

지하철 시설물의 유지관리

서강천*

1. 머리말

수도권 시민의 통근·통학수단을 제공하는 지하철은 이제 없어서는 안될 대도시의 교통망의 한 축을 담당하고 있다. 1972년 8월 15일 육영수 여사가 장충체육관에서 문세광으로부터 저격을 받은 날이 서울지하철 1호선의 개통일 이었다. 그로부터 2000년 12월 30일 6호선이 개통됨으로써 서울은 1호선부터 8호선까지 총 영업연장 287km의 지하철을 보유하게 되어 세계 선진국수준의 지하철망을 갖추게 되었으며 금년 말 안에 서울의 3기 지하철인 9호선이 착공될 예정이다.

서울지하철은 일 평균 500만명 정도의 시민이 이용함에 따라 각양각색의 제언과 민원이 끊이지 않는다. 직장인, 학생, 주부, 노약자, 장애인 등의 지하철이용 만족감이 모두 같을 수는 없다. 지하철의 가장 중요한 임무는 승객을 안전, 신속, 정확하게 수송하는 것이지만 승차감의 확보와 쾌적한 환경을 제공하는 것 또한 빼놓을 수 없는 중요한 과제이다. 필자는 78년 3월 서울지하철 2호선 착공부터 94년 12월 5호선 한강하저터널 관통할 때까지 17년간 지하철건설현장에 참여하고 나서 7년째 지하철 유지관리업무에 참여하고 있다. 지하철시설물은 토목, 궤도, 건축, 전기, 설비, 신호, 통신, 차량, 운전 등 종합시스템이 유기적인 메카니즘으로 구성되어 무척이나 유지관리 범위가 방대하다. 토목분야에도 유지관리를 위하여 검토할 사항이 무수히 많지만 여기에는 지면관계상 지하철의 터널을 중심으

로 향후 지하철건설에 참고가 될 수 있는 몇 가지 사례와 콘크리트라이닝의 균열발생 형태를 설명코자 한다.

2. 터널의 배수

2.1 개요

대부분의 토목구조물은 불특정 다수인들이 이용할 수 있도록 공용성을 제공하고 있다. 건설주체가 되는 발주자, 설계자, 감리자, 시공자는 내하력과 내구성을 갖추어 안전성이 확보된 구조물을 만들면 계약임무를 다했다고 볼 수 있지만 유지관리주체가 되는 입장에서는 사용성이 추가된 건전성을 갖추는 것이 매우 중요하다.

지하에 건설되는 터널은 싫건 좋건 간에 지하수를 피할 수 없다. 한가지 중요한 사실은 시골동네에 있는 우물과 같이 땅 속의 물은 맑은 물만 흐르고있다고 착각하는 이가 의외로 많다. 어릴 때 보던 시골고향 동네의 우물은 빠질까 겁나기도 하고 온 동네사람들이 퍼다 먹어도 마르는 줄을 몰랐는데, 요즈음에 가보면 바짝 말라있는 것을 볼 수 있다. 우물은 계속 사용하면서 주기적으로 청소와 후러싱(Flushing)을 해주면 마르질 않지만 사용을 안하면 지하수 유출구에 세립자나 광물질 등이 끼는 피각(皮角)현상으로 인하여 마르고 만다.

터널을 굴착하게 되면 땅속에 흐르던 지하수가 굴착된 공간 내로 슛크리트를 통하여 흘러 들어온다. 공사 중에는 토공작업과 병행되어 지하수

* 서울 도시철도공사 시설관리처장

의 상태에 대해서 별다른 의식을 못하지만 방수작업을 하고 나서 라이닝 콘크리트를 치고 나면 여러 가지 현상이 발견된다. 국내의 터널은 근본적으로 물을 싫어하는 통신 및 전력구 터널을 제외하고는 대부분 배수식 방수방식을 채택하고 있다. 배수식 방수방식은 터널의 아치부와 측벽에는 방수재를 설치하지만 바닥에는 설치하지 않으며, 수압이 걸리지 않도록 지하수가 원활히 흐를 수 있게 터널 하단부에 여러 가지 배수 계통시설을 한다. 공용성이 제공된 터널을 점검해보면 터널 내에 흐르는 지하수는 맑은 상태가 아니고 각종 부유물과 점토광물질 등이 포함된 것을 알 수 있다. 이러한 이물질들은 유공관이나 배수로를 따라 붉은색 부유물 형태로 지하수에 섞여 흐른다. 터널의 중단구배가 완만하거나 걸름망과 같은 장애물을 만날 경우 정체되어 쌓인다. 부유물의 정체가 생기면 물이 투과를 못하고 댐과 같이 물이 고이기 시작하여 배수정체 구간이 확산되기도 한다. 또한 터널주변의 지하수는 숯크리트나 콘크리트 구조물 사이를 통하여 유입되거나 누수현상을 보일 때 수산화알칼리의 탄산염작용에 의한 석출현상으로 허연 앙금이 쌓이기도 하며, 터널굴착 시 기반보강을 위하여 시공한 약액주입 공사구간에는 촛농과 같은 앙금이 배수계통 시설에 적체되어 배수기능을 저하시킨다. 이러한 현상들이 발생하면 평소에 누수가 없던 구간에도 터널배면에 수위가 상승하고 수압작용 등에 의하여 폭넓게 터널라이닝이 젖다가 누수가 발생되는 경우도 있다.

따라서 터널을 설계하거나 시공할 때에는 굴착시의 안전과 구조물의 안전성만 고려하게 되면

향후 터널이용시 많은 문제점이 도출된다는 것을 깊이 인식하고 터널구조물의 수명이 100년 이상이 된다면 배수계통시설과 기능도 동일한 수준으로 목표를 두어야 하며 가능한 한 배수계통시설의 규격을 충분히 키우고 준설 및 청소가 용이하도록 설계와 시공이 되어야 한다.

2.2 지하철 운영구간 지하수 유입량 분석

지하철 5호선 57.9km구간에 설치된 63개 집수정의 지하수 유입량을 96년부터 2000년까지 분기별로 조사한 결과 지하철내부로 일일지하수 유입량은 약64,000m³/day이고 1km당 분(分)당 유입량은 0.77m³/min으로서 집수정 용량인 설계기준 박스구조물 2m³/km/min, 터널구조물 3m³/km/min보다는 상당한 여유가 있음을 알 수 있다. 계절별 유입량을 연평균 유입량과 비교해보면 동절기인 1/4분기에는 4%감소하고 우기인 3/4분기에는 7%증가하고 있는데 우기에 지하수 유입량이 증가하는 이유는 강우시 환기구 및 출입구의 개구부를 통하여 강우시 빗물이 유입되어 일시적으로 증가하는 것으로써 터널주변지층을 따라 터널내부로 유입되는 지하수 유입량은 큰 변화가 없다는 것을 알 수 있다

2.3 지형별 지하수 유입량 분석

지하철 5호선의 노선은 지형이 다양해서 지형별 지하수 유입량을 조사한 결과 그림 1 에서와 같이 평지대는 0.415m³/km/min, 하천지대 2.758m³

표 1. 5호선 지하수 유입량(L=57.9km)

(단위 : m³/min)

구분	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기	평균	비고
평균	42.71	43.39	47.80	45.76	44.92	km당 0.77m ³
1997년	41.99	45.49	48.80	47.45	45.93	0.79
1998년	44.98	44.51	56.11	51.88	49.37	0.85
1999년	41.27	41.53	44.44	41.82	42.26	0.73
2000년	42.58	42.05	41.88	41.90	42.10	0.73

표 2. 지형별 지하수 유입량 현황

지형	구간	터널연장 (km)	깊도 (m)	지하수 유입량 (m ³ /min)	1km당 유입량 (m ³ /min)	비고
계		31.293		43.31	1.38	
김포	김포 ~ 마곡	0.865	9~15	0.49	0.57	평지대
까치산	화곡 ~ 신정	2.022	22~37	1.02	0.50	구릉, 고지대
영등포	오목교 ~ 마포	7.370	17~33	14.16	1.92	안양천, 샛강, 한강
도심(서)	마포 ~ 종로3	4.028	14~30	4.70	1.17	구릉, 고지대
청계천	종로3 ~ 을지4	0.890	19~25	2.34	2.63	청계천
도심(동)	을지4 ~ 마장	5.423	19~45	3.58	0.66	구릉, 고지대
장안평	마장 ~ 군자	3.475	11~18	7.82	2.25	청계천, 전농천, 종랑천
아차산	군자 ~ 광나루	1.570	12~33	0.32	0.20	구릉, 고지대
광나루	광나루 ~ 천호	0.870	16~58	3.68	4.23	한강(하저박스 991m 제외)
강동	강동 ~ 고덕	2.346	10~15	0.59	0.25	평지대
마천	강동 ~ 마천	2.434	12~22	4.61	1.89	구릉, 고지대

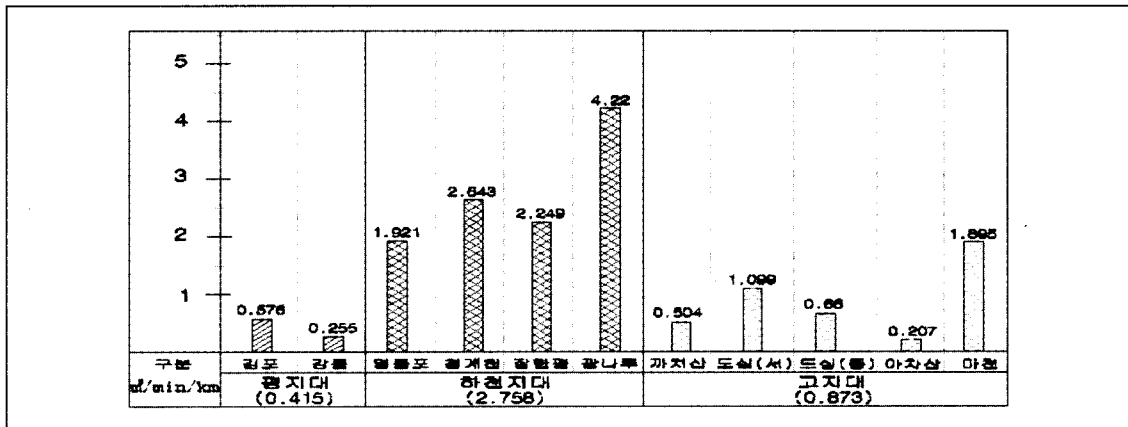


그림 1. 지형별 지하수 유입량 현황

/km/min, 고지대 0.873m³/km/min으로 하천수계 지역이 평지대보다 6.6배가 많은 지하수가 유입되고 있다. 5호선을 구간별로 세분하여 유입량을 분석해보면 표 2와 같이 고지대인 아차산 구간에서 0.207m³/km/min으로 가장 적고 광나루 구간이 4.22m³/km/min으로 가장 많은 지하수가 유입되고 있다. 지역별로 터널내부로 유입되는 지하수 유입량을 5년간 측정된 수량의 평균값은 1.38m³/km/min으로써 집수정 용량 설계기준 3m³/km/min의 46% 정도를 보이고 있다.

2.4 하천통과구간 유입량 분석

지하철 5호선을 통과하고 있는 한강 및 중소 8개 하천의 터널내부로 유입되는 지하수 유입량은 표 3과 같다. 하천구간(7.048km)의 터널내부로 1일 동안 유입되는 지하수의 수량은 평균 34,444m³로서 전체터널(31.293km)에서 유입되는 지하수량 62,409m³/day의 55.2%를 차지하고 있으므로 하천구간에서 지하수유입을 억제한다면 유지관리 비용절감에 효과가 클 것으로 생각한다. 또한 하천구간으로 유입되는 지하수의 양이 집

표 3. 하천별 지하수 유입수량

(단위 : m³/min)

계	8개소					7.048	23.92	3.01
안양천	오목교~ 양평	복선 PD-2	Mini Roof RMG 5m	20~23	총적토 풍화암	0.772	5.56	7.20
새강	신길~ 여의도	복선 PD-2,3	강관다단 SGR, JET	25~32	"	0.757	2.20	2.91
한강	여의나루~ 마포	단선 (비배수)	강관다단 LW	23~31	풍화암 경암	1.546	3.13	2.02
청계천	종로3~ 을지4가	복선, 단선	SGR	19~25	"	0.890	2.34	2.63
청계천	마장~ 답십리	복선 PD-2,3	SGR JET Grout	10.2~17.4	총적토, 풍화암	0.767	0.95	1.24
전농천	답십리~ 장안평	복선단선 PD-2,3	LW, JSP Prepiling	16.6~22	"	1.045	4.33	4.14
중랑천	장안평~ 군자	단선 PS-2,3	반현탁액 Pre Grout	12.4~20.3	풍화암 연암	1.290	2.41	1.87
한강	광나루~ 천호	복선 PD-2	JET Grout	22~34	풍화토 풍화암	0.870	3.0	3.45

수정 용량 설계기준과 어떠한 차이가 있는지를 검토한 결과 유입수량이 3.01m³/km/min으로 터널구간 설계기준 3.0m³/km/min과 같은 수준으로 유입되고 있다. 또한 하천통과구간에서는 터널내부로 유입되는 지하수의 양(3.01m³/km/min)은 터널구간의 평균유입수량 1.38m³/km/min에 비해 2.18배의 지하수가 더 유입되고 있다. 하천통과 구간 중 지하수 유입수량이 가장 많은 구간은 안양천 구간으로 평균 7.20m³/km/min이고 가장 적은 구간은 청계천구간(마장~답십리)으로서 1.24m³/min가 유입되고 있어 많은 차이가 있다. 지하수 유입수량이 많은 차이가 나는 이유로는 지질이나 지형적인 문제보다는 차수그라우팅 및 배수관 부설 등에 의한 문제가 더욱 크다고 판단된다. 따라서 하천통과구간의 터널공사시에는 터널주변에 그라우팅을 충분히 해주어 지하수를 근본적으로 터널로부터 멀리 배제해주는 조치 등이 필요하다고 생각한다.

한강 하저터널 중 여의나루 구간의 지하수 유입량(3.13m³/min)이 예상보다 적은 것은 비배수 방수공법으로 시공되었기 때문이고, 광나루구간은

평균 3.0m³/min이지만 '96~'98년까지는 일일 5.24m³/min까지 유입되었다. 터널바닥 중앙에 설치한 맨홀과 유공관의 접속부의 이탈개소를 통하여 과도하게 유입되는 부분을 8개월에 걸쳐 폐쇄조치를 하고 나서 지하수 유입량은 0.50m³/min로 저감되어 당초보다 1/10정도로 감소되었다.

3. 터널 콘크리트라이닝의 균열

3.1 개요

터널구조물의 경우 지중구조물이라는 특수성으로 인하여 결함 및 변상의 원인을 규명하는 것이 쉽지 않고, 안전성을 평가하는 것이 어렵기 때문에 객관적인 면보다는 주관적으로 판단하는 경향이 많아 그 결과에 대한 문제점이 빈번히 제기되고 있는 실정으로서 이와 같은 제반문제점을 해결하는데 조금이나마 도움이 될 수 있도록 지하철 본선구간의 터널을 대상으로 콘크리트 라이닝에 발생된 균

열을 검토하여 터널주변의 지질에 따라 어떠한 양상을 보이는지 분석하였다. 분석대상으로 다룬 터널은 40개 공구이며 순수한 터널연장은 약 40,000m에 달한다.

3.2 터널라이닝의 균열현황

터널라이닝의 균열은 여러 가지 형태가 있으나 여기에서는 유지관리상 주로 비중있게 취급하는

대표적인 균열로서 종방향균열, 횡방향균열, 사방향균열 및 망상균열을 조사대상으로 하였으며 균열개소는 실제적으로 매우 적은 양으로서 표에서 비교하기 쉽도록 100배를 하였으므로 본고에서의 평균 m당 수량과 년도별 m당 수량은 100m당 균열개소를 나타낸 것으로 보아야 한다.

3.2.1 년도별 및 지질별 균열현황 가. 단선병렬 터널

표 4. 단선병렬 터널균열(개소/100m):토사,풍화암

년도별	계	토사(170m)					풍화암(6,044m)					
		소계	종균열	횡균열	사균열	망상균열	소계	종균열	횡균열	사균열	망상균열	
계	수량	1,208	8	5	2	1	-	1200	537	494	120	49
	m당	-	4.7	2.9	1.2	0.6	-	19.9	8.9	8.2	2.0	0.8
평균	수량	-	2.0	1.3	0.5	0.3	-	299	134	123	30	12
	m당	-	1.23	0.73	0.3	0.2	-	5.0	2.2	2.1	0.5	0.2
'98	수량	106	1	1	-	-	-	105	43	45	16	1
	m당	-	0.6	0.6	-	-	-	1.7	0.7	0.7	0.3	-
'99	수량	294	2	1	1	-	-	292	150	105	32	5
	m당	-	1.2	0.6	0.6	-	-	4.7	2.5	1.7	0.5	-
'00	수량	372	5	3	1	1	-	367	221	122	12	12
	m당	-	2.9	1.7	0.6	0.6	-	6.0	3.6	2.0	0.2	0.2
'01	수량	436	-	-	-	-	-	436	123	222	60	31
	m당	-	-	-	-	-	-	7.1	2.0	3.6	1.0	0.5

표 5. 단선병렬 터널균열(개소/100m):연암,경암

년도별	계	연암(6,435m)					경암(9,806m)					
		소계	종균열	횡균열	사균열	망상균열	소계	종균열	횡균열	사균열	망상균열	
계	수량	2,921	741	429	188	77	47	2,180	1,182	699	160	139
	m당	-	11.5	6.7	2.9	1.2	0.7	22.2	12.1	7.1	1.6	1.4
평균	수량	-	185	107	47	19	12	545	295	175	40	35
	m당	-	2.9	1.7	0.7	0.3	0.2	5.6	3.0	1.8	0.4	0.4
'98	수량	369	165	111	30	20	4	204	134	62	8	-
	m당	-	2.5	1.7	0.5	0.3	-	2.0	1.4	0.6	-	-
'99	수량	775	233	126	69	24	14	542	313	182	31	16
	m당	-	3.6	1.9	1.1	0.4	0.2	5.5	3.2	1.8	0.3	0.2
'00	수량	759	149	100	31	9	9	610	364	196	21	29
	m당	-	2.2	1.5	0.5	0.1	0.1	6.2	3.7	2.0	0.2	0.3
'01	수량	1,018	194	92	58	24	20	824	371	259	100	94
	m당	-	3.1	1.4	1.0	0.4	0.3	8.4	3.8	2.6	1.0	1.0

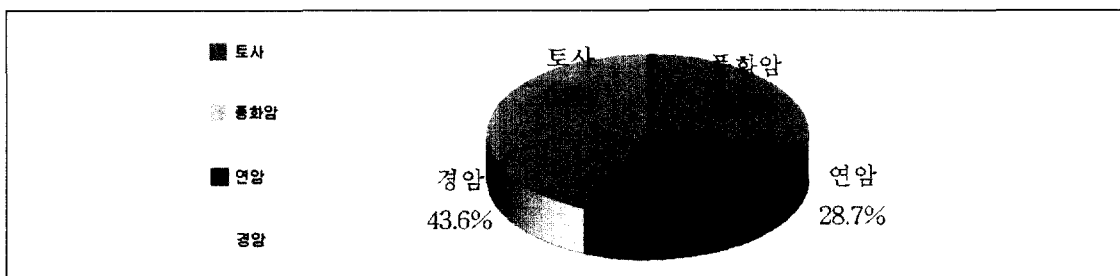


그림 2. 단선병렬 터널주변 지질분포 현황

나. 복선 터널

표 6. 복선 터널균열(개소/100m):토사,풍화암

년도별	계	토사(2,410m)						풍화암(2,200m)					
		소계	총 균열	활 균열	사 균열	망상 균열	소계	총 균열	활 균열	사 균열	망상 균열		
계	수량	1,527	250	70	133	33	14	1,277	491	555	111	120	
	m당	-	10.4	2.9	5.5	1.4	0.6	26.5	10.2	11.5	2.3	2.5	
평균	수량	-	62	17.5	33	8	3.5	320	123	139	28	30	
	m당	-	2.7	0.7	1.4	0.4	0.2	6.6	2.5	2.9	0.6	0.6	
'98	수량	301	83	21	41	19	2	218	74	122	9	13	
	m당	-	3.5	0.9	1.7	0.8	0.1	4.5	1.5	2.5	0.2	0.3	
'99	수량	170	19	3	13	1	2	151	74	48	19	10	
	m당	-	0.7	0.1	0.5	-	0.1	3.1	1.5	1.0	0.4	0.2	
'00	수량	380	49	16	25	2	6	331	154	126	21	30	
	m당	-	2.0	0.7	1.0	0.1	0.2	6.8	3.2	2.6	0.4	0.6	
'01	수량	676	99	30	54	11	4	577	189	259	62	67	
	m당	-	4.1	1.2	2.2	0.5	0.2	11.9	3.9	5.3	1.3	1.4	

표 7. 복선 터널균열(개소/100m):연암,경암

년도별	계	연암(6,201m)						경암(3,444m)					
		소계	총 균열	활 균열	사 균열	망상 균열	소계	총 균열	활 균열	사 균열	망상 균열		
계	수량	2,564	1,461	716	536	133	76	1,103	475	456	108	64	
	m당	-	23.4	11.5	8.6	2.1	1.2	32.0	13.8	13.2	3.1	1.9	
평균	수량	-	365	179	134	33	19	276	119	114	27	16	
	m당	-	5.9	2.9	2.2	0.5	0.3	8.1	3.5	3.3	0.8	0.5	
'98	수량	484	320	129	163	18	10	164	78	66	19	1	
	m당	-	5.2	2.1	2.6	0.3	0.2	4.8	2.3	1.9	0.6	-	
'99	수량	459	204	98	93	10	3	255	105	116	25	9	
	m당	-	3.3	1.6	1.5	0.2	-	7.4	3.0	3.4	0.7	0.3	
'00	수량	788	458	273	117	44	24	330	152	127	17	34	
	m당	-	7.4	4.4	1.9	0.7	0.4	9.6	4.4	3.7	0.5	1.0	
'01	수량	833	479	216	163	61	39	354	140	147	47	20	
	m당	-	7.7	3.5	2.6	1.0	0.6	10.4	4.1	4.3	1.4	0.6	

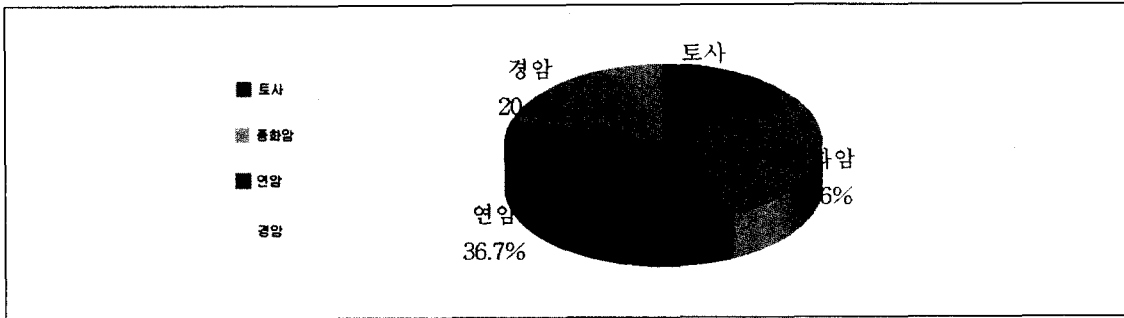


그림 3. 복선터널주변 지질분포 현황

다. 유치선 터널

표 8. 유치선 터널균열(개소/100m)

연도	구분	개소	연암(200m)				화암(200m)					
			소계	평균	최대	최소	소계	평균	최대	최소		
계	수량	112	97	47	34	13	3	15	11	2	-	2
	m당	-	26.8	13.0	9.4	3.6	0.8	5.1	3.7	0.7	-	0.7
평균	수량	-	24.4	11.8	8.5	3.3	0.8	3.8	2.8	0.5	-	0.5
	m당	-	6.8	3.3	2.4	0.9	0.2	1.3	0.9	0.2	-	0.2
'98	수량	5	5	1	3	1	-	-	-	-	-	-
	m당	-	1.4	0.3	0.8	0.3	-	-	-	-	-	-
'99	수량	14	14	8	5	-	1	-	-	-	-	-
	m당	-	3.9	2.2	1.4	-	0.3	-	-	-	-	-
'00	수량	38	25	11	11	3	-	13	10	1	-	2
	m당	-	7.0	3.1	3.1	0.8	-	4.3	3.3	0.3	-	0.7
'01	수량	55	53	27	15	9	2	2	1	1	-	-
	m당	-	14.8	7.5	4.2	2.5	0.6	0.6	0.3	0.3	-	-

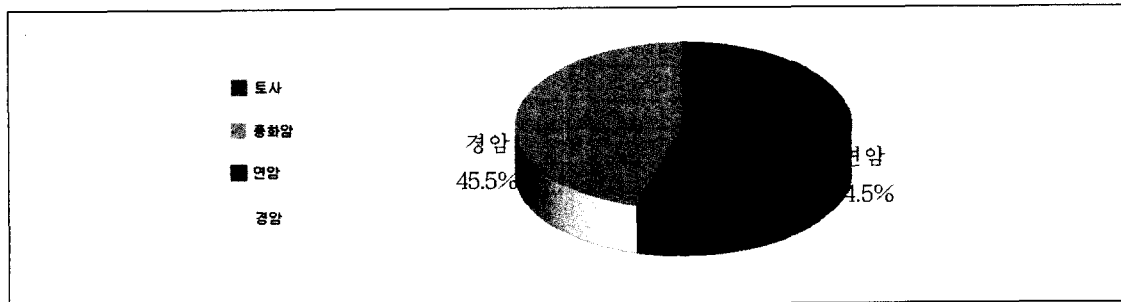


그림 4. 유치선 터널주변 지질분포 현황

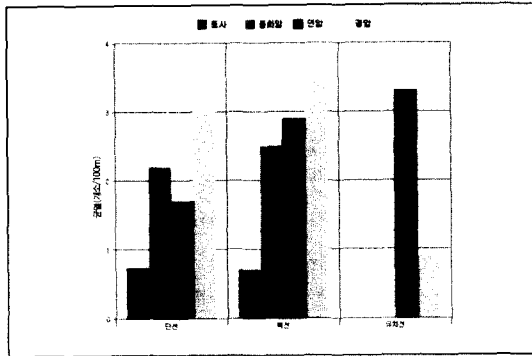


그림 5. 터널라이닝 종방향균열 현황

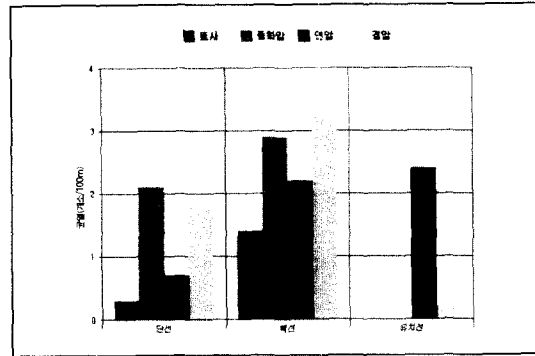


그림 6. 터널라이닝 횡방향균열 현황

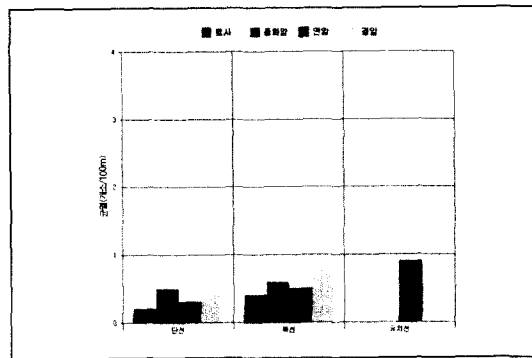


그림 7. 터널라이닝 사방향균열 현황

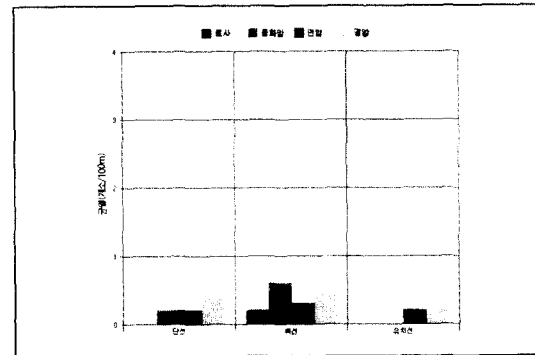


그림 8. 터널라이닝 망상균열 현황

3.2.2 균열종류에 따른 터널형태와 지질과의 상관관계

터널라이닝의 종방향균열, 횡방향균열, 사방향균열 및 망상균열을 단선병렬터널, 복선터널, 유치선터널의 경우로 구분해서 터널주변의 토사, 풍화암, 연암, 경암 등 지질별 상관관계를 알아보기 위해서 표 4, 표 5, 표 6, 표 7, 표 8을 그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8에 표현 하였다.

가. 터널형태와 균열의 관계

그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8을 보면 종방향균열과 횡방향균열이 월등히 많고 사방향균열과 망상균열은 숫자가 상당히 적음을 알 수 있다. 단선병렬

터널의 경우 균열종류별 4년간 누계량의 분포현황을 표 4와 표 5에서 보면 종방향균열 1,567개소(52.1%), 횡방향균열 1,383개(33.5%), 사방향균열 358개(8.7%), 망상균열 235개(5.7%)이므로 종방향과 횡방향균열이 85.6%를 차지하고 있다. 복선터널의 경우 마찬가지로 표 6과 표 7에서 종방향균열 1,752개(42.8%), 횡방향균열 1,680개(41.1%), 사방향균열 385개(9.4%), 망상균열 274개(6.7%)를 보이고 유치선터널은 표 8에 종방향균열 58개(51.8%), 횡방향균열 36개(32.1%), 사방향균열 13개(11.6%), 망상균열 5개(4.5%)로서 단선병렬터널, 복선터널, 유치선터널 등 터널형태의 구분 없이 종합해서 균열분포 현황을 검토하면 종방향균열 3,963개(47.6%), 횡방향균열 3,099개

(37.2%), 사방향균열 756개(9.1%), 망상균열 514개(6.1%)가 된다.

이는 콘크리트의 건조수축 및 신축작용 등의 영향으로 발생되고 터널의 단면력에 영향을 비교적 미치는 횡방향균열보다 구조물의 단면력에 어느 정도 영향을 미칠 수 있는 종방향균열이 1.3배나 많음은 여러 가지로 원인을 분석해 볼 필요가 있다.

나. 터널주변 지질과의 관계

(1) 종방향 균열(그림5 참조)

단선병렬터널과 복선터널의 경우 토사, 풍화암, 연암, 경암 등의 지질구분에 따라 단선병렬터널의 연암에서 약간 불규칙함을 보이지만 비교결층(토사, 풍화암)보다는 고결층(연암, 경암)에서 균열량이 증가함을 알 수 있다. 또한 유치선터널은 대 단면 터널로서 토사나 풍화암과 같이 비교결층에는 건설되지 않고 지반이 안정된 고결층에 주로 건설되어 토사와 풍화암에 대한 균열이 없음을 횡방향 균열, 사방향균열, 망상균열도 마찬가지이다.

(2) 횡방향 균열(그림6 참조)

종방향 균열과 같은 양상으로 볼 수 있다.

(3) 사방향 균열(그림7 참조)

균열발생 숫자는 종방향 균열이나 횡방향 균열에 비해서 현격히 적지만 지질별 균열발생 형태는 비슷한 양상을 보이고 있다.

(4) 망상균열(그림8 참조)

사방향 균열과 같은 양상으로 볼 수 있다.

상기 내용을 검토해 볼 때 터널굴착 막장의 지질이 토사, 풍화암 등 비교결층에서는 발파를 하지 않고 부레이커 등을 이용한 기계식 굴착방법을 적용하고 연암, 경암 등에서는 대부분 발파를 하게되어 터널의 굴착선이 여굴 발생으로 불규칙하게 되거나 비교결층 굴착보다는 굴착면 상태가 울통불통하여 콘크리트라이닝 두께가 부분적으로 일정하지 못하여 응력의 전이경로가 불균등하고, 터널 천정부의 공동채움 미흡으로 인한 원인과 굴착시 발파로 인하여 터널주위의 암반이 손상을 받아

터널에 이완하중으로 작용하는 등의 원인으로 연약한 지반에 건설된 터널보다 발파를 하는 암반에 건설된 터널에서 균열이 많다는 것을 알 수 있다.

또한, 지하철의 단선병렬터널은 횡방향 중심간격 15m를 유지하는 쌍굴터널이다. 따라서 좌우터널의 상호작용으로 인해서 라이닝의 균열발생이 일부 불규칙한 상태를 보이기도 하지만 1-Arch 터널인 복선터널에서는 터널주변 지질에 따라 균열발생은 규칙적인 양상을 보인다.

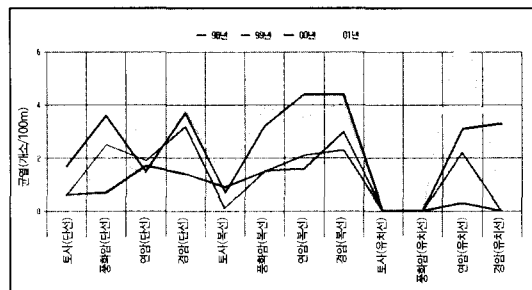


그림 9.년도별 단선, 복선, 유치선 터널라이닝 종균열 현황

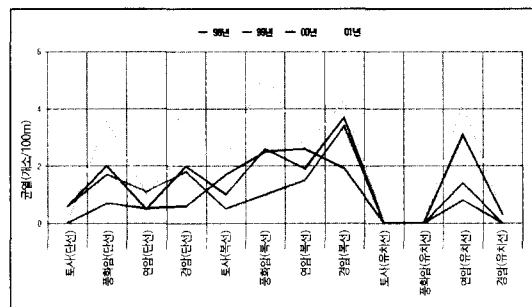


그림 10.년도별 단선, 복선, 유치선 터널라이닝 횡균열 현황

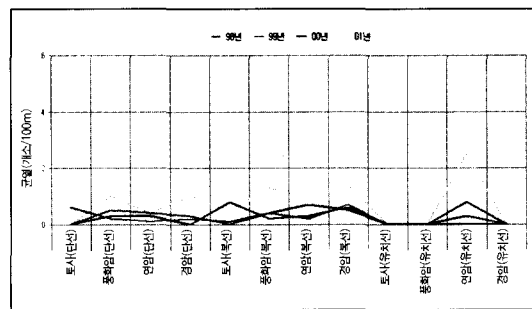


그림 11.년도별 단선, 복선, 유치선 터널라이닝 사균열 현황

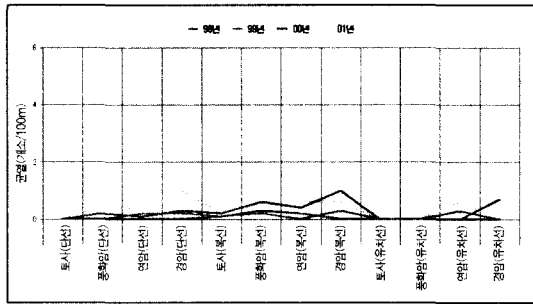


그림 12. 년도별 단선, 복선, 유치선 터널라이닝 망상균열 현황

다. 년도별 라이닝균열 발생추이

그림 9, 그림 10, 그림 11, 그림 12의 꺾은 선 그래프는 좌우의 연결성이 있는 것이 아니고 단선별 열터널, 복선터널, 유치선터널별로 해당하는 지질 칸의 꺾은 선의 변곡점 값을 독립적으로 보아야 하며, 동일 칸의 각각의 변곡점 값들이 년도별 균열 발생 숫자를 나타낸다. 매년 균열보수를 하고 있지만 경과년수가 지나면서 균열숫자가 줄어드는 형태가 나타나지 않은은 지하철구조물은 지하에 건설됨에 따라 신축이음을 두지 않는 것도 그 한가지 원인이라고도 볼 수 있지만 향후 연구과제로서 다룰 필요가 있다. 또한 2001년도에 해당하는 값들이 증가된 경향은 터널의 변위가 증가된 것이 아니고 하자 만료기간 도래에 따른 최종하자검사의 상세한 조사에 의하여 균열숫자가 늘어났다고 볼 수 있다.

4. 맺음말

“그림은 아는 만큼만 보인다.”는 말이 있다. 필자는 지하철건설공사 감독을 하면서 웃지 못할 실수 아닌 실수를 한 적이 있다. 다른 직원들보다는 경험이 좀더 있다고 윗 분들의 배려로 5호선 한강하저 터널 공사감독을 할 때이다. 하저터널구간 중 2~3개소의 관통을 성공적으로 하고 나서 구조물공사를 위한 설계도면을 검토하면서 수 차례에 걸친 숙고 끝에 여의나루역 배수계통시설 도면을 확정지어 주

고서 현재 근무하고 있는 도시철도공사로 직장을 옮겼다. 건설중인 지하철시설물을 인수하기 위하여 사전점검을 면밀히 하게된다. 직장을 옮긴지 1개월도 안지나 여의나루역을 점검하면서 깜짝 놀라고 말았다. 그 당시 근 17년 정도의 지하철 경험을 바탕으로 심사숙고 한 다음 결정해준 배수계통시설도면이 매우 불합리하고 잘못 되었던 것이다. 바로 그 이유는 유지관리를 중심으로 보는 시각의 초점기준이 다르기 때문이었다. 근간에 “Fuzzy 추론을 이용한 터널보강공법 선진용 전문가시스템 개발” 연구 등을 통하여 현장경험이 풍부한 전문가들의 의견을 반영하여 다양한 현장의 정보를 이용할 수 있는 정보화의 틀을 마련하고 있기도하다. 그러나 한 번 건설된 지하철시설물은 외국의 예를 보면 앞으로 100년이 아닌 200년 이상 사용될 것으로 전망된다. 최신의 특수공법을 동원한 조사와 설계가 훌륭하게 작성되고 열의와 정성을 다한 품질 높은 구조물이 만들어진다고 해도 유지관리가 고려되지 않은 시설물은 지하철 운영에 많은 문제점을 갖게되고 우리 후손들한테 부끄러운 조상이 될 수 있다는 점을 우리 모든 건설기술자들은 명심해야 한다고 생각한다.

회비 납부 안내

학회 사무국에서는 연중 수시로 학회비를 수납하고 있으나 회원여러분의 적극적인 협조를 부탁드립니다. 문의사항이 있으면 사무국으로 연락하여 주시기 바랍니다.

① 은행 무통장(타행) 입금
한국주택은행
계좌번호: 534637-95-100979
예금주: 한국지반공학회

* 입금시 보내시는 본인의 성명, 회원번호, 송금 명세를 기입해서 납부하시기 바랍니다.