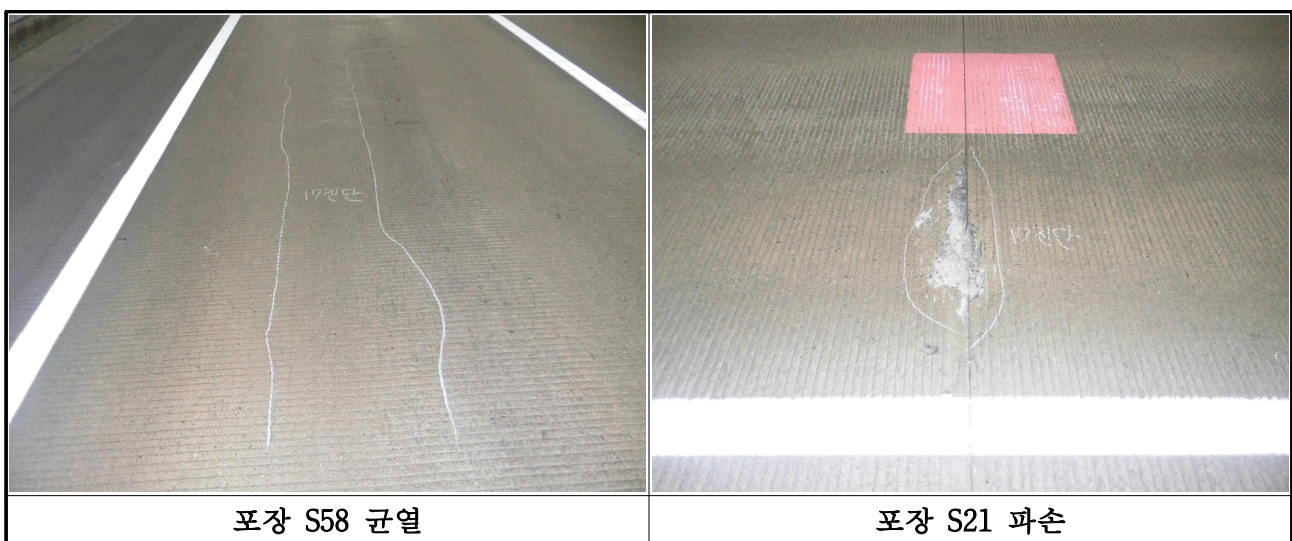
- 주요 손상은 종방향 균열, 굽힘, 박리, 파손이 조사되었다.

【표 3.36】 포장 외관조사 결과

구분	스판번호	포장균열		포장굽힘		포장박리		포장파손	
		m/개소		m/개소		㎡/개소		㎡/개소	
포장	S1~S5	1.50	1	0.00	0	0.00	0	0.02	1
	S6~S10	5.00	1	0.00	0	0.00	0	0.05	2
	S11~S15	8.50	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S16~S20	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.15	1
	S21~S25	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.11	2
	S26~S30	12.50	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S31~S35	14.00	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S36~S40	11.00	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S41~S45	10.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S46~S50	5.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S51~S55	3.00	1	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S56~S60	12.00	2	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S61~S65	11.00	3	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S66~S70	25.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S71~S75	16.50	3	0.00	0	0.00	0	0.39	3
	S76~S80	14.00	4	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S81~S85	26.00	6	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S86~S90	30.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S91~S95	24.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S96~S100	24.00	4	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S101~S105	31.00	7	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S106~S110	23.00	3	0.00	0	4.00	1	0.00	0
	S111~S115	32.00	4	0.00	0	0.00	0	0.04	1
	S116~S120	30.00	4	0.01	1	0.00	0	0.04	1
	S121~S125	45.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S126~S130	45.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S131~S135	9.00	1	0.00	0	1.80	1	0.00	0
	S136~S140	45.00	5	0.00	0	1.38	3	0.00	0
	S141~S145	45.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S146~S150	9.00	1	0.00	0	0.25	1	0.00	0
	S151~S155	9.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S156~S160	9.00	1	0.00	0	0.90	1	0.22	4
소 계		585.00	99	0.01	1	8.33	7	1.06	19

【표 3.37】 포장 외관조사 결과

구분	스판번호	포장균열		포장극힘		포장박리		포장파손	
		m/개소		m/개소		㎡/개소		㎡/개소	
포장	S161~S165	9.00	1	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S166~S170	5.00	1	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S171~S175	11.00	2	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S176~S180	27.00	3	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S181~S185	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.04	1
	S186~S190	8.00	2	0.00	0	0.00	0	0.07	2
	S191~S195	12.00	2	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S196~S200	45.00	5	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S201~S205	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S206~S210	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S211~S215	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S216~S220	0.00	0	0.05	5	0.00	0	0.00	0
	S221~S225	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S226~S230	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S231~S235	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.32	3
	S236~S240	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S241~S245	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.01	1
	S246~S250	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S251~S255	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.05	2
	S256~S260	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.06	2
	S261~S265	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
	S266~S268	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0
소 계		117.00	16	0.05	5	0.00	0	0.58	14
합 계		702.00	115	0.06	6	8.33	7	1.64	33



【사진 3.13】 갭문 손상현황

2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 포장 균열, 굽힘, 박리, 파손장이 추가 조사되었다. 공용중 중차량 통행 및 충격에 의한 손상으로 확인되었으며 구조적인 영향에 의해 발생한 손상은 아닌 것으로 판단된다.

【표 3.38】포장 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
포장균열	24ea / 130.50m	115ea / 702.00m	↑ 571.50㎡	신규손상
포장굽힘	1ea / 0.01㎡	6ea / 0.06㎡	↑ 0.05㎡	신규손상
포장박리	6ea / 8.08㎡	7ea / 8.33㎡	↑ 0.25㎡	신규손상
포장파손	31ea / 1.53㎡	33ea / 1.64㎡	↑ 0.11㎡	신규손상

3) 주요손상 발생원인 분석 및 검토의견

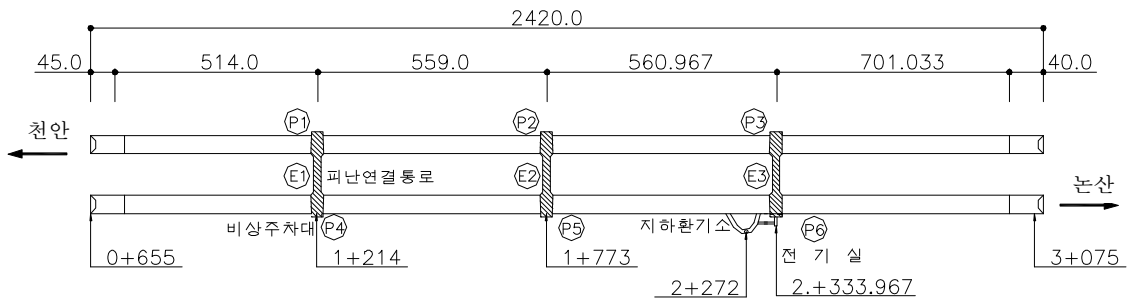
- 포장에 발생한 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 윤회중에 의한 반복하중에 의해 발생된 것으로 판단된다.
- 포장굽힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생된 것으로 조사되었다.
- 손상 물량은 소폭의 변동이 있으며, 대체로 전차 조사 상태에서 현저한 손상의 진전은 없는 것으로 판단된다.
- 조사된 손상은 전반적으로 규모가 크거나, 심화되어 주행에 영향을 미칠만한 특정 부위는 없는 상태로 판단되어 현 상태로 유지관리하도록 제안하였다.

나. 피난연락갱

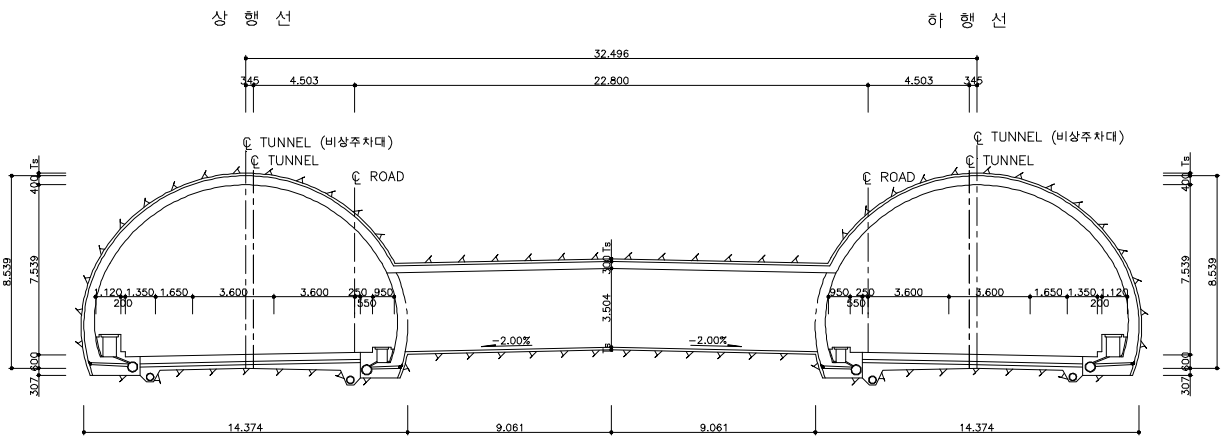
차령터널의 피난연락갱은 총 3개소가 설치되어 있으며 전단면에 걸쳐 타일마감재가 시공되어 있는 것으로 조사되었다.

【표 3.39】피난연락갱 현황

구분	본선 연결 SPAN No.	준공도면 위치	비고
피난연락갱 E1	S82	Sta. 1+214	
피난연락갱 E2	S145	Sta. 1+773	
피난연락갱 E3	S207	Sta. 2+334	



a. 피난연락갱 위치도



b. 피난연락갱 횡단면도

【그림 3.6】 피난연락갱 일반도



【사진 3.14】 피난연락갱 전경

1) 외관조사 결과

- 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.

【표 3.40】 피난연락갱 외관조사 결과

구분	스판번호	천단부 박락	
		m ² /개소	
피난연락갱	E1	0.01	1
	E2	0.00	0
	E3	0.00	0
소 계		0.01	1

2) 기 진단결과와의 비교·분석

전차 점검 외관조사 상태와 비교한 결과, 손상의 진전은 없는 것으로 분석되었다.

【표 3.41】 피난연락갱 기 점검 결과 비교

손상내용	손상물량		손상물량 비 교	비 고
	2017년 12월 정기점검 (개소/물량)	2018년 정밀안전진단 (개소/물량)		
천단부 박락	1ea / 0.01m ²	1ea / 0.01m ²	- -	변동없음

다. 환기시설

차령터널의 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.



【사진 3.15】 피난연락갱 전경

3.2.4 부속시설

차령터널의 부속시설은 조명시설, 소화시설, 비상전화시설, CCTV, 비상방송설치, LED 표지판 등이 설치되어 있다.



【사진 3.16】 부속시설 전경

	
비상전화 전경	터널 진입 차단시설 전경
	
터널 진입 LED 표지판 전경	차량 유도등 설치 전경

【사진 3.17】 부속시설 전경

1) 외관조사 결과

- 소화기 및 소화전 등의 소방방재시설은 갓길측 점검자 통로 측벽에 설치되어 있으며 각 지점별로 설치상태 및 보유상태는 걱정한 것으로 조사되었다.
- 천단부 양측에 조명시설이 설치되어 있으며 입구부에 차량통제표지판과 차량 진입 차단시설의 설치상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3.3 콘크리트 내구성조사

3.3.1 개 요

가. 개 요

콘크리트 내구성조사는 구조물에 열화손상이 이미 현저하게 진행되었을 경우 열화의 정도 및 그 원인 관계를 조사하고 보수·보강 여부를 판정하며, 아직 열화손상이 없거나 경미한 구조물은 내구성조사에 의해서 향후 열화 경향을 예측하고 예방보전을 검토하기 위한 자료를 수집하는 것을 목적으로 한다.

본 과업의 내구성조사는 『안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2017. 01, 국토해양부/한국시설안전공단)』에 근거하여 시험방법, 시험빈도 및 평가방법 등을 실시하였다.

나. 조사 현황 및 위치

1) 조사 현황

본 과업에서 콘크리트 내구성조사를 위해 콘크리트 강도시험(반발경도시험, 초음파전달속도시험), 철근탐사시험, 탄산화깊이 측정, 염화물함유량시험, 균열깊이 조사 등을 실시하였으며, 각 부재별 콘크리트 비파괴시험 현황은 다음과 같다.

【표 3.42】 콘크리트 비파괴시험 현황

항 목	기준수량	수 량(개소)		비 고
	터널	기준	실시	
반발경도 시 험	• 총수량 = (총연장÷200m)×2개소	25	25	동일부위 시험
초음파 전달속도시험	• 총수량 = (총연장÷200m)×2개소	25	25	
철근탐사 시 험	• 총연장 1,000m 미만 = 4개소 • 총연장 1,000m 이상 = 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가	7	7	
탄산화 깊이 측정	<상동>	7	7	
염화물 함유량시험	<상동>	7	7	
균열깊이 조 사	• 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정	-	3	C _w =0.3mm이상 균열

2) 내구성조사 위치 선정사유

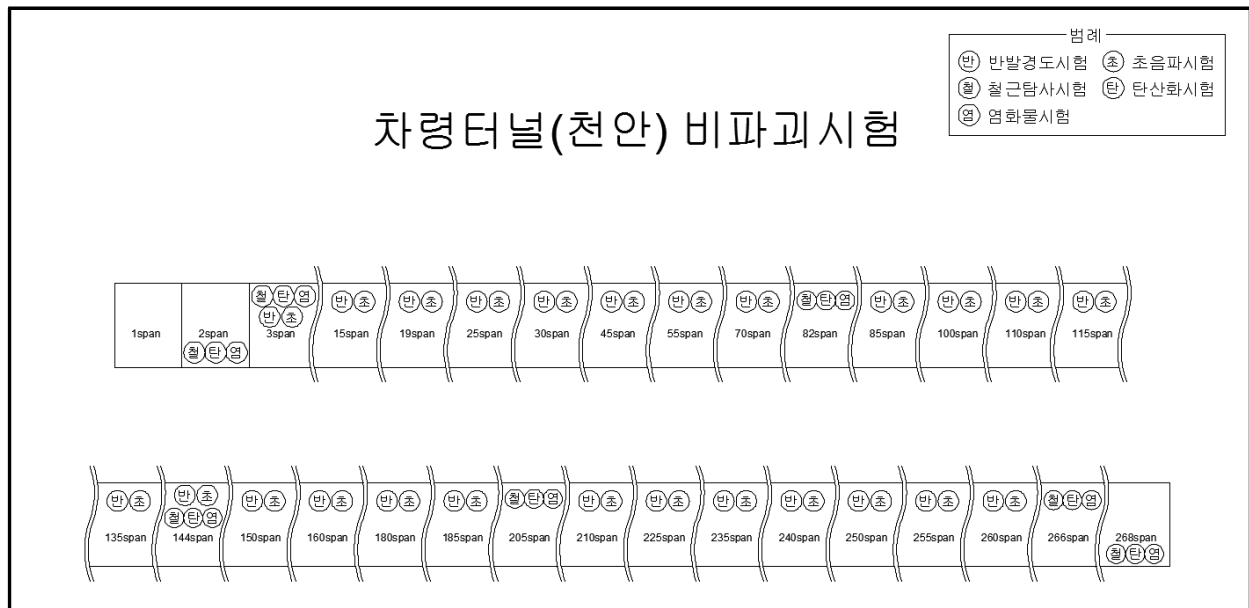
외관조사 결과에 따라 내구성의 상태 비교를 위하여 손상이 발생한 손상부와 손상이 발생하지 않은 건전부에 각각 시험을 실시하였으며, 그에 따라 라이닝 콘크리트의 천단부와 측벽부에 실시하였다.

3) 조사 사진



【사진 3.18】 콘크리트 내구성조사 전경

4) 콘크리트 내구성조사 위치도



【그림 3.7】 콘크리트 내구성조사 위치도

3.3.2 시험내용 및 평가기준

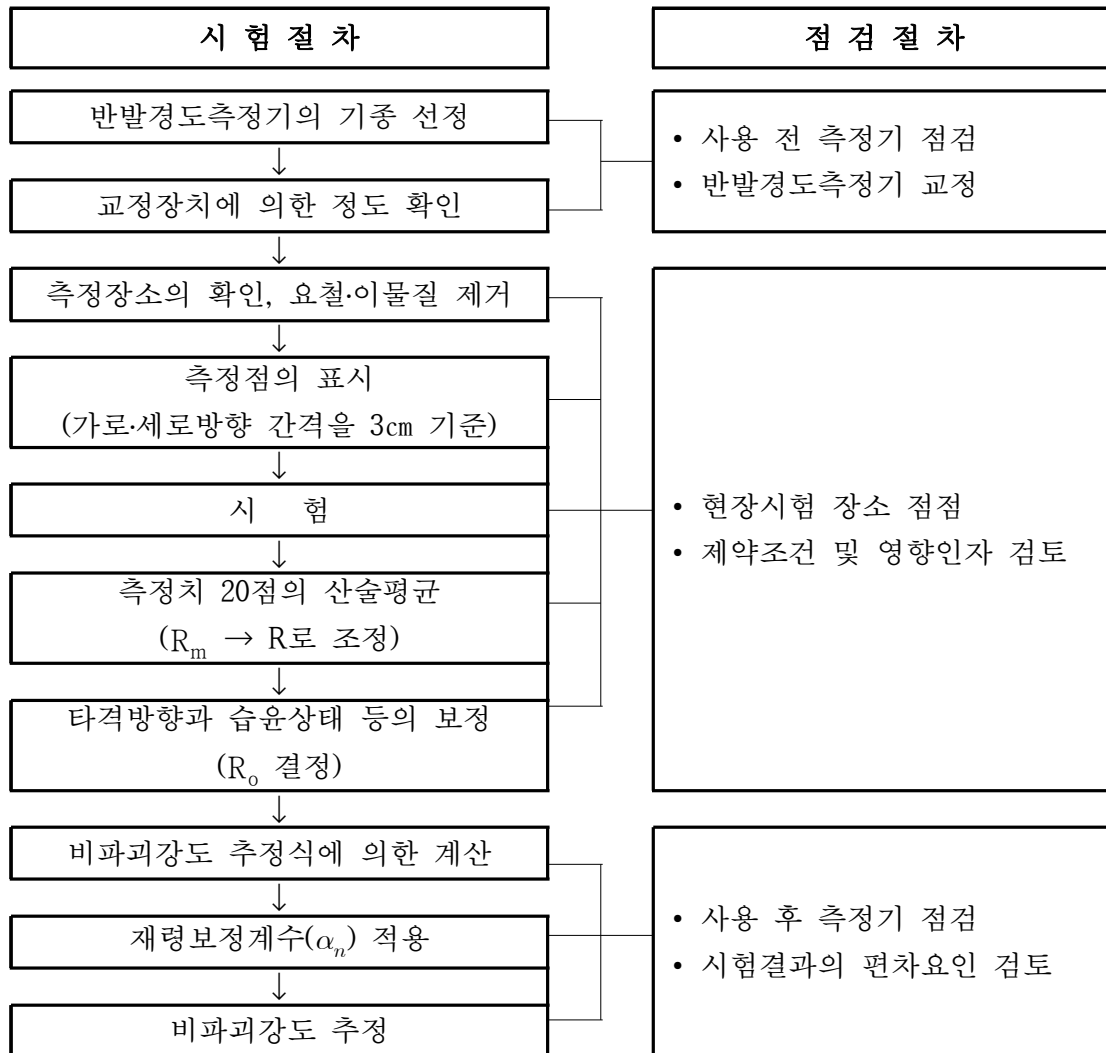
가. 콘크리트 강도시험

1) 반발경도시험

콘크리트의 표면 경도를 측정하여, 이 측정치로부터 콘크리트의 압축강도를 비파괴로 추

정하는 검사방법이다. 반발경도를 구하는 방법으로는 슈미트 해머(Schmidt Hammer)법이 가장 널리 사용된다. 슈미트 해머로 경화된 콘크리트 표면을 타격시, 반발경도(R)와 콘크리트의 압축강도(F_c)와의 사이에 특정 상관관계가 있다는 실험적 경험을 기초로 한다.

① 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차



【그림 3.8】 반발경도시험 및 측정기 점검 등의 절차

외관조사 결과에 의해 결정된 측정개소에 대해서 타격점 상호간의 간격은 3cm를 표준으로 종으로 5열, 횡으로 4열의 선을 그어 직교되는 20점을 타격하여 반발경도 값의 산술평균값(R_m)을 구한다. 산술평균값(R_m)에 대해서는 릴렘(RILEM) 규정에 따라 각 반발경도의 값이 $R_m \pm 20\%$ 의 범위를 벗어나는 값들은 제외시키고 나머지 값들을 다시 산술평균하여 반발경도 R을 결정한다.

② 보정반발경도(R_o)

【표 3.43】 보정반발경도(R_o)

◆ 보정반발경도 : $R_o = R + \Delta R_1 + \Delta R_2$

여기서, R : 반발경도

ΔR_1 : 타격방향에 따른 보정값

ΔR_2 : 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값

㉠ 타격방향에 따른 보정값(ΔR_1)

- 수평방향의 타격에 의한 측정치가 안정된 값을 나타내지만 타격방향이 다른 경우에는 반발치를 보정해 주어야 함

⇒ 하향 타격(-90°)의 경우 : (+)값으로 보정
상향 타격($+90^\circ$)의 경우 : (-)값으로 보정

α R	보 정 값			
	$+90^\circ$	$+45^\circ$	-45°	-90°
10	-	-	+2.4	+3.2
20	-5.4	-3.5	+2.5	+3.4
30	-4.7	-3.1	+2.3	+3.1
40	-3.9	-2.6	+2.0	+2.7
50	-3.1	-2.1	+1.5	+2.2
60	-2.2	-1.6	+1.3	+1.7

㉡ 콘크리트의 습윤상태에 따른 보정값(ΔR_2)

- 콘크리트는 함수율이 증가함에 따라 반발경도가 저하됨

⇒ 측정위치가 습하고 타격의 흔적이 보이는 경우 : $\Delta R_2 = +3$ 으로 보정

측정위치가 완전히 젖어 있는 경우 : $\Delta R_2 = +5$ 로 보정

③ 압축강도의 추정

보정반발경도(R_o)로부터 압축강도(F_c)의 상관관계를 도출한 제안식들은 다음과 같으며, 제안식의 적용은 시험방법 및 조건에 맞는 제안식을 선정하는 것이 중요하다.

【표 3.44】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(반발경도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본재료학회	$F_c = -18.0 + 1.27R_o$	금회 적용(식①)
동경 건축재료 검사소	$F_c = (10R_o - 110) \times 0.098$	-
일본건축학회	$F_c = (7.3R_o + 100) \times 0.098$	금회 적용(식②)
U.S Army	$F_c = (-120.6 + 8.0R_o + 0.0932R_o^2) \times 0.098$	-

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단)

④ 28일 강도의 추정

시일이 경과할수록 콘크리트 구조물은 표면경도가 높아지므로 아래 식과 같이 재령 28일 강도(F_{28}')로 환산하여 압축강도를 추정한다. 콘크리트의 재령에 따른 압축강도 보정계수 α 는 아래 표와 같으며, 3,000일 이상의 재령에 대해서는 0.63을 적용한다.

$$F_{28}' = \alpha \cdot F_c$$

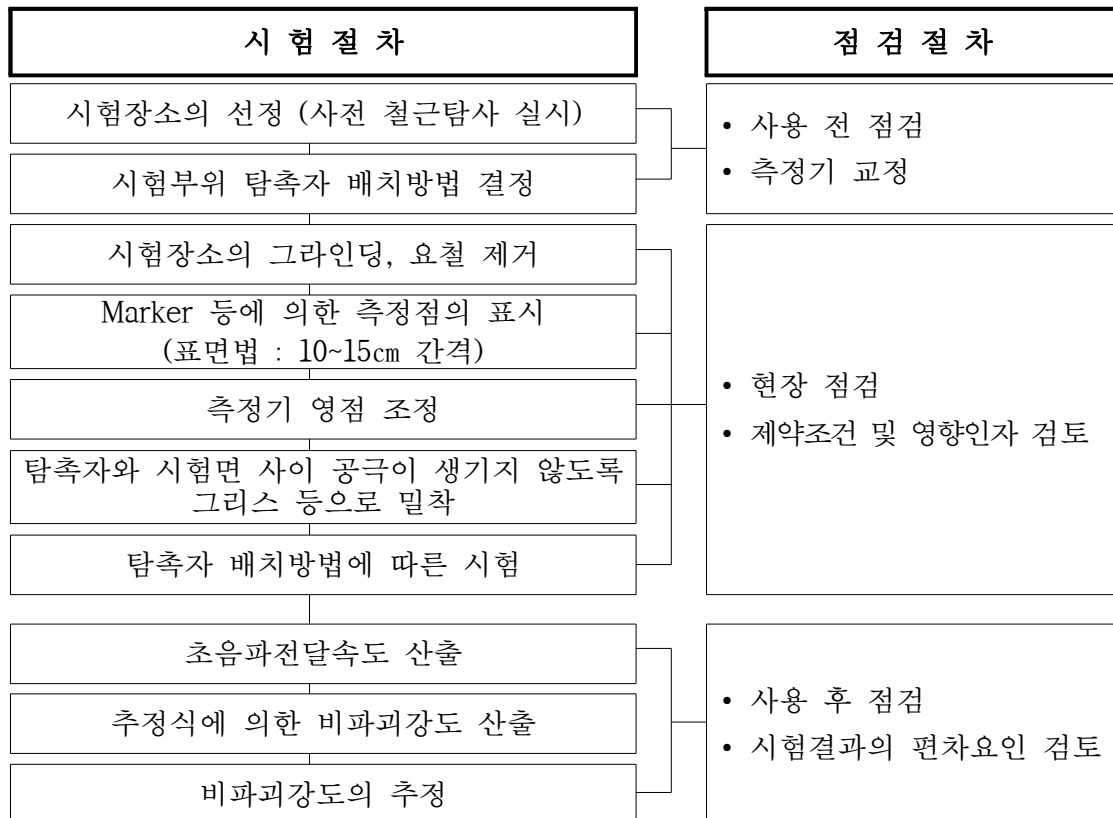
【표 3.45】재령계수 α 값

재령(일)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

2) 초음파전달속도시험

초음파의 투과속도가 콘크리트의 밀도 및 탄성계수에 따라서 변화하는 것을 이용하며, 이 투과속도로부터 콘크리트의 동적 특성, 강도, 균열상태 등을 추정하는 방법이다. 그러나, 강도 추정의 정확도는 높지 않으며, 일반적으로 콘크리트의 강도 및 품질 비교 또는 균열깊이를 판정하는 수단으로서 이 방법을 사용하고 있다.

① 초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차



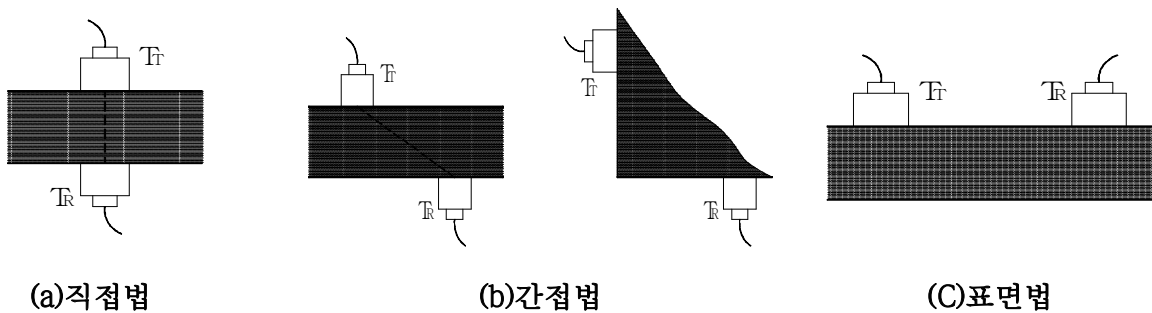
【그림 3.9】초음파전달속도시험 및 측정기 점검 등의 절차

② 초음파전달속도시험에 의한 전달속도 분석

초음파전달속도를 결정하기 위해서는 재료에서 초음파가 전달되는 거리를 미리 측정하고 장비상에 나타난 초음파 전달시간을 측정한 후 아래 식에 의해서 구한다.

$$\text{전달속도(Velocity)} = \frac{\text{전달길이(Path Length)}}{\text{전달시간(Transit Time)}}$$

초음파전달속도시험을 위한 탐촉자의 배치방법으로는 직접법, 간접법 및 표면법이 있다.



【그림 3.10】 초음파전달속도시험을 위한 탐촉자 배치방법

표면법과 직접법에서 구한 초음파전달속도는 근사적으로 아래 식과 같은 관계가 있다.

$$V_d \approx 1.05 V_i$$

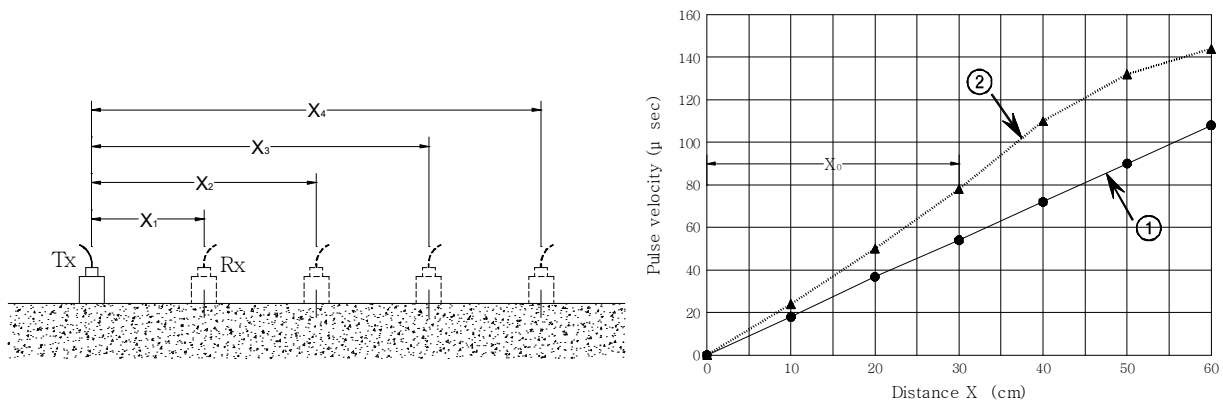
여기서, V_d : 직접법에 의한 초음파 속도

V_i : 표면법에 의한 초음파 속도

직접법과 표면법의 초음파전달속도는 재료의 종류, 배합, 함수율 등 여러 가지 원인으로 변동을 나타내고 있으며, 보편적으로 현장 콘크리트의 초음파전달속도 관계는 $V_d \approx 1.05 \sim 1.15 V_i$ 의 사이에 있다고 경험적으로 보고되고 있다.

보다 정확한 직접법과 표면법의 초음파전달속도의 관계를 파악하기 위해서는 표면법을 수행한 동일 조건의 구조물이나, 동일한 부위에서 채취한 코어의 종파(직접법) 속도를 측정하여 상관관계에 의해 환산하여 이용하는 방법이 바람직하다.

표면법은 등간격(100~150mm)으로 5점 이상의 측점을 정하고 초음파의 전달거리(X_i)에 따른 전달시간(T_i)을 측정하고, 최소자승법에 의해서 회귀직선식을 구하여 그 기울기를 전달속도(V_i)로 한다.



【그림 3.11】 표면법에 의한 초음파전달속도의 측정

회귀직선의 적정성 여부를 판단하기 위해서 회귀직선의 유의성(有意性)검정에 사용되는 결정계수(Coefficient of determination)를 다음 식에 의해서 계산한다.

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} = \frac{(\sum (X_i - \bar{X})(T_i - \bar{T}))^2}{\sum (X_i - \bar{X})^2 \sum (T_i - \bar{T})^2}$$

여기서, $\bar{X}$, $\bar{T}$ 는 거리 및 전달시간의 평균값

③ 비파괴강도의 추정

본 과업에서는 r^2 값이 99% 이상이 되는 회귀직선식만을 사용하여 전달속도 V_i 를 계산하였다. 전달속도에 따른 콘크리트 압축강도의 추정을 위하여 초음파전달속도와 압축강도의 상관관계를 도출한 다음 식을 사용하였다.

【표 3.46】 기존의 비파괴강도 추정 제안식(초음파전달속도시험)

구 분	추 정 식(MPa)	비 고
일본건축학회	$F_c = (215 V_d - 620) \times 0.098$	금회 적용(식④)
일본토목학회	$F_c = (102 V_d - 117) \times 0.098$	금회 적용(식③)
한전기술연구원	$F_c = (339.1 V_d - 1107) \times 0.098$	-
谷川의 제안식	$F_c = (172.5 V_d - 499.6) \times 0.098$	-

※ V_d : 직접법에 의한 초음파전달속도(km/s)

※ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12, 국토해양부/한국시설안전공단) 참조

※ 콘크리트 및 강재 비파괴시험 매뉴얼(2006. 12, 한국시설안전기술공단) 참조

나. 철근탐사시험

1) 개 요

본 시험은 전자파레이더를 이용한 철근탐사 시험기(RC Radar)를 활용하여 철근콘크리트 구조물에 배근된 철근간격, 콘크리트 피복을 측정하기 위해 실시한다.

철근콘크리트 구조물의 부재 내부에 배근되어 있는 철근의 피복두께가 지나치게 작은 경우에는 콘크리트의 탄산화 등에 따른 열화손상에 대한 저항성이 저하되어 내구성이 감소할 가능성이 있으며, 피복두께가 지나치게 큰 경우에는 강도감소 등을 수반할 우려가 있으므로 철근탐사는 설계 당시와 같이 콘크리트 내에 배근되어 있는 철근의 배근상태 및 피복두께를 파악하기 위하여 실시한다.

2) 측정원리

전자파레이더의 원리는 현재 널리 사용되고 있는 레이더와 동일하다. 즉, 콘크리트용 전자파레이더는 임펄스 상의 전자파를 송신안테나로부터 콘크리트 내로 방사하면 그 전자파가 콘크리트와 전기적 성질(비유전율, 도전율)이 다른 물체(철근, 매설관, 공동 등)와의 경계에서 반사한다. 이를 수신안테나로 수신하고, 그에 소요되는 왕복전파시간으로부터 반사물체까지의 거리를 계산하면 그 위치를 구할 수 있다. 원리를 아래 【그림 3.12】에 나타내었고, 콘크리트 중의 전자파 속도는 다음 식과 같다.

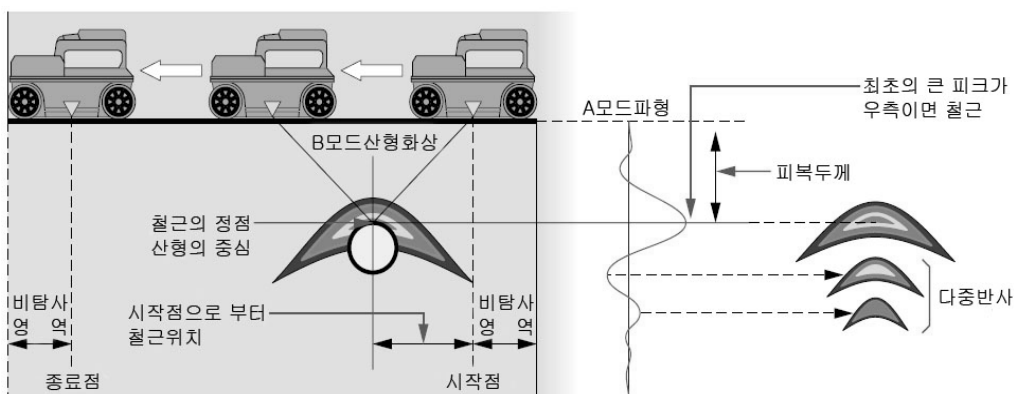
$$V = \frac{C}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (\text{m/sec})$$

여기서, C : 진공 중에서 전자파의 속도(3×10^8 m/sec)

ϵ_r : 콘크리트의 상대유전율(6~10)

또한, 반사물체까지의 거리(D)는 송신 시각으로부터 수신 시각까지의 시간차(T)의 측정치와 콘크리트 내부의 전파속도(V)로부터 구할 수 있다.

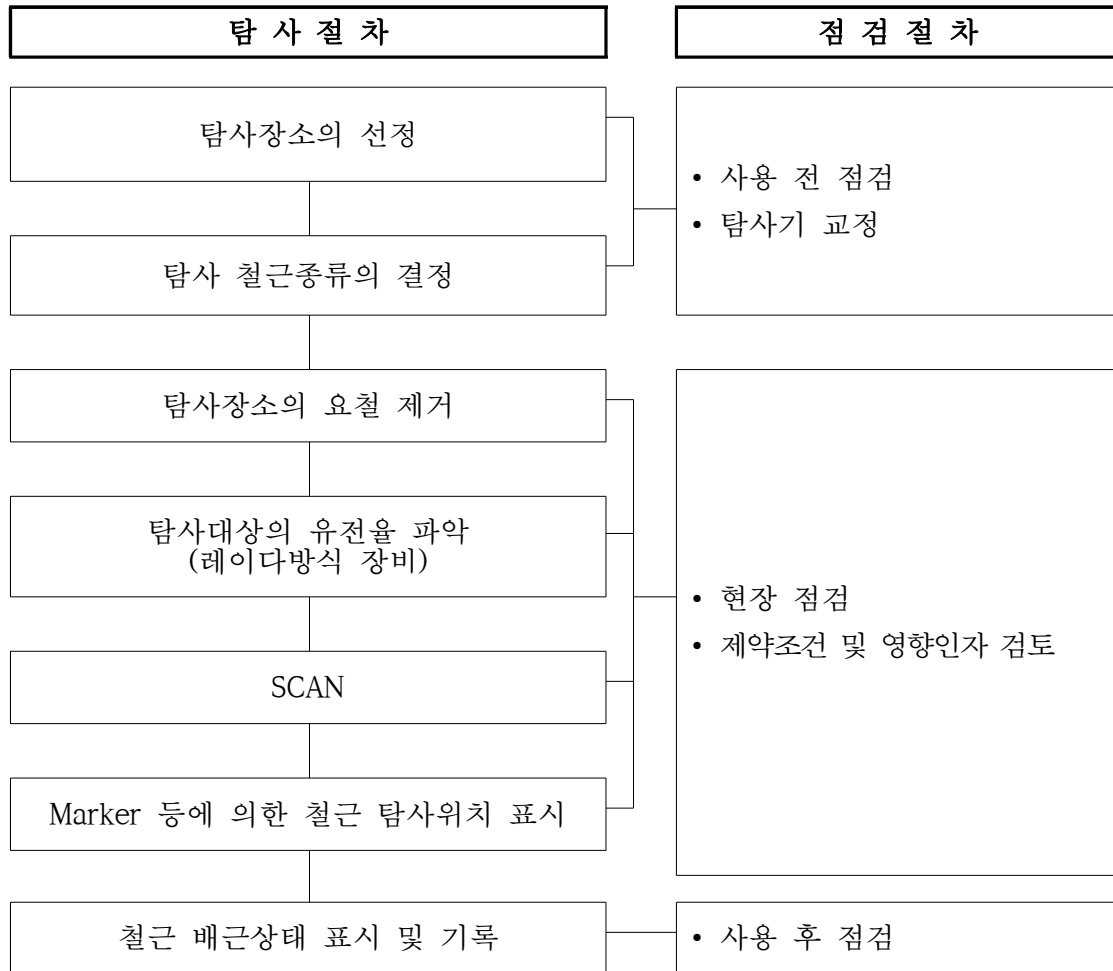
$$D = \frac{1}{2} V T \quad (\text{m})$$



【그림 3.12】 철근탐사 측정원리

3) 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

철근탐사시험 방법에 대한 절차는 KS F 2734 및 KS F 2735의 규정에 준한다.



【그림 3.13】 철근탐사시험 및 장비 점검 등의 절차

4) 탐사조건 및 적용한계(RC Radar의 경우)

① 탐사조건

- 적용 가능한 조건
 - 탐사심도 200mm이내
 - 탐사대상 철근지름이 $\phi 6\text{mm}$ 이상
 - 콘크리트의 질이 균일한 곳
 - 철근이 안테나 진행방향과 직교인 경우
- 적용 곤란한 조건
 - 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
 - 100mm이하의 피치로 배근되어 있는 경우
 - 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우

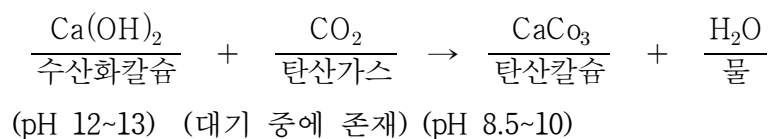
② 적용한계

- 탐사대상 물체의 표면에 금속 등 전파를 반사하는 것이 있고, 그 밑의 철근 등을 탐사하는 경우
- 철근이 안테나의 진행방향과 평행인 경우
- 비유전율에 따라 피복두께의 차이가 있으므로 탐사 대상물의 비유전율을 추정하기 어려움
- 철근직경과 복철근 및 경사철근의 판독 불가능
- 탐사대상 표면에 요철이 많은 장소는 탐사결과의 신뢰성 저하
- 안테나의 사용으로 좁고, 짧은 위치의 탐사 불편

다. 탄산화깊이 측정

1) 개 요

탄산화란 콘크리트의 탄산화(Carbonation) 과정에서 나타나는 현상으로 탄산화에 의해서 문제가 발생하는 것은 콘크리트 자체에서 생기는 것이 아니고, 콘크리트 중의 철근에 녹이 발생함으로써 문제를 일으키는 것이다.



탄산화가 일어나는 메카니즘을 보면 시멘트의 수화반응에서 생성되는 수산화칼슘(Ca(OH)_2)은 pH 12~13정도의 강알칼리성을 나타내지만 대기 중에 포함되어 있는 약산성의 탄산가스(약 0.03%)와 접촉하면 탄산칼슘과 물로 변화하고 탄산칼슘으로 변화한 부분의 pH가 8.5~10 정도로 낮아지게 된다. 따라서, 콘크리트의 탄산화는 일반환경 하에서도 확실하게 진행되기 때문에 매입된 철근의 부식에 따른 문제가 가장 기본적인 중요하다. 콘크리트 내부의 pH가 11이상에서 철근은 표면에 $1 \times 10^{-6} \text{mm}$ 두께의 수산화물($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 부동태막을 형성하므로 산소 침입을 막아 철근의 부식을 방지하지만 탄산화에 의하여 pH가 11보다 낮아지면 부동태막이 파괴되면서 철근에 녹이 발생하게 된다. 이러한 녹은 원래 부피의 약 2.5배에서 최대 7배까지 팽창하고 녹의 팽창압력에 의해 콘크리트 내부에는 균열이 발생하게 되며 철근의 부착강도 저하, 피복 콘크리트의 탈락, 철근 단면적의 감소 등 구조물의 내구성 저하를 초래하게 된다. 이러한 원인으로 녹의 진행과 함께 콘크리트 구조물의 내구성면에서 탄산화를 파악하는 것이 중요하다.

	STEP 1 • 정상, 재료 및 강도상의 변화는 거의 없음 (약간의 건조수축에 의한 균열)
	STEP 2 • 녹의 발생에 의한 팽창압이 콘크리트 내부에 발생하여 미세한 균열이 발생
	STEP 3 • 철근의 윗면이 팽창함 • 균열이 표면까지 연장되어 공기와 수분의 침입이 격화되어 동해 등의 다른 열화도 유발시키며 녹물이 보임
	STEP 4 • 철근 윗면의 피복이 떨어지고, 철근의 노출이 시작됨 • 철근단면적이 감소함
	STEP 5 • 철근 윗면이 거의 없어지고 철근은 공기 중에 직접 노출됨 • 내구성능은 없음

【그림 3.14】 탄산화에 의한 콘크리트 성능저하

2) 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

탄산화 속도에 영향을 미치는 요인으로는 환경조건(대기 중의 탄산가스 농도, 온도, 습도, 마감재 등)을 주원인으로 하는 외적요인 및 콘크리트 자체의 성능·품질(함수율, 강도, 시멘트의 종류, 배합조건, 시공조건 등)을 주원인으로 하는 내적요인에 의해 복합적인 영향을 받는 것으로 알려져 있다. 대표적인 원인을 정리하면 다음과 같다.

【표 3.47】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인

구분	영향인자	탄산화 속도
내적 요인	시멘트의 종류	• 수화반응이 느릴수록 탄산화 속도가 빠름 • 조강 포틀랜드시멘트 < 보통 포틀랜드시멘트 < 중용열 포틀랜드시멘트
	골재의 종류	• 투기성이 큰 골재일수록 탄산화 속도가 빠름
	계면활성제 종류	• 동일 물-시멘트비, 동일 슬럼프라면 탄산화 속도와 무관함
	압축강도	• 압축강도가 낮을수록 탄산화 속도가 빠름
	물-시멘트비	• 물-시멘트비가 증가하면 탄산화 속도가 빠름
	시공 정밀도	• 다짐이 불충분할수록 탄산화 속도가 빠름
	콘크리트 결함부	• 균열부위, 이음부, 손상부위 등에서 탄산화 속도가 빠름

【표 3.48】 탄산화 속도에 영향을 미치는 요인(계속)

구분	영향인자	탄산화 속도
외적 요인	온도	- 온도 상승시 탄산화 속도가 빠름 20~50 °C 사이에서는 영향이 크지 않음
	이산화탄소 농도	- 농도가 클수록 탄산화 속도가 빠름 - 탄산가스 농도 3~10% 사이에서 상승비율이 큼
	습도	상대습도 50~70% 에서 탄산화 속도가 최대
	실내, 실외	실내의 탄산화 속도가 빠름

3) 탄산화깊이의 측정

본 과업에서는 일반적으로 현장에서 간편하게 이용되는 페놀프탈레인법(페놀프탈레인은 pH 지시약의 일종으로 1% 알칼리용액)을 이용하여 콘크리트의 탄산화 진행 정도를 측정한다.

콘크리트 파단면에 1% 페놀프탈레인 용액을 도포한 후 색의 변화를 관찰하는 방법으로 강알칼리성일수록 짙은 보라색을 띠며 pH 9이하에서는 무색을 나타낸다. 탄산화 진행 깊이의 측정은 콘크리트 표면에서 발색점까지의 깊이를 버니어캘리퍼스 등으로 측정한다.

4) 탄산화를 고려한 잔존수명 예측

탄산화 속도는 경과시간(t)의 평방근에 비례하여 진행한다고 하는 $\sqrt{t}$ 법으로 표현된다. 탄산화(C)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = A \times \sqrt{t}$$

여기서, C : 탄산화깊이(mm)

A : 탄산화 속도계수(mm/ $\sqrt{\text{년}}$)

t : 재령(년)

여기서 구해진 탄산화 속도계수(A)를 실제 탄산화깊이와 경과년수를 이용하여 역추적으로 구한 후 탄산화가 철근에 도달하는 시간을 계산하면 콘크리트의 탄산화에 의한 잔존수명을 예측할 수 있다.

$$\text{수명예측(년)} = (\text{철근피복} / \text{탄산화 속도계수})^2$$

$$\text{잔존수명예측(년)} = \text{수명예측년수} - \text{경과년수}$$

5) 평가기준

탄산화 상태평가 기준은 다음과 같다.

【표 3.49】 탄산화 상태평가 기준

기 준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	• 30mm이상	• 탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	• 10mm이상 ~ 30mm미만	• 향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	• 0mm이상 ~ 10mm미만	• 탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 0mm미만	• 철근부식 발생
e	-	-

라. 염화물함유량시험

1) 콘크리트 속의 염분에 대한 일반적 사항

염화물의 콘크리트 침투를 구분해 보면 일반적으로 두가지로 크게 구분할 수 있다.

하나는 이미 건립된 구조물에 해풍, 해수 및 염화물을 함유한 외부 환경조건에 의해 염화물이 침투 축적되는 경우이고, 다른 하나는 방동대책으로서 염화칼슘(CaCl_2)과 염화나트륨(NaCl)의 살포에 의해 염화물이 침투하는 경우이다.

다음은 콘크리트 제조시에 배합재료로부터 직접 콘크리트에 침투하는 경우, 특히 아직 굳지 않은 프레스 상태일 때 혼입하는 경우인데 이의 예로서는 ① 깨끗이 세척하지 않은 바다 모래의 사용, ② 경화 촉진제로서 염화칼슘(CaCl_2)의 사용, ③ 염화칼슘(CaCl_2)을 주체로 한 조강형 AE제의 사용, ④ 혼화수로서 해수의 사용 등을 들 수 있다. 이 중 미세정 바다모래에 의한 염분(염화나트륨(NaCl))을 주로 함유한 것의 혼입에 의한 것이 염해 원인의 대부분을 차지하고 있다.

콘크리트 중에 함유하는 염화물은 ① 가용성 염화물(수용성 염화물), ② 전 염화물(산 용해성 염화물)의 2종류로 분류할 수 있다. ①의 가용성 염화물로는 콘크리트에서 물에 의해 유출되는 염화물이고, ②의 전 염화물은 콘크리트를 강한 산으로 용해함으로써 유출되는 염화물이다. 가용성 염화물의 측정은 콘크리트의 세공용액 속에 용해되어 있는 유리 염화물의 양을 구하는 경우로 측정할 수 있고 유출온도 등 시험방법의 자세한 내용은 제안되고 있는 각 방법에 따라 약간 차이가 있다. 일본 콘크리트공학협회(JCI)에서는 가용성 염화물을 「경화콘크리트 중에 함유된 50℃의 온수에 녹는 염화물」이라 정의하여 측정방법을 정하고 있다.

전 염화물량과 가용성 염화물량과의 차이는 시멘트 수화물에 고정되어 있는 염화물로서 판정되어진다.

강재 위치에 대한 염화물 이온의 강재 부식발생 한계농도는 콘크리트 단위용적당 양으로서 $0.3 \sim 1.2 \text{kg/m}^3$ 정도이고 이 값은 구조물의 설치 환경조건이나 강재부식 허용량 등의 조건에 따라서 다르다. 예를 들면, 미리 염화물을 혼입한 공시체에 의한 촉진시험 등에서는 $0.3 \sim 0.6 \text{kg/m}^3$ 정도이고 실제 환경의 노출실험에서는 $1.2 \sim 2.4 \text{kg/m}^3$ 정도로 되어 있다. 촉진시험과 실제 환경에서 얻어지는 한계농도의 차이는 시험 공시체와 실제 구조물의 덮개나 물-시멘트비의 차이 그리고 촉진시험 시에 설정되는 고온환경 등 온도의 영향이라고 생각된다.

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12) 및 콘크리트 표준시방서 내구성조서편에서는 경화콘크리트의 경우 전염화물 기준으로 실제 환경의 노출실험 결과 하한치인 1.2kg/m^3 을 강재 부식발생 한계농도로서 정하고 있다. 비록, 부식환경에 따른 전염화물량이 1.2kg/m^3 를 넘더라도 부식이 발생하지 않을 가능성이 있지만 잠재적으로 부식 가능성이 높을 것으로 평가되므로 부식방지를 위한 조치가 검토되어야 할 것이다.

2) 평가기준

① 국내 콘크리트 표준시방서 기준

굳지않은 콘크리트의 경우는 철근의 부식을 방지하기 위하여 0.3kg/m^3 이하로 규정하며, 책임기술자의 승인이 있는 경우 0.6kg/m^3 까지 허용

② 콘크리트 구조설계기준(2007년)

【표 3.50】 염화물 평가기준(콘크리트 구조설계기준(2007))

부재의 종류	최대 수용성 염소이온(Cl^-), 시멘트의 중량에 대한 비(%)
프리스트레스트 콘크리트	0.06
염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
건조상태 또는 습기로부터 차단된 철근콘크리트	1.00
기타 철근콘크리트	0.30

③ 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010. 12)

【표 3.51】 염화물 상태평가 기준(안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(2010.12))

기 준	전염화물 이온량(kg/m^3)	철근부식의 가능성
a	• 염화물 $< 0.3 \text{kg/m}^3$	• 염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	• $0.3 \text{kg/m}^3 < \text{염화물} \leq 1.2 \text{kg/m}^3$	• 염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음
c	• $1.2 \text{kg/m}^3 < \text{염화물} \leq 2.5 \text{kg/m}^3$	• 향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음
d	• 염화물 $\geq 2.5 \text{kg/m}^3$	• 철근 부식발생
e	-	-

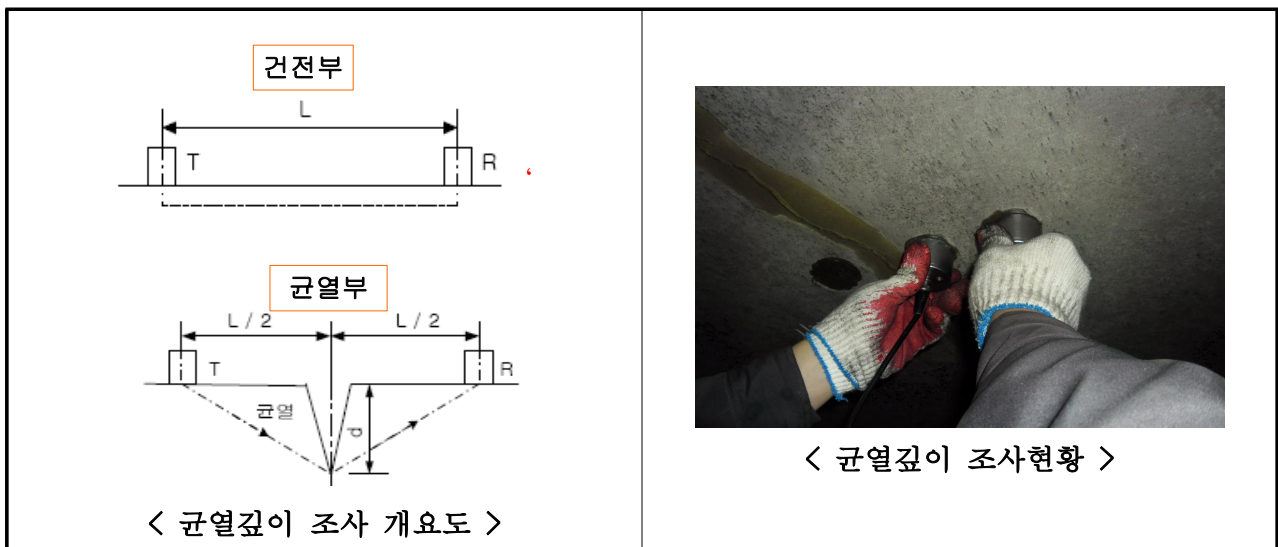
마. 균열깊이 조사

콘크리트 표면의 균열깊이는 일반적으로 T_c-T_0 법으로 구한다.

T_c-T_0 법은 콘크리트 부재의 균열부와 건전부에서 아래 그림과 같이 각각 측정하고, 양자의 데이터 비교에 의해 균열깊이를 산출하는 것이다. 본 방법에서는 균열부분을 중심으로 하여 송신탐촉자와 수신탐촉자를 등간격으로 배치한다. 송신탐촉자(T)로부터 발신된 종파초음파가 그림 중의 점선과 같이 콘크리트 내를 전파하고 균열 선단부를 경유해서 수신탐촉자(R)에 도달하기까지의 시간 T_c 를 구한다.

비교용으로서 같은 콘크리트 부재에서 균열이 없는 부분을 대상으로 송신탐촉자와 수신탐촉자의 거리 L 과 초음파가 전파하는 시간 T_0 를 구해 다음 식을 적용하여 균열깊이를 구한다. 본 과업에서는 $X=10\text{cm}$ 를 적용하였다.

$$d = \frac{L}{2} \sqrt{\frac{(T_c^2)}{(T_0^2)} - 1}$$



【그림 3.15】 T_c-T_0 법에 의한 탐촉자 배치 및 균열깊이 측정방법

3.3.3 시험결과 및 분석

가. 콘크리트 강도시험

차령터널(천안)의 콘크리트 비파괴강도시험은 라이닝 콘크리트에서 반발경도시험 25개소 및 초음파전달속도시험 25개소를 실시하였으며, 검토결과는 다음과 같다.

1) 비파괴강도 시험결과

- 검토결과, 설계기준 대비 평균 천안방향 : 109.6~130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었다.
- 따라서, 금회 시험을 실시한 차령터널 라이닝 콘크리트에 대한 콘크리트 강도는 공용 연수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

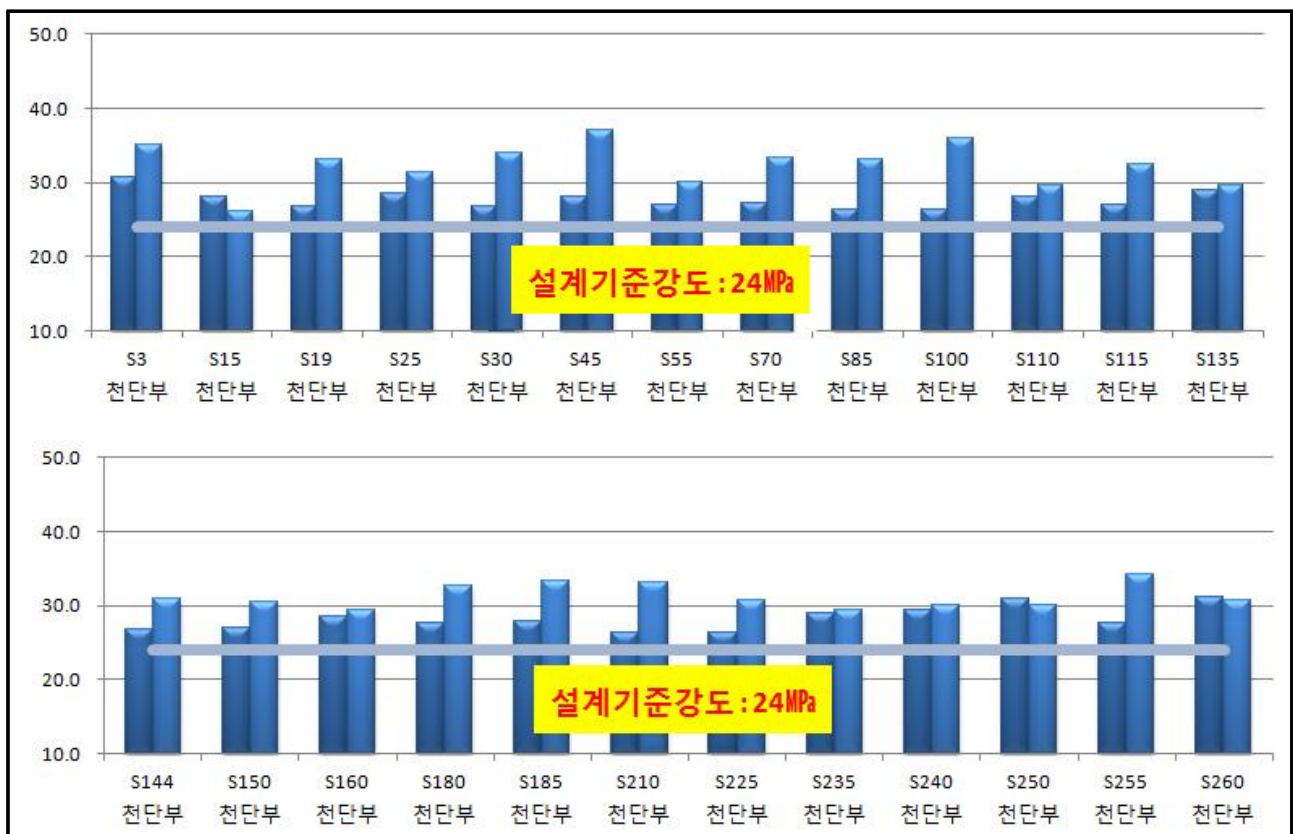
【표 3.52】 차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과

시험위치	비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
	반발경도 (R_b)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상 부 구 조	S3 천단부	53.2	4.578	31.2	30.2	34.3	35.7	30.7	35.0
	S15 천단부	48.8	4.011	27.7	28.2	28.6	23.8	28.0	26.2
	S19 천단부	46.8	4.452	26.1	27.3	33.0	33.0	26.7	33.0
	S25 천단부	49.7	4.337	28.4	28.6	31.9	30.6	28.5	31.3
	S30 천단부	46.8	4.505	26.1	27.3	33.6	34.2	26.7	33.9
	S45 천단부	48.8	4.704	27.7	28.2	35.6	38.4	28.0	37.0
	S55 천단부	47.0	4.253	26.3	27.4	31.0	28.9	26.9	30.0
	S70 천단부	47.8	4.473	26.9	27.7	33.2	33.5	27.3	33.4
	S85 천단부	46.3	4.452	25.7	27.0	33.0	33.0	26.4	33.0
	S100 천단부	46.1	4.641	25.5	27.0	34.9	37.0	26.3	36.0
	S110 천단부	49.1	4.221	27.9	28.3	30.7	28.2	28.1	29.5
	S115 천단부	47.2	4.410	26.4	27.4	32.6	32.2	26.9	32.4
	S135 천단부	50.4	4.221	29.0	28.9	30.7	28.2	29.0	29.5
	S144 천단부	46.9	4.316	26.2	27.3	31.7	30.2	26.8	31.0
	S150 천단부	47.2	4.284	26.4	27.4	31.4	29.5	26.9	30.5
	S160 천단부	49.6	4.211	28.3	28.5	30.6	28.0	28.4	29.3
	S180 천단부	48.2	4.421	27.2	27.9	32.7	32.4	27.6	32.6
	S185 천단부	48.5	4.473	27.5	28.0	33.2	33.5	27.8	33.4

24.0

【표 3.53】차령터널(천안) 콘크리트 비파괴강도 시험결과 (계속)

시험위치		비파괴시험		반발경도법 (MPa)		초음파속도법 (MPa)		반발 경도법 평균	초음파 속도법 평균	설계 기준 강도 (MPa)
		반발경도 (R_o)	초음파속도 (V_d)	식①	식②	식③	식④			
상 부 구 조	S210 천단부	46.3	4.463	25.7	27.0	33.1	33.3	26.4	33.2	24.0
	S225 천단부	46.1	4.295	25.5	27.0	31.5	29.7	26.3	30.6	
	S235 천단부	50.5	4.211	29.1	28.9	30.6	28.0	29.0	29.3	
	S240 천단부	51.2	4.253	29.6	29.2	31.0	28.9	29.4	30.0	
	S250 천단부	53.6	4.253	31.5	30.3	31.0	28.9	30.9	30.0	
	S255 천단부	48.2	4.536	27.2	27.9	33.9	34.8	27.6	34.3	
	S260 천단부	53.9	4.305	31.8	30.5	31.6	29.9	31.2	30.8	
	평 균			27.6	28.1	32.2	31.4	27.9	31.8	
	표준편차			1.86	1.05	1.60	3.34	1.45	2.46	
	변동계수			6.73	3.73	4.96	10.66	5.19	7.75	



【그림 3.16】터널 라이닝 콘크리트 평균압축강도 추정결과

【표 3.54】비파괴강도 시험결과 분석

구 분	시험방법	평균강도(A)	설계기준강도(B)	A/B×100(%)
라이닝 콘크리트	반발경도법	26.3~31.2	24.0	109.6~130.0
	초음파속도법	26.2~37.0		109.2~154.2

2) 기 진단결과와의 비교·분석

구 분	시험방법	2013년 정밀안전진단	2018년 정밀안전진단
라이닝 콘크리트	반발경도법	25.7~27.6	26.3~31.2
	초음파속도법	24.2~27.4	26.2~37.0

나. 철근탐사시험

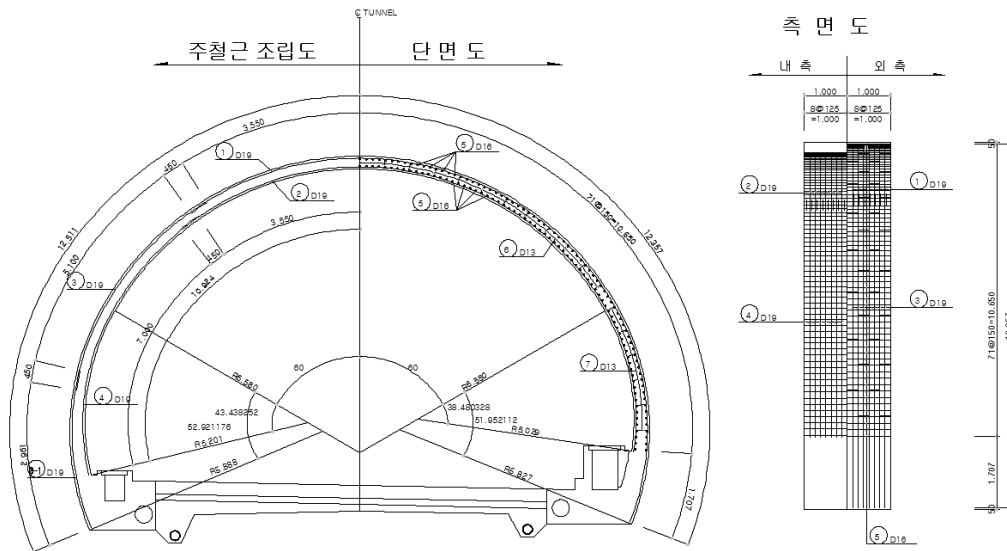
철근탐사기(RC-Radar)를 이용한 철근탐사시험은 총 7개소에서 실시하였으며, 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.

1) 철근탐사 시험결과

【표 3.55】차령터널(천안) 철근탐사 시험결과

시험위치		철근종류	측정치(mm)		설계치(mm)		비 고
			배근간격	피복두께	배근간격	피복두께	
상부 구조	S2 측벽부	주철근	140~160	81~86	150	34.0	양호
		배력철근	210	95	200	66.0	양호
	S3 천단부	주철근	135~155	74~79	150	34.0	양호
		배력철근	195~205	112~119	200	66.0	양호
	S82 천단부	주철근	115~135	36~44	125	40.5	양호
		배력철근	135~150	69~77	150	59.5	양호
	S144 천단부	주철근	105~120	52~67	125	40.5	양호
		배력철근	125~145	107~117	150	59.5	양호
	S205 천단부	주철근	105~125	49	125	40.5	양호
		배력철근	140~160	65~72	150	59.5	양호
	S266 천단부	주철근	150~160	60~62	150	34.0	양호
		배력철근	195~205	103~105	200	66.0	양호
	S268 측벽부	주철근	135~155	49~60	150	34.0	양호
		배력철근	205	67~69	200	66.0	양호

【표 3.56】차령터널(천안) 철근탐사 시험결과 (계속)



2) 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단		2018년 정밀안전진단	
	배근간격	피복두께	배근간격	피복두께
라이닝 콘크리트	146~151	46~50	135~160	49~86

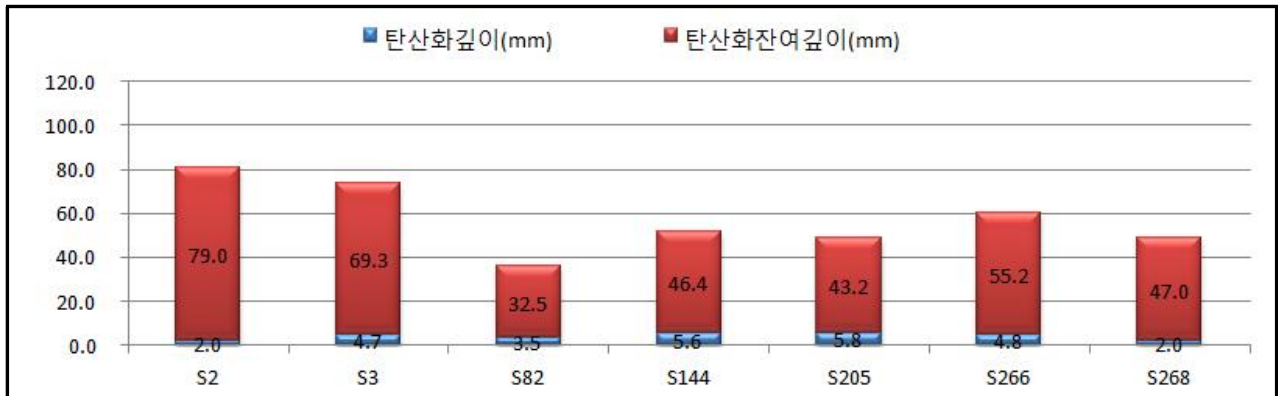
다. 탄산화 깊이 측정

탄산화 깊이 측정은 총 7개소에서 실시하였다. 실측한 최소 피복두께와 탄산화 깊이를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급” 으로 평가되었다.

1) 탄산화 깊이 측정결과

【표 3.57】탄산화 깊이 측정결과 및 평가

시험위치		탄산화 깊이 (mm)	실측 피복두께 (mm)	탄산화 잔여깊이 (mm)	탄산화 속도계수 (A)	잔존 수명 (년)	평가 등급	비 고
라이닝 콘크 리트	S2 측벽부	2.0	81.0	79.0	0.50	100년이상	a	양호
	S3 천단부	4.7	74.0	69.3	1.18	100년이상	a	양호
	S82 천단부	3.5	36.0	32.5	0.88	100년이상	a	양호
	S144 천단부	5.6	52.0	46.4	1.40	100년이상	a	양호
	S205 천단부	5.8	49.0	43.2	1.45	100년이상	a	양호
	S266 천단부	4.8	60.0	55.2	1.20	100년이상	a	양호
	S268 측벽부	2.0	49.0	47.0	0.50	100년이상	a	양호



【그림 3.17】 탄산화 깊이 측정결과

2) 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)	2018년 정밀안전진단 잔여깊이(mm)
라이닝 콘크리트	39.2~43.8	32.5~79.0

라. 염화물함유량 시험

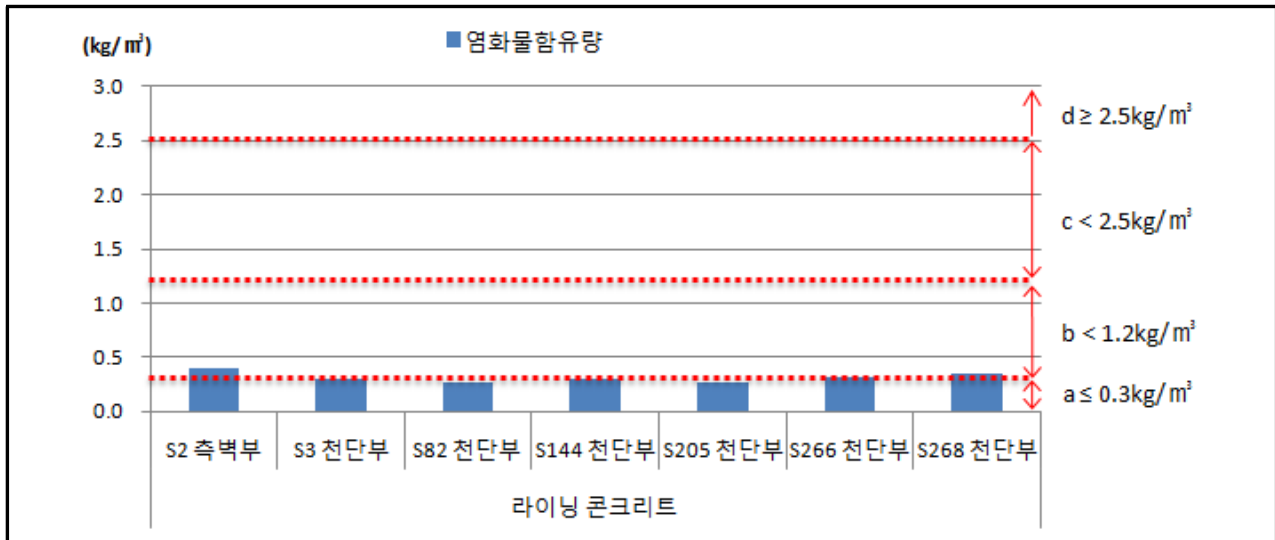
1) 염화물함유량 시험 결과

염화물함유량 시험은 총 7개소에서 깊이별 시험을 실시하였으며, 그 결과 건전부 구간에서 b등급 이상으로 평가되었다.

【표 3.58】 염화물 함유량 시험결과 및 평가

시험위치		실측 피복두께 (mm)	염화물 함유량		평가 결과	비 고
			Cl ⁻ (%)	Cl ⁻ (kg/m ³)		
라이닝 콘크리트	S2 측벽부 (건전부)	81.0	0.0179	0.405	b	
	S3 천단부 (건전부)	74.0	0.0130	0.295	a	
	S82 천단부 (건전부)	36.0	0.0122	0.276	a	
	S144 천단부 (건전부)	52.0	0.0132	0.298	a	
	S205 천단부 (건전부)	49.0	0.0119	0.270	a	
	S266 천단부 (건전부)	60.0	0.0142	0.321	b	
	S268 측벽부 (건전부)	49.0	0.0156	0.354	b	

※ 콘크리트 환산 염화물 함유량(kg/m³) = 전 염화물 함유량(Cl⁻%) / 100 × 콘크리트 단위중량(2,263kg/m³)



【그림 3.18】 염화물시험 측정결과

2) 기 진단결과와의 비교

구 분	2013년 정밀안전진단 Cl ⁻ (kg/m³)	2018년 정밀안전진단 Cl ⁻ (kg/m³)
라이닝 콘크리트	0.158~0.226	0.270~0.405

마. 균열깊이 측정결과

균열깊이측정을 위해 현장외관조사 시 확인된 폭 0.3mm이상 균열을 선정하였으며, 초음파 속도를 이용하여 균열깊이 측정을 실시하였다.

균열깊이 측정결과, 폭 0.3mm이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다. 이에 콘크리트 내구성 저하 방지를 위해 폭 0.3mm이상 균열에는 주입보수를 실시하는 것이 적절하다고 판단된다.

【표 3.59】 균열깊이 조사결과

시험위치		균열폭 (mm)	초음파 전달시간 ($\times 10^{-6}$ sec)		균열깊이 (mm)	피복두께 (mm)	비 고
			건전부 (To)	균열부 (Tc)			
라이닝	SPAN 80	0.3	29.4	103.2	50.4	490.0	
	SPAN 82	0.3	33.6	131.2	56.6	490.0	
	SPAN 115	0.3	35.1	125.7	51.5	480.0	

3.4 터널 측량

3.4.1 개 요

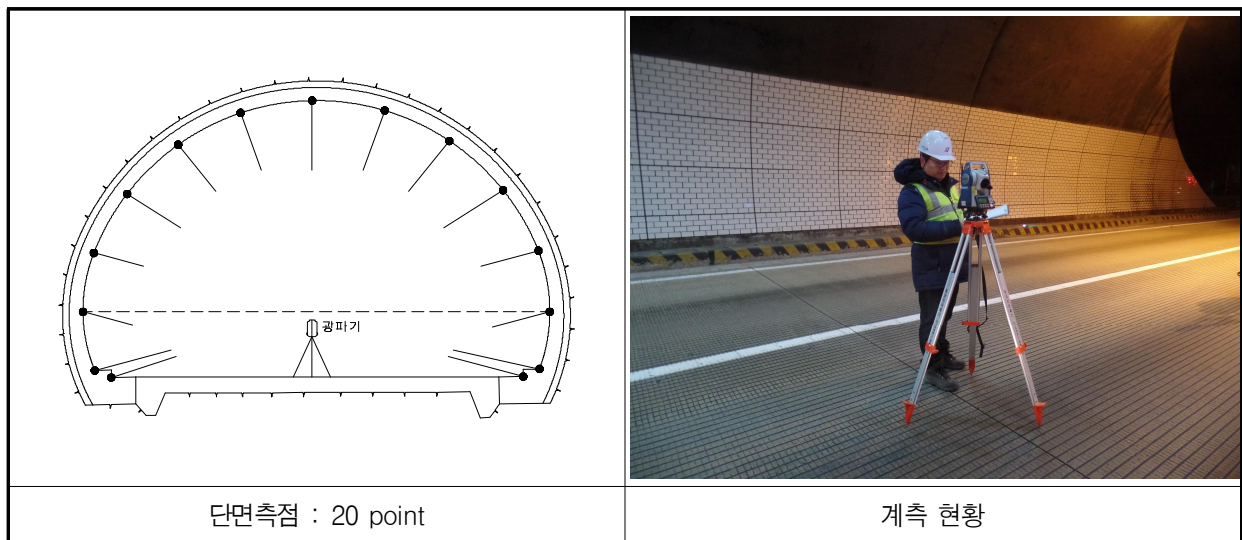
터널의 단면 변화 및 터널의 전반적인 현황을 파악하고, 준공도면과 비교하여 터널의 변형 여부를 확인하고 유지관리 자료로 활용할 수 있도록 터널측량을 실시하였다.

3.4.2 단면측량

가. 단면 측량 현황

단면조사는 외관조사 결과에 따라 터널 내공단면이 불규칙한 곳에 대해서는 정확한 단면 상태 및 시공상태의 파악을 위해 광파거리측정기를 이용하여 측정하며 준공도면상의 단면과 실측단면의 차이를 통해 시설한계선을 만족하고 있는지를 검토하며 이를 보수·보강 대책 수립시와 유지관리 업무 수행시에 활용할 수 있도록 실시한다.

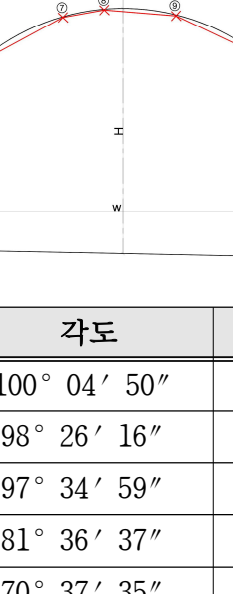
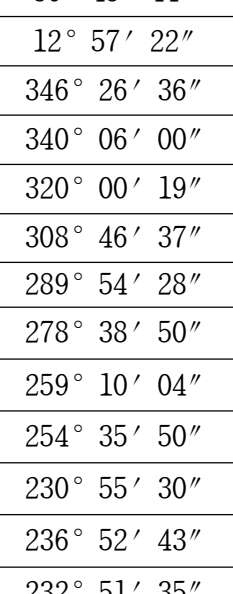
단면 측량은 차량의 원활한 운행 가능 여부를 판단하기 위해 시설물의 정량적 크기를 결정하기 위한 측정방법으로, 단면측량 시 측정된 결과는 설계도면과 일치하는지 여부를 확인하였으며, 기존측량 결과 값 이 없으므로 금회 측정한 값을 초기값으로 활용하여 향후 유지 관리 시 비교 대상값을 제안을 하고자 금회 단면 14개소에 대하여 측정하였다.



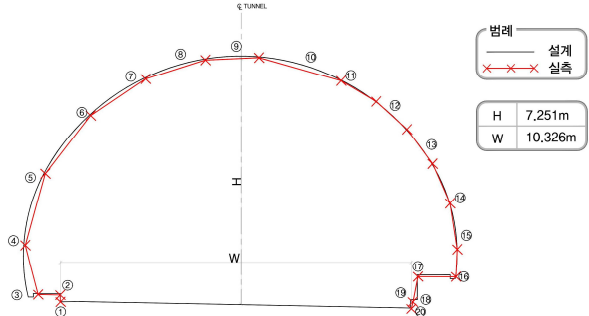
【그림 3.19】 단면측량 현황

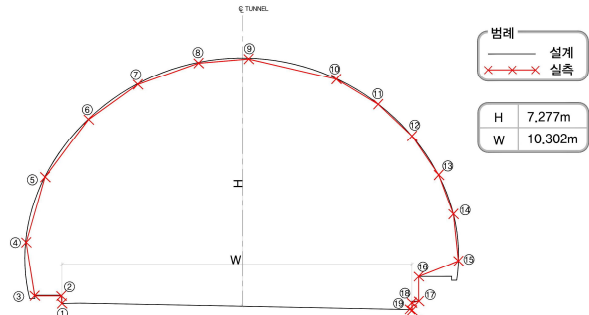
나. 단면측량 결과

【표 3.60】 단면측량 결과

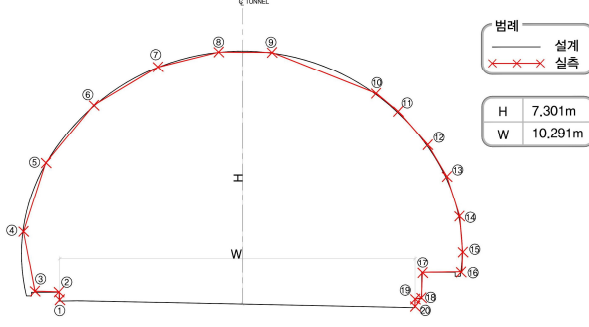
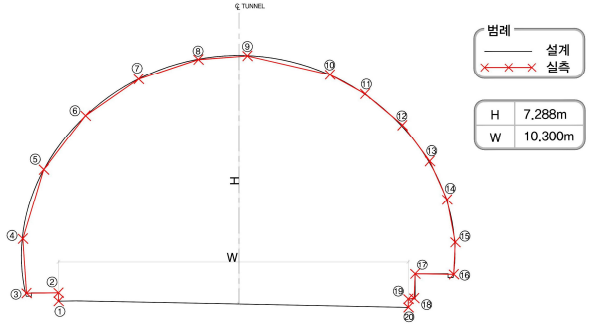
SPAN 4				구분	각도	거리(m)	비고
S4 				6	60° 14' 24"	8.341	
				7	40° 05' 31"	7.224	
				8	30° 45' 44"	6.687	
				9	12° 57' 22"	5.719	
				10	346° 26' 36"	4.594	
				11	340° 06' 00"	4.144	
				12	320° 00' 19"	3.919	
				13	308° 46' 37"	3.757	
구분	각도	거리(m)	비고	14	289° 54' 28"	3.581	
1	100° 04' 50"	8.292		15	278° 38' 50"	3.534	
2	98° 26' 16"	8.264		16	259° 10' 04"	3.503	
3	97° 34' 59"	9.207		17	254° 35' 50"	2.413	
4	81° 36' 37"	9.162		18	230° 55' 30"	2.665	
5	70° 37' 35"	8.817		19	236° 52' 43"	2.547	
SPAN 22				20	232° 51' 35"	2.674	
S22 				구분	각도	거리(m)	비고
				6	55° 41' 44"	7.014	
				7	40° 19' 43"	6.661	
				8	26° 35' 37"	6.348	
				9	11° 41' 49"	6.041	
				10	349° 50' 54"	5.675	
				11	337° 34' 08"	5.523	
				12	320° 59' 12"	5.391	
구분	각도	거리(m)	비고	13	305° 05' 17"	5.325	
1	101° 36' 35"	6.536		14	288° 50' 33"	5.304	
2	99° 28' 18"	6.534		15	276° 28' 01"	5.284	
3	98° 20' 20"	7.288		16	264° 15' 40"	5.263	
4	85° 54' 25"	7.483		17	262° 53' 19"	4.129	
5	71° 09' 21"	7.337		18	252° 55' 15"	4.252	
				19	251° 52' 34"	4.099	
				20	248° 50' 02"	4.163	

【표 3.61】 단면측량 결과

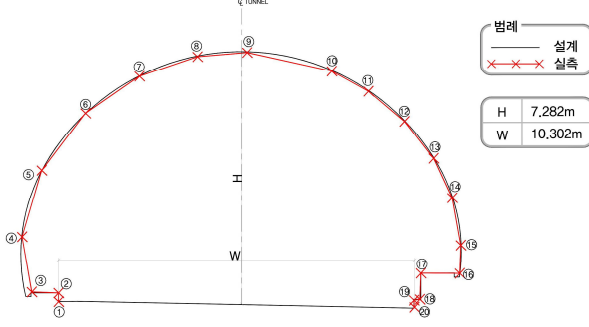
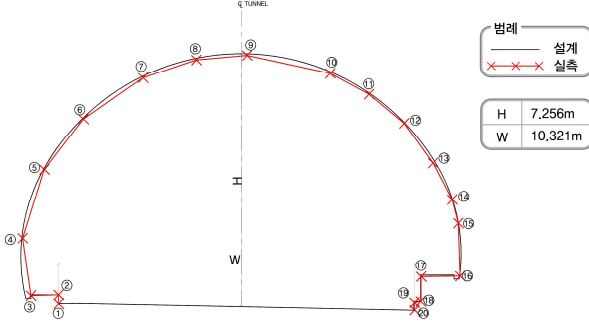
SPAN 44					구분	각도	거리(m)	비고
S44 					6	55° 57′ 48″	7.575	
					7	41° 13′ 12″	7.074	
					8	26° 17′ 10″	6.549	
					9	12° 34′ 14″	6.085	
					10	348° 16′ 39″	5.379	
					11	335° 25′ 57″	5.118	
					12	321° 38′ 40″	4.888	
					13	306° 40′ 20″	4.718	
					14	291° 00′ 25″	4.605	
					15	273° 57′ 48″	4.522	
					16	263° 38′ 17″	4.501	
					17	261° 35′ 44″	3.391	
					18	249° 55′ 16″	3.530	
					19	248° 28′ 35″	3.394	
					20	245° 03′ 18″	3.485	
구분	각도	거리(m)	비고					
1	99° 59′ 08″	7.276						
2	98° 20′ 41″	7.251						
3	97° 33′ 45″	7.893						
4	86° 58′ 54″	8.214						
5	71° 37′ 51″	8.021						

SPAN 66					구분	각도	거리(m)	비고
S66 					6	55° 18′ 32″	7.307	
					7	41° 18′ 32″	6.910	
					8	25° 27′ 40″	6.450	
					9	12° 20′ 27″	6.087	
					10	346° 33′ 37″	5.498	
					11	331° 23′ 25″	5.249	
					12	316° 17′ 10″	5.079	
					13	300° 35′ 59″	4.993	
					14	286° 26′ 54″	4.930	
					15	270° 10′ 20″	4.877	
					16	262° 24′ 10″	4.851	
					17	251° 39′ 45″	3.740	
					18	250° 21′ 59″	3.875	
					19	247° 21′ 59″	3.727	
					20	247° 16′ 23″	3.804	
구분	각도	거리(m)	비고					
1	100° 36′ 44″	6.912						
2	98° 43′ 10″	6.893						
3	97° 47′ 29″	7.667						
4	85° 55′ 15″	7.866						
5	71° 12′ 56″	7.700						

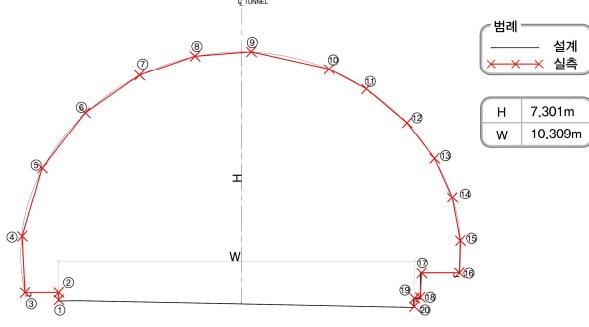
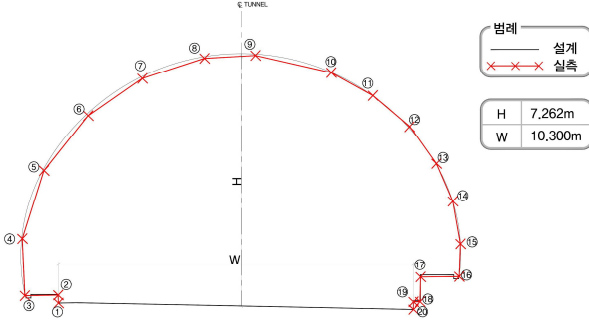
【표 3.62】 단면측량 결과

SPAN 88				구분	각도	거리(m)	비고
S88 				6	55° 43' 30"	7.794	
				7	39° 47' 02"	7.165	
				8	25° 27' 17"	6.575	
				9	12° 12' 47"	6.061	
				10	339° 53' 48"	5.042	
				11	330° 35' 13"	4.835	
				12	315° 05' 50"	4.574	
				13	301° 29' 28"	4.439	
				14	285° 42' 48"	4.309	
				15	271° 48' 00"	4.249	
구분	각도	거리(m)	비고	구분	각도	거리(m)	비고
1	99° 31' 42"	7.534		16	263° 42' 42"	4.219	
2	97° 53' 16"	7.516		17	261° 10' 50"	3.117	
3	97° 02' 54"	8.234		18	248° 38' 31"	3.270	
4	85° 05' 42"	8.511		19	246° 49' 54"	3.117	
5	70° 51' 48"	8.285		20	243° 27' 37"	3.199	
SPAN 110				구분	각도	거리(m)	비고
S110 				6	55° 28' 01"	7.381	
				7	40° 39' 24"	6.933	
				8	25° 16' 17"	6.460	
				9	12° 27' 59"	6.092	
				10	348° 19' 08"	5.508	
				11	335° 58' 41"	5.285	
				12	320° 14' 02"	5.076	
				13	305° 06' 29"	4.957	
				14	290° 47' 48"	4.883	
				15	275° 45' 35"	4.830	
구분	각도	거리(m)	비고	구분	각도	거리(m)	비고
1	100° 35' 05"	6.995		16	264° 09' 56"	4.787	
2	98° 47' 17"	6.953		17	262° 21' 43"	3.672	
3	97° 37' 52"	7.888		18	251° 35' 25"	3.790	
4	85° 46' 03"	7.947		19	250° 25' 57"	3.653	
5	70° 21' 36"	7.761		20	247° 00' 05"	3.742	

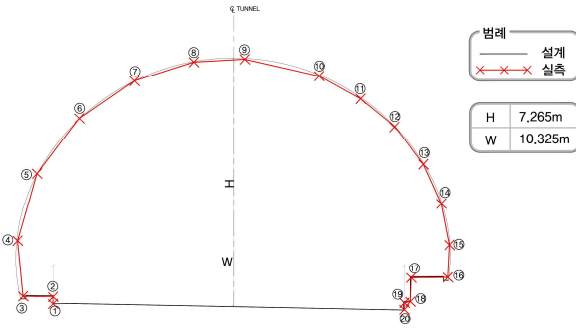
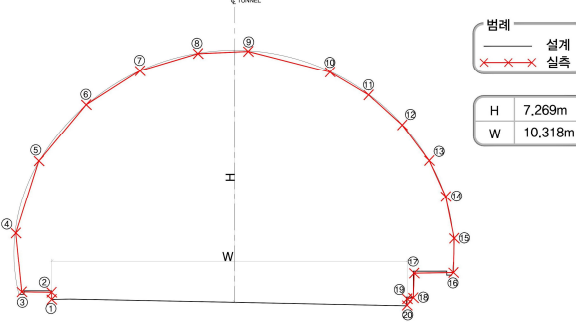
【표 3.63】 단면측량 결과

SPAN 132				구분	각도	거리(m)	비고
S132 				6	55° 13' 30"	7.344	
				7	40° 21' 06"	6.904	
				8	25° 32' 42"	6.461	
				9	12° 47' 14"	6.101	
				10	348° 28' 51"	5.523	
				11	335° 47' 37"	5.291	
				12	320° 51' 22"	5.093	
				13	305° 21' 33"	4.974	
구분	각도	거리(m)	비고	14	290° 38' 10"	4.910	
1	100° 34' 28"	6.932		15	274° 11' 10"	4.856	
2	98° 36' 00"	6.913		16	264° 30' 42"	4.836	
3	97° 28' 05"	7.656		17	262° 25' 30"	3.711	
4	85° 39' 20"	7.895		18	251° 46' 59"	3.851	
5	70° 54' 07"	7.729		19	250° 32' 31"	3.700	
SPAN 154				20	247° 47' 03"	3.782	
S154 				6	56° 12' 19"	7.325	
				7	39° 35' 44"	6.841	
				8	25° 54' 41"	6.438	
				9	12° 46' 14"	6.073	
				10	348° 49' 22"	5.505	
				11	335° 24' 11"	5.273	
				12	320° 50' 36"	5.093	
				13	304° 41' 40"	4.734	
구분	각도	거리(m)	비고	14	290° 39' 09"	4.922	
1	100° 36' 59"	6.927		15	282° 22' 20"	4.898	
2	98° 59' 47"	6.898		16	264° 14' 51"	4.860	
3	97° 51' 14"	7.732		17	262° 17' 12"	3.740	
4	85° 32' 51"	7.874		18	251° 37' 14"	3.888	
5	70° 08' 55"	7.679		19	250° 27' 30"	3.725	
				20	247° 29' 41"	3.803	

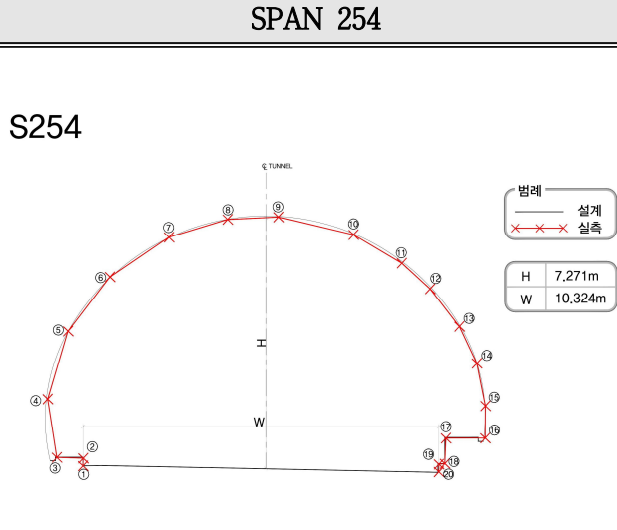
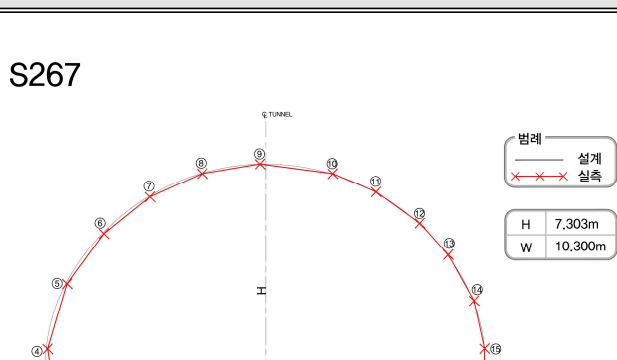
【표 3.64】 단면측량 결과

SPAN 176				구분	각도	거리(m)	비고
S176 				6	55° 28' 30"	7.380	
				7	40° 31' 21"	6.934	
				8	26° 26' 09"	6.509	
				9	11° 59' 04"	6.090	
				10	349° 40' 13"	5.542	
				11	336° 57' 11"	5.300	
				12	320° 06' 58"	5.075	
				13	305° 10' 42"	4.957	
구분	각도	거리(m)	비고	14	290° 40' 19"	4.881	
1	100° 23' 43"	6.962		15	275° 36' 50"	4.824	
2	98° 38' 55"	6.933		16	264° 18' 29"	4.797	
3	97° 36' 31"	7.896		17	262° 30' 14"	3.710	
4	85° 40' 41"	7.931		18	251° 56' 39"	3.825	
5	70° 37' 37"	7.766		19	250° 46' 22"	3.675	
SPAN 198				20	247° 15' 22"	3.755	
S198 				6	55° 34' 15"	7.384	
				7	40° 41' 26"	6.930	
				8	24° 55' 45"	6.438	
				9	11° 48' 35"	6.049	
				10	349° 58' 46"	5.509	
				11	335° 30' 03"	5.231	
				12	320° 00' 35"	5.025	
				13	304° 45' 55"	4.884	
구분	각도	거리(m)	비고	14	290° 36' 48"	4.794	
1	100° 22' 26"	7.069		15	275° 31' 03"	4.730	
2	98° 30' 18"	7.038		16	263° 50' 28"	4.698	
3	97° 36' 35"	7.999		17	261° 55' 03"	3.588	
4	85° 40' 53"	8.027		18	250° 45' 23"	3.743	
5	70° 42' 49"	7.811		19	249° 32' 28"	3.589	
				20	246° 36' 51"	3.663	

【표 3.65】 단면측량 결과

SPAN 220				구분	각도	거리(m)	비고
S220 				6	55° 34' 11"	7.371	
				7	40° 15' 27"	6.906	
				8	24° 59' 02"	6.430	
				9	11° 38' 47"	6.035	
				10	349° 54' 55"	5.500	
				11	335° 17' 17"	5.224	
				12	320° 54' 23"	5.034	
				13	305° 01' 14"	4.918	
구분	각도	거리(m)	비고	14	290° 13' 14"	4.856	
1	100° 43' 57"	6.975		15	275° 31' 11"	4.819	
2	99° 02' 03"	6.937		16	263° 57' 19"	4.774	
3	97° 52' 39"	7.807		17	262° 00' 35"	3.706	
4	85° 44' 48"	7.917		18	251° 02' 30"	3.849	
5	70° 46' 33"	7.756		19	249° 56' 50"	3.697	
SPAN 242				구분	각도	거리(m)	비고
S242 				6	54° 14' 11"	7.459	
				7	40° 03' 31"	6.981	
				8	25° 39' 56"	6.484	
				9	12° 52' 35"	6.059	
				10	349° 05' 10"	5.404	
				11	335° 13' 07"	5.115	
				12	320° 24' 07"	4.895	
				13	305° 01' 09"	4.768	
구분	각도	거리(m)	비고	14	291° 04' 59"	4.698	
1	100° 29' 34"	7.176		15	275° 59' 15"	4.654	
2	98° 51' 55"	7.143		16	263° 26' 28"	4.637	
3	97° 49' 19"	7.997		17	261° 01' 54"	3.510	
4	85° 30' 59"	8.121		18	249° 54' 04"	3.665	
5	69° 51' 04"	7.911		19	248° 28' 05"	3.510	
				20	245° 39' 52"	3.578	

【표 3.66】 단면측량 결과

SPAN 254				구분	각도	거리(m)	비고
S254 				6	55° 32' 41"	7.403	
				7	39° 25' 54"	6.913	
				8	24° 37' 49"	6.441	
				9	11° 30' 54"	6.046	
				10	349° 58' 47"	5.497	
				11	332° 44' 09"	5.161	
				12	320° 18' 04"	4.990	
				13	304° 14' 53"	4.885	
				14	290° 15' 45"	4.844	
				15	275° 13' 54"	4.814	
				16	264° 07' 42"	4.812	
				17	262° 14' 23"	3.677	
				18	251° 12' 42"	3.816	
				19	249° 59' 29"	3.660	
				20	246° 58' 35"	3.735	
구분	각도	거리(m)	비고	구분	각도	거리(m)	비고
1	100° 37' 57"	7.006		6	55° 12' 11"	6.802	
2	98° 51' 24"	6.961		7	40° 40' 18"	6.522	
3	97° 49' 24"	7.716		8	25° 53' 37"	6.249	
4	85° 23' 40"	7.936		9	10° 09' 03"	5.994	
5	70° 21' 36"	7.772		10	349° 23' 06"	5.719	
S267 				11	335° 35' 33"	5.591	
				12	319° 26' 43"	5.509	
				13	306° 33' 49"	5.489	
				14	290° 32' 34"	5.510	
				15	275° 39' 48"	5.492	
				16	264° 08' 29"	5.481	
				17	262° 43' 51"	4.358	
				18	253° 27' 33"	4.478	
				19	252° 26' 38"	4.315	
				20	249° 46' 31"	4.381	
구분	각도	거리(m)	비고	구분	각도	거리(m)	비고
1	102° 16' 45"	6.336					
2	100° 08' 19"	6.300					
3	99° 02' 46"	7.048					
4	85° 46' 20"	7.239					
5	69° 59' 08"	7.082					

다. 단면측량 결과 분석

터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.

【표 3.67】 단면측량 결과 분석

Span	높이 (m)		폭 (m)		비 고
	측량결과	설계치	측량결과	설계치	
S4	7.332	7.332	10.300	10.300	
S22	7.284		10.290		
S44	7.251		10.326		
S66	7.277		10.302		
S88	7.301		10.291		
S110	7.288		10.300		
S132	7.282		10.302		
S154	7.256		10.321		
S176	7.301		10.309		
S198	7.262		10.300		
S220	7.265		10.325		
S242	7.269		10.318		
S254	7.271		10.324		
S267	7.303		10.300		

3.4.3 종단측량

가. 종단 측량 현황

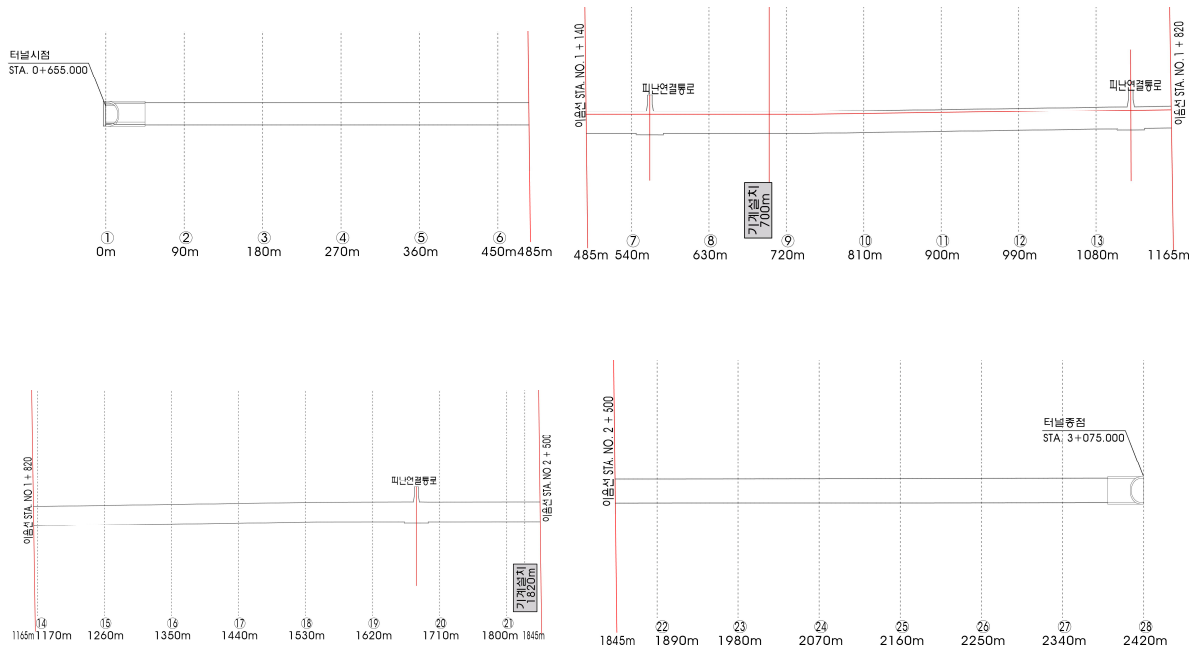
종단 측량은 터널 종단 구배의 파악을 위해 광파거리측정기를 이용하여 측정하며 준공도면상의 구배와 실측 구배의 차이를 통해 설계도서상의 구배를 만족하고 있는지를 검토하며 이를 보수·보강 대책 수립시와 유지관리 업무 수행시에 활용할 수 있도록 실시한다.

터널 중단 측량은 광과거리측정기를 700m와 1280m에 설치하여 측량을 실시하였으며, 터널 입구부터 터널 출구까지 측정간격 약 90m 범위에서 총 28개소를 선정하여 측량을 실시하였다.



【사진 3.19】 중단측량 전경

나. 중단 측량 결과



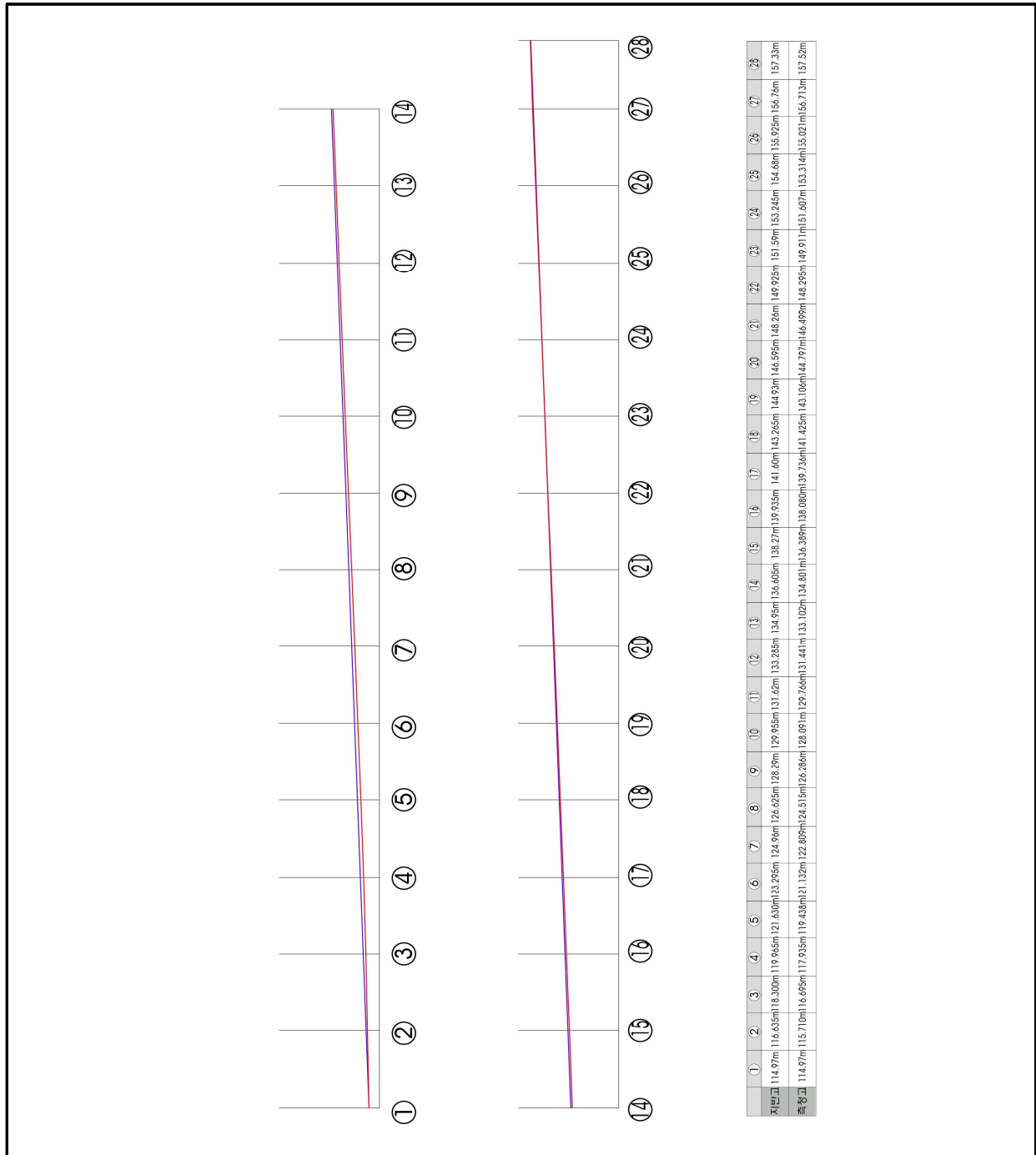
【그림 3.20】 중단측량 현황

【표 3.68】 종단측량 결과

측점 No.	측점위치	측점거리	기계와 수평거리	측량값 (기계와 고저차)	지반고 (설계값)	측정고 (측정값)	비고
1	시점	0m	695m	9.815m	114.970m	114.970m	± 0m
2	S10	91m	604m	9.075m	116.635m	115.710m	-0.925m
3	S20	180m	515m	8.090m	118.300m	116.695m	-1.605m
4	S30	273m	423m	6.850m	119.965m	117.935m	2.030m
5	S40	360m	335m	5.347m	121.630m	119.438m	2.192m
6	S50	450m	245m	3.653m	123.295m	121.132m	2.163m
7	S60	540m	155m	1.976m	124.960m	122.809m	-2.151m
8	S70	630m	65m	0.270m	126.625m	124.515m	-2.110m
9	S80	666m	29m	-1.501m	128.290m	126.286m	-2.004m
10	S90	821m	126m	-3.306m	129.955m	128.091m	-1.864m
11	S100	911m	216m	-4.981m	131.620m	129.766m	-1.854m
12	S110	1,001m	306m	-6.656m	133.285m	131.441m	-1.844m
13	S120	1,091m	396m	-8.317m	134.950m	133.102m	-1.848m
14	S130	1,181m	486m	-10.016m	136.605m	134.801m	-1.804m
15	S140	1,266m	571m	-11.604m	138.270m	136.389m	-1.881m
16	S150	1,358m	663m	-13.295m	139.935m	138.080m	-1.855m
17	S160	1,447m	752m 375m	-14.951m 6.098m	141.600m	139.736m	-1.864m
18	S170	1,537m	285m	4.409m	143.265m	141.425m	-1.840m
19	S180	1,627m	195m	2.728m	144.930m	143.106m	-1.824m
20	S190	1,717m	105m	1.037m	146.595m	144.797m	-1.798m
21	S200	1,807m	15m	-0.665m	148.260m	146.499m	-1.761m
22	S210	1,899m	77m	-2.401m	149.925m	148.295m	-1.630m
23	S220	1,985m	163m	-4.017m	151.590m	149.911m	-1.679m
24	S230	2,075m	253m	-5.712m	153.245m	151.607m	-1.638m
25	S240	2,165m	343m	-7.408m	154.680m	153.314m	-1.366m
26	S250	2,255m	433m	-9.115m	155.925m	155.021m	-0.904m
27	S260	2,345m	523m	-10.807m	156.760m	156.713m	-0.047m
28	종점	2,417m	595m	-12.167m	157.330m	157.520m	+0.190m

다. 종단 측량 결과 분석

터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.



【그림 3.21】 종단측량 분석결과

3.5 GPR 탐사

3.5.1 개요

가. 목적

GPR탐사를 이용하여 터널 라이닝 배면공동 발생여부를 파악하여 터널의 안정성 확보를 위한 제반자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

나. 탐사구간 및 일정

탐사위치 : 충남 천안시 동남구 광덕면 원덕리, 논산~천안고속도로(차령터널)

탐사기간 : 2017년 11월 21일 ~ 12월 01일

다. 탐사 내용

Span 번호.	탐사방향	측선(STA.)	GPR Line No.	조사연장
004-008	종방향 터널 상단좌측	261K138.0~261K174.0	L-1	36m
008-012	종방향 터널 상단좌측	261K174.0~261K210.0	L-2	36m
012-016	종방향 터널 상단좌측	261K210.0~261K246.0	L-3	36m
016-020	종방향 터널 상단좌측	261K246.0~261K282.0	L-4	36m
020-024	종방향 터널 상단좌측	261K282.0~261K318.0	L-5	36m
024-028	종방향 터널 상단좌측	261K318.0~261K354.0	L-6	36m
028-032	종방향 터널 상단좌측	261K354.0~261K390.0	L-7	36m
032-036	종방향 터널 상단좌측	261K390.0~261K426.0	L-8	36m
036-040	종방향 터널 상단좌측	261K426.0~261K462.0	L-9	36m
040-044	종방향 터널 상단좌측	261K462.0~261K498.0	L-10	36m
044-048	종방향 터널 상단좌측	261K498.0~261K534.0	L-11	36m
048-052	종방향 터널 상단좌측	261K534.0~261K570.0	L-12	36m
052-056	종방향 터널 상단좌측	261K570.0~261K606.0	L-13	36m
056-060	종방향 터널 상단좌측	261K606.0~261K642.0	L-14	36m
060-064	종방향 터널 상단좌측	261K642.0~261K678.0	L-15	36m
064-068	종방향 터널 상단좌측	261K678.0~261K714.0	L-16	36m
068-072	종방향 터널 상단좌측	261K714.0~261K750.0	L-17	36m
072-076	종방향 터널 상단좌측	261K750.0~261K786.0	L-18	36m
076-080	종방향 터널 상단좌측	261K786.0~261K822.0	L-19	36m
080-084	종방향 터널 상단좌측	261K822.0~261K866.0	L-20	44m

Span 번호.	탐사방향	측선(STA.)	GPR Line No.	조사연장
084-088	종방향 터널 상단좌측	261K866.0~261K905.0	L-21	39m
088-092	종방향 터널 상단좌측	261K905.0~261K941.0	L-22	36m
092-096	종방향 터널 상단좌측	261K941.0~261K977.0	L-23	36m
096-100	종방향 터널 상단좌측	261K977.0~262K013.0	L-24	36m
100-104	종방향 터널 상단좌측	262K013.0~262K049.0	L-25	36m
104-108	종방향 터널 상단좌측	262K049.0~262K085.0	L-26	36m
108-112	종방향 터널 상단좌측	262K085.0~262K121.0	L-27	36m
112-116	종방향 터널 상단좌측	262K121.0~262K157.0	L-28	36m
116-120	종방향 터널 상단좌측	262K157.0~262K193.0	L-29	36m
120-124	종방향 터널 상단좌측	262K193.0~262K229.0	L-30	36m
124-128	종방향 터널 상단좌측	262K229.0~262K265.0	L-31	36m
128-132	종방향 터널 상단좌측	262K265.0~262K301.0	L-32	36m
132-136	종방향 터널 상단좌측	262K301.0~262K337.0	L-33	36m
136-140	종방향 터널 상단좌측	262K337.0~262K370.0	L-34	33m
140-144	종방향 터널 상단좌측	262K370.0~262K409.0	L-35	39m
144-148	종방향 터널 상단좌측	262K409.0~262K446.0	L-36	37m
148-152	종방향 터널 상단좌측	262K446.0~262K480.0	L-37	34m
152-156	종방향 터널 상단좌측	262K480.0~262K516.0	L-38	36m
156-160	종방향 터널 상단좌측	262K516.0~262K552.0	L-39	36m
160-164	종방향 터널 상단좌측	262K552.0~262K588.0	L-40	36m
164-168	종방향 터널 상단좌측	262K588.0~262K624.0	L-41	36m
168-172	종방향 터널 상단좌측	262K624.0~262K660.0	L-42	36m
172-176	종방향 터널 상단좌측	262K660.0~262K696.0	L-43	36m
176-180	종방향 터널 상단좌측	262K696.0~262K732.0	L-44	36m
180-184	종방향 터널 상단좌측	262K732.0~2612K768.0	L-45	36m
184-188	종방향 터널 상단좌측	262K768.0~262K804.0	L-46	36m
188-192	종방향 터널 상단좌측	262K804.0~262K840.0	L-47	36m
192-196	종방향 터널 상단좌측	262K840.0~262K876.0	L-48	36m
196-200	종방향 터널 상단좌측	262K876.0~262K912.0	L-49	36m
200-204	종방향 터널 상단좌측	262K912.0~262K948.0	L-50	36m
204-208	종방향 터널 상단좌측	262K948.0~262K988.0	L-51	40m
208-212	종방향 터널 상단좌측	262K988.0~263K021.0	L-52	33m
212-216	종방향 터널 상단좌측	263K021.0~263K054.0	L-53	33m
216-220	종방향 터널 상단좌측	263K054.0~263K090.0	L-54	36m
220-224	종방향 터널 상단좌측	263K090.0~263K126.0	L-55	36m
224-228	종방향 터널 상단좌측	263K126.0~263K162.0	L-56	36m

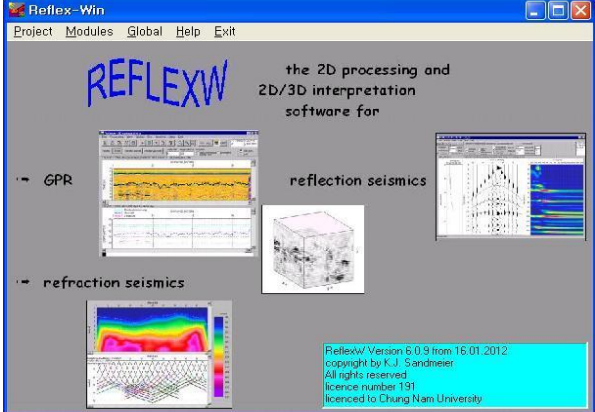
Span 번호.	탐사방향	측선(STA.)	GPR Line No.	조사연장
228-232	종방향 터널 상단좌측	263K162.0~263K198.0	L-57	36m
232-236	종방향 터널 상단좌측	263K198.0~263K234.0	L-58	36m
236-240	종방향 터널 상단좌측	263K234.0~263K270.0	L-59	36m
240-244	종방향 터널 상단좌측	263K270.0~263K306.0	L-60	36m
244-248	종방향 터널 상단좌측	263K306.0~263K342.0	L-61	36m
248-252	종방향 터널 상단좌측	263K342.0~263K378.0	L-62	36m
252-256	종방향 터널 상단좌측	263K378.0~263K414.0	L-63	36m
256-260	종방향 터널 상단좌측	263K414.0~263K450.0	L-64	36m
260-264	종방향 터널 상단좌측	263K450.0~263K486.0	L-65	36m
264-266	종방향 터널 상단좌측	263K486.0~263K504.0	L-66	18m
004-008	종방향 터널 상단중심	261K138.0~261K174.0	C-1	36m
008-012	종방향 터널 상단중심	261K174.0~261K210.0	C-2	36m
012-016	종방향 터널 상단중심	261K210.0~261K246.0	C-3	36m
016-020	종방향 터널 상단중심	261K246.0~261K282.0	C-4	36m
020-024	종방향 터널 상단중심	261K282.0~261K318.0	C-5	36m
024-028	종방향 터널 상단중심	261K318.0~261K354.0	C-6	36m
028-032	종방향 터널 상단중심	261K354.0~261K390.0	C-7	36m
032-036	종방향 터널 상단중심	261K390.0~261K426.0	C-8	36m
036-040	종방향 터널 상단중심	261K426.0~261K462.0	C-9	36m
040-044	종방향 터널 상단중심	261K462.0~261K498.0	C-10	36m
044-048	종방향 터널 상단중심	261K498.0~261K534.0	C-11	36m
048-052	종방향 터널 상단중심	261K534.0~261K570.0	C-12	36m
052-056	종방향 터널 상단중심	261K570.0~261K606.0	C-13	36m
056-060	종방향 터널 상단중심	261K606.0~261K642.0	C-14	36m
060-064	종방향 터널 상단중심	261K642.0~261K678.0	C-15	36m
064-068	종방향 터널 상단중심	261K678.0~261K714.0	C-16	36m
068-072	종방향 터널 상단중심	261K714.0~261K750.0	C-17	36m
072-076	종방향 터널 상단중심	261K750.0~261K786.0	C-18	36m
076-080	종방향 터널 상단중심	261K786.0~261K822.0	C-19	36m
080-084	종방향 터널 상단중심	261K822.0~261K866.0	C-20	44m
084-088	종방향 터널 상단중심	261K866.0~261K905.0	C-21	39m
088-092	종방향 터널 상단중심	261K905.0~261K941.0	C-22	36m
092-096	종방향 터널 상단중심	261K941.0~261K977.0	C-23	36m
096-100	종방향 터널 상단중심	261K977.0~262K013.0	C-24	36m
100-104	종방향 터널 상단중심	262K013.0~262K049.0	C-25	36m
104-108	종방향 터널 상단중심	262K049.0~262K085.0	C-26	36m

Span 번호.	탐사방향	측선(STA.)	GPR Line No.	조사연장
108-112	종방향 터널 상단중심	262K085.0~262K121.0	C-27	36m
112-116	종방향 터널 상단중심	262K121.0~262K157.0	C-28	36m
116-120	종방향 터널 상단중심	262K157.0~262K193.0	C-29	36m
120-124	종방향 터널 상단중심	262K193.0~262K229.0	C-30	36m
124-128	종방향 터널 상단중심	262K229.0~262K265.0	C-31	36m
128-132	종방향 터널 상단중심	262K265.0~262K301.0	C-32	36m
132-136	종방향 터널 상단중심	262K301.0~262K337.0	C-33	36m
136-140	종방향 터널 상단중심	262K337.0~262K370.0	C-34	33m
140-144	종방향 터널 상단중심	262K370.0~262K409.0	C-35	39m
144-148	종방향 터널 상단중심	262K409.0~262K446.0	C-36	37m
148-152	종방향 터널 상단중심	262K446.0~262K480.0	C-37	34m
152-156	종방향 터널 상단중심	262K480.0~262K516.0	C-38	36m
156-160	종방향 터널 상단중심	262K516.0~262K552.0	C-39	36m
160-164	종방향 터널 상단중심	262K552.0~262K588.0	C-40	36m
164-168	종방향 터널 상단중심	262K588.0~262K624.0	C-41	36m
168-172	종방향 터널 상단중심	262K624.0~262K660.0	C-42	36m
172-176	종방향 터널 상단중심	262K660.0~262K696.0	C-43	36m
176-180	종방향 터널 상단중심	262K696.0~262K732.0	C-44	36m
180-184	종방향 터널 상단중심	262K732.0~2612K768.0	C-45	36m
184-188	종방향 터널 상단중심	262K768.0~262K804.0	C-46	36m
188-192	종방향 터널 상단중심	262K804.0~262K840.0	C-47	36m
192-196	종방향 터널 상단중심	262K840.0~262K876.0	C-48	36m
196-200	종방향 터널 상단중심	262K876.0~262K912.0	C-49	36m
200-204	종방향 터널 상단중심	262K912.0~262K948.0	C-50	36m
204-208	종방향 터널 상단중심	262K948.0~262K988.0	C-51	40m
208-212	종방향 터널 상단중심	262K988.0~263K021.0	C-52	33m
212-216	종방향 터널 상단중심	263K021.0~263K054.0	C-53	33m
216-220	종방향 터널 상단중심	263K054.0~263K090.0	C-54	36m
220-224	종방향 터널 상단중심	263K090.0~263K126.0	C-55	36m
224-228	종방향 터널 상단중심	263K126.0~263K162.0	C-56	36m
228-232	종방향 터널 상단중심	263K162.0~263K198.0	C-57	36m
232-236	종방향 터널 상단중심	263K198.0~263K234.0	C-58	36m
236-240	종방향 터널 상단중심	263K234.0~263K270.0	C-59	36m
240-244	종방향 터널 상단중심	263K270.0~263K306.0	C-60	36m
244-248	종방향 터널 상단중심	263K306.0~263K342.0	C-61	36m
248-252	종방향 터널 상단중심	263K342.0~263K378.0	C-62	36m

Span 번호.	탐사방향	측선(STA.)	GPR Line No.	조사연장
252-256	종방향 터널 상단중심	263K378.0~263K414.0	C-63	36m
256-260	종방향 터널 상단중심	263K414.0~263K450.0	C-64	36m
260-264	종방향 터널 상단중심	263K450.0~263K486.0	C-65	36m
264-266	종방향 터널 상단중심	263K486.0~263K504.0	C-66	18m
004-008	종방향 터널 상단우측	261K138.0~261K174.0	R-1	36m
008-012	종방향 터널 상단우측	261K174.0~261K210.0	R-2	36m
012-016	종방향 터널 상단우측	261K210.0~261K246.0	R-3	36m
016-020	종방향 터널 상단우측	261K246.0~261K282.0	R-4	36m
020-024	종방향 터널 상단우측	261K282.0~261K318.0	R-5	36m
024-028	종방향 터널 상단우측	261K318.0~261K354.0	R-6	36m
028-032	종방향 터널 상단우측	261K354.0~261K390.0	R-7	36m
032-036	종방향 터널 상단우측	261K390.0~261K426.0	R-8	36m
036-040	종방향 터널 상단우측	261K426.0~261K462.0	R-9	36m
040-044	종방향 터널 상단우측	261K462.0~261K498.0	R-10	36m
044-048	종방향 터널 상단우측	261K498.0~261K534.0	R-11	36m
048-052	종방향 터널 상단우측	261K534.0~261K570.0	R-12	36m
052-056	종방향 터널 상단우측	261K570.0~261K606.0	R-13	36m
056-060	종방향 터널 상단우측	261K606.0~261K642.0	R-14	36m
060-064	종방향 터널 상단우측	261K642.0~261K678.0	R-15	36m
064-068	종방향 터널 상단우측	261K678.0~261K714.0	R-16	36m
068-072	종방향 터널 상단우측	261K714.0~261K750.0	R-17	36m
072-076	종방향 터널 상단우측	261K750.0~261K786.0	R-18	36m
076-080	종방향 터널 상단우측	261K786.0~261K822.0	R-19	36m
080-084	종방향 터널 상단우측	261K822.0~261K866.0	R-20	44m
084-088	종방향 터널 상단우측	261K866.0~261K905.0	R-21	39m
088-092	종방향 터널 상단우측	261K905.0~261K941.0	R-22	36m
092-096	종방향 터널 상단우측	261K941.0~261K977.0	R-23	36m
096-100	종방향 터널 상단우측	261K977.0~262K013.0	R-24	36m
100-104	종방향 터널 상단우측	262K013.0~262K049.0	R-25	36m
104-108	종방향 터널 상단우측	262K049.0~262K085.0	R-26	36m
108-112	종방향 터널 상단우측	262K085.0~262K121.0	R-27	36m
112-116	종방향 터널 상단우측	262K121.0~262K157.0	R-28	36m
116-120	종방향 터널 상단우측	262K157.0~262K193.0	R-29	36m
120-124	종방향 터널 상단우측	262K193.0~262K229.0	R-30	36m
124-128	종방향 터널 상단우측	262K229.0~262K265.0	R-31	36m
128-132	종방향 터널 상단우측	262K265.0~262K301.0	R-32	36m

Span 번호.	탐사방향	측선(STA.)	GPR Line No.	조사연장
132-136	종방향 터널 상단우측	262K301.0~262K337.0	R-33	36m
136-140	종방향 터널 상단우측	262K337.0~262K370.0	R-34	33m
140-144	종방향 터널 상단우측	262K370.0~262K409.0	R-35	39m
144-148	종방향 터널 상단우측	262K409.0~262K446.0	R-36	37m
148-152	종방향 터널 상단우측	262K446.0~262K480.0	R-37	34m
152-156	종방향 터널 상단우측	262K480.0~262K516.0	R-38	36m
156-160	종방향 터널 상단우측	262K516.0~262K552.0	R-39	36m
160-164	종방향 터널 상단우측	262K552.0~262K588.0	R-40	36m
164-168	종방향 터널 상단우측	262K588.0~262K624.0	R-41	36m
168-172	종방향 터널 상단우측	262K624.0~262K660.0	R-42	36m
172-176	종방향 터널 상단우측	262K660.0~262K696.0	R-43	36m
176-180	종방향 터널 상단우측	262K696.0~262K732.0	R-44	36m
180-184	종방향 터널 상단우측	262K732.0~2612K768.0	R-45	36m
184-188	종방향 터널 상단우측	262K768.0~262K804.0	R-46	36m
188-192	종방향 터널 상단우측	262K804.0~262K840.0	R-47	36m
192-196	종방향 터널 상단우측	262K840.0~262K876.0	R-48	36m
196-200	종방향 터널 상단우측	262K876.0~262K912.0	R-49	36m
200-204	종방향 터널 상단우측	262K912.0~262K948.0	R-50	36m
204-208	종방향 터널 상단우측	262K948.0~262K988.0	R-51	40m
208-212	종방향 터널 상단우측	262K988.0~263K021.0	R-52	33m
212-216	종방향 터널 상단우측	263K021.0~263K054.0	R-53	33m
216-220	종방향 터널 상단우측	263K054.0~263K090.0	R-54	36m
220-224	종방향 터널 상단우측	263K090.0~263K126.0	R-55	36m
224-228	종방향 터널 상단우측	263K126.0~263K162.0	R-56	36m
228-232	종방향 터널 상단우측	263K162.0~263K198.0	R-57	36m
232-236	종방향 터널 상단우측	263K198.0~263K234.0	R-58	36m
236-240	종방향 터널 상단우측	263K234.0~263K270.0	R-59	36m
240-244	종방향 터널 상단우측	263K270.0~263K306.0	R-60	36m
244-248	종방향 터널 상단우측	263K306.0~263K342.0	R-61	36m
248-252	종방향 터널 상단우측	263K342.0~263K378.0	R-62	36m
252-256	종방향 터널 상단우측	263K378.0~263K414.0	R-63	36m
256-260	종방향 터널 상단우측	263K414.0~263K450.0	R-64	36m
260-264	종방향 터널 상단우측	263K450.0~263K486.0	R-65	36m
264-266	종방향 터널 상단우측	263K486.0~263K504.0	R-66	18m
총 조사연장	7,098m			

라. 탐사장비 및 해석소프트웨어

	
탐사장비 : MALA GPR system	해석소프트웨어 : ReflexW (ver.6.09)

【그림 3.22】 탐사장비 및 해석소프트웨어

1) 장비 제원

【표 3.69】 GPR 탐사 장비 제원

명칭	사양	제작회사
Control System	Model	MALA ProEx
	Gain	46db ± 3db
	S T C	-40db ± 3db
	Display	11 inch CRT(8 colors), 256 × 256 bit
	Number of Samples	168
	Time window	28us
	Output	20VppMAX
Antenna	Type	surface, shielded
	Frequency	500MHz
	Receive gain	19dB
	Antenna separation	0.019m
	Volume	69 × 32 × 12cm
	Source pulse	2.5nsec
	Weight	6.0kg
	Power	12 Volts, 0.27Amp

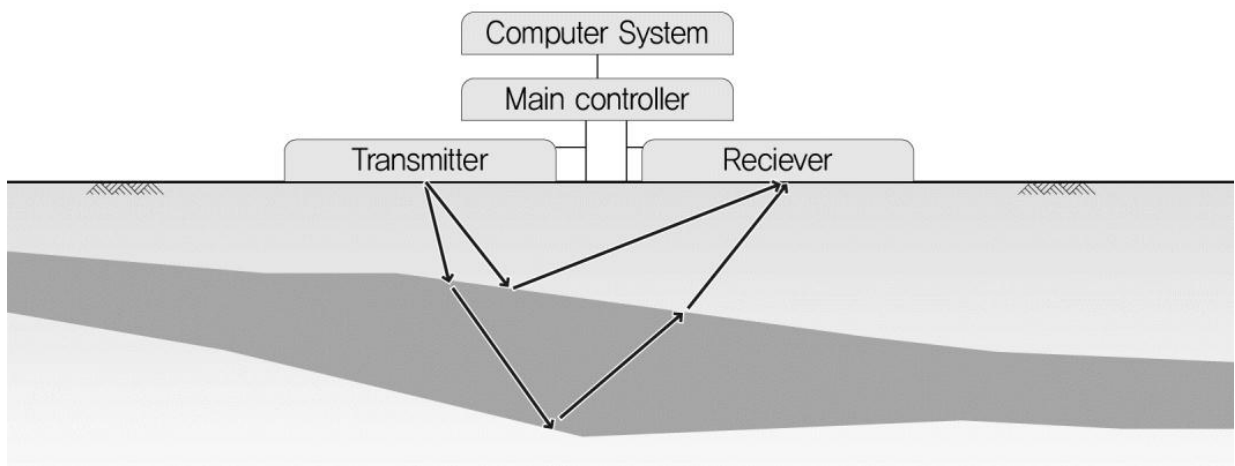


500MHz antenna

3.5.2 탐사원리 및 방법

가. 시스템의 구성요소 및 탐사 원리

GPR 시스템은 크게 송신부, 수신부, 송·수신부를 제어하는 제어부, 그리고 자료의 기록, 처리를 담당하는 컴퓨터부로 나눌 수 있다. 제어부에서는 전원을 조절하는 송·수신부에 전원 공급과 디지털 프로세싱(digital processing), 타임 시퀀싱(time sequencing) 및 컴퓨터와의 통신을 조절하는 기능을 담당한다. 송신부는 송신기와 안테나로 구성되며 제어부에서 송신 신호와 전원 공급을 받아 펄스(pulse) 형태의 전자파를 발생시켜 지반으로 방사시키는 기능을 가진다. 수신부는 수신기와 안테나로 이루어지며 제어부에서 전원 공급과 수신 시간의 제어를 통해 지하의 반사체에서 반사된 신호를 수신하여 디지털 형태로 변환시킨 후 제어부로 전송하는 역할을 담당한다. 이와 같은 GPR 시스템 구성과 탐사 원리를 <그림2.1>에 나타내었다.



【그림 3.23】 GPR 탐사 원리에 대한 모식도

나. GPR 탐사의 기초 이론

균질/등방성 매질에서의 전자기장의 전파거동을 설명하는 전자파의 기본 방정식(Helmholtz)은 다음과 같고,

$$\nabla^2 \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0$$

$$\nabla^2 \vec{H} + k^2 \vec{H} = 0$$

$$k^2 = \mu \epsilon \omega^2 - j \mu \sigma \omega$$

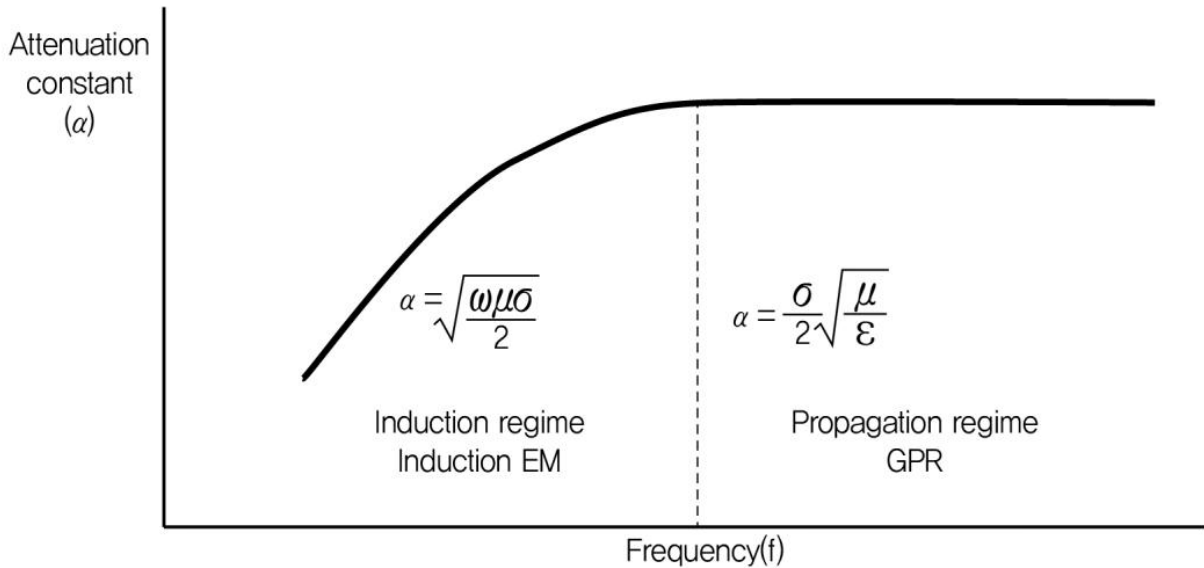
$\therefore \sigma$: 전기전도도

μ : 투자율

ϵ : 유전율

ω : 각주파수

은 $j\mu\sigma\omega$ 는 전도전류와 $\mu\epsilon\omega^2$ 은 변위전류와 관계된 항으로, k^2 에 따라서 전도전류가 우세한 유도영역과 변위전류가 우세한 전파영역으로 구분할 수 있다 【그림 3.24】.



【그림 3.24】 주파수 변화에 따른 유도영역과 변위영역

1) 유도영역

이 영역은 저주파수 대역($f < 10^5 [Hz]$) 으로 전도전류가 변위전류보다 우세한 영역 ($\mu\sigma\omega \gg \mu\epsilon\omega^2$) 이다. 지하를 구성하는 대부분의 암석의 유전율은 매우 작은 반면 ($\epsilon \approx 10\epsilon_0$), 전기전도도는 $\sigma > 10^{-3}$ 으로 상당히 크기 때문에 이 영역에서는 전자기 유도 법칙에 의해 전자기장이 결정된다.

또한 이 영역에서 전파상수는 $k = \sqrt{-j\mu\sigma\omega}$ 로 주어져 전자기장은 매질의 전기전도도에 좌우되어, Helmholtz 방정식은 다음의

$$\nabla^2 \bar{E} \doteq \mu\sigma \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} = j\mu\sigma\omega \bar{E}$$

$$\nabla^2 \bar{H} \doteq \mu\sigma \frac{\partial \bar{H}}{\partial t} = j\mu\sigma\omega \bar{H}$$

와 같은 분산 방정식이 되며, 전자탐사가 이영역에 속한다.

2) 전파영역

유도영역과 반대의 경우로 변위전류가 전도전류보다 우세한 영역 ($\mu\omega\sigma \ll \mu\epsilon\omega^2$) 으로 주파수는 $10[MHz]$ 이상이고 매질의 전기전도도가 낮은 경우가 이 영역에 속한다. 이 영역에서 전파상수는 $k \doteq \sqrt{\mu\epsilon\omega^2}$ 로 주어지며 전자기장은 주로 매질의 유전율에 좌우된다. 따라서 Helmholtz 방정식은 다음의

$$\nabla^2 \overline{E} \doteq \mu\epsilon \frac{\partial^2 \overline{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \overline{H} \doteq \mu\epsilon \frac{\partial^2 \overline{H}}{\partial t^2}$$

와 같은 파동방정식으로 표현되어질 수 있으며, GPR 탐사가 이 영역에 속한다.

3) 전파영역에서의 전자파의 감쇠 및 속도

【그림 3.24】에서와 같이 전기전도도가 σ 인 균일매질을 z 방향으로 전파하는 평면 전자기파에서 전기장은 x 성분만이 존재하고 자기장은 y 성분만 존재한다면, Helmholtz 방정식의 해는

$$E_x(z, t) = E_0 e^{j(\omega t - kz)} = E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{j\omega t}$$

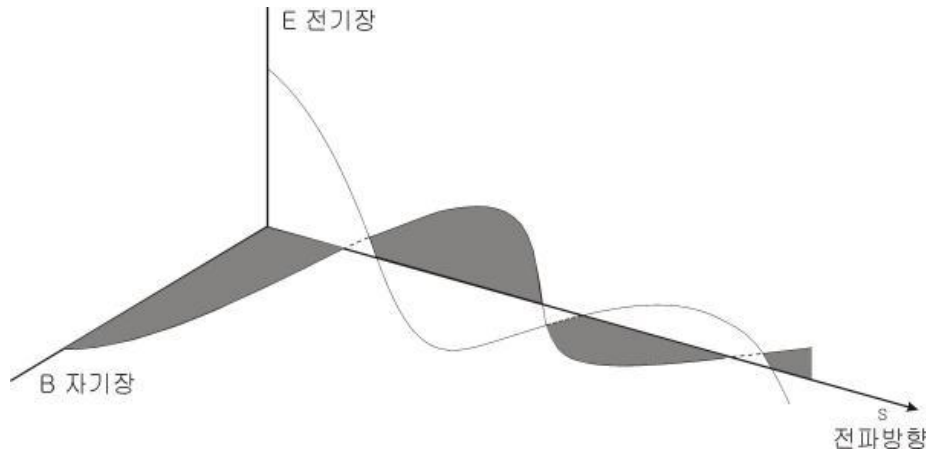
$$H_y(z, t) = \frac{1}{\eta} E_0 e^{-\alpha z} e^{-j\beta z} e^{j\omega t}$$

와 같이 주어진다. 여기서 E_0 는 $z = 0$ 인 점에서의 전기장의 크기이고, $\eta = \sqrt{\frac{\omega\mu}{k}}$ 는 고유 임피던스이며, 단위는 $[\Omega]$ 이다. 진공 중에서의 고유 임피던스 $\eta_0 = 120\pi [\Omega]$ 이다. 또한 α [dB/m] 는 감쇠상수 (attenuation constant) 이고, β [rad/m] 는 위상상수 (phase constant) 로 다음과 같다.

$$\alpha = \omega \sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\epsilon^2 \omega^2}} - 1 \right)}$$

$$\beta = \omega \sqrt{\frac{\mu\epsilon}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{\sigma^2}{\epsilon^2 \omega^2}} + 1 \right)}$$

이는 전자기파가 전파하면서 그 진폭이 감쇠한다는 것을 의미하며, 이 때 감쇠된 에너지는 열로 발산된다.



【그림 3.25】 균질/등방성 매질에서의 전자기파의 전파양상 모식도

고주파수 대역의 전자기파를 이용하는 GPR 탐사에서 전자파의 거동 특성 중 주된 관심은 파의 감쇠와 속도이고, 이 전파영역에서의 감쇠상수 및 위상상수는

$$\alpha = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} \text{ [dB/m]}, \quad \beta = \omega \sqrt{\mu \epsilon} \text{ [rad/m]}$$

로 표현할 수 있다.

또한 지하를 구성하는 암석의 투자율을 진공에서의 값과 같다고 가정하면 ($\mu = \mu_0$), 전자파의 속도 (v) 는

$$v = \frac{\omega}{\beta} = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon}} = \frac{c}{\epsilon_r} = \frac{0.3}{\epsilon_r} \text{ [m/nsec]}$$

이 되며, 이때 $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ 로 상대유전율, c 는 진공에서의 전자파의 속도로 0.3 [m/nsec] 이다.

한편 전자파의 파장 (λ) 은

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{300}{f \sqrt{\epsilon_r}} \text{ [m]}$$

로 f 의 단위는 [MHz] 이다.

지하를 구성하는 암석의 상대 유전율은 대개 3 ~ 30 의 정도의 값을 가지므로 전자파의 속도는 0.06 ~ 0.175 [m/nsec] 이며, 표 1 은 암석 및 각종 물질에서의 상대 유전율 및 전자파의 속도를 나타낸 것이다.

물의 상대율은 80 으로 다른 물질에 비하여 대단히 크다. 따라서 지하 매질 내에 분포하는 수분의 함량은 전자파의 거동에 커다란 영향을 미치게 되고, 매질의 전도도가 클수록, 유전율이 작을수록 감쇠가 심하며, 전파속도는 단지 매질의 유전율에 좌우됨을 알 수 있다.

지하로 전파해 가는 전자파의 감쇠요인은 대략 3 가지로 나누어진다. 우선 GPR 탐사에서 이용하는 송신 안테나는 점원 (point source) 이므로 송신원에서 90° 의 원뿔 형태로 전파한다. 따라서 송신 안테나로부터 거리가 증가함에 따라 신호의 크기는 $\frac{1}{r}$ 의 비율로 감소한다. 또한 앞서 설명한 감쇠상수에 의하여 에너지의 일부가 열로 변환되면서 신호의 크기가 감쇠하며, 이를 흡수라 한다. 마지막으로 경계면에서 발생하는 전자파의 반사 및 투과에 의한 에너지 손실이 있다. 수직입사를 가정할 때 반사계수 K 와 투과계수 T 는

$$K = \frac{\sqrt{\epsilon_2} - \sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_2} + \sqrt{\epsilon_1}} , \quad T = 1 - K$$

이고, 여기서 ϵ_1 , ϵ_2 는 경계면 양쪽에서의 상대유전율이다. 따라서 각종 지질잡음 (미세 불균질물) 이 많은 지역의 경우, GPR 탐사의 가탐심도는 작아진다.

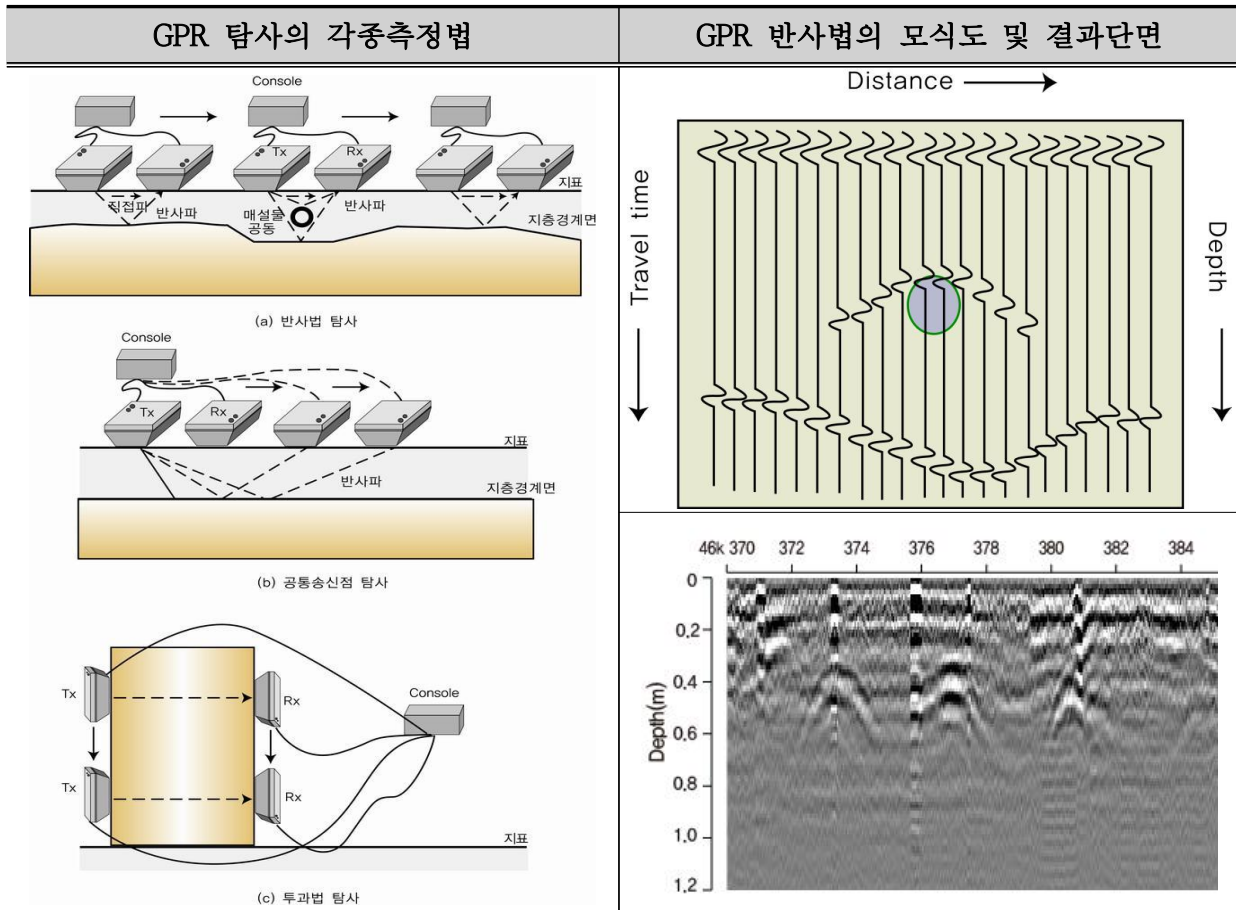
【표 3.70】 여러 물질들에 대한 상대유전율과 전자기파의 속도 (Reynolds, 1997)

[v esdnl : mm/sec]

물 질	ϵ_r	v	물 질	ϵ_r	v
공 기	1	300	젖은 모래	25~30	55~60
담 수	81	33	젖은 실트	10	95
해 수	81	33	젖은 점토	8~15	86~110
얼 음	3.2	167	마른 점토	3	173
마른 해안모래	10	95	늪 지	12	86
마른 모래	36	120~170	농경지역	15	77
일반 토양	16	75	젖은 사암	6	112
화강암	5~8	106~120	석 탄	4~5	134~150
석회암	7~9	100~113	석 영	4.3	145
돌로마이트	6.8~8	106~115	콘크리트	6~30	55~112
젖은 현무암	8	106	아스팔트	3~5	134~173
젖은 셰일	7	113	PVC, 에폭시, 폴리에스틸	3	173

다. 탐사방법

GPR 탐사방법에는 반사법(reflection) 탐사, 공통중간점(CMP, Common Mid Point)/공통 송신점(csp, Common Shot Point) 탐사, 투과법(Transillumination) 탐사로 세 가지가 있으며 이에 대한 개략적인 모식도가 【그림 3.26】에 나타나 있다.



【그림 3.26】 탐사 모식도

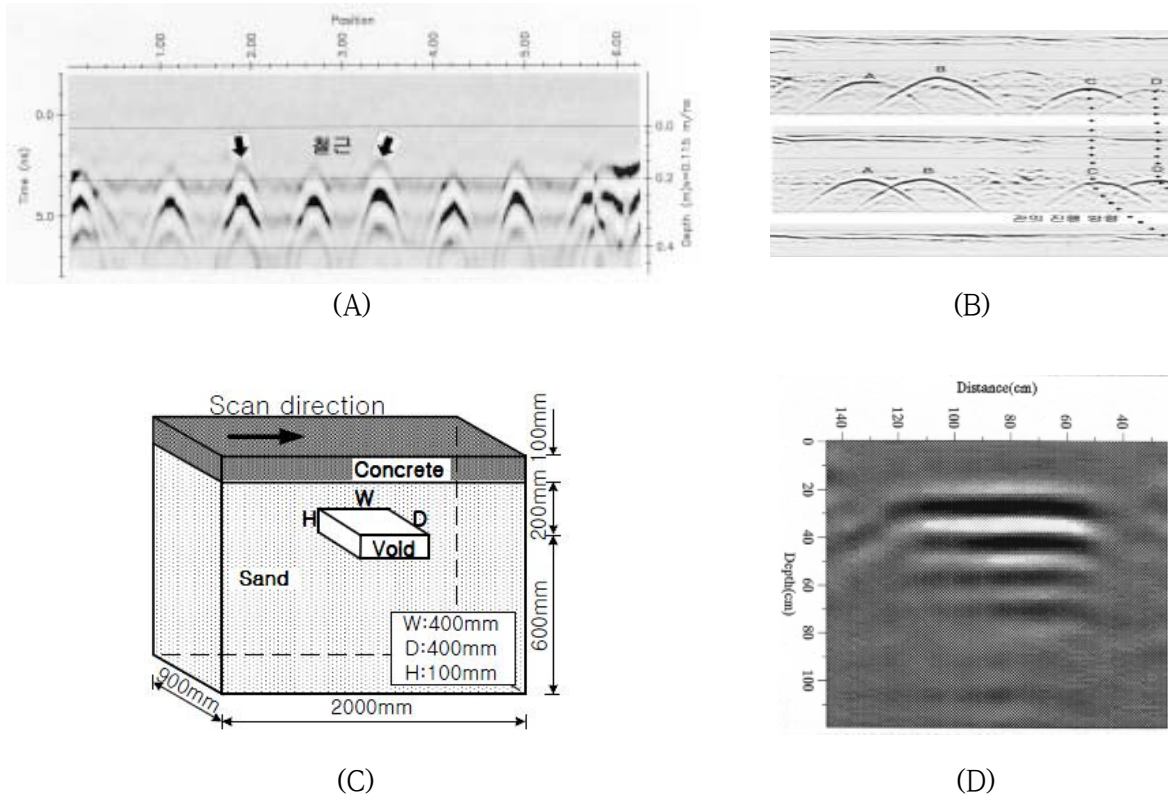
먼저, 반사법 탐사는 송수신 안테나의 거리를 일정하게 유지시키면서 측선을 따라 지표에서 탐사를 수행하여 지하 단면을 영상화하는 방법이다. 반사법탐사는 철근, 상하수도, 케이블 등의 매설물이나 지하공동과 같이 주변매질과 독립된 이상체, 또는 지하수면, 기반암 등의 연속된 지층 경계면을 영상화하는데 가장 많이 적용되는 탐사방법으로 이를 통해 지하 단면을 영상화하는 방법이 【그림 3.26】에 나타나 있다.

다음으로 공통중간점/송신점 탐사는 송수신 안테나의 거리를 일정하게 벌려가면서 탐사를 수행한다. 공통 중간점/송신점 탐사는 송수신 안테나의 간격이 멀어짐에 따라 지하 매질에서 반사되어 오는 레이다 파의 거리가 멀어지는데 이때 송수신 안테나의 거리와 전파 시간

과의 관계를 통해 지하매질의 속도를 추정하는데 사용된다.

투과법 탐사에서는 지표와 터널사이의 지반조사, 또는 기둥, 보, 교각 같은 구조물의 비파괴 검사와 같이 송신 안테나는 매질의 한쪽에 수신 안테나는 반대쪽에 위치시켜서 탐사를 수행한다.

1) GPR 탐사결과 단면예



라. 자료 처리

GPR 탐사법의 자료처리 과정은 대부분의 경우 탄성과 반사법 자료처리 과정과 매우 흡사

하다. 일반적으로 적용될 수 있는 GPR 탐사자료의 처리 과정은 다음과 같다.

① 데이터 편집

현장에서 GPR탐사를 수행할 때 불규칙한 지형 및 장애물 등에 의해 연속적인 탐사가 어려운 경우 편의에 따라 분할된 측선마다 각각의 파일을 얻게 되며 장비의 기능 및 특성상 부득이하게 별도의 파일로 관리하는 경우가 발생할 수 있으므로, 수집된 현장 데이터는 분석 및 보고서 작성 시 편의를 위하여 사전에 데이터를 재편집할 필요가 있다.

② 신호포화보정

탐사 신호 중의 초기 시간대에는 지하매질을 전파, 반사된 신호가 아닌 공기를 통해 수신된 직접파가 기록되게 된다. 이러한 공기 중을 통해온 신호는 관심의 대상이 아니므로 제거되어야 하는데 이러한 처리과정을 DEWOW 또는 신호포화보정이라고 한다.

③ 필터링

노이즈를 제거하고 원래의 반사 신호를 강조하는 작업을 필터링이라고 하는데 이들을 제거하는 데에는 여러 가지 필터가 적용되고있다. 상관필터는 크게 자기상관필터와 상호상관 필터로 나눌 수 있는 자기상관 필터는 자료의 시간 도면에서 획득된 반사 신호를 그 자신으로 콘볼루션(Convolution)시키는 과정에서 그 결과 두드러진 반사면은 더욱 강조가 되어 보기가 쉬어지고 잡음 신호는 감쇠되며 다중 반사파 등을 제거할 수 있다.

④ 스펙트럼 분석

자료 처리의 목적은 신호 대 잡음비(S/N ratio)를 높이는데 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 자료의 주파수 성분을 확인하여 잡음대역을 알아내고 잡음의 감쇠 또는 제거를 위해 적절한 처리를 적용하는 것이 필요하며 이를 스펙트럼분석이라고 한다.

⑤ 고도보정

송신부와 수신부, 샘플링 간격사이의 고도차, 저속도층의 풍화 정도에 따르는 전자파의 속도변화, 지층의 두께 등에 따라 생기게 되는 반사 주파수의 변화를 보정 해주는 것을 고도보정(Static Correction)이라 한다. 공기 파동에 의하여 GPR탐사 단면이 평탄하게 나타나면 표면 고도와 속도 고도 효과를 고려하지 않는다.

⑥ 구조보정

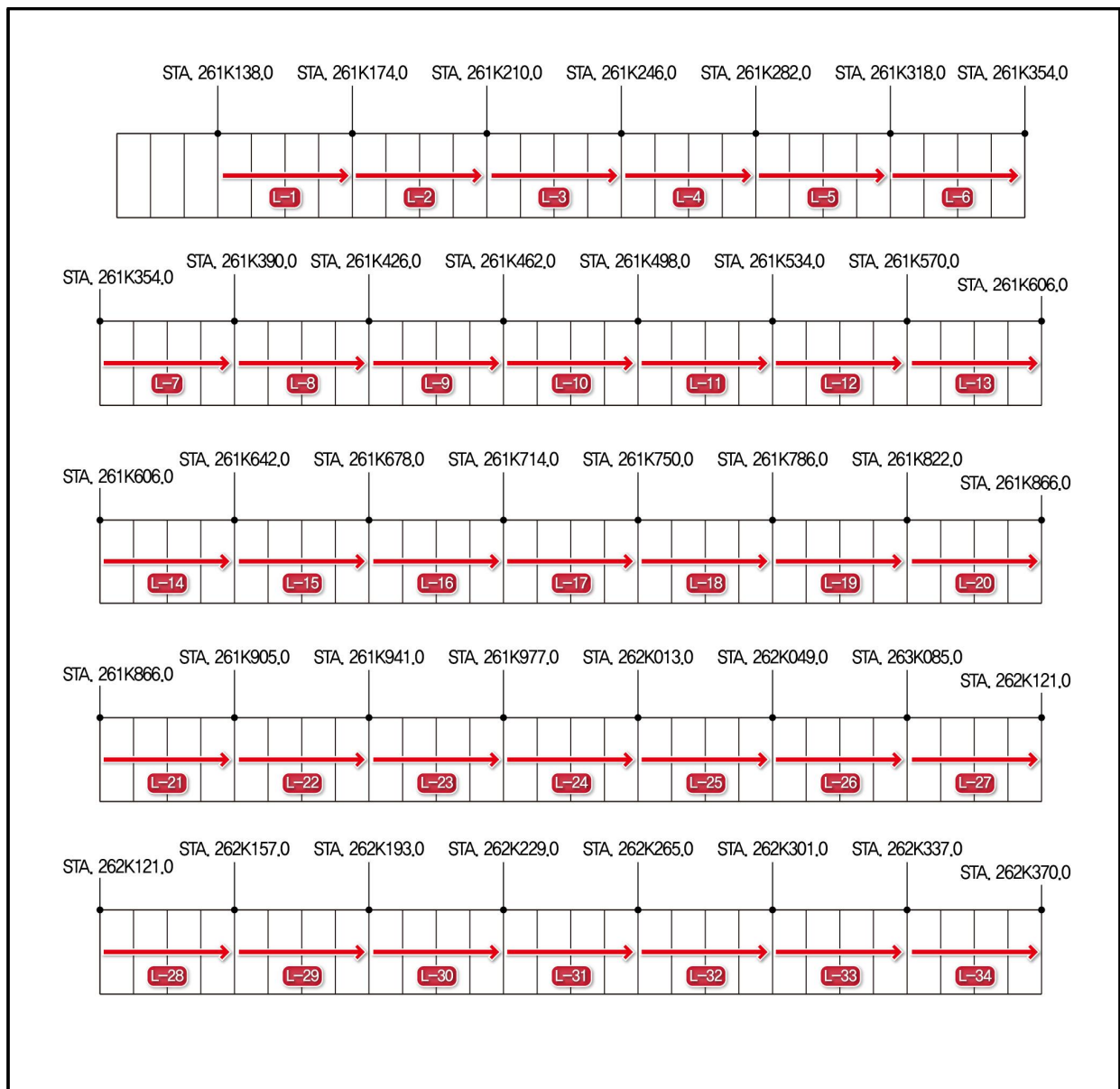
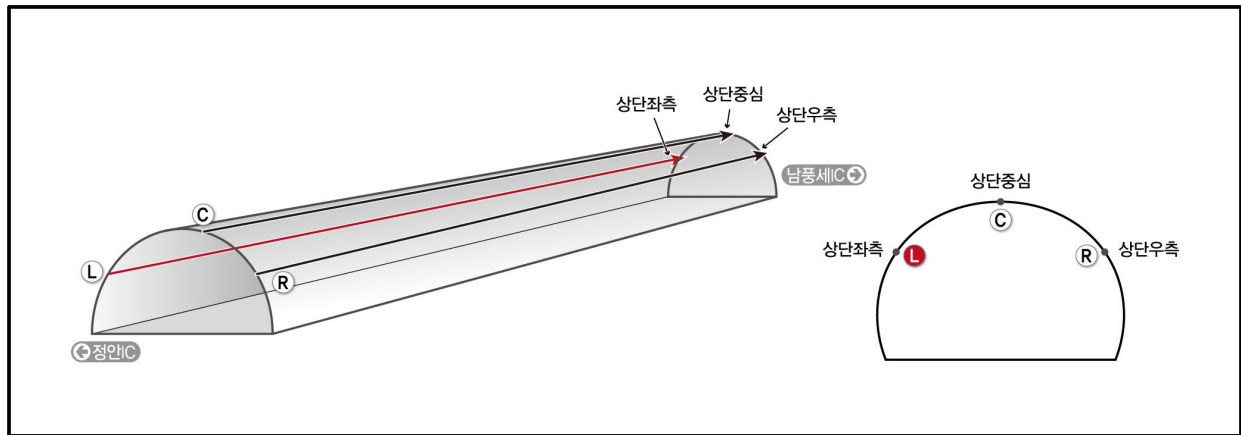
반사체가 경사를 이루고 있다면 전자파가 수직으로 전파, 반사한 실제의 위치가 왜곡되게 나타나 그 경사가 실제보다 완만하게 보이며 경사가 약 60° 이상일 경우의 반사체는 탐지되지 않는다. 결국, 구조보정은 이러한 반사체의 위치를 원위치로 하고 그 경사를 진경사로 만드는 자료 처리기술이다.

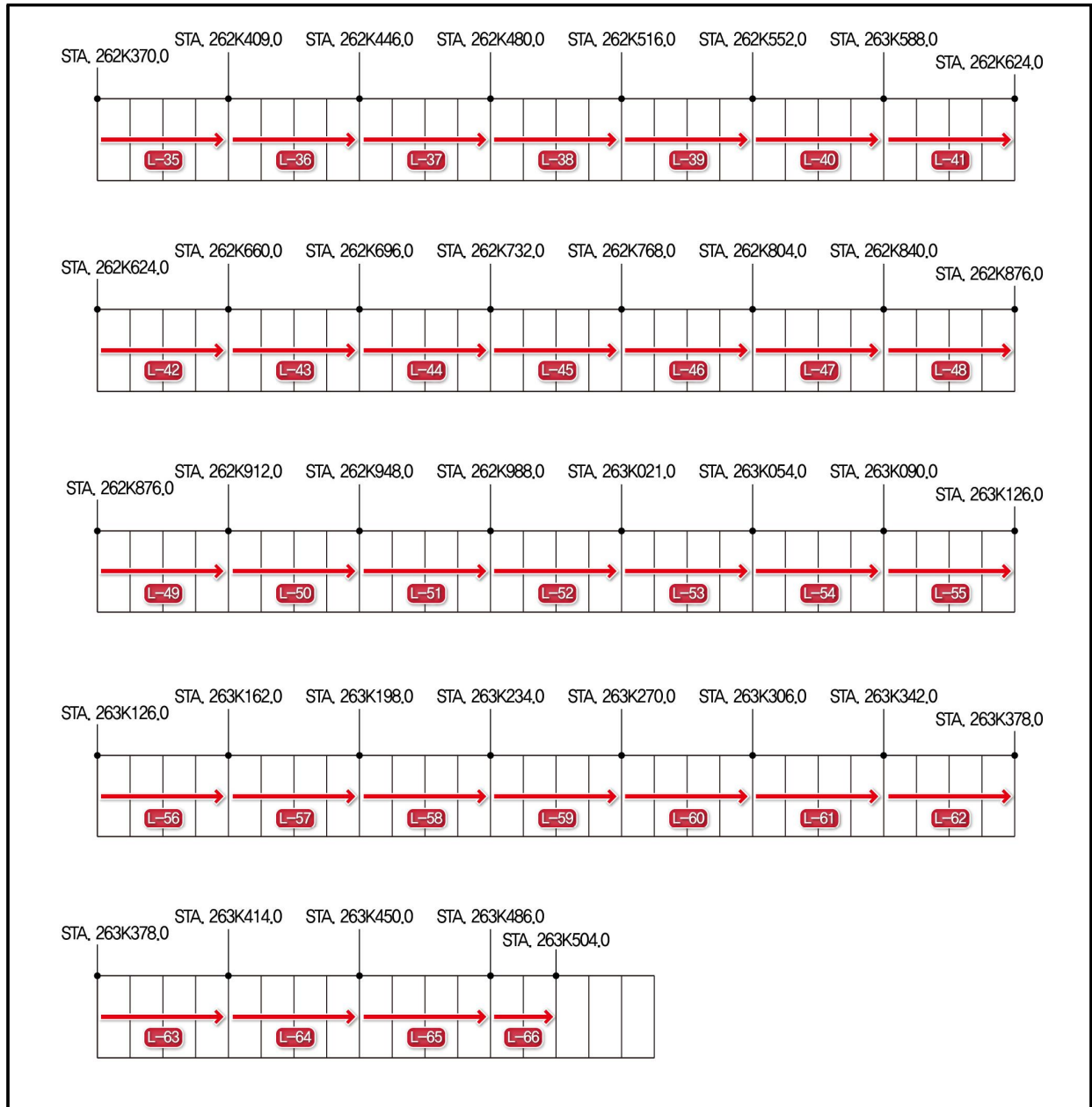
⑦ 이득보정

전자파 에너지는 매질 내를 전파할 때 전자파원으로부터 구형발상에 의한 진폭의 감쇠가 일어나는데 매질의 전기 전도도 등 여러 가지 요인에 의해 감쇠가 일어나 일반적으로 탐사자료의 후기 시간대 신호는 전기 시간대의 신호에 비해 대단히 미약하게 된다. 그러

나. 터널 종방향 상단좌측

1) 측선설정

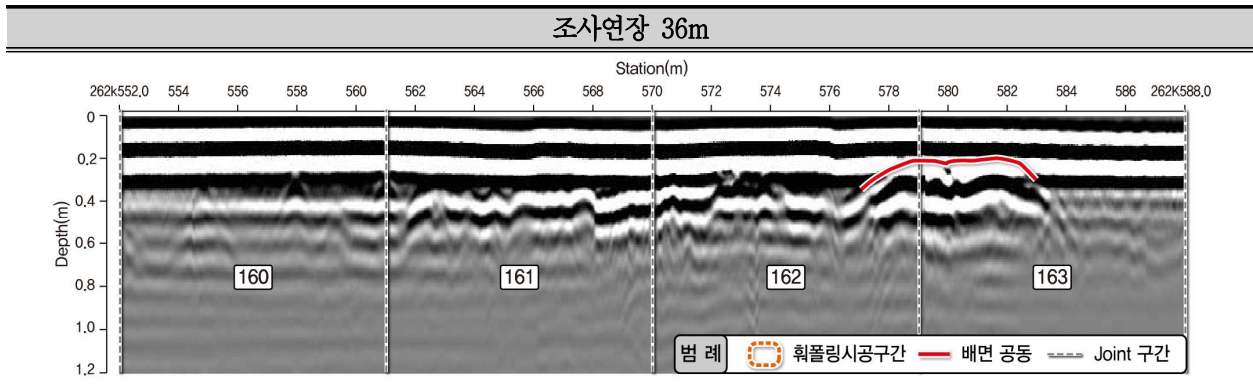




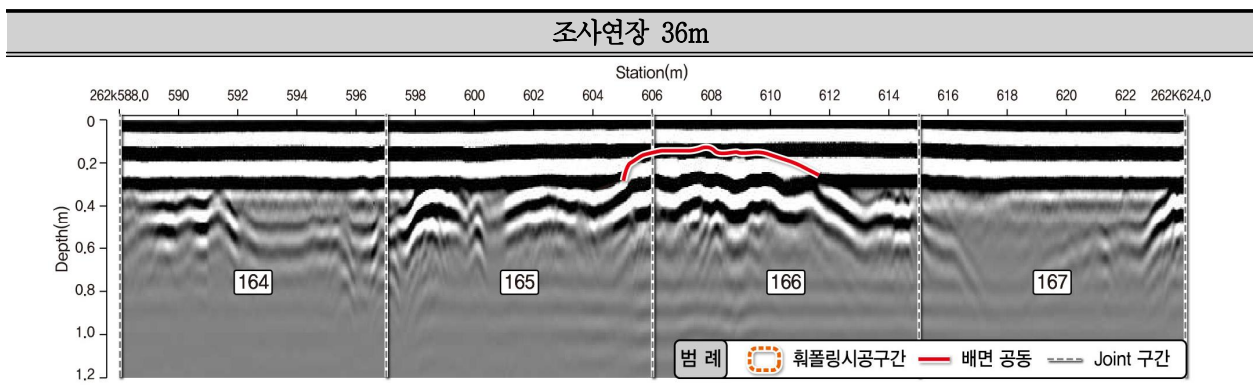
2) 공동 탐지 축선

공동 탐지 축선	공동 위치(STA.)
L-40	262k 578.0 ~ 262k 582.0
L-41	262k 606.0 ~ 262k 610.0
L-51	262k 957.0 ~ 262k 961.0
L-51	262k 973.0 ~ 262k 977.0
L-59	263k 261.0 ~ 263.k 265.0

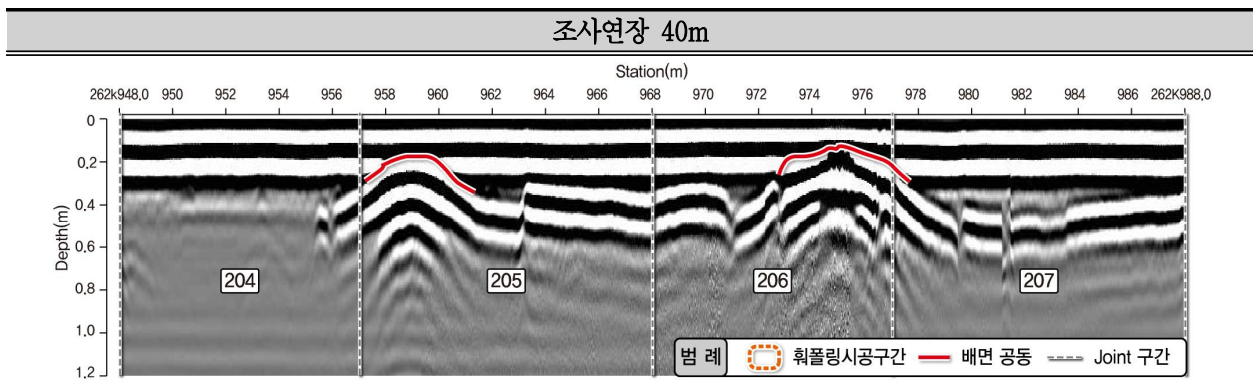
① L-40(STA. 262K552.0 ~ 262K588.0)



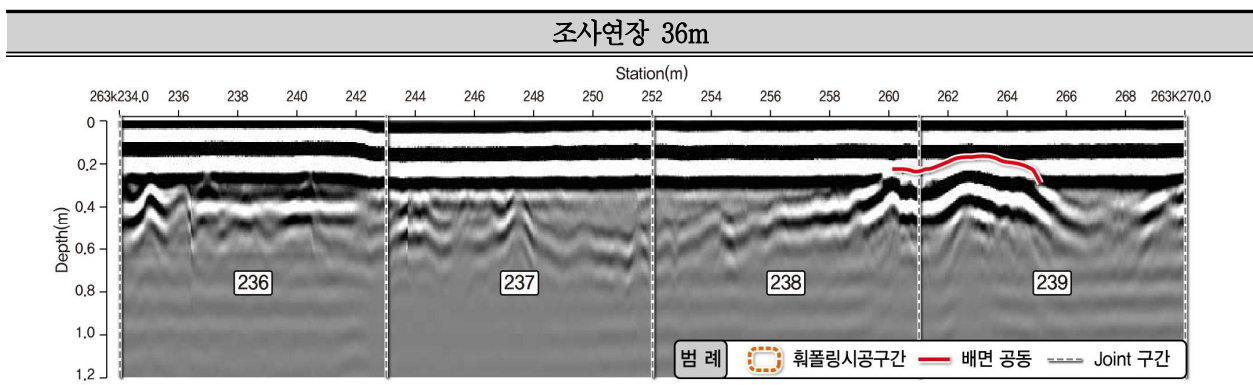
② L-41(STA. 262K588.0 ~ 262K624.0)



③ L-51(STA. 262K948.0 ~ 262K988.0)



④ L-59(STA. 263K234.0 ~ 263K270.0)



3) 성과분석

STA.261k138.0 ~ 263k504.0구간의 종방향으로 천단부 좌측 1개소를 설정하여 탐사한 결과임

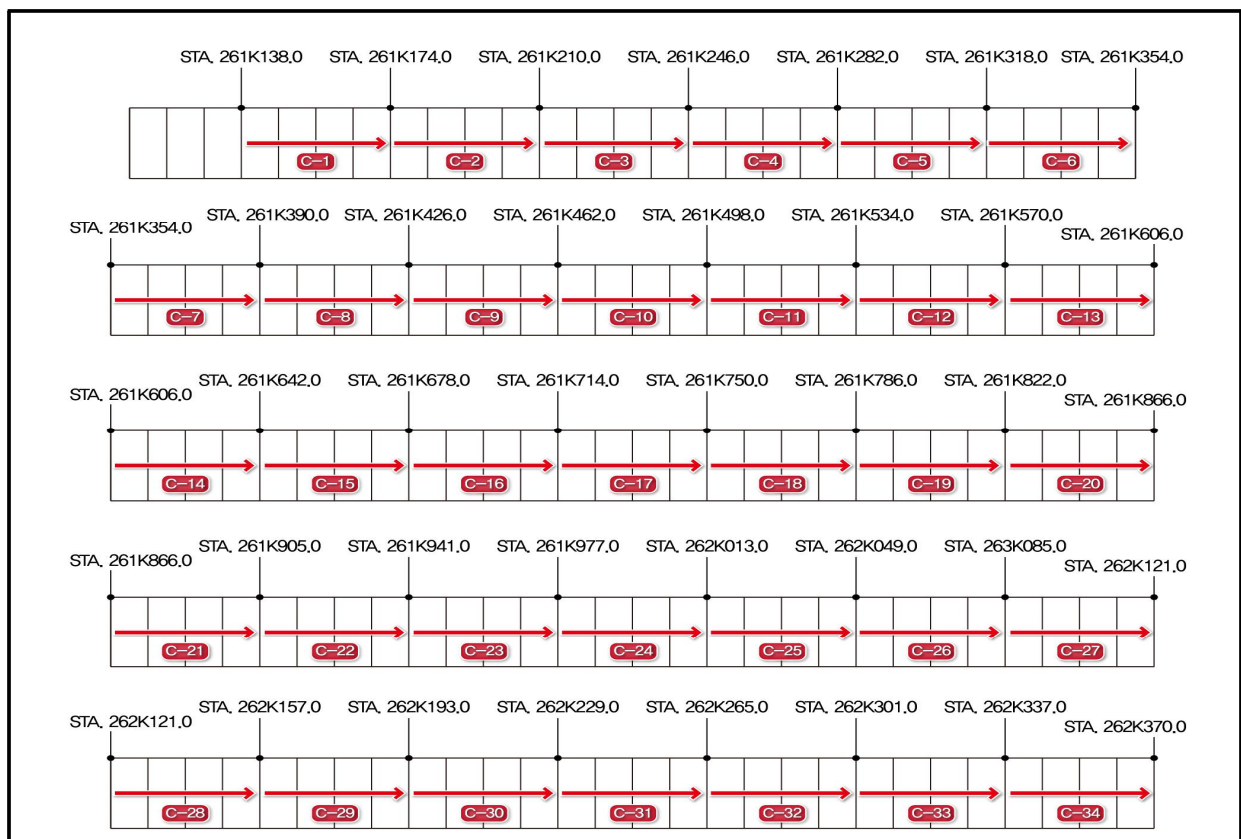
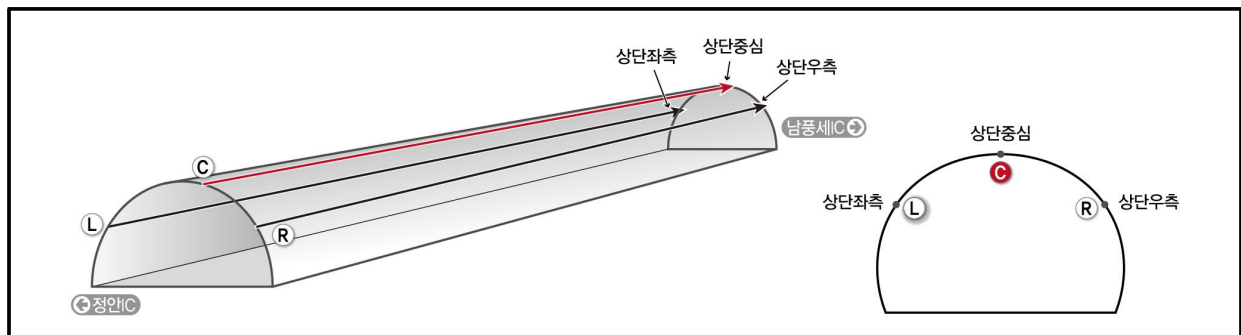
탐사결과 라이닝두께는 대체로 0.2~0.7m 내외로 나타남

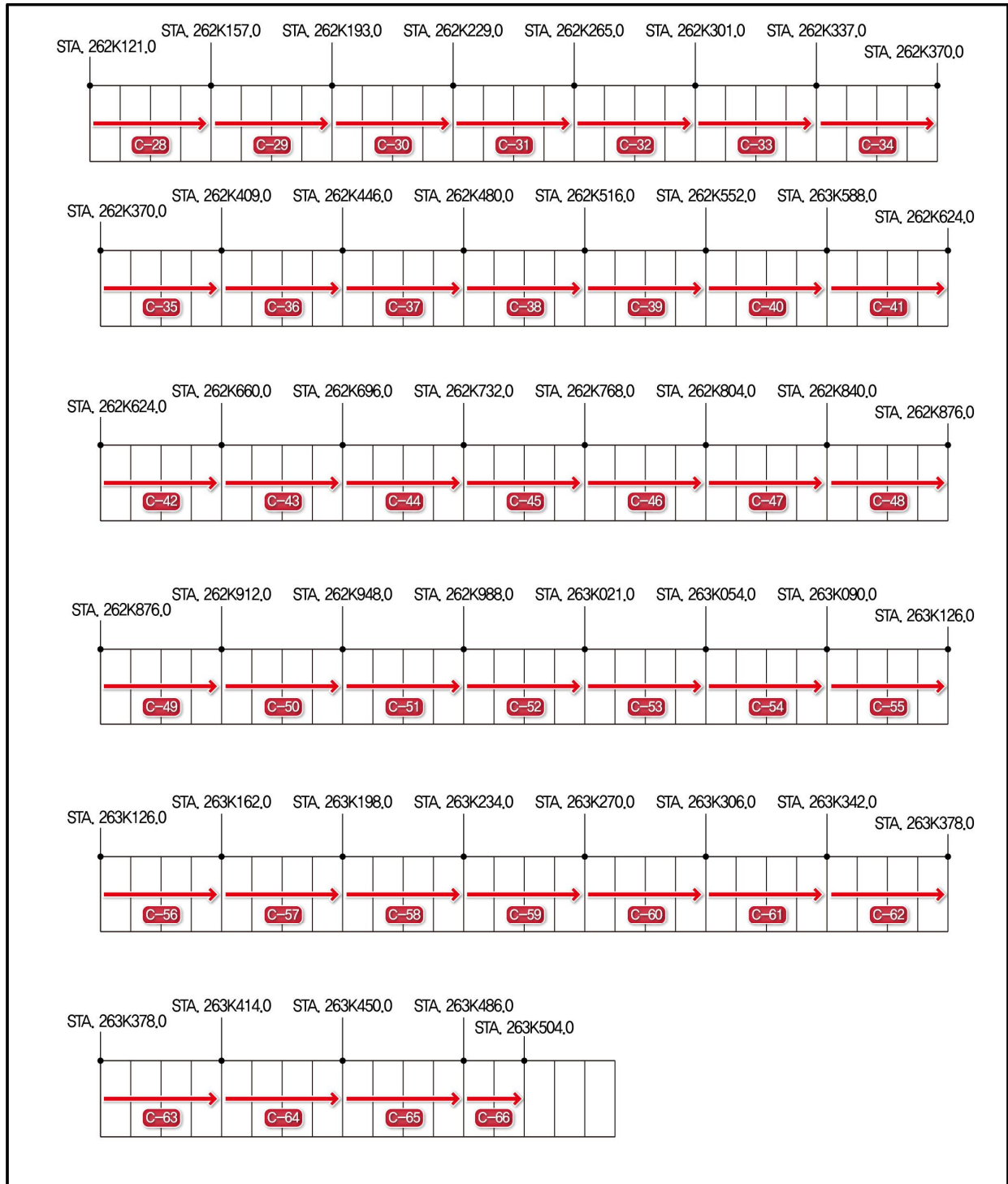
탐사결과 배면공동으로 예상되는 반응이 종단면에서 5개소 판단됨

휘폴링 시공구간에서는 PVC파이프나 와이어등의 영향으로 레이더 신호가 투과하지 못하여 반사파 이벤트를 얻지 못하였으며, 터널 천단부 일부 구간에서의 구조물과 접지단자 홈 등의 영향으로 신호가 양호하지 못한 구간이 존재

다. 터널 종방향 상단중심

1) 측선설정

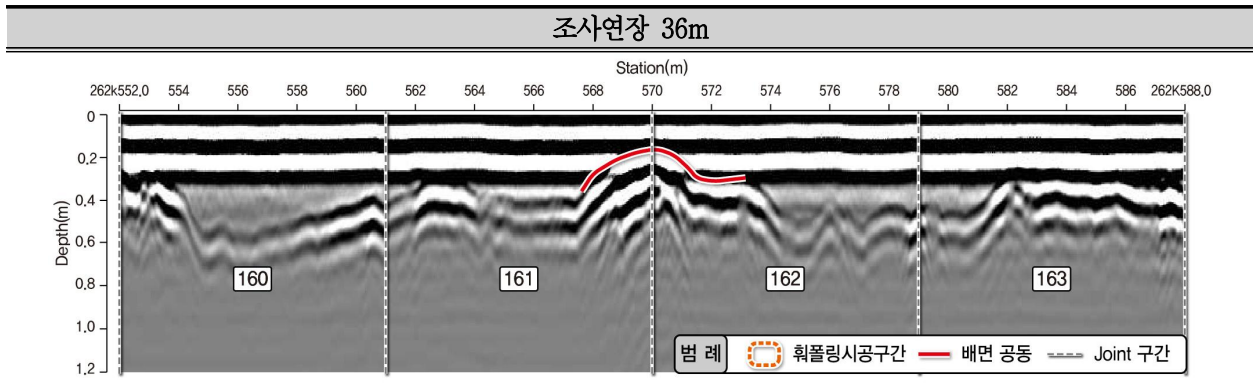




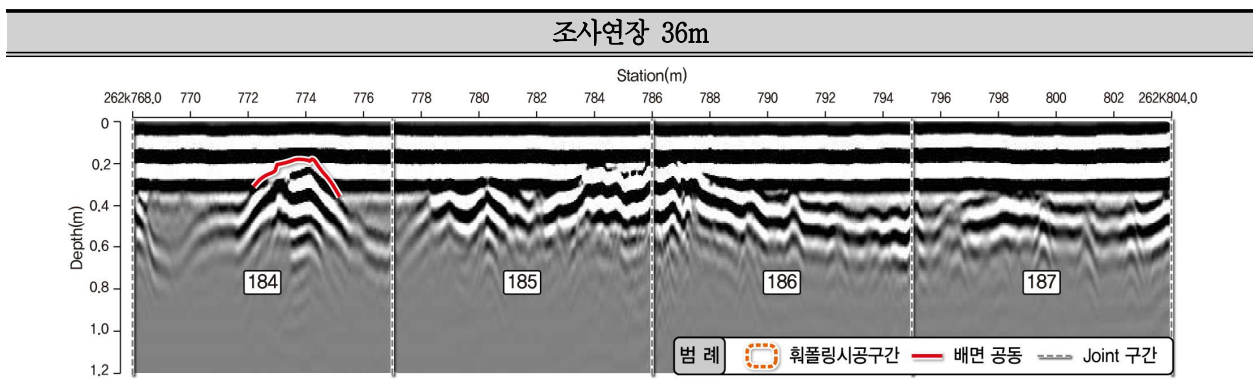
2) 공동 탐지 축선

공동 탐지 축선	공동 위치(STA.)
C-40	262k 568.0 ~ 262k 572.0
C-46	262k 772.0 ~ 262k 775.0
C-60	263k 299.0 ~ 263k 302.0

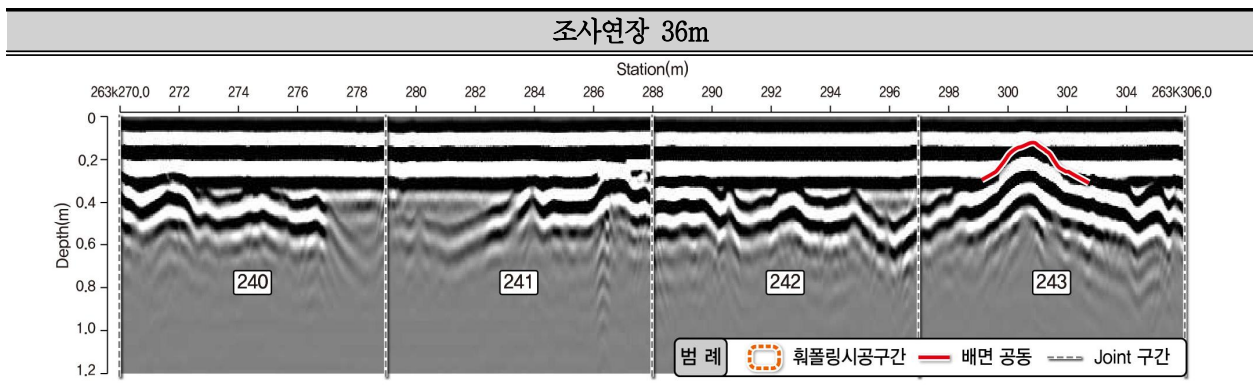
① C-40(STA. 262K552.0 ~ 262K588.0)



② C-46(STA. 262K768.0 ~ 262K804.0)



③ C-60(STA. 263K270.0 ~ 263K306.0)



3) 성과분석

STA.261k138.0 ~ 263k504.0구간의 종방향으로 천단부 중심 1개소를 설정하여 탐사한 결과임

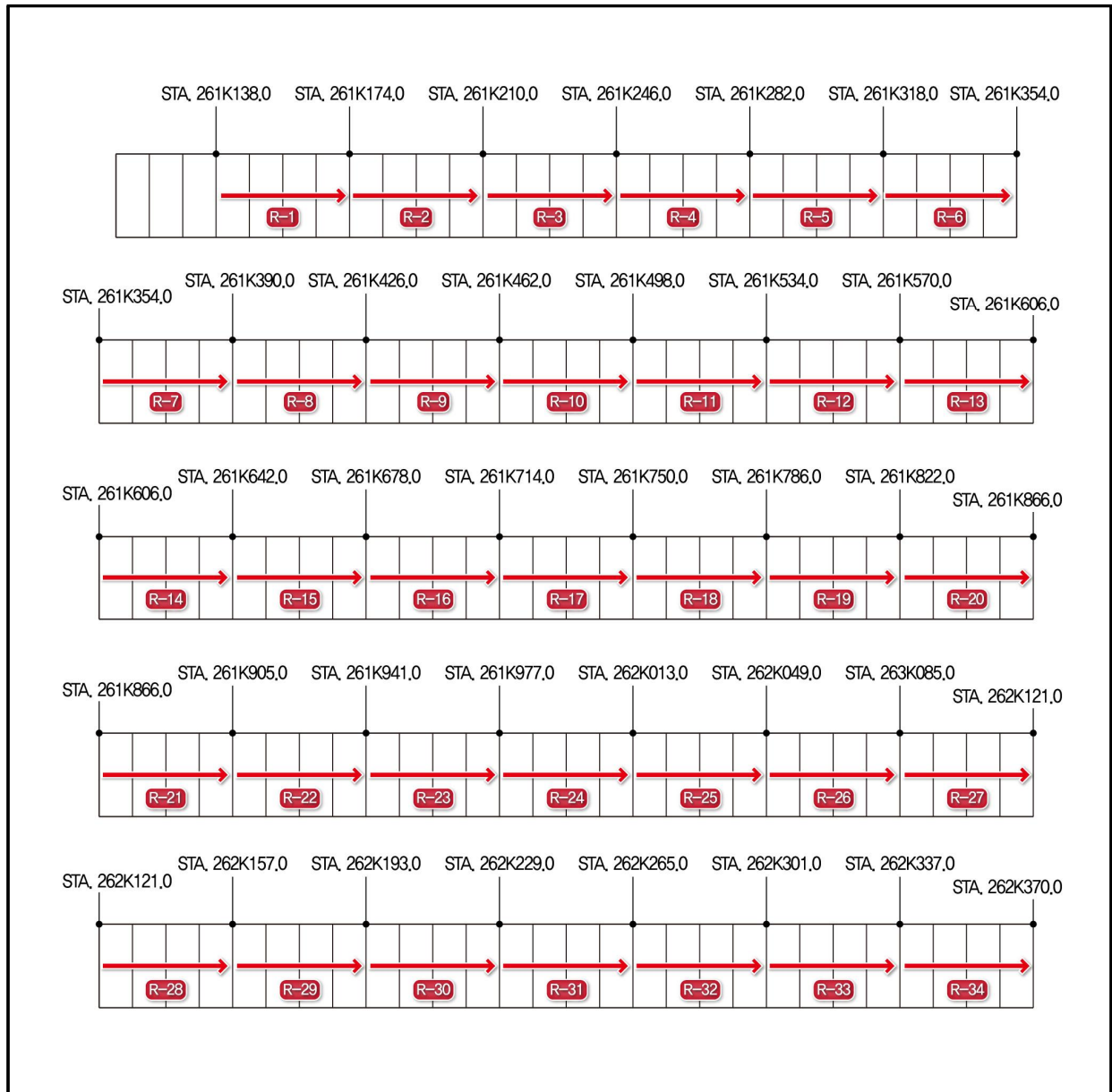
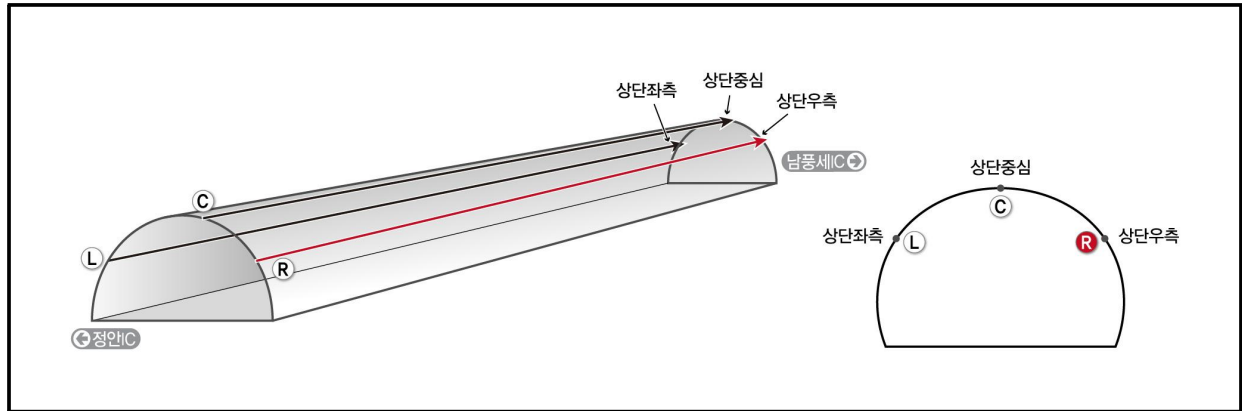
탐사결과 라이닝두께는 대체로 0.2~0.7m 내외로 나타남

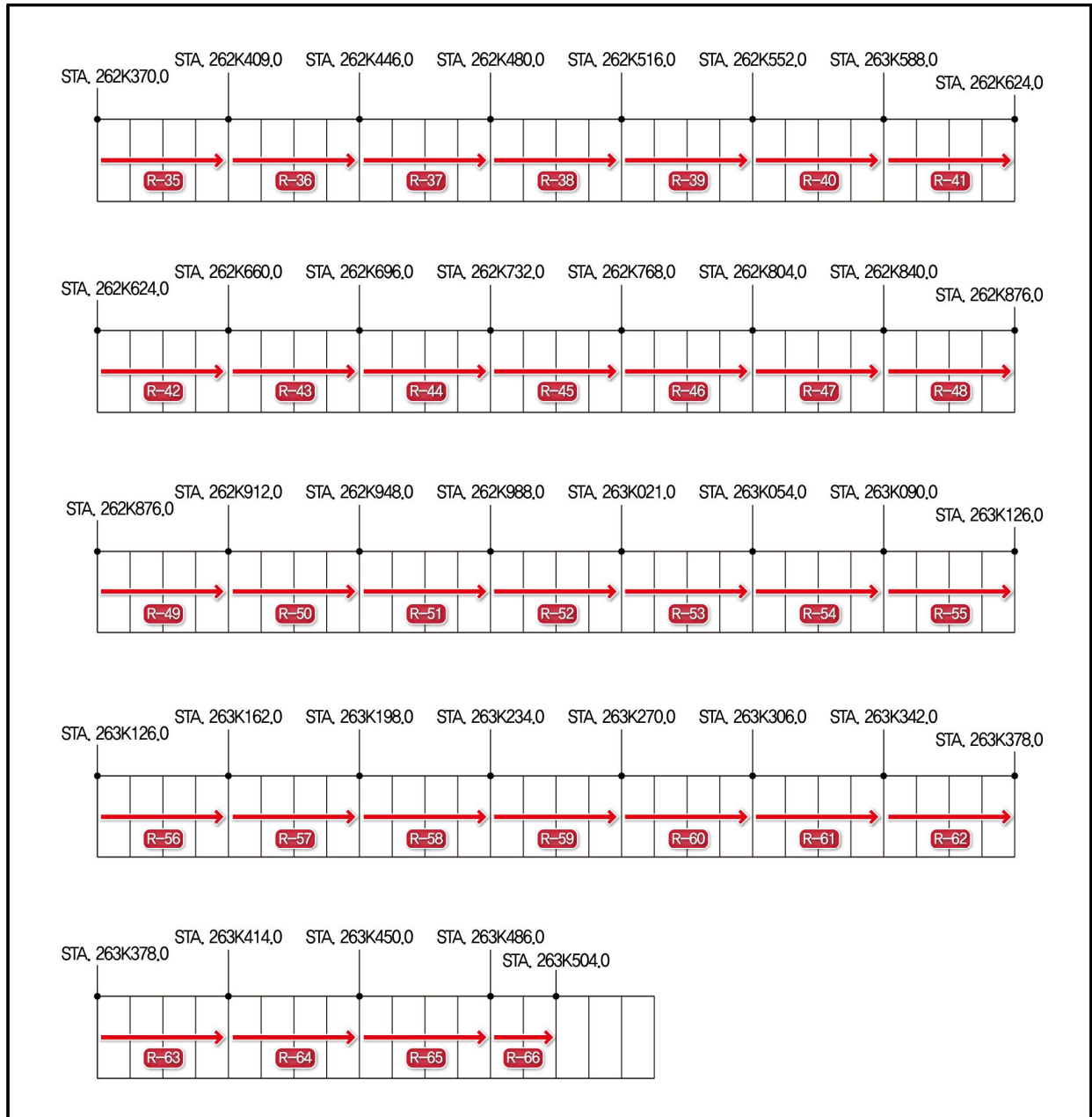
탐사결과 배면공동으로 예상되는 반응이 종단면에서 3개소 판단됨

회폴링 시공구간에서는 PVC파이프나 와이어등의 영향으로 레이더 신호가 투과하지 못하여 반사와 이벤트를 얻지 못하였으며, 터널 천단부 일부 구간에서의 구조물과 접지단자 흙 등의 영향으로 신호가 양호하지 못한 구간이 존재

라. 터널 종방향 상단우측

1) 측선설정

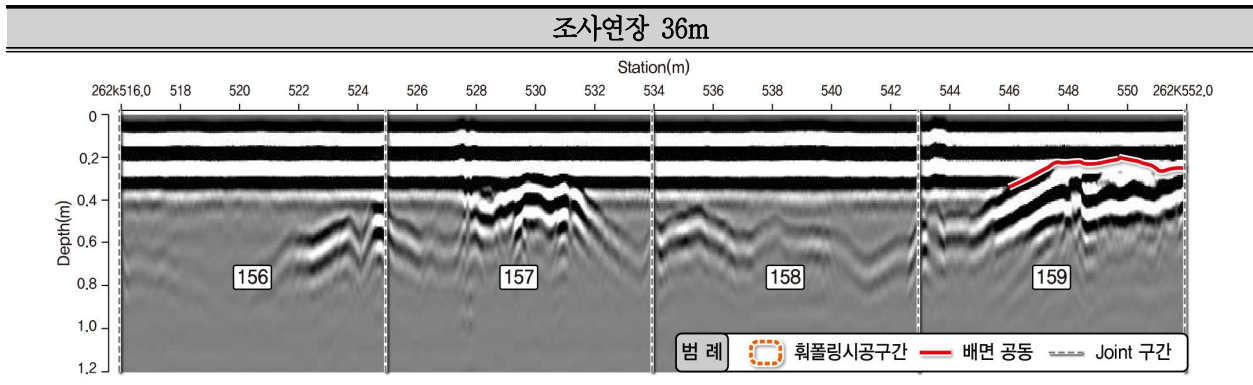




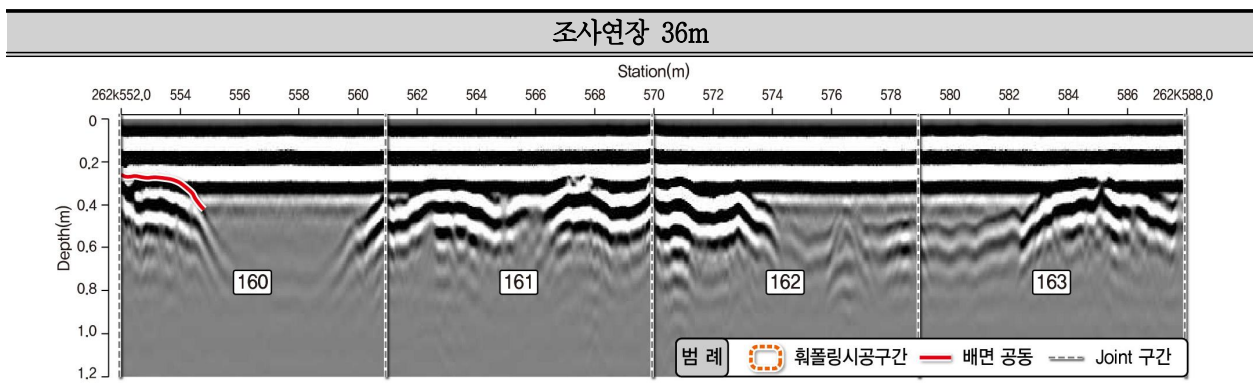
2) 공동 탐지 축선

공동 탐지 축선	공동 위치(STA.)
R-39~40	262k 546.0 ~ 262k 555.0
R-42~43	262k 658.0 ~ 262k 663.0

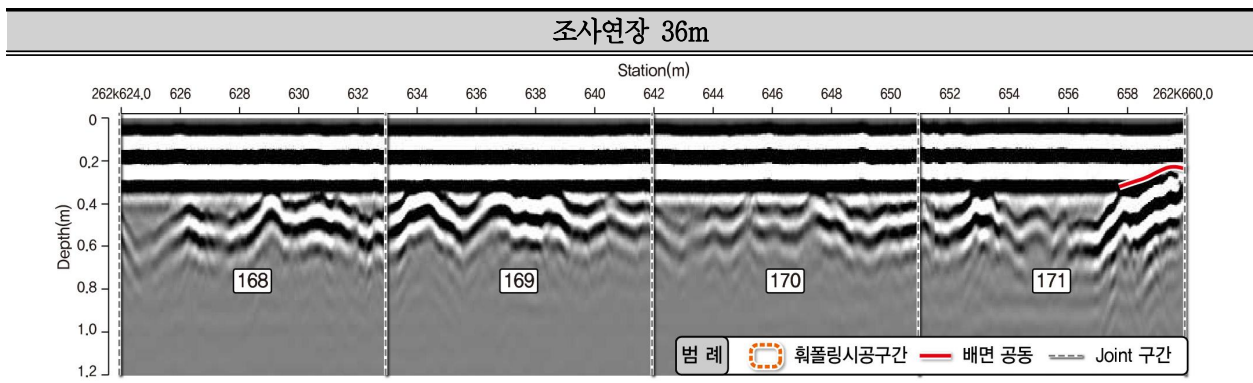
① R-39(STA. 262K516.0~262K552.0)



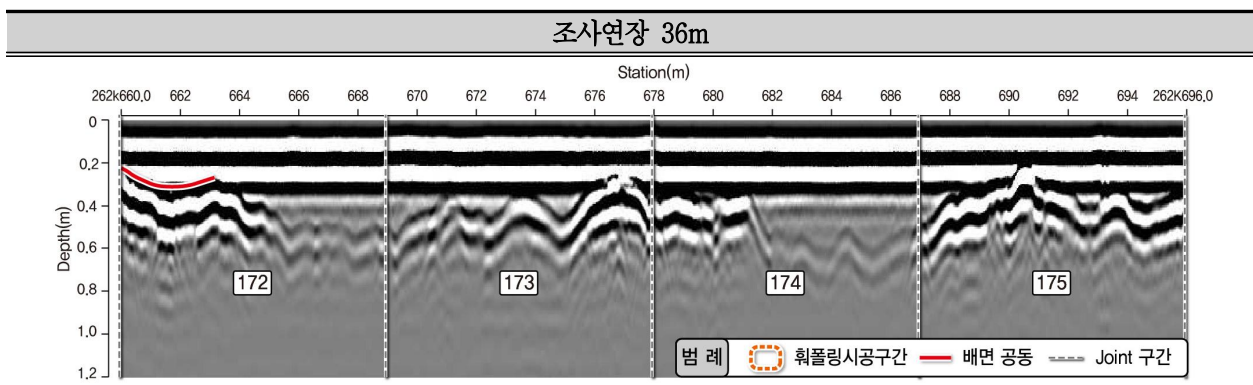
② R-40(STA. 262K552.0~262K588.0)



③ R-42(STA. 262K624.0~262K660.0)



④ R-43(STA. 262K660.0~262K696.0)



3) 성과분석

STA.261k138.0 ~ 263k504.0구간의 종방향으로 천단부 우측 1개소를 설정하여 탐사한 결과임

탐사결과 라이닝두께는 대체로 0.2~0.7m 내외로 나타남

탐사결과 배면공동으로 예상되는 반응이 종단면에서 2개소 판단됨

휘폴링 시공구간에서는 PVC파이프나 와이어등의 영향으로 레이더 신호가 투과하지 못하여 반사파 이벤트를 얻지 못하였으며, 터널 천단부 일부 구간에서의 구조물과 접지단자 홈 등의 영향으로 신호가 양호하지 못한 구간이 존재

3.6 현장조사 및 시험 결과요약

3.6.1 현장조사 결과

- 라이닝 천장부 및 어깨부의 외관조사 결과 균열 및 망상균열이 조사되었으며 폭 0.1~0.3mm의 균열이 발생한 상태이다. 균열폭 0.3mm이상의 균열은 전구간에 대하여 대부분 보수를 실시하였으며, 금회 조사된 균열은 기 조사된 균열로서 보수 시 일부 누락된 것으로 판단된다. 종·횡·사방향의 다양한 유형이나, 기존 조사된 상태에서 특이 진전이 없는 상태로서 구조적 원인 또는 진행성 균열은 아닌 것으로 판단된다. 금회 조사된 균열폭 0.3mm이상의 균열에 대해서는 주입보수 이후 재균열 발생여부에 대하여 지속적인 관찰이 필요하며, 기 보수된 균열의 변화 양상도 장기적으로 지속관찰하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 균열폭 0.1~0.2mm 균열은 내구성 유지 및 손상 진전 방지 차원의 표면보수를 실시하는 것이 바람직하다. 또한 라이닝 신축이음부에 박락이 발생하였으며 발생원인은 시공이음 주변은 거푸집 탈형과정에서 국부적으로 손상될 수 있으며, 본 터널에도 다수의 시공이음 주변 박락우려 부위가 있었던 것으로 파악되었다.
- 측벽부는 타일이 시공된 벽체구간으로서 균열발생의 주요 원인은 라이닝 콘크리트와 공동구 콘크리트의 타설시기 차이에 따른 구속응력 및 스펀구분 경계인 시공이음 주변의 시공초기 응력집중 등에 의하여 발생한 손상으로 판단된다. 일부 타일손상(균열, 파손)과 병행하여 발생되었으나, 연장 및 규모가 크지 않고, 전반적으로 주변 부재에 영향을 미치지 않고, 안전성에 문제가 되는 균열 발생 유형은 아니므로 폭 0.3mm 이상의 균열에 대해서는 관리방침에 따라 균열보수를 실시하고, 폭 0.2mm 이하의 균열은 지속관찰을 통한 관리가 바람직할 것으로 판단된다. 측벽부에 발생한 손상은 대부분 발생정도가 경미하고 기존 점검과 비교검토시 크게 진전이 발생되지 않은 상태로서 일부 차량 충격에 의한 손상이 신규로 발생되어 있는 상태이다. 사용중 주행차량의 안전에 영향을

미칠 상태는 아니지만 미관 및 사용성 증대를 위하여 측벽부에 발생한 손상중에 타일 굽힘, 박락, 파손 및 탈락에 대해서는 보수조치가 요구된다.

- 갭문에 발생한 손상은 구조물의 안전성에 영향을 미칠만한 손상은 조사되지 않았으며 도장박리가 전반적으로 조사되었다. 공용기간 증대에 의한 노후화로 발생한 손상으로 판단된다.
- 갭구부 성토사면은 인장균열 및 수목의 기울어짐, 슬라이딩, 활동 등의 사면 손상이 발생되지 않은 상태로 조사되었다. 전반적으로 사면의 외관상태는 안정적인 상태로 조사되었다.
- 배수구 막힘, 배수구 그레이팅 파손 등은 발생되지 않았으나 배수시설 상면에 균열 및 파손이 발생한 것이 조사되었다. 배수구 상면에 발생한 균열은 시공초기 건조수축에 의한 횡방향 균열로서 전차 점검에 비교하여 다소 손상물량이 증가하였으나 누락에 의한 것으로 특이 진전은 보이지 않은 상태이다. 배수구 상면에 발생한 파손은 충격에 의한 파손으로 진전은 없는 상태이다.
- 공동구 측벽 및 배수로 상면은 폭에 비하여 길이가 긴 장방형 부재의 특성상 콘크리트 양생 시 건조수축 균열이 발생되기 쉬운 구조로서 폭 0.2mm이하의 횡방향 균열이 다수 발생한 상태이다. 균열 폭 0.2mm이하의 균열은 다소 증가하였으나, 미세균열로서 누락에 따른 결과로서 특이 진전 양상은 보이지 않고 있다.
- 포장에 발생한 균열은 건조수축 및 수화열, 차량 운하중에 의한 반복하중에 의해 발생한 것으로 판단된다. 포장굽힘, 박리, 파손 등의 손상은 상대적으로 손상 발생이 쉬운 신축이음부 및 측구와 연결부 등에서 주로 발생한 것으로 조사되었다.
- 피난연락갱은 전면 타일 시공이 이루어진 상태로서 전반적으로 양호한 상태로 조사되었으며 E1 천단부에 국부적으로 손상이 조사되었다.
- 환기시설은 JET-FAN 종류식으로 이루어져 있는 것으로 조사되었으며 부착상태 및 외관상태는 양호한 것으로 조사되었다.

3.6.2 시험 및 측정 결과

- 비파괴강도 측정결과, 설계기준 대비 평균 109.6~130.0%로 반발경도법에 의한 비파괴 추정강도는 모두 설계기준강도의 100%를 상회하는 양호한 것으로 측정되었으며 공용년 수 경과에 따른 강도 저하는 없는 것으로 판단된다.

- 철근탐사시험 결과, 측정된 배근간격 및 피복두께는 미소한 차이는 있으나 전반적으로 설계도면에 준하여 시공된 것으로 확인되었다.
- 탄산화깊이 측정치와 최소 피복두께를 비교한 결과, 탄산화에 의해 철근부식 우려가 적은 “a등급”으로 평가되었다.
- 염화물함유량 시험은 건전부 구간에서 “b등급” 이상으로 평가되었다.
- 균열깊이 측정결과, 폭 0.3mm이상 균열의 균열깊이는 라이닝 두께 이상 진행된 상태는 아닌 상태로 조사되었으며 무근구간으로 분석되었다.

3.6.3 터널 측량 결과

- 터널 단면측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 14개소의 단면에서 구조물의 변형발생여부 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 단면 측량 결과 일부 구간(S154, S198, S220)에서 약 5~8cm 정도 높이차가 발생한 것으로 조사되었으나, 사용기기의 정밀도 차이 및 측정위치의 미세한 오차로 판단되며, 전반적으로 설계도면과 일치하는 것으로 분석되었다.
- 터널 종단측량은 광파기를 이용하여 시점부, 중간부, 종점부에서 총 28개소의 위치에서 구조물의 종단구배 및 안전한 운행 확보 여부를 확인하기 위하여 실시하였다. 종단측량 결과 설계도면과 비교시 전체 구배는 설계도의 1.7504%와 비슷한 값인 1.7604%로 측정되어 종단구배는 설계도와 일치하는 것으로 분석되었다.

3.6.4 GPR 탐사 결과

- GPR탐사단면으로부터 공동의 정확한 두께를 측정할 수는 없지만 반사면의 강도, 반사형태등으로 추정하였다. 조사된 총 10개소의 배면공동은 연장 1.0~3.0m, 추정두께 0.2m 이내로서 그 규모가 크지 않아 즉각적인 보수보다는 주기적인 육안관찰 및 GPR탐사를 통해 관리하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.