

## 토목 공학에서의 SASW 기법의 활용

송명준<sup>1)</sup> · 정연문<sup>1)</sup> · 이영남<sup>1)</sup>

### Applications of SASW Method to Civil Engineering

Myung-Jun Song, Yun-Moon Jung and Young-Nam Lee

**요 약 :** 토목구조물의 내진설계등에 필요한 탄성 계수중의 하나인 S파 속도의 측정을 위해서 통상적으로 시추공을 이용한 downhole 시험이나 crosshole 시험 또는 검층 조사를 실시하여 왔다. SASW(Spectral Analysis of Surface Waves, 주파수영역 표면파해석) 기법은 이러한 공내 시험법들의 한계를 극복한 것으로서 지표면에서 표면파의 측정을 통해 지표 아래의 전단 강성 주상도를 추정하는 비파괴, 비관입 시험방법이다. 본 논문에서는 SASW 기법의 원리를 간략히 언급하고 현장적용 가능성 파악을 위하여 여러 현장에서 수행한 SASW 실험 결과를 요약하였다. 인천국제공항 현장에서의 동다짐 효과 판정, 마북리 시험터널의 라이닝 및 배면 압반 상태 파악, 콘크리트 옹벽의 두께 파악을 위하여 SASW 기법을 성공적으로 활용하였으며 비파괴적, 경제적인 특징으로 인하여 그 외 다양한 분야에서도 SASW 기법이 응용될 수 있는 가능성을 제시하였다.

**Abstract :** Shear wave velocity, one of major elastic constants in the dynamic design for civil structures, is conventionally measured from downhole, crosshole or sonic logging tests. SASW (Spectral Analysis of Surface Waves) method, which overcomes the disadvantage of the in-hole tests, can evaluate subsurface stiffness nondestructively and nonintrusively through measuring surface waves on surface. In this paper, principles of the SASW method are briefly described and the results of various field tests, conducted to investigate the applicability of the method, are summarized. The SASW method was successfully applied in evaluating the effects of dynamic compaction at Incheon international airport site, applied in evaluating the integrity of the lining and sidewall at a testing tunnel located in Mabukri, and applied in detecting thickness of a concrete retaining wall. The results of field tests and the nondestructive and economical characteristics of the method show the promising future of the SASW method in civil engineering projects.

**Keywords :** SASW, Shear Wave Velocity, Dynamic Compaction

## 서 론

지반의 S파 속도 측정을 위하여서는 보통, 한 개 혹은 두 개 이상의 시추공을 사용하여 downhole 시험이나 crosshole 시험, 또는 검층 조사를 실시하여왔다. 그러나, 시추공이 꼭 필요한 이러한 공내 시험법들의 단점을 극복한 것이 SASW(Spectral Analysis of Surface Waves, 주파수영역 표면파해석) 기법이다. SASW 기법은 지반이나 구조물의 표면에서 측정된 표면파를 이용하여 하부의 전단 강성 주상도(profile of shear stiffness)를 추정하는 비관입, 비파괴적 현장시험이다. SASW 실험은 지표면 또는 구조물의 표면에서 작은 변형률 범위에서 수행되기 때문에 비파괴적으로 행해지며 또한 다른 현장 조사 시험에 비해 단시간에 그리고 경제적으로 행해질 수 있다. 이러한 점은 SASW 기법의 가장 큰 장점이며, 비파괴적인 특징은 여러 분야에서 응용될 수 있는 가능성을 제시하고 있다.

SASW 기법은 여러 지반공학적인 환경에서 깊이별 전단 강

성도(shear stiffness)의 변화를 비파괴적으로 평가하기 위하여 성공적으로 적용되어왔다. SASW 실험결과로 얻는 지반의 S파 속도( $V_s$ )와 전단탄성계수( $G_{max}$ )는 지반의 강성도(stiffness) 해석, 동하중을 받는 기초의 설계(Woods, 1986), 모래, 자갈 등과 같이 시료채취가 힘든 지역의 탄성특성 계산(Stokoe *et al.*, 1988), 지반 침하해석(Matthews *et al.*, 1996) 또는 액상화 가능성 평가(Stokoe and Nazarian, 1985) 및 콘관입시험(CPT: Cone Penetrating Test)과 표준관입시험(SPT: Standard Penetrating Test) 시험결과와의 상관관계연구(송명준, 조성호, 1998) 등에 사용되어왔다. 본 논문에서는 SASW 기법의 원리를 간략하게 서술하고 현장적용사례를 중심으로 하여 SASW의 다양한 현장 적용방법과 적용 가능성등을 논하였다.

## SASW 기법의 원리

SASW 실험을 간략하게 정의하면 일정거리의 두 수진기에

\*1999년 5월 27일 접수

1) 현대건설(주) 기술연구소 (Hyundai Institute of Construction Technology)

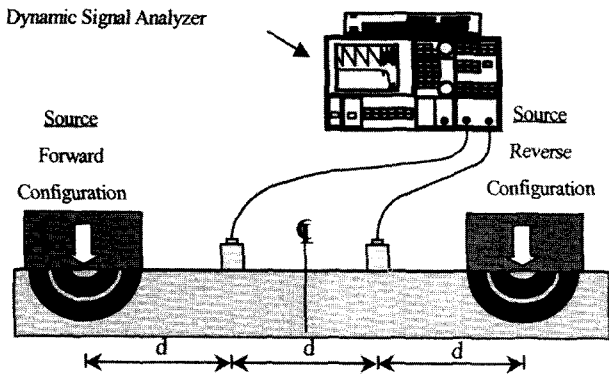


Fig. 1. Basic configuration of SASW test (After Stokoe et al., 1994).

서 기록된 표면파의 위상차이(phase difference)를 수신기간 거리를 변화시키며 측정하는 것이라고 할 수 있다(Fig. 1).

현장에서 측정된 두 수신기의 각 주파수에 대한 위상차이로부터 그 주파수에 대응하는 파장(wavelength)과 표면파의 위상 속도(phase velocity)를 결정하는데, 이러한 파장에 대한 위상 속도의 관계를 나타낸 곡선을 분산곡선(dispersion curve)이라고 한다. 이 분산곡선은 평가 대상인 부지의 고유한 서명(signature)과도 같은 것으로서, 특정 부지에 대해서 분산곡선은 유일하게 결정되어진다. 현장에서 실험에 의해 결정된 분산곡선은 실험분산곡선(experimental dispersion curve)이라고 하며, 각 수신기간 거리에 대한 실험분산곡선들을 모두 합친 곡선을 복합실험분산곡선(composite experimental dispersion curve)이라고 한다. 이 복합실험분산곡선은 부지의 S파 속도 주상도를 도출하는데 사용이 된다. 예로 인천국제공항 지반에서 구한 수신기간 거리에 대한 복합실험분산곡선이 Fig. 2에 도시되어있다. S파 속도 주상도의 도출은 역산해석(inversion analysis)이나 반복적 정모델링 해석(iterative forward modeling

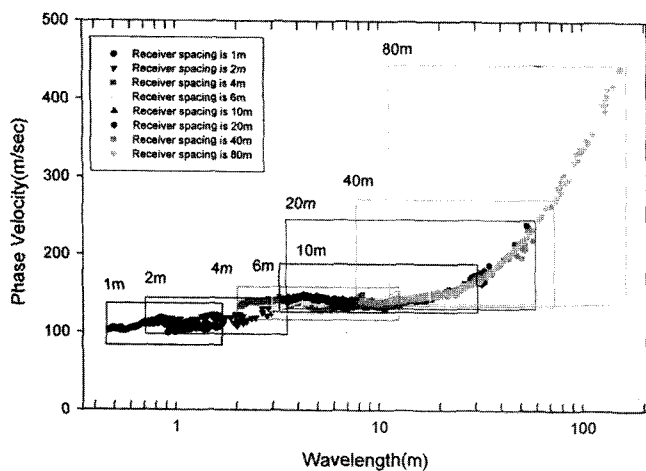


Fig. 2. Composite experimental dispersion curve from multiple receiver spacings at taxiway in the Incheon international airport site before dynamic compaction.

analysis)에 의해서 가능하다. 이중 반복적 정모델링 방법이란, 현장의 지층의 구조(두께 및 개수)와 각 지층의 S파속도를 가정하고 강성도 행렬법(stiffness matrix method)을 이용한 반무한 해석(half-space solution)이나 층 구조 해석법(layer system solution)등을 이용하여 가정된 층의 구조와 S파 속도에 대한 이론 분산곡선을 구한다. 이론분산곡선과 실험분산곡선을 비교하여 이를 기초로 하여 가정된 값들을 두 곡선이 일치하도록 인위적으로 수정하여 가정하면 새로운 이론분산곡선을 구할 수가 있다. 이러한 작업을 이론분산곡선과 실험분산곡선이 주어진 오차범위내에서 일치하도록 반복하는 방법이다. 이러한 S파 속도 주상도의 가정에 대한 수정이 최적화 이론(optimization theory)에 의해서 자동적으로 지반의 강성구조를 도출하는 방법을 역산해석이라고 한다.

### SASW 기법의 현장실험

SASW 현장실험의 목적은 광범위한 주파수 대역에서의 두 수신기 사이의 위상각 차이를 결정하는 것이다. 위상각 차이를 결정하기 위한 일반적인 SASW 실험 구성도는 Fig. 1과 같다. 측정장비는 발진기(source), 두개의 수신기(receiver)와 자료 획득 시스템(data acquisition system)으로 구성된다. 발진기는 지표면 위에서 수직 동하중을 발생시키는 일종의 기계적인 시스템이며 수신기는 측정하고자 하는 주파수대역에 따라 수직으로 작동하는 지오폰(geophone) 또는 가속도계(accelerometer)이다. 발진기와 수신기는, 발진기에서 첫 번째 수신기까지 전파하고 다시 첫 번째 수신기에서 두 번째 수신기까지 전파하는 파를 측정하기 위하여 일직선상에 위치한다. 본 논문에는 각 현장별로 사용된 발진기 및 수신기들의 종류 및 각종 측정 파라미터들이 Table 1, 2에 요약되어있다

SASW 실험으로 강성 주상도(stiffness profile)를 구하기 위해서는, 파장이 다른 여러 파동의 위상속도가 결정되어야 한다. 파동의 파장은 깊이가 얇은 곳의 매질을 측정하기 위해 충분히 짧아야 하며 또한 깊은 심도까지 전파할 수 있을 정도로 충분히 길어야 한다. 따라서, 단지 하나의 수신기간 거리의 발진기-수진기 구성은 광대역 파동에 대한 위상속도를 결정하는데 충분하지 않으며 다양한 수신기간 거리에 대한 여러 번의 측정이 필요하다.

SASW 실험을 위한 일반적인 시험과정은 다음과 같이 요약할 수 있다.

1. 현장에서 측정하고자 하는 깊이를 고려하여 충분한 범위의 파장을 가지는 일련의 수신기간 거리를 결정한다. 일련의 수신기간 거리는 현장의 S파 속도 주상도에 대한 사전정보나 경험에 의한 추측을 토대로 결정되며, 일반적으로 측정은 보통 가장 짧은 거리의 수신기간 거리에서부터 시작하며 수신기간 거리를 두배씩 증가시켜 가면서 측정한다.
2. 고려중인 주파수대역에 가장 적합한 발진기와 수신기들을

선택한다. 주파수 대역은 수신기간 거리에 매우 많은 영향을 받는다. 예를 들면, 표면파속도가 500 m/sec인 반 무한체의 경우, 50~200 Hz의 주파수 대역에서는 2.5~10 m의 파장을 발생시킬 수 있으며, 2~20 Hz의 주파수 대역에서는 25~250 m의 파장을 발생시킬 수 있다. 주파수 대역은 아래 식의 표면파 속도 (V), 파장(λ)과 주파수(f)사이의 관계에서 구할 수 있다.

$$V = f \cdot \lambda$$

3. 일반적으로 수신기들이 중앙에서 동일거리에 위치하는 방법(receivers midpoint geometry)을 이용하여 결정된 위치에 수신기를 위치시킨다(Fig. 3). 두 수신기가 지반 거동을 정확히 측정하고, 두 수신기의 위상이동(phase shift)을 방지하기 위해서 수신기는 지표면과 잘 접촉되어야 한다.

4. 지반에 진동을 발생시키는 기계적인 발진기를 사용하여 두 수신기에서 수직응답(vertical response)을 측정한다. 무작위 잡음과 일관되지 않은 신호를 제거하기 위하여 주파수 영역에서 측정된 신호를 합하는 신호 평균(signal averaging)법을 사용한다.

5. 위상 스펙트럼에서 몇 개의 주파수들에 대하여 계산된 위상속도가 초기에 가정한 위상속도와 적절히 일치하는지를 검사한다. 많은 데이터가 포함된 정확한 분산곡선을 구하기 위해서 위상 스펙트럼에서 약 2~4개 이상의 점프(jump)를 가진 위상 정보를 확보하는 것도 좋은 방법이다. 위상 스펙트럼에서 잡음의 영향을 많이 받은 고 주파수 영역에서의 위상 정보는 신뢰할 수 없기 때문에, 위상 스펙트럼에서 저 주파수 대역에서의 위상들이 잡음의 영향을 받지 않고 측정될 수 있도록, 저 주파수 대역에 적합한 발진기를 사용하여 자료를 획득하여야 한다.

6. 가능하면 각 수신기간 거리에서 발진기의 위치를 반대로 이동하여 자료를 획득한다. 즉, Fig. 3에서 보듯이 수신기들의

반대편으로 발진기의 위치를 이동하는 것이다. 정방향과 역방향의 실험결과를 평균하면 층의 기울기에 따른 효과를 최소화하고, 발진기와 첫 번째 수신기사이의 횡방향의 비균질성을 감소시키며 측정장비에서 발생할 수 있는 위상차이를 보상할 수 있다.

7. Fig. 3의 수신기들이 중앙에서 동일거리에 위치하는 방법을 유지하면서 다음 위치로 두 수신기를 이동한 후 모든 수신기 간격에서 측정이 끝날 때까지 2에서 5의 과정을 반복한다.

**인천국제공항 현장 다짐효과 평가**

인천국제공항은 연안에서 준설한 실트질 사질토로 간척지 상부를 매립하였기 때문에 지층은 수평으로 상당히 균질한 지반이다. 원지반은 실트질 점토와 실트질 모래로 구성되어있으며, 점토지반의 압밀축진을 위해 투수성 좋은 모래를 말뚝 형상으로 관입하여 배수를 촉진시키는 샌드드레인 공법을 시공하고 약 5~6 m가량 실트질 모래를 준설 매립하였다. 활주로의 포장을 위해서 준설매립층을 유압식해머에 의해 다짐시공을 수행하였다. 유압식 해머 다짐공법은 동다짐과 같이 고공에서 다짐추를 낙하시키지 않고 비교적 짧은 거리(약 1 m 정도)에서 중량의 추(약 7~9 ton)를 낙하시켜 지면에 밀착된 다짐판을 타격하여 그 충격력으로 지반을 개량하는 것이다.

유압식 해머의 다짐효과 평가를 위해서 현장에서는 표준관입시험(SPT), 동적콘관입시험(DCP), 현장배인시험(FVT) 및 현장 들밀도 시험 등을 수행하였다. 그 결과 유압식 해머다짐으로 매립된 준설토는 상당한 개량효과를 가져왔고 개량심도는 약 5~6 m인 것으로 판단되었다. 본 연구에서는 지반의 동적인 특성을 평가할 수 있는 SASW 시험을 이용하여 유압해머의 다짐효과를 판정하고자 하였다.

본 현장에서 사용된 다짐 전·후의 발진기의 선택, 발진기와 수신기간 거리 및 주파수대역이 Table 1에 요약되어있다. 수신기간 거리가 0.5~2 m 까지는 약 10 kg의 해머로서 데이터 획득이 가능하였으며, 4~20 m까지는 불도저를 이용하여 데이터를 획득하였다. Table 1에서 보듯이 본 현장은 발진기를 점

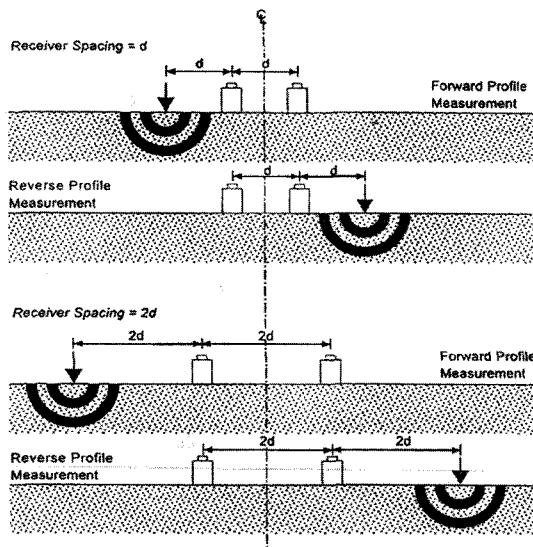


Fig. 3. Arrangements of source and receivers illustrating the common receivers midpoint geometry (After Joh, 1996).

Table 1. Summary of the SASW test parameters before and after the compaction at taxiway in the Incheon international airport site.

구분	수신기간거리 (m)	첫 번째 수신기와 발진기사이 거리(m)	주파수대역 (Hz)	발진기종류
다짐전	0.5	0.5	400	소형해머
	1	1	400	소형해머
	2	2	400	소형해머
	4	18	200	불도저
	6	27	100	불도저
	10	55	100	불도저
다짐후	20	50	50	불도저
	1	1	400	소형해머
	2	2	400	소형해머
	4	18	200	불도저
	6	37	100	불도저
	10	55	50	불도저
	20	50	50	불도저

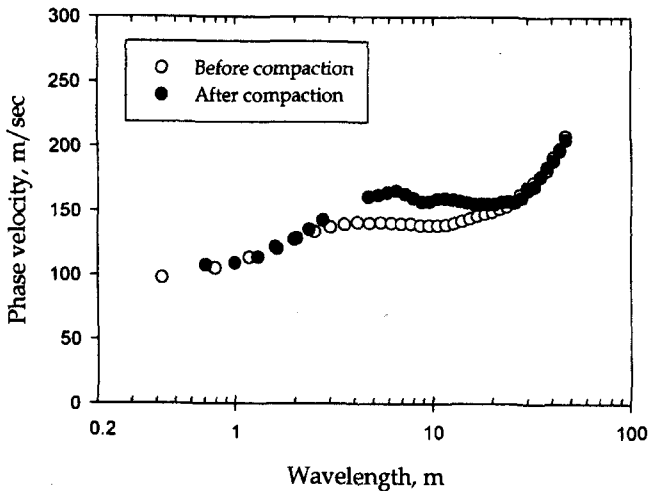


Fig. 4. Comparison of compact dispersion curves before and after the compaction.

하중이 아닌 연속하중인 불도저를 사용하였으므로 첫 번째 수진기와 발진기사이 거리를 수진기간 거리보다 멀리 떨어뜨려서 사용하였다. 이는 불도저의 사용시 불도저는 약 2 m 정도의 간격으로 전, 후진을 반복하기 때문에 발진되는 위치가 일정하지 않고 약 2~3 m 정도의 변화가 있게된다. 이러한 이유 때문에 기본원칙인 점하중(point source)의 가정이 위반되게되어, 가급적이면 불도저를 수진기에서 원거리에 위치하도록 하는 것이 바람직하다.

Fig. 4에는 다짐 전·후의 대표분산곡선이 비교되어 있으며, 다짐 후의 지표면 아래 약 1 m에서 20 m 사이에 상당한 속도의 증가가 있음을 파악할 수 있다. 이는 간단한 자료처리만으로도 현장에서 직접 다짐정도의 평가가 가능하다는 것을 의미한다. Fig. 4의 대표분산곡선을 각각 역산하면 Fig. 5의 S파 속도 주상도를 얻을 수 있다.

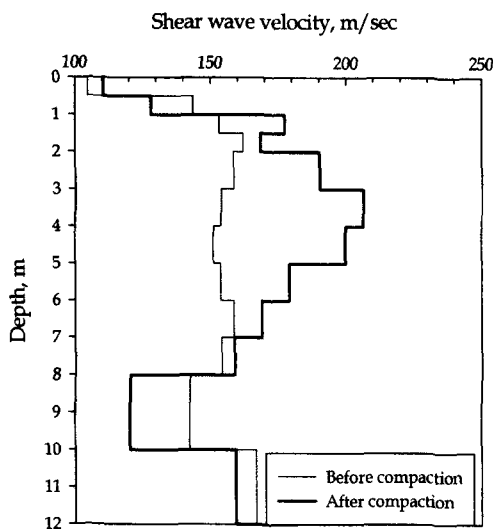


Fig. 5. Comparison of shear wave velocity profiles before and after the compaction.

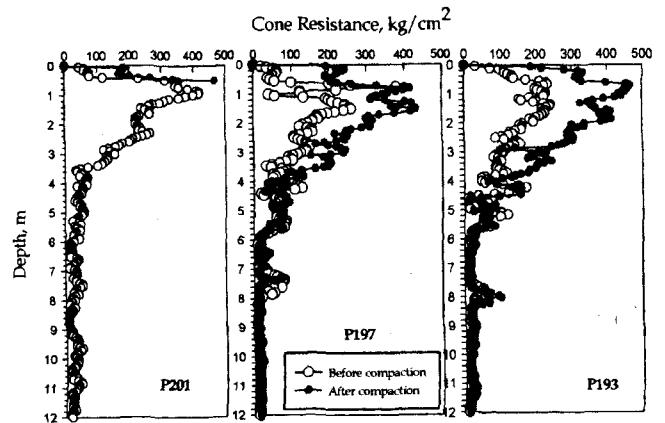


Fig. 6. Comparison of cone resistance profiles by CPT before and after the compaction.

다짐 전·후의 S파 속도 주상도가 Fig. 5에 비교되어 있다. 여기서, 지표면하부 약 1 m에서 7 m까지는 S파 속도가 증가하였음을 알 수 있으며, 이중 2~6 m 사이의 지반이 가장 큰 개량효과를 보이고 있다. S파 속도는 간극비, 유효응력, 응력이력등의 함수이므로, 같은 위치에서의 S파 속도의 증가는 간극의 감소, 즉 밀도의 증가를 의미한다. 샌드드레인이 타설된 점성토층의 상부에 해당되는 8~10 m사이의 구간에서는 S파 속도가 감소하는 것을 알 수 있는데 이는 점성토층 위의 사질토층을 다짐으로 인한 과잉 간극수압 증가 등에 따른 점성토층의 영향으로 판단되어지며 이는 같은 지역에서 수행된 세 군데 위치(P193, P197, P201)에서의 CPT 실험결과인 Fig. 6의 7~8 m부위에서도 나타나고 있다.

심도 4~6 m에 해당되는 지반의 경우, SASW 실험결과에 개량효과가 있음을 보이고 있으나, CPT 실험결과에 큰 변화가 없음을 나타내고 있는데, 이는 CPT 시험이 한 점에서 수행하는 사운드링이라는 점과 다짐에 의한 지표면부근에서의 지반의 교란의 영향 등에 의한 것으로 추정된다(송명준 외, 1998b).

#### 마복리 시험터널 건전도시험

SASW 기법은 콘크리트 구조물을 대상으로 하는 비파괴 시험 영역에서 이미 그 가능성이 높게 평가된 기법인데, 터널의 벽체에 대해서는 본격적으로 시도된 적이 없었다. 본 연구에서는 SASW 기법을 터널 벽체의 건전도 평가에 적용하기 위해서 시험터널의 숏크리트 벽체에서 SASW 기법을 이용한 건전도 시험을 수행하였다. SASW 실험결과와 신뢰성 평가와 확인을 위하여 코어링 시험을 수행하였으며 이들 시험결과와의 비교를 통하여 SASW기법의 터널 벽체의 건전도 시험법으로서의 가능성을 평가하였다.

연구지역의 기반암은 호상 흑운모 편마암(banded biotite gneiss)으로 구성되어 있으며, 부분적으로는 규장편마암과 각섬석 편마암을 배태하고 있다. SASW 실험이 실시된 벽체배면의 지질상태는 대체적으로 파쇄가 심한 편마암층이며, 0~1 m

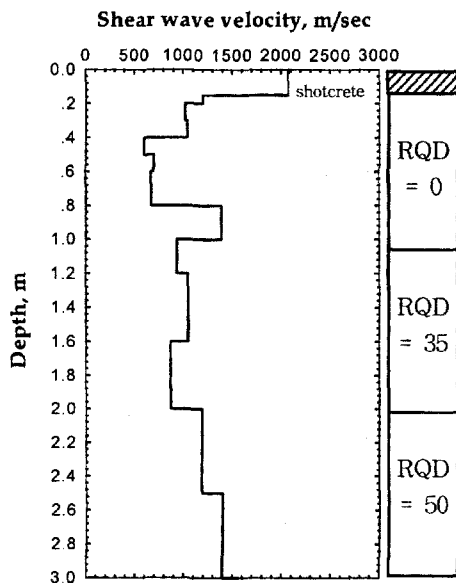
**Table 2.** Summary of SASW test parameters at the side wall of testing tunnel

수진기간거리 (m)	첫 번째 수진기와 발진기사이 거리(m)	주파수대역 (kHz)	발진기종류
0.2	0.2	51.2	소형해머
0.5	0.5	25.6	소형해머
1.0	1.0	12.8	소형해머
2.0	2.0	3.2	슬래지 해머
4.0	4.0	1.8	슬래지 해머

까지는 파쇄가 심한 RQD가 0이며, 1~2 m까지는 RQD가 35, 2~3 m까지는 RQD가 50이며, 3~5 m까지는 RQD가 80인 상태가 양호한 편마암층으로 구성되어 있다.

본 연구에 사용된 다짐 전·후의 발진기의 선택, 발진기와 수진기간 거리 및 주파수대역이 Table 2에 정리되어 있다. SASW 시험결과인 S파 속도 주상도가 Fig. 7에 도시되어 있으며 그로부터 S파 속도가 약 2,200 m/sec 인 15 cm의 상태가 양호한 숏크리트층이 있으며, 그 뒤에는 S파 속도가 800 m/sec에서 1,400 m/sec 정도의 파쇄가 심한 암반층이 존재함을 알 수 있었다. 또한, SASW 실험이 수행된 벽체의 인접한 벽체에서 숏크리트 두께 확인을 위한 코어링 시험이 실시되었으며 5개의 코어링 시험공에서의 숏크리트의 평균두께는 약 16 cm였다. 실제 코어링 시험결과로부터 SASW 실험결과와 정확도를 추정할 수 있었다.

시험터널 벽체의 SASW 실험으로부터 숏크리트의 두께와 벽체 배면의 심한 파쇄대층의 존재와 벽체 배면의 강성도 (stiffness)를 추정할 수 있었고, 이는 인접한 시추공에서의 시추자료와도 잘 일치하였다. SASW기법을 터널 벽체의 건전도 시험에 적용하면, GPR등과 같은 기존의 방법들이 제시할 수 있는 단순한 벽체의 두께 뿐만이 아니라 벽체 배면의 강성도



**Fig. 7.** Shear wave velocity profile determined on the side wall of testing tunnel by SASW measurements.

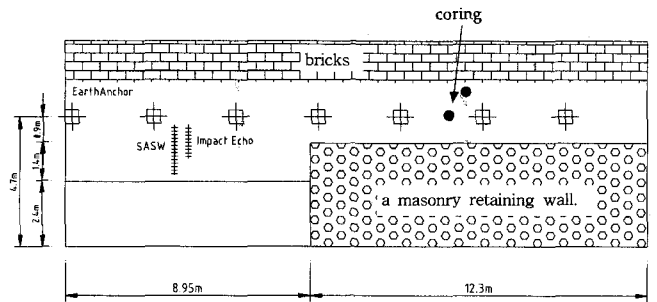
(stiffness)까지도 파악할 수 있다(송명준 외, 1998a).

**콘크리트 두께 비파괴시험**

주책가에 위치한 콘크리트 옹벽의 안전진단을 위하여 SASW 기법과 Impact Echo 기법을 적용하였다. 옹벽이 위치한 곳은 전반적으로 작업공간이 협소하여 일반적인 조사장비를 투입할 수가 없었으며 기존의 시설물을 훼손시키지 않는 범위에서 조사를 수행하여야 하였기에 비파괴 시험법인 SASW시험과 Impact Echo시험법을 이용하여 옹벽의 두께를 조사하였다.

SASW, Impact Echo시험 및 코어링 위치도가 Fig. 8에 도시되어있다. SASW실험은 Fig. 8에서와 같이 2번째 앵커의 아래에서, 즉 지표면 위 2.6 m 지점에서 4.4 m 지점까지 20 cm 간격으로 발진기는 소형 햄머를 사용하여 수행되었고, Impact Echo 시험은 동일 위치에서, 지표면 위 3.2 m부터 4.4 m 지점까지 10 cm 간격으로 실시하였다.

Impact Echo 시험결과가 Table 3에 요약되어 있다. 여기서 사용된 압축파 속도는 보통 콘크리트의 속도인 4,000 m/sec을 사용하였다. SASW 실험 결과인 분산곡선을 역산해석을 하지 않고 2차원으로 도시하여 critical wave length법(Röesset et al., 1990)을 이용하여 판단하면, Fig. 9와 같이 Impact Echo 시험결과와 매우 잘 일치함을 알 수 있었다. Critical wave length 법이란 성질이 크게 다른 두 매질의 분산곡선은 두 개의 서로 다른 기울기를 가지므로, 분산곡선의 두 기울기선을 연결했을 때, 만나는 점의 파장이 두 매질의 경계면 깊이에 해당한다고



**Fig. 8.** Plan view of SASW measurements and impact echo tests.

**Table 3.** Impact Echo Test Results

Height from ground (m)	Resonant Frequency (kHz)	Measured Thickness (cm)
4.4	6.544	30.56
4.3	6.416	31.17
4.2	6.288	31.81
4.1	6.224	32.13
4.0	6.352	31.49
3.9	6.16	32.47
3.8	6.096	32.81
3.7	6.032	33.16
3.6	5.968	33.51
3.5	6.032	33.16
3.4	6.032	33.16
3.3	6.416	31.17

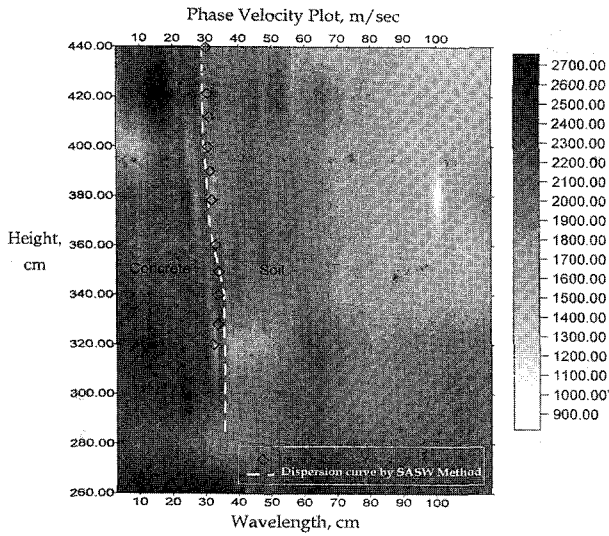


Fig. 9. Test result of SASW and impact echo tests.

판단하는 근사법이다. 따라서, 분산곡선을 Fig. 9와 같이 2차원으로 도시하면 두 분산곡선이 만나는 곳에서는 색이 변하므로, 위상속도가 감소하는 부분을 쉽게 찾을 수 있다. 정확한 깊이의 파악을 위해서는 역산해석을 수행하여야 하나, 본 조사의 경우 기본적인 시험법은 Impact Echo(IE)법이며 SASW시험은 확인을 위한 보조방법이었으므로, 역산해석의 수행없이 간편법인 Critical wave length 방법이 사용되었다.

비파괴 검사로 결정된 콘크리트 웅벽 두께의 확인과 콘크리트의 균열여부의 확인을 위하여 5번째 앵커와 6번째 앵커사이의 웅벽에서 상, 하부 각각 0.5 m 떨어진 위치에서 코어를 채취하였으며 코어링 시험 위치는 Fig. 8에 도시되어 있다. 하부에서 채취된 콘크리트 웅벽 코어의 길이는 약 30 cm로 비파괴 시험 결과와 잘 일치함을 알 수 있었다.

### 결론

SASW 실험은 지표면 또는 구조물의 표면에서 작은 변형률 범위에서 수행되기 때문에, 비파괴적으로 행해지며 또한 다른 현장 조사 시험에 비해 단시간에 그리고 경제적으로 행해질 수 있다. 이러한 점은 SASW 기법의 가장 큰 장점이며, 비파괴적인 특징은 여러 분야에서 응용될 수 있는 가능성을 제시하고 있으나 정확한 데이터 획득을 위해서는 많은 경험을 필요로 한다.

본 연구에서는 비파괴, 비관입적으로 대상 지반 혹은 구조물의 전단강성 추상도를 구하는 SASW기법의 실험적인 측면과 실제 현장적용사례를 통한 SASW기법의 적용가능성을 기술하였다. 인천국제공항 현장의 다짐효과의 관정을 위하여 SASW

기법을 적용하여 CPT와 SPT 시험법들과 그 결과를 비교하였으며 터널 라이닝의 건전도 시험에서는 타설된 콘크리트의 상태와 벽체 배면의 암반의 상태를 추정할 수 있었고 콘크리트 웅벽의 두께조사에서는 SASW기법을 Impact Echo 시험법과 병행하여 실시하여 시험결과의 신뢰성을 확인하였고 실제 콘크리트 웅벽 코어링을 통하여 그 결과를 확인하였다.

### 참고문헌

1. 송명준, 조성호, 정연문, 이영남, 1998a, SASW기법을 이용한 터널벽체의 건전도평가: 한국지반공학회 98 봄 학술발표회, 257-264.
2. 송명준, 조성호, 정연문, 이영남, 1998b, SASW 실험을 이용한 다짐효과 평가에 관한 연구: 대한토목학회 98 학술발표회, Vol.(II), No. IV, 287-290.
3. 송명준, 조성호, 1998, 인천국제공항에서의 SASW, SPT, CPT 시험결과 비교연구: 한국지반공학회 '98 가을 학술발표회, 445-452.
4. Joh, Sung-Ho, 1996, Advances in the data interpretation technique for Spectral- Analysis-of-Surface-Waves (SASW) measurements: Ph. D. Dissertation, The University of Texas at Austin.
5. Matthews, M. C., Hope, V. S. and Clayton, C. R. I., 1996, The use of surface waves in the determination of ground stiffness profiles: Proc. Instn. Geotech. Eng. **119**, Apr., 84-95.
6. Rösset, J. M., D. W. Chang, K. H. Stokoe, II and Aouad, M., 1990, Modulus and thickness of pavement surface layer from SASW tests: Transportation Research Record **1260**, 53-63.
7. Stokoe, K. H. II and Nazarian, S., 1985, Use of Rayleigh waves in liquefaction studies: Proceedings of Geotechnical Engineering Division Session at ASCE Convention, Denver, Colorado, May 1, 1-17.
8. Stokoe, K. H. II, Nazarian, S., Ricks, G. J., Sanchez-Salintero, I., Sheu, J. C. and Mok, Y. J., 1988, In situ seismic testing of hard-to-sample soils by surface wave method: Proceedings of Geotechnical Engineering Division Session at ASCE, Park City, Utah, June **27-30**, 264-278.
9. Stokoe, K. H. II, Wright, S. G., Bay, J. A. and R esset, J. M., 1994, Characterization of geotechnical sites by SASW method: Technical Report-Geophysical characterization of sites, Proc. XIII ICSMFE Technical Committee 10, New Delhi.
10. Woods, R. D., 1986, In situ tests for foundation vibrations, Geotechnical Special Publication NO. 6, Proc. of an ASCE Geotechnical Engineering Division Specialty Conference, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, June **23-25**, 336-375.