

부산지하철 공사현장의 호박돌층 판정사례



임종철
부산대학교 공대
토목공학과 교수, 공학박사



홍석우
부산대학교 생산기술연구소
연구원, 공학박사

1. 서론

국내의 지하철은 1971년 4월에 시청 앞 광장에서 서울 지하철 1호선을 착공한 이래 서울, 부산, 대구, 인천, 대전, 광주 등에 지하철이 건설 중에 있어 가히 지하철 강국으로 가는 길에 성큼 다가선 느낌이다. 현재 부산에도 1981년 지하철 1호선을 시작으로 지하철 2호선이 완공되고, 3호선이 진행 중인 상태에 있어 어느 정도 지하철 공사에 대한 노하우가 쌓여간다고 볼 수 있겠고, 이에 따른 제반 자료를 서로 공유한다면 국내의 토목기술 수준은 빠른 성장을 할 것으로 기대된다.

본 기사에서 발표하고자 하는 현장사례는 부산지하철 0호선 000공구 현장을 대상으로 탄성파굴절법탐사 및 현장시굴시험을 통해 호박돌층으로 정의된 지층범위를 결정한 것이다.

본 현장은 개착식 굴착공법이 실시되고 있으며, 현재 차수를 위해 흙막이 말뚝 바깥쪽에 C.F. 그라우팅이 실시되어있고, 터파기 공정과 구조물의 설치가 일부 진행 중에 있다. 본 현장지반은 중생대 백악기 화산암류(안산암질화산각력암 및 유문암질암)와 화강암을 기반암으로 하고 이들 상위에 부정합으로 피복하고 있는 제4기 충적층

과 인위적인 매립층으로 구성되어 있다. 제4기 충적층은 토사층과 호박돌층으로 이루어져 있는데 각층의 보링에 대한 효율성이 달라, 이 호박돌층에 대한 정의와 지층범위에 따라 공사비에도 차이가 발생하게 되었다.

본 현장은 지하철 현장 특성상 시내에 위치하고 있어 지장물 및 건물이 근접해 있고 차량의 통행이 빈번한 것을 감안하여, 탄성파 굴절법 탐사 및 현장시굴시험에 의한 지층 판별이 가능한 장소를 선정하였다.

2. 지층의 분류법

지층을 분류하기 위해서는 지층을 구성하고 있는 흙입자를 파악하여 입자의 성분에 따라 분류하여야 한다. 이러한 분류법은 일반적 분류(입경에 의한 분류, 삼각좌표에 의한 분류)와 공학적 분류(AASHTO분류법, 통일분류법)로 크게 나누어진다. 입경에 의한 분류는 그림 1과 같이 입자의 크기만으로 하는 분류이며 공학적 분류는 입도 및 연경도 등에 의한 분류로서 공학적 성질을 포함하고 있다. 그러나 이러한 분류법은 점토에서부터 자갈까지의 한계를 정해 놓은 분류법으로 호박돌에 대한 한계는 모호

하다. 본 현장에서는 호박돌층에 대한 판정이 목적이므로 호박돌층에 대한 정의가 완벽하게 이루어져야 할 것으로 판단되어 이에 대한 문헌조사가 선행되었다.

점토	실트	미세모래	거친모래	미세자갈	중간자갈	거친자갈
.005	#200	#40	#10	#4	19	75
(0.075)	(0.425)	(2.0)	(4.75)			

그림 1. 흙의 입경에 의한 분류(KS F 2302, 1992), 단위 : mm

2.1 호박돌의 정의

호박돌층의 판별을 위해서는 호박돌에 대한 정의가 우선적으로 내려져야 할 것이다. 호박돌에 대한 각각의 정의는 다음과 같다.

(1) 한국사전연구사의 건축·토목사전²⁾

- 호박돌(boulder, rubble stone) : 지름이 20~30cm의 둥글넓적한 돌을 통틀어 일컬음. 개울 등에 있는 천연돌이며, 보통 안산암질 및 화강암질이고, 초석(礎石), 기초잡석 지정, 바닥 콘크리트 지정 등에 쓰임.

(2) 건설부, 건설용어 종합대사전³⁾

① 토목용어편(p.732)

- 호박돌(boulder) : 둥글고 비교적 큰 천연 석재

② 건축용어편(p.398)

- 호박돌(玉石, boulder, cobble stone) : 기초, 잡석 지정, 바닥 콘크리트 지정용으로 쓰이는 직경 20~30cm 정도의 둥글넓적한 개울산의 천연 석재. 둥근 돌.

이러한 문헌들을 참고하여 볼 때 호박돌이란 20~30cm정도의 입경을 가진 둥글넓적한 돌로 정의할 수 있다. 그런데 자갈은 “입경에 의한 분류”에서 볼 때 2~75mm사이의 입경을 가지고 있는 것으로 정의하고 있어 입경 75~200mm사이의 돌에 대한 분류가 애매해 진다.

그런데 전석(轉石)에 대한 정의를 내리기는 한층 더 어려운데 국내의 문헌에서는 정확한 정의를 찾기 어려워 국외의 문헌을 참고하였다.

(3) 日本土質工學會의 土質工學用語辭典⁴⁾

“轉石(boulder stone)이란 운반되어 온 큰 자갈인데, 손상상황이나 주의의 상황으로부터, 겉보기 상 암반 그 자체로 보이는 듯한 암괴를 말한다. 따라서, 예를 들면, 전석 중에 중요한 화석, 광물 등이 나타난 경우에는 그것이 본래 어떤 암체 또는 층위로부터 운반되어 온 것인가가 문제가 된다. 큰 자갈 이상의 것을 玉石(boulder)이라고 하는 일도 있다.”라고 정의하고 있어 호박돌과의 관계를 확실하게 구분짓기가 힘들다.

(4) 日本土質工學會의 土質工學標準用語集⁵⁾

- 巨石(boulder) : 입경 30cm 이상(영국의 규격 등에서는 20cm 이상)의 돌. 地學에서는 巨礫이라고 부르고 있다.
- 轉石(boulder) : 본래의 암반, 지층으로부터 이동한 巨石, 粗石 또는 암괴

영문에서는 이를 전부 boulder이라 하고 있어 분류를 더욱 힘들게 하고 있다. 따라서 이러한 입경 75mm이상의 돌에 대한 입경에 의한 분류를 정확히 해야 지층에 대한 용어가 정확하게 구분될 것으로 판단되어 다음과 같이 정의하기로 하였다.

- ① 자갈 : 입경 2~75mm사이 에 있는 돌로 자연석과 인공석(쇄석)으로 분류되며 주로 콘크리트의 골재, 조경 재료, 도로 및 기초재료로 쓰인다.
- ② 호박돌(boulder, rubble stone) : 산, 개울 등에 존재하며 기초, 잡석 지정, 바닥 콘크리트 지정용으로 쓰이는 입경이 약 75~300mm정도의 둥글넓적한 돌
- ③ 거석(巨石) : 거력(巨礫)이라고도 하며 300mm이상의 큰 돌
- ④ 전석(轉石, boulder stone) : 본래의 암반, 지층으로부터 이동한 巨石이라는 의미로, 粗石 또는 암괴로 겉보기 상 암반 그 자체로 보이는 듯한 300mm이상의 암

괴를 가리킨다.

2.2 호박돌층의 정의

호박돌에 대한 정의가 어느정도 되었으므로 호박돌층에 대한 정의를 내려보자. 한국적산연구소의 土工工事 표준품셈6)에 의하면 보링에서의 호박돌층을 “전석 및 자갈 섞인 호박돌”로 정의하고 있다. 삼각좌표에 의한 분류법, 통일분류법 등의 대부분의 지반분류법에서 “~섞인”이라는 의미를 중량비 50%를 기준으로 하고 있어 전술한 지층에 대한 용어와 호박돌층에 대한 용어의 정의 등을 바탕으로 합리적인 정의를 해야 할 것으로 판단된다.

따라서, 본 현장에서는 호박돌층을 “입경 75mm이상의 호박돌을 중량비로 50%이상 포함하는 전석 및 자갈 섞인 지층”으로 정의 하였다. 이제는 호박돌층에 대한 정의가 명백해 졌으므로 이에 만족하는 지층만을 구분하는 일이 남았다. 본 현장은 전술한 바와 같이 이미 시공이 행해진 후이므로 지층을 판정하는데 있어 제한적인 요인이

많았다. 따라서 물리검층법 중에서도 탄성파굴절법탐사를 이용하여 지반의 탄성파속도에 따른 지층분류를 하였다.

2.3 탄성파 속도에 의한 분류

본 현장인 부산 지하철 〇호선 〇〇〇공구의 층적층은 주성분이 호박돌, 자갈 및 전석층으로 되어 있어 토사 및 매립층보다는 높은 밀도로 이루어져 있고, 보링시의 효율성도 상당히 낮다. 그리고 기반암 층은 상당히 견고한 암질을 보이고 있는데 이들 지반은 생성된 원인에 따라 다른 역학적 특성을 가지고 있다. 본 현장에서는 이러한 기반암과 호박돌층과 토사 및 매립층을 구분하는 방법으로 탄성파 굴절법 탐사를 실시하였다. 탄성파 속도에 따라 지반을 분류하는 기준은 여러 가지가 있는데 대표적인 것을 표 1~3 에서 정리하였다.

표 1에서 A, B 그룹의 비교는 표 2와 같다.

(註) 암 절취는 현장여건상 랩퍼부착 볼도우저 작업이

표 1. 건설 품셈에 의한 분류

지반종류		자연상태의 탄성파속도 V(km/sec)	압편탄성파 속도 V(km/sec)	압편내압 강도 (kgf/cm ²)	비고
풍화암	A	0.7 ~ 1.2	2.0 ~ 2.7	300 ~ 700	내압강도 1. 시편: 5cm 입방체 2. 노건 : 24hr 3. 수중침윤 : 2일 4. 내압시험 5. 시험방향 (가압방향) Z축 (결면에 수직) (탄성파속도가 가장 느린 방향) 1. 시편 : 두께 15-20cm 상하면이 평행면 2. 측정방향 X축 (탄성파속도가 가장 빠른 방향) (절면에 평행)
	B	1.0 ~ 1.8	2.5 ~ 3.0	100 ~ 200	
연암	A	1.2 ~ 1.9	2.7 ~ 3.7	700 ~ 1,000	
	B	1.8 ~ 2.8	3.0 ~ 4.3	200 ~ 500	
보통암	A	1.9 ~ 2.9	3.7 ~ 4.7	1,000 ~ 1,300	
	B	2.8 ~ 4.1	2.3 ~ 6.7	600 ~ 800	
경암	A	2.9 ~ 4.2	4.7 ~ 5.8	1,300 ~ 1,600	
	B	4.1 이상	5.7 이상	800 이상	
극경암	A	4.2 이상	5.8 이상	1,600 이상	

표 2. 건설품셈 내의 지반종류 A와 B의 구분

구분	A	B
대표적 암명	편마암, 사질편암, 녹색편암, 각암, 석회암, 사암, 회록응회암, 역암, 화강암, 감람암, 사문암, 유문암, 현암, 안산암, 현무암	흑색편암, 녹색편암, 휘록응회암, 혈암, 이암, 응회암, 집괴암
함유물 등에 의한 시각판정	사질분, 석영분을 다량 함유하고 질이 단단한 것, 결정도가 높은것	사질분, 석영분이 거의 없고 응회분이 거의 없는 것. 천매상의 것
함유물 등에 의한 시각판정	타격점의 암은 작음 평평한 암편으로 되어 비산되거나 거의 암분을 남기지 않는것	타격점의 암 자신이 부서지지 않고 분상이 되어 남으며 암편이 별로 비산되지 않는것

표 3. 암반분류 및 재료성질

항목	암반구분	A암반	B암반	C암반		D암반	
				C ₁	C ₂	D ₁	D ₂
색조		淡綠色	淡綠色 靑綠色	淡綠色 褐綠色	黃綠色 褐綠色	淡黃綠色	淡黃綠色
風化變質의 狀態		지극히 신선 風化變質 없음	틈에 따라 약간 風化되고 있지만 岩內 部新線	틈에 따라 風化 약간 脆弱	岩內部 一部를 제외하고 風化 脆弱	岩內部까지 風化 되고 있지만 岩 構造는 확인됨	完全히 粘土化 構造를 보이는 않는다
절리		間隔 30cm정도 이고 密着되고 있다	間隔 5~15cm 이며 상당히 발 달되고 開口하고 있다	開口된 것은 粘 土를 사이에 끼 고 미세한 절리 가 많고 細片化 되기 쉽다	開口되고 粘土物 質을 끼고 細片 化되기 쉽다	절리는 많지만 開口된 것은 적 다	절리가 적다
彈性波速度(m/s)		3800~5200	2500~3200		1800~2500	700~1300	
動彈性係數 (×10 ⁴ kgf/cm ²)		35~53		25~30	7~14	1.1~3.8	
靜彈性係數 (10 ³ kgf/cm ²)			30~37	16~18	14~17		
압축강도 (kgf/cm ²)		1200以上	250~1200 대부분1000	185	78		

불가능한 협소지역(절취폭 4m 미만, 길이 20m 미만)에서는 편절 절취품을 적용하고 불도우저 투입이 가능한 지역(절취폭 4m 이상, 길이 20m 이상)에서는 립퍼 병행 오픈컷 절취품을 적용한다.

많은 참고자료에서 알 수 있듯이 대략 탄성과 속도 0.7km/sec이상을 풍화암으로 분류하고 있어 그 이하(0.7km/sec이하)는 풍화토를 포함한 토사 층으로 분류할

수 있다. 본 과업대상 지역의 호박돌층은 탄성과 속도가 약 0.6km/sec~0.9km/sec 범위에 있어 호박돌, 자갈 및 전석의 양이 적어 밀도가 낮은 지역과 호박돌, 자갈 및 전석이 많이 혼입되어 밀도가 높은 지역으로 나뉘어지는 것을 알 수 있었다. 따라서 호박돌, 자갈 및 전석의 양에 따른 밀도 및 탄성과 속도를 알기 위해 현장시굴시험을 실시하였다.

3. 현장시험 및 결과고찰

3.1 탄성파굴절탐사시험

탄성파굴절법탐사로부터 얻어진 자료를 바탕으로 주 시곡선도(Time-Distance Curve)를 작성하고, 각 축선 별 탄성파 속도로부터 각 속도층의 심도를 계산하여 노선 구간별로 탄성파속도 단면도를 작성하였다. 부산지하철 〇호선 〇〇〇공구 노선 좌우측은 전술한 바와 같이 탐사하기에 적합하지 않은 곳이 있어 특정 구간에는 기존의 자료를 최대한 수집하여 정도를 높이고자 하였다. 그리고 총 4개 지역을 선정하여 현장시굴시험을 통해 탐사의 정도를 확인하였다.

현장의 지반은 중생대 백악기 화산암류(안산암질화산

각력암 및 유문암질암)와 화강암을 기반암으로하고 이들 상위에 부정합으로 피복하고 있는 제4기 층적층과 인위적인 매립층으로 구성되어 있다. 조사대상인 토사층의 암질 및 암상에 대한 파악을 위하여 시추코어를 대상으로 관찰한 결과, 최상부에 약 1.5m~2.5m의 두께를 갖고 주로 실트, 모래 및 자갈로 구성된 인위적인 성토층이 분포하고 있고, 그 하위에 분급이 매우 불량하고, 원마도가 아각력(subangular) 내지 아원력(subrounded)의 거력(소위 호박돌)을 포함하고 있는 사태기원의 봉적층과 하천퇴적 기원의 층적층이 혼재되어 있고, 그리고 최하위에 기반암의 차별 풍화작용에 의해 형성된 핵석(core stone)을 함유하고 있는 풍화잔류토로 구성되어 있다.

부산지하철 〇호선 〇〇〇공구 지층판별을 위하여 노선 좌·우측에서 34개 축선 총 1,289.75m에 걸쳐 탄성파

표 4. 309공구 노선 우측부 탄성파굴절법탐사 분석결과표

축선번호	STA. No.	탄성파탐사 결과				
		P파속도 (m/sec)			토사층 평균 두께(m)	
		1층	2층	3층	1층(매립)	2층(호박돌)
SPR-1	12K705 ~ 12K735	396	781	1,922	2.64	6.41
SPR-2	12K813 ~ 12K855	346	517	1,402	1.03	5.48
SPR-3	12K887 ~ 12K941	334	888	1,769	3.25	10.76
SPR-4	12K941 ~ 12K996	330	718	1,764	2.53	7.92
SPR-5	13K040 ~ 13K073	305	534	1,275	2.23	5.84
SPR-6	13K073 ~ 13K106	305	644	1,378	3.01	5.44
SPR-7	13K163 ~ 13K205	539	698	1,068	2.73	4.59
SPR-8	13K208 ~ 13K250	450	691	1,127	3.29	4.61
SPR-9	13K277 ~ 13K324	299	681	1,525	2.33	7.02
SPR-10	13K343 ~ 13K387	286	637	1,712	1.71	6.38
SPR-11	13K407 ~ 13K451	362	655	1,693	2.75	4.83
SPR-12	13K472 ~ 13K516	339	673	1,469	2.38	6.97
SPR-13	13K542 ~ 13K586	384	753	1,606	3.74	6.89
SPR-14	13K596 ~ 13K640	324	653	1,821	2.65	8.01
SPR-15	13K723 ~ 13K756	330	887	1,435	2.58	6.01

지층 구분	탄성파(P파) 속도	비고
제1층	305 ~ 663 m/sec	토사층(매립·성토층)
제2층	517 ~ 968 m/sec	호박돌층(부분적 풍화토 및 풍화암 포함)
제3층	1,083 ~ 1,922 m/sec	기반암(연암 및 보통암)

표 5. 309공구 노선 좌측부 탄성파굴절법탐사 분석결과표

측선번호	STA. No.	탄성파탐사 결과				
		P파속도(m/sec)			토사층 평균 두께(m)	
		1층	2층	3층	1층(매립)	2층(호박돌)
SPL-1	12K711 ~ 12K729	510	895	1,463	2.51	3.60
SPL-2	12K769 ~ 12K799	530	836	1,221	2.19	4.11
SPL-3	12K806 ~ 12K847	490	699	1,398	2.57	6.59
SPL-4	12K874 ~ 12K915	542	799	1,109	4.97	3.93
SPL-5	12K924 ~ 12K965	564	778	1,286	3.16	5.42
SPL-6	12K980 ~ 13K002	611	831	1,379	2.29	2.96
SPL-7	13K015 ~ 13K057	663	673	1,294	3.60	8.41
SPL-8	13K064 ~ 13K106	605	770	1,278	2.88	5.24
SPL-9	13K126 ~ 13K145	212	572	1,524	0.78	2.67
SPL-10	13K157 ~ 13K198	594	732	1,136	2.91	5.11
SPL-11	13K206 ~ 13K247	618	689	1,052	2.85	3.54
SPL-12	13K266 ~ 13K310	580	659	1,224	4.28	4.45
SPL-13	13K314 ~ 13K344	513	968	1,272	3.24	3.58
SPL-14	13K351 ~ 13K389	570	816	1,226	3.03	4.92
SPL-15	13K407 ~ 13K448	556	651	1,083	2.78	3.94
SPL-16	13K456 ~ 13K497	562	705	1,245	3.49	5.00
SPL-17	13K497 ~ 13K519	517	587	1,493	2.39	2.76
SPL-18	13K537 ~ 13K571	605	630	1,498	1.20	5.62
SPL-19	13K606 ~ 13K644	1,056	1,087	1,691	2.05	9.15

지층 구분	탄성파(P파) 속도	비고
제1층	305 ~ 663 m/sec	토사층(매립·성토층)
제2층	517 ~ 968 m/sec	호박돌층(부분적 풍화토 및 풍화암 포함)
제3층	1,083 ~ 1,922 m/sec	기반암(연암 및 보통암)

굴절법탐사 분석결과는 표 4, 5와 같고, 각 노선의 STA No.에 따른 지하 호박돌층의 탄성파 속도는 그림 3 과 같다.

3.2 현장시굴시험

현장시굴시험은 여건이 허락하고 주변건물 등에 피해가 없는 한도 내에서 4개소에 대해 실시하였으며 5개 상자의 현장시료를 채취하였다. 시료채취 위치 및 시료상태는 표 6과 같다.

3.3 실내입도 분석시험

부산지하철 ○○○공구 노선에서 채취한 시료의 물리적 특성을 파악하기 위하여 함수비 측정시험과 입도분석 시험을 실시하였다. 이 시험에서는 호박돌이 전체시료중 얼마나 포함되어 있는지를 파악하기 위한 목적으로 실시되었으며 이를 입경비($\frac{\text{입경 75mm 이상 중량}}{\text{시료전체중량}} \times 100 (\%)$)로 정의하고, 탄성파굴절법탐사에서 구한 탄성파 속도와와의 관계를 규명하는 관계식을 작성하였다. 함수비의 측정결

표 6. 시료채취 위치 및 시료상태

시료번호	시료채취 위치	채취심도	시료기건 중량	지연흡수비 평균값(%)	현황 및 시료상태
No.1	STA.12K900	-3.5m	78.39kg	10.00%	매립토 층이 깊게 존재하며 시료는 자갈 및 사질분이 골고루 분포되어 있다
No.2	STA.13K000	-2.5m	89.63kg	13.99%	2.5m 깊이에서 호박돌이 많이 검출되었으며 자갈 및 사질분이 많이 혼재되어 있음
No.3	STA.13K330	-2.5m	50.88kg	25.48%	2.5m와 3.5m에서 각각 시료를 채취하였으며 호박돌 및 자갈층에 점토성분이 많이 함유됨
No.4	STA.13K330	-3.5m	58.99kg	28.58%	
No.5	STA.13K450	-4.0m	72.46kg	23.31%	4m정도에서 호박돌이 검출되었으며 호박돌 및 자갈층에 점토성분이 많이 함유됨

과는 표 6에 정리하였다. 입도시험은 현장시굴시험에서 채취된 시료를 전부 체분석을 하였으며 큰 호박돌의 직경은 장단(長短) 평균값을 사용하였다.

입도시험한 결과를 바탕으로 입경가적곡선을 그리고, 입경비에 따라 정리하여 그림 2와 같이 정리하였고, 입경비에 대해 탄성파속도와 비교하여 관계식을 구하면 식 (1)을 얻을 수 있다.

$$\text{지층의 입경비} = 0.1633 \times (\text{그 지층의 탄성파 속도}) - 35.007 \quad (1)$$

위의 식을 통해 탄성파 속도가 521(m/sec) 이상이면 입경비($\frac{\text{입경 75mm 이상 중량}}{\text{시료전체중량}} \times 100$ (%))가 50% 이상이 된

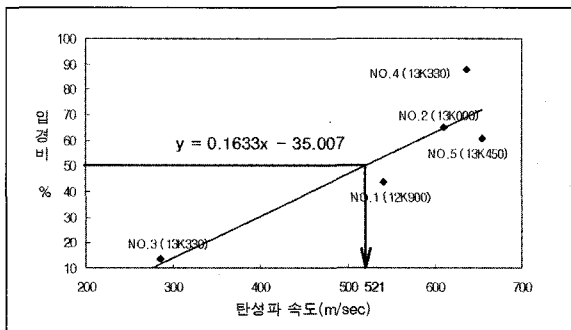


그림 2. 입경비와 탄성파 속도와의 관계식

다는 것을 알 수 있다. 따라서 탄성파 속도가 521(m/sec) 이상인 곳은 호박돌층으로 분류할 수 있다. 위의 식으로부터 구한 호박돌층의 최저 하한경계선 521(m/sec)을 기준으로 하여 호박돌층을 도면에 표시하면 그림 3과 같다.

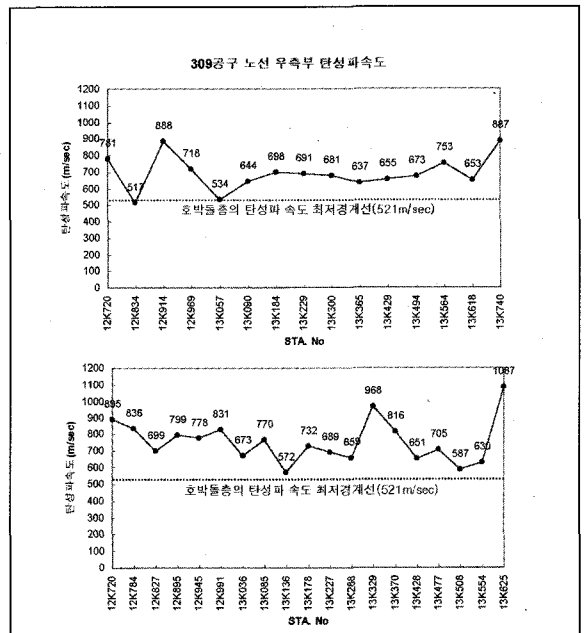


그림 3. 호박돌층의 최저경계선 521(m/sec)을 기준으로 한 2층의 탄성파속도

위의 결과를 볼 때 전체 구간 중의 한 점인 12K834의 우측노선부를 제외하고는 모든 축점이 호박돌층의 경계에 들어가는 것으로 나타났다. 12K834 지점도 주변지반의 탄성파속도(781~888 m/sec)로 미루어 볼 때 호박돌층으로 봐도 무방하다고 판단되었다. 상기 자료를 바탕으로 지하철 ○○○공구 노선 좌우측의 호박돌층을 판별하였다.

관계를 파악하기 위해 현장시굴시험을 실시하였고, 이를 이용해 관계식을 구하였다. 또한 이 식을 통해 이 현장지반 호박돌층의 최저 탄성파속도를 구하였다.

이 사례는 본 현장과 같이 차수공으로 인해 굴착면의 육안 확인을 통한 지층판별이 곤란할 경우, 토사층과 호박돌층을 구분하는 하나의 방법을 제안한 것으로 생각된다.

4. 결론

현장의 지반은 중생대 백악기 화산암류(안산암질 화산 각력암 및 유문암질암)와 화강암을 기반암으로하고 이들 상위에 부정합으로 피복하고 있는 제4기 충적층과 인위적인 매립층으로 구성되어 있다.

제4기 충적층은 토사와 호박돌층으로 이루어져 있어 C.F. 그라우팅시의 두 층의 보링의 효율성이 각각 달라 호박돌층에 대한 정확한 판단이 요구되었다. 따라서, 먼저 호박돌층에 대한 정확한 정의를 내렸고, 탄성파굴절탐사를 실시하여, 각 축선별 탄성파 속도로부터 각 속도층의 심도를 계산하여 노선 구간별로 탄성파속도 단면도를 작성하였다. 그리고 탄성파 속도와 호박돌층의 밀도와의

참고문헌

1. 日本土質工學會, 土質調査法(1987), pp. 100-125.
2. 한국사전연구소(1994), 건축·토목사전, p.1401.
3. 건설부, 건설용어 종합대사전 (1) 토목용어편, p.732. (2) 건축용어편, p.398.
4. 日本土質工學會(1985), 土質工學用語辭典, p.25.
5. 日本土質工學會(1990), 土質工學標準用語集, p.29, p.92.
6. 한국적산연구소(2000), 土木工事 표준품셈, p.564.
7. 대한토목학회(1997. 8.), 토목기술강좌, VOL. 2 NO. 2 p. 558
8. Hoek and Bray 著(1981), 小野寺 透, 吉中 龍之進 譯, 岩盤斜面工學, 2nd Ed., 朝倉書店, p.79.
9. Hobst, L. and Zajik, J. (1983), Anchoring in Rock and Soil, Developments in Geotechnical Engineering, Vol.33, Elsevier Scientific Pub. Co., p.45.