인공진동의 크기가 콘크리트의 강도와 물성에 미치는 영향

정동호*, 이상은, 임한욱(강원대학교 자원공학과)

1. 서 론

지반의 진동은 크게 지진과 같은 자연적인 진동과 발파, 항타(piling) 및 중장비의 가동등에 따른 건설진동등 인공진동으로 나눌 수 있는데 이들 지반진동은 지상 구조물의 안전도에 큰 영향을 미친다.

특히 양생(養生)중인 모르타르 및 콘크리트의 강도 및 물리적 성질에 큰 영향을 미치기 때문에 선진국에서는 엄격히 제한하고 있다.

우리나라의 경우 국토의 효율적인 개발을 위하여 산악지는 물론이고 도심지에서의 발파작업이 활발히 진행되고 있고 공사의 경제성과 시공성 때문에 굴착과 동시에 인접지역에서 콘크리트의 타설작업이 실시됨에도 불구하고 양생중인 콘크리트를 보호하고 설계강도를 발현시키기 위한 구체적인 허용 진동치의 기준이 설정되지 않고 또 이에 관한 연구도 거의 알려지지 않고 있다.

또한 외국의 시설물과 국내의 시설물은 구조 및 기초지반 상태가 서로 달라서 콘크리트의 피해정도가 상이함은 물론이고 콘크리트 타설에 따른 배합비등 기준도 서로 다르기 때문에 외국의 허용기준치를 그대로 적용할 수 도 없다.

특히 원자력 발전소 건설과 같은 정밀 시공의 경우 그 중요성이 더욱 크다. 실제로 외국의 기준치는 너무 높아 국내에 적용할 경우 상당한 량의 미세균열이 발생되어 문제가 제기될 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 인공진동에 의한 양생콘크리트의 강도 및 물리적 성질에 미치는 영향을 고려한 허용 기준치 설정 자료를 제공하고져 한다.

2. 실험장치

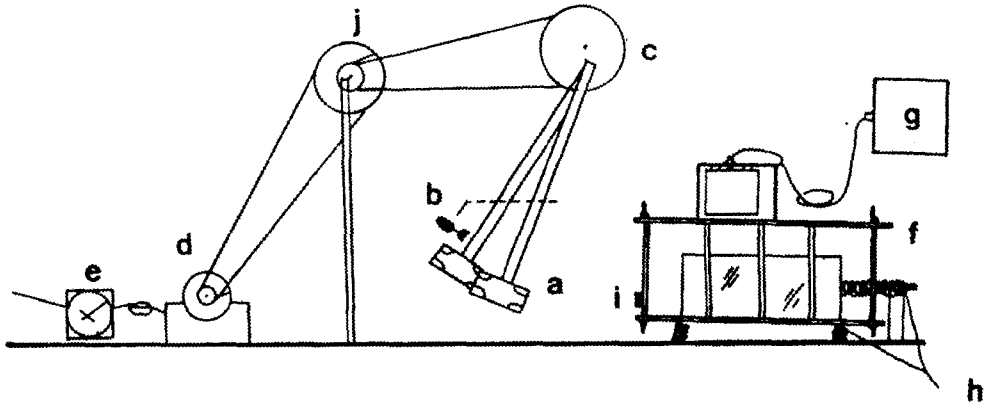

Fig.1 Schematic of Experimental Set Up

(a)Two-pendulum hammers (b)Adjustable release mechanism (c)Cocking mechanism (d)Motor (e)Timer (f)33.3 x 27.7 x 16.2cm concrete block on shaking table (g)Nitro consult UVS 1504 vibrator (h)Adjustable springs (i)Rubber striking pad (j)Pulley

인공진동발생기(Shaking Table)의 장치는 Fig. 1과 같이 블럭형 모르타르 및 콘크리트 시료를 장착할 수 있도록 제작을 하였으며 2개의 Pendulum 햄머가 발파와 같이 유사하게 지체시간을 줄 수 있도록 충격 근원점으로 사용한다.

인공진동발생기(Shaking Table)의 구조는 최대입자속도와 주파수를 반복하기 위하여 조절 스프링을 부착하였으며, 진동치를 측정하기 위하여 Nitro Consult UVS 1504 기종의 발파진동계를 부착할 수 있도록 하였다. 이때 진동속도의 크기는 햄머 크기를 변화시켜 5단계로 나누어 진동속도치를 줄 수 있도록 제작하였으며 이때 햄머의 무게 및 최대진동속도치는 Table 1과 같다.

Table 1. Artificial Peak Particle Velocity of Shaking Table

Steps	1st	2nd	3rd	4th	5th
Weight of hammer(g)	20.5	27.3	32.5	41.2	60.5
Peak particle velocity (± 0.1cm/sec)	0.25	0.5	1	5	10

Table 1의 값은 100회 이상의 진동측정 기록을 근거로 하여 햄머 타격력과 스프링 장치를 조절하여 현장의 발파진동속도와 유사할때 까지 햄머의 크기와 주파수의 변화(30-80Hz)를 조정하였으며 실제 발파와 인공진동발생기(Shaking Table)에서 발생된 진동을 Nitro Consult UVS 1504의 진동계로 최대진동치 10cm/sec의 값을 나타낸 자료를 서로 비교해 보면 Fig. 2와 같다.

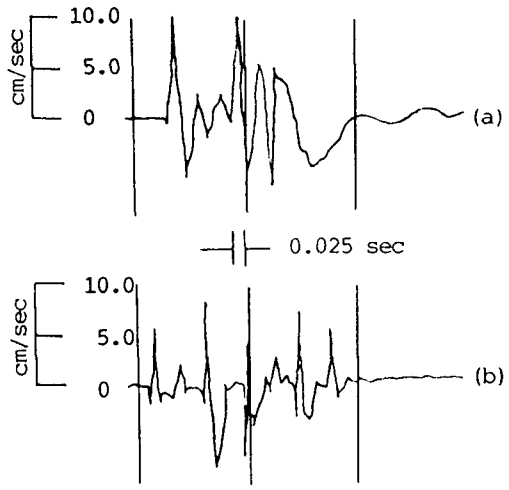

Fig. 2 Comparison of Recoders between Shaking Table and Balsting Vibrator.

(a) Shaking Table Recorder

(b) Blasting Vibrator Recorder

3. 결과 및 고찰

제작된 콘크리트 시험편을 작용진동의 회수, 콘크리트 타설 후 진동을 가하는 최초의 시간, 진동의 크기등을 변화시키면서 각각 이에 따른 압축강도, 인장강도 및 탄성계수, 포아송비의 크기를 비교하였다.

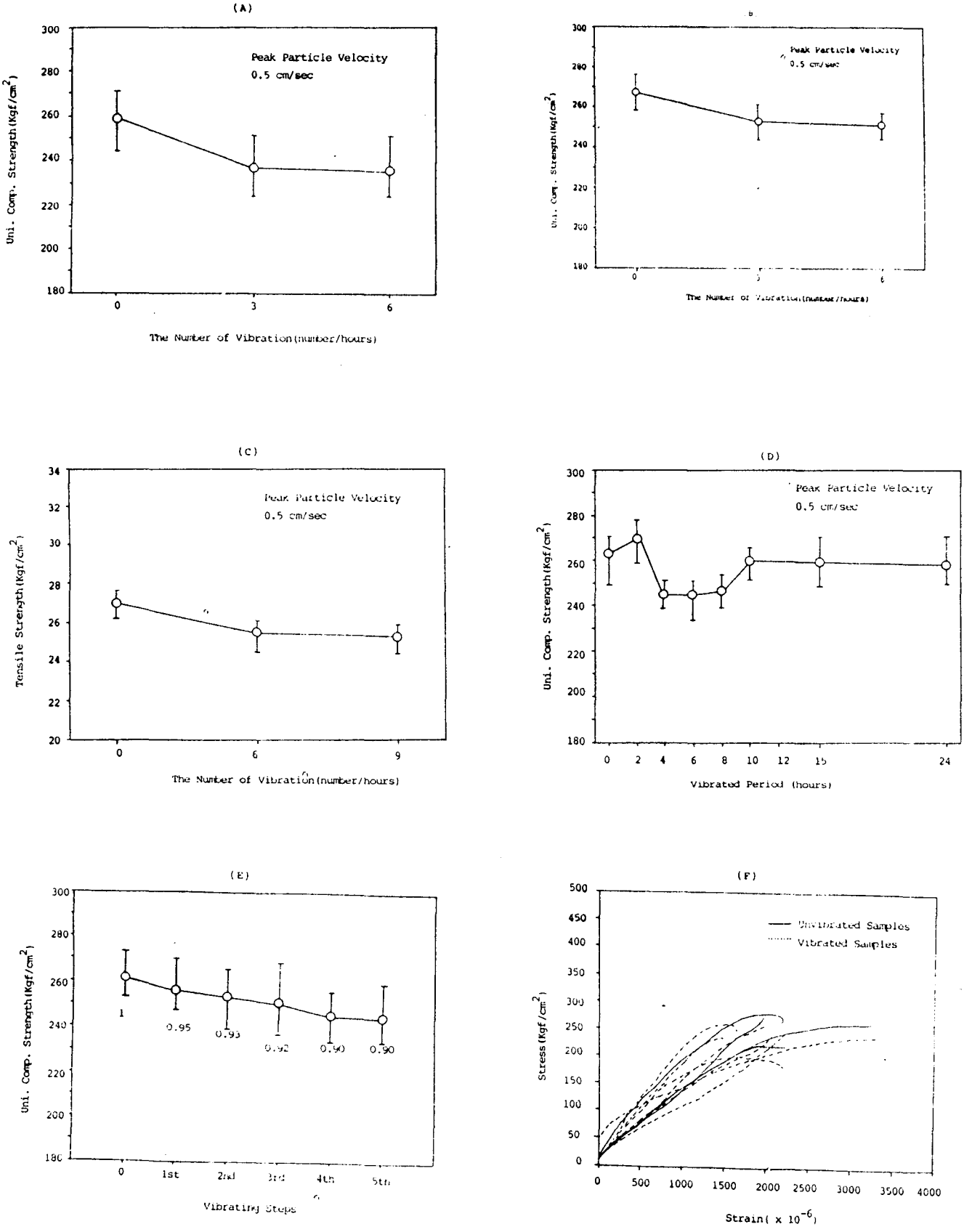

Fig. 3 Comparision of Strength and Physical Properties

Fig. 3에서 (A~C)는 양생콘크리트 및 몰타르 모울드를 각각 3블럭 타설하여 하나는 무진동으로 양생시키고 또 다른 하나는 2시간 마다 30초씩 진동의 크기 0.5cm/sec로 총 3번 인공진동을 가하였고 나머지 하나는 같은 방법으로 총 6회의 진동을 가하여 21일 동안 양생시킨후 압축강도 및 인장강도의 변화를 알아보았다.

(D)는 양생중인 콘크리트에 인공진동의 크기 0.5cm/sec로 진동의 시점 2, 4, 6, 8, 10, 15, 24시간 후에 각각 30초의 진동을 주어 양생시간대별 압축강도의 변화를 알아보았다. (E)는 상기 양생시간대별 압축강도의 변화를 참조하여 콘크리트 타설 후 6시간대에 인공진동발생기로 진동의 크기별 양생콘크리트에 미치는 영향을 알아보았다. 진동의 크기는 0.25, 0.5, 1, 5, 10cm/sec의 5단계로 각각 타설된 콘크리트에 30초씩 인공진동을 가하였다.

Table 2. Experimental Results of Physical Properties in Concrete

Specimen ID.	P-Wave Velocity (m/sec)	Uni. Comp. Strength (Kgf/cm^2)	Young's Modulus ($\times 10^5 kgf/cm^2$)	Poisson's Ratio
Unvibrated Block	3240	264	1.714	0.181
Vibrated Block	3231	250	1.674	0.180

Fig. 3에서 (F) 및 Table 2는 무진동 상태에서 양생시킨 콘크리트(T)와 인공진동발생기에 의하여 콘크리트 타설후 6시간대에 30초동안 진동의 크기 0.5cm/sec의 진동을 받은 후 양생된 콘크리트(V)의 압축강도 및 물성변화를 종합한 것이다.

이상의 실험 결과를 종합하여 보면 양생콘크리트는 양생기간 2시간 이내의 경우에는 압축강도와 인장강도 및 물성의 변화가 플러스적인 요인의 경향을 보이다가 4~8시간대에 가해지는 인공진동에 대해서는 마이너스적인 영향 즉 강도의 감소적인 경향을 보여주고 있으며 양생기간 10시간 이후의 인공진동에 대해서는 거의 변화를 보여 주고 있지 않음을 알 수 있다.

따라서 양생중인 콘크리트 근처에서 발파작업을 실시할 때 양생콘크리트에 손상을 주지 않기 위해서는 지금까지의 실험을 토대로 하여 콘크리트를 타설한 후 2시간 이내에 발파작업을 하든지 아니면 최소한 양생콘크리트의 양생시간을 늘려 10시간 정도 이후에 발파작업을 하면 양생콘크리에 거의 마이너스적인 요인이 없이 콘크리트가 가지고 있는 충분한 강도 및 물성을 가질 수 있다고 생각된다.

4. 결 론

제한된 실험이기는 하나 콘크리트 및 모르타르의 타설후 양생도중 작용 진동의 회수, 진동을 가하는 최초의 시간, 진동의 크기별 변수로 한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 콘크리트 및 모르타르의 타설후 양생기간중 인공진동의 크기 0.5cm/sec를 2시간 간격으로 3~6회 받으면 압축강도 및 인장강도가 7~9%감소하는 경향을 보인다.
2. 양생중인 콘크리트에 인공진동이 가하는 시점을 달리하여 진동을 작용 후 압축강도를 실험한 결과 압축강도는 4~8시간대에서 감소한다.
3. 양생중인 콘크리트에 진동의 크기별 5단계의 변화과정을 주어 압축강도를 측정한 결과 진동의 크기별로 큰 변화는 볼 수 없지만 인공진동의 크기가 5cm/sec 이상의 진동치에서는 거의 같은 진동감소의 변화를 보인다.
4. 탄성파속도, 탄성계수 및 포아송비등은 뚜렷한 감소 현상을 보이지 않고 있으며, 앞으로 계속적인 연구가 요망된다.

참 고 문 헌

1. 권영웅, 진동이 콘크리트의 초기강도에 미치는 영향에 대하여, 대한주택공사, 1988, PP.95-100.
2. 건설진동의 영향평가 및 대책에 관한 연구, (주)대우 건설기술연구소, 1988.
3. 진동이 주변 구조물 및 콘크리트 경화에 미치는 영양, 대한주택공사, 1990. 6, PP.15-90.
4. 김대상, 이정인, 이희근., 발파진동의 속도 및 주파수를 고려한 허용 진동치 결정에 관한 연구, 한국자원공학회지, 28, 1991, pp.444-455.
5. 임한욱, 김재동., 발파진동의 크기와 주파수 특성에 관한 연구, 한국자원공학회지, 29, 1992, pp. 146-157.
6. Ken Gray, Effects of Blasting Vibrations on Curing Concrete, The 20th U.S Symposium on Rock Mechanics in Austin, Texas, June 4-10, 1979, PP.455-458.
7. Chellis, R. D., "Pile Foundations", Foundation Engineering(Edited byLeo -nards, G.A.), Chapter 7, McGrawhill, 1962, PP.707.