

국내 화강암, 편마암에서 속도 검층을 이용한 동탄성계수 산출 및 상관성 분석

임원목*, 송무영, 신광수, 서기황
(poice1008@hanmail.net)
충남대학교 지질환경과학과

1. 서 언

암반의 동탄성계수는 지반의 동적특성을 파악할 수 있는 표준지표가 되기 때문에 진동에 민감한 구조물을 시공할 때 반드시 측정되어야 할 변수로서 현장에서 탄성파 탐사를 통한 P파 속도와 S파 속도를 구함으로써 간접적으로 구할 수 있으며(한국암반 공학회 외, 1999), 그 값은 암반이 신선하고 단단할 경우 정탄성계수와 비슷한 값을 가지나, 탄성파가 지속되는 시간이 아주 짧으며 응력의 크기가 미약하기 때문에 일반적으로 풍화나 변질이 진행될수록 정탄성계수보다 높게 측정되는 경향이 있다(한국지반 공학회 외, 2000).

본 연구에서는 국내의 43개의 시추공에서 화강암과 편마암의 경암, 연암 부분을 대상으로 선별된 자료를 사용하였고, 이 자료로부터 동탄성계수의 값을 산출하였으며, 탄성파 속도(V_p , V_s)의 분포, V_p 와 V_s 와의 상관성, V_p , V_s 와 동포아송비, 동전단계수, 동탄성계수, 동체적계수의 상관성 분석을 통하여 국내 화강암, 편마암에서의 동탄성계수 특성의 기초 자료를 제공하는데 그 목적을 두었다.

2. 연구방법

본 연구는 2003년부터 2005년 6월까지 우리나라 12개 지역의(서울, 부산, 인천, 수원, 안산, 시흥, 당진, 인제, 부산, 광양 등) 현장에서 자료를 얻었으며, 연구의 목적에 맞는 암석의 선별은 시추 주상도를 기본으로 하였고, 동일 시추공에서 촬영되어진 시추공 영상촬영의 자료가 존재할 경우에는 주상도와 영상자료를 비교, 검토하였다. 토질층이나 풍화 암층에서는 풍화 정도 및 고결 정도 등의 변위적인 요소에 의한 영향이 크므로 잡음과 신호음을 구분하기가 어려워 초동 발체에 문제점이 있다. 이에 반해 변위적인 요소가 적은 경암과 연암층에서는 자료의 신뢰성이 높아 이들 자료만을 사용하였다.

연구에 사용된 장비는 Suspension P-S 검층기이고, 총 122개 공에 대한 자료 중 화강암 20개공과 편마암 23개공을 우선 선별하였고 본 연구에 직접적으로 이용한 자료의 시추공은 화강암의 경암 7개 공, 연암 9개 공이며, 편마암 경암 관련하여 12공, 연암 13공이다. 본 연구는 특히 시추공 내에서 이루어지는 음파검층기를 사용하였는데 공내 검층은 그 환경에 영향을 주고 있는 어떠한 변위 요소를 가정에 두지 않고 사실적으로 포함하는 장점이 있다.

3. 연구 결과 및 해석

자료 처리한 값들을 암석에 따른 암종으로 구분하여 Vs, Vp, 동포아송비, 동탄성계수(동전단계수, 동탄성계수, 동체적계수)의 최대값과 최소값을 도표화 하였다.

Table. 1. 편마암 및 화강암에서의 Vp, Vs(m/s)와 동탄성계수(GPa)

	편마암		화강암	
	경암	연암	경암	연암
굴절파속도 (Vp, m/s)	1612~4761	607~3125	1785~4166	900~2777
전단파속도 (Vs, m/s)	628~3571	381~2273	992~2380	192~1515
동포아송비	0.20~0.40	0.24~0.41	0.23~3.0	0.2~0.44
동전단계수 (GPa)	1.04~35.07	0.39~8.31	2.64~15.58	0.09~6.19
동탄성계수 (GPa)	2.88~50.00	1.07~21.44	6.78~39.21	0.29~15.75
동체적계수 (GPa)	3.90~51.22	1.41~13.25	5.10~26.95	2.06~11.45

편마암의 경암에서 Vp에 대한 속도분포는 1621~4761m/s이고, 연암에서는 607~3125m/s이다. 화강암의 Vp에 대한 경암에서의 속도분포는 1785~4166m/s이고, 연암에서는 900~2777m/s이다. 편마암의 경암에서 Vs에 대한 속도 범위는 628~3571m/s이

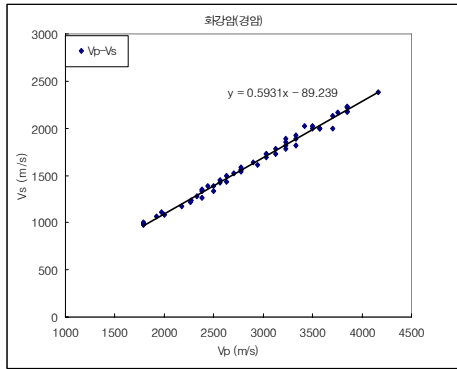
고, 연암에서는 381~2273m/s였으며, Vs에 대한 화강암의 속도분포는 경암에서는 992~2380m/s를 연암은 192~1515m/s를 나타내었다. 대체적으로 편마암의 Vp, Vs에 대한 속도 분포가 암종 별로 비교해 보았을 경우 화강암의 속도 분포 범위보다 높은 값을 보였다. 또한 편마암, 화강암 모두에서 경암이 연암보다 뚜렷하게 높은 속도 분포 범위를 보인다. 속도가 넓게 분포하는 이유는 각 암상의 변화와 심도별 질리 틈새의 크기의 변화에 기인된 것으로 파악된다(송무영 외, 2002).

동포아송비는 Vp 와 Vs의 상관 관계식에 의해서 구할 수 있고, 단위는 없다. 자료처리 결과 편마암의 경암은 0.20~ 0.40이고, 연암은 0.24~0.41이다. 화강암의 경암은 0.23~3.0이고, 연암은 0.2~0.44이다.

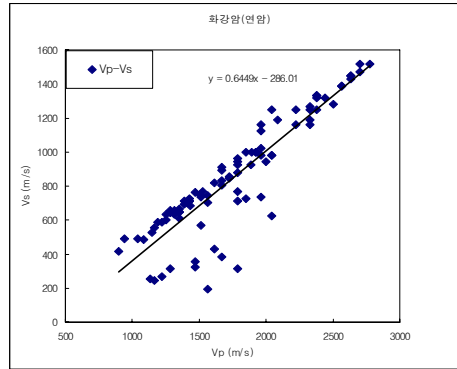
동전단계수의 경우 밀도와 Vs와의 상관관계를 통해 구할 수 있고 단위는 1kgf/cm² 인데 Pa로 환산하면 98000Pa이고 편리상(GPa)단위로 바꾸었다. 편마암의 경암은 1.04~35.07(GPa)이고, 연암은 0.39~8.31(GPa)이다. 화강암의 경암은 2.64~15.58(GPa)이고, 연암은 0.09~6.19(ton/m³)이다.

동탄성계수는 Vp, Vs, 밀도와의 관계식에 의해 구해진 동탄성 계수의 값은 편마암의 경암은 2.88~50.00(GPa)이고, 연암은 1.07~21.44(GPa)이다. 화강암의 경우에는 경암은 6.78~39.21(GPa)이고, 연암은 0.29~15.75(GPa)이다.

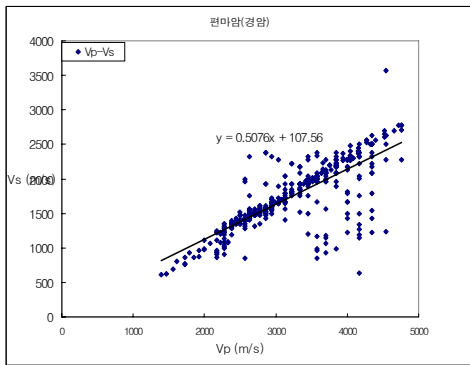
동체적탄성계수의 경우에도 Vp, Vs, 밀도와의 상관관계를 통해 값을 구할 수 있다. 편마암의 경우 경암은 3.90~51.22(GPa)이고, 연암에서는 1.41~13.25(GPa)이다. 화강암의 경우 경암은 5.10~26.95(GPa)이고, 연암은 2.06~11.45(GPa)이다.



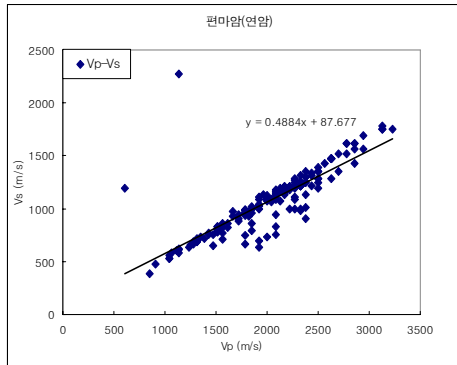
(a) 화강암(경암)



(b) 화강암(연암)



(c) 편마암(경암)



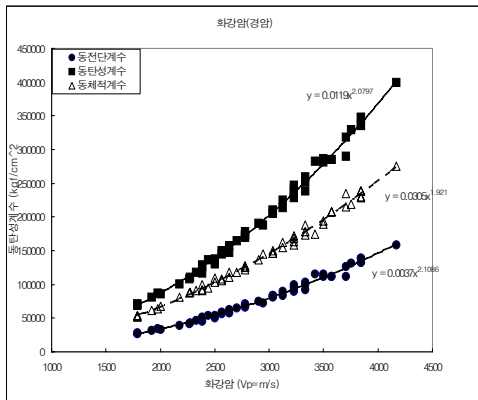
(d) 편마암(연암)

Fig. 1. 조건하에서 편마암, 화강암의 Vp-Vs의 관계

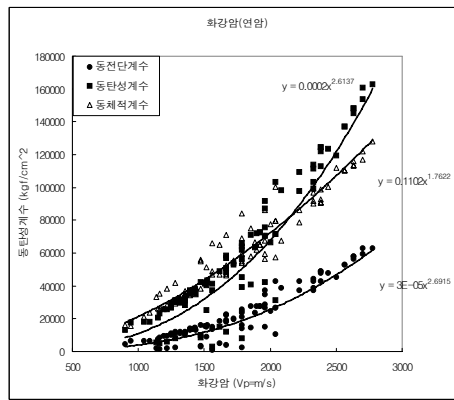
Fig. 1. Vp-Vs 의 관계식에서 (a)과 (d)는 상관관계가 아주 좋고, (b)와 (c) 에서도 소수의 자료가 약간은 관계성을 벗어나지만 전반적으로 직선적인 경향으로 좋은 상관 관계를 보인다. Vp-Vs 상관성에 의한 직선 방정식은 아래와 같다.

편마암(경암) $V_s=0.5076V_p+107.56$ 화강암(경암) $V_s=0.5931V_p-89.239$

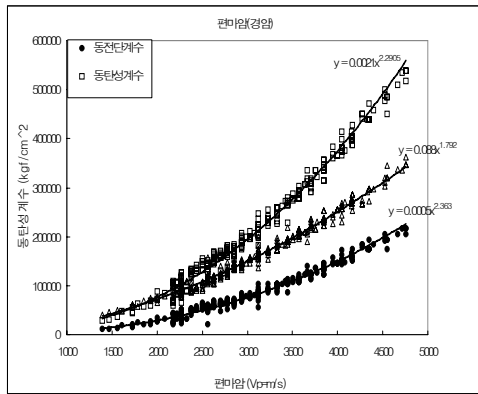
편마암(연암) $V_s=0.4884V_p+87.677$ 화강암(연암) $V_s=0.6449V_p-286.01$



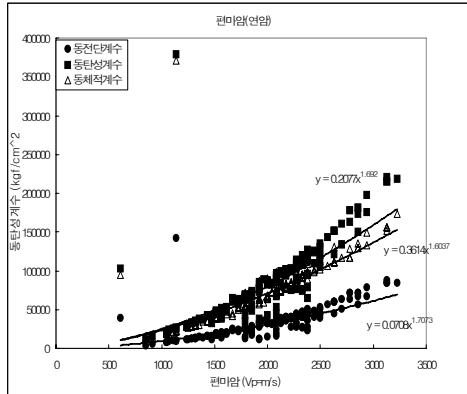
(a) 화강암(경암)



(b) 화강암(연암)



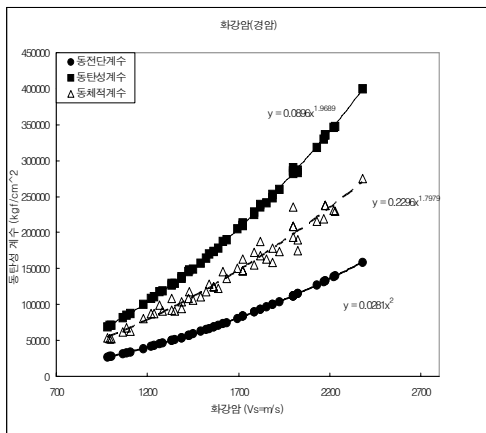
(c) 편마암(경암)



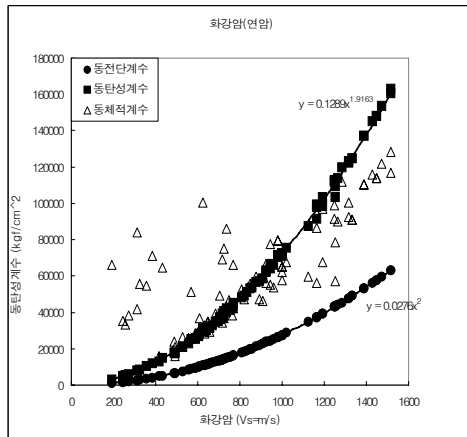
(d) 편마암(연암)

Fig. 2. 조건하에서 편마암, 화강암의 Vp-동탄성계수 관계

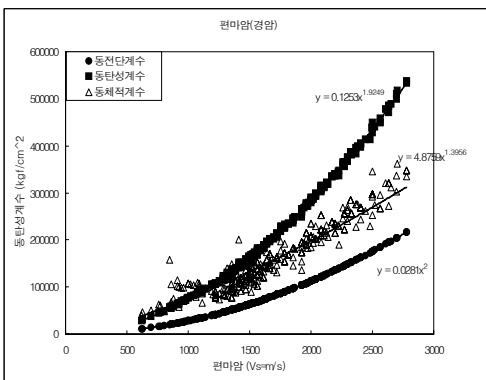
Fig. 2.에서 Vp에 대한 암석의 암종별 동전단계수, 동탄성계수, 동체적계수와의 상관성을 보여준다. (a),(c)는 뚜렷한 상관성을 보이고, (b)는 동체적계수가 다른 동탄성계수에 비해 소수의 다른 분포를 보이지만 상관관계는 나타난다. 또한 (d)에서는 몇 개의 자료가 일정 범위에서 벗어나지만 좋은 상관관계를 볼 수 있고 위의 모든 자료가 지수 함수의 관계로 나타난다.



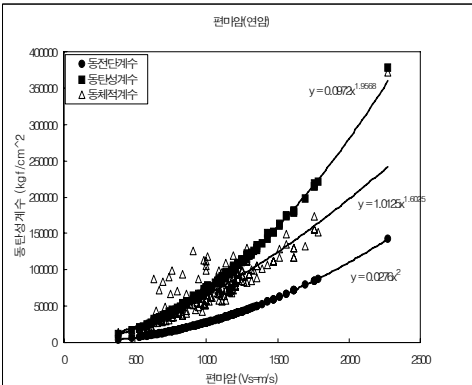
(a) 화강암(경암)



(b) 화강암(연암)



(c) 편마암(경암)



(d) 편마암(연암)

Fig. 3. 조건하에서 편마암, 화강암의 Vs-동탄성 계수

Fig. 3.에서 Vs와 암석의 암종별 동전단계수, 동탄성계수, 동체적계수와의 상관성을 보여주는 것으로 (a),(b),(c),(d)모두 상관성이 좋다.

4.결 론

편마암, 화강암 지역의 동탄성계수의 경우 V_p , V_s 와 전반적으로 높은 상관관계를 보이며, 동탄성계수 값은 경암이 연암보다 높고, 화강암보다 편마암에서의 속도와 동탄성계수 값이 높게 나타난다.

편마암, 화강암의 경암, 연암에서의 V_p - V_s 상관관계식은 다음과 같다.

편마암(경암) $V_s=0.5076V_p+107.56$ 화강암(경암) $V_s=0.5931V_p-89.239$

편마암(연암) $V_s=0.4884V_p+87.677$ 화강암(연암) $V_s=0.6449V_p-286.01$

5.참고문헌

1. 이수근, 이벽규, 2004, 암종별 동탄성 계수 특성 연구, 대한지질공학회지, p.59
2. 송무영, 김환석, 박종오, 2002, 시추공 물리탐사를 통한 지반물성과 암상과의 상관성 분석, 대한지질공학회지, 12(2),p.127-135
3. 박충화, 박종오, 송무영, 2002, 시추공 물리탐사를 이용한 동탄성계수와 암상과의 상관성 분석, 한국지구과학회지, p. 507-513
4. 한국지반공학회, 2000, 토목기술자를 위한 암반공학, p.216-270
5. 오선환, 김형수, 장보안, 서만철, 2000, 시멘트 모르타르 재료의 동탄성계수와 정탄성 계수 비교 연구
6. 한국암반공학회, 한국지구물리탐사학회, 한국자원연구소, 1999, 건설기술자를 위한 지반 조사 및 시험기술, p.799
7. Kimio Ogura, 1988, Expansoin of Applicability for Suspension P-S Longging, 응용지질연보, p.69