

수평진동이 잔골재의 종류에 따른 초기재령 콘크리트에 미치는 영향

The Effects of Horizontal Vibration on the early Age Concrete under Kinds of Fine Aggregate

정 병 훈* 김 이 훈* 장 희 석** 김 종 수** 김 명 식**
Jung, Byung Hoon Kim, Lee Hoon Jang, Hee Suk Kim, Jong Soo Kim, Myung Sik

ABSTRACT

The objective of this study is to find out the effect of horizontal vibration on the compressive strength for 7 days and 28 days cured concrete specimens according to the kind of fine aggregates and the variation of vibration velocities, and times began to vibrate.

Three kinds of fine aggregate(river sand, sea sand, crush sand), three types of vibration velocities(0.25, 0.5, 1.0kine(cm/sec)), and four steps of times(0, 3, 6, 9 hours after concrete casting) were chosen as the experimental parameters in this study, the vibrations are applied for 30 minutes in each case.

From this study, the variation with type of fine aggregate doesn't show tendency and the compressive strength decreases with increasing vibration velocity. When the vibration force time is more than 6 hour, It shows that compressive strength decreases under the condition of vibration velocity which the value is 0.5 kine and 1 kine, respectively.

1. 서 론

공사로 인하여 발생하는 여러가지 지반진동은 주변의 양생중인 콘크리트 구조물에 균열, 강도 및 내하력 등에 직접적인 영향을 미칠 가능성이 있으며, 초기재령시 진동의 영향을 받지 않는다는 것은 현실적으로 거의 불가능한 실정이다. 현재 국내에서 적용되고 있는 진동에 대한 규정은 개괄적으로 표현되어 있어 구체적으로 적용 가능한 기준치를 확립하는 것이 시급한 실정에 있다.

따라서, 본 연구에서는 실험변수로 잔골재의 종류를 강모래, 바다모래, 부순모래 3종류로 변화시키고, 진동속도를 0.25, 0.5, 1kine(cm/sec) 3종류로 하며, 진동가력시점을 콘크리트 타설 후 0, 3, 6, 9시간으로 진동가력시간은 30분으로 하여 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화가 콘크리트의 재령 7

* 정회원, 부경대 토목공학과 석사과정

** 정회원, 부경대 토목공학과 교수

일, 28일의 압축강도에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 연구하고자 한다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

시멘트는 비중 3.14인 보통포틀랜드시멘트를 사용하고, 굵은골재는 최대치수 25mm, 비중 2.69, 조립률 7.06인 경남 진해 용원 석산에서 생산되는 부순자갈을 사용한다. 잔골재로 강모래는 경남 합천 황강에서 채취한 비중 2.58, 조립률이 2.66인 것을 사용하고, 바다모래는 전남 진도 앞바다에서 채취한 비중 2.58, 조립률 2.76인 바다모래를 제염하여 사용하며, 부순모래는 경남 진해 용원 석산에서 생산되는 비중이 2.66, 조립률이 3.00인 것을 사용한다. 혼화제는 표준AE감수제를 시멘트 중량의 0.1%를 사용한다.

2.2 배합설계

본 연구의 배합설계조건은 배합강도(f_{cr})를 240kgf/cm², 슬럼프를 12cm, 공기량을 5%를 기준으로 하고, 잔골재율은 47%, 물-시멘트비(W/C)는 45%로 고정하고 잔골재의 종류에 따라서 배합계산한 결과는 표 1과 같다.

표 1 배합설계표

잔골재 종류	f_{cr} (kgf/cm ²)	Slump(cm)	Air content(%)	G_{max} (mm)	S/A (%)	W/C (%)	Unit weight (kg/m ³)				
							W	C	S	G	AE
강모래(A)	240	12	5	25	47	45	185	411	752	903	0.411
바다모래(B)							185	411	769	904	0.411
부순모래(C)							191	424	780	890	0.424

2.3 실험방법

믹서기는 강제식 믹서기를 사용하고, 재료분리를 방지하고 혼합이 잘되도록 하기 위하여 잔골재, 굵은골재, 시멘트를 믹서기에 투입하여 1차 혼합 건비빔을 30초간 실시하며, 배합수와 표준AE감수제를 투입하여 120초간 2차 혼합비빔을 실시하여 강도측정용 공시체를 제작한다. 이러한 공시체를 25ton 용량의 진동가력장치인 액츄에이터를 이용하여 최대 4Hz 이내의 범위에서 sine파로 각각의 진동가력시점에서 30분간 가력한다. 진동이 가해진 공시체는 제작 후 24시간 뒤에 캡핑을 실시하고 다시 24시간 뒤에 탈형을 한 뒤 20±3℃의 수조에서 양생한다.

재령 7일, 28일의 양생이 끝나면 공시체의 표면수를 제거하고 「KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법」에 준하여 압축강도를 측정하여 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화에 따른 콘크리트의 압축강도를 비교한다.

2.4 실험파라미터

본 연구에서는 잔골재의 종류는 강모래, 바다모래, 부순모래로 진동속도는 0.25, 0.5, 1kine로 진동가력시점은 콘크리트 타설 후 0, 3, 6, 9hr 이후에 30분 동안 진동을 가한 콘크리트의 재령 7일과 28일의 압축강도를 비교하여 그 변화 특성을 파악하고자 하였으며 실험파라미터를 정리하면 표 2와 같다. 표 2에서

무진동 NA, NB, NC는 진동을 가한 콘크리트의 압축강도와 비교하기 위하여 진동을 가하지 않은 콘크리트를 말한다.

표 2 실험파라미터

잔골재의 종류	진동속도 (kine=cm/sec)	진동가력시점(hour)	symbol	
			진동	무진동
강모래(A)	025(I)	(0), (3), (6), (9)	A I (0), A I (3), A I (6), A I (9)	NA
	0.5(II)	(0), (3), (6), (9)	A II (0), A II (3), A II (6), A II (9)	
	1(III)	(0), (3), (6), (9)	A III(0), A III(3), A III(6), A III(9)	
바다모래(B)	025(I)	(0), (3), (6), (9)	B I (0), B I (3), B I (6), B I (9)	NB
	0.5(II)	(0), (3), (6), (9)	B II(0), B II(3), B II(6), B II(9)	
	1(III)	(0), (3), (6), (9)	B III(0), B III(3), B III(6), B III(9)	
부순모래(C)	025(I)	(0), (3), (6), (9)	C I (0), C I (3), C I (6), C I (9)	NC
	0.5(II)	(0), (3), (6), (9)	C II(0), C II(3), C II(6), C II(9)	
	1(III)	(0), (3), (6), (9)	C III(0), C III(3), C III(6), C III(9)	

3. 실험 결과 및 분석

압축강도의 증감률은 진동을 가하지 않은 공시체의 압축강도를 기준으로 하였으며 그 적용식은 다음과 같다.

$$\text{압축강도의 증감률(\%)} = \frac{\text{진동을 가한 공시체의 압축강도}}{\text{진동을 가하지 않은 공시체의 압축강도}} \times 100 - 100$$

3.1 재령 7일 압축강도 증감률의 변화

그림 1, 그림 2, 그림 3, 그림 4는 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화에 따라서 재령 7일의 압축강도 증감률이 어떠한 변화를 보이는가를 나타낸 그림으로서 가로축은 진동속도를 나타내고 있으며, 세로축은 재령 7일의 압축강도의 증감률을 나타내고 있다.

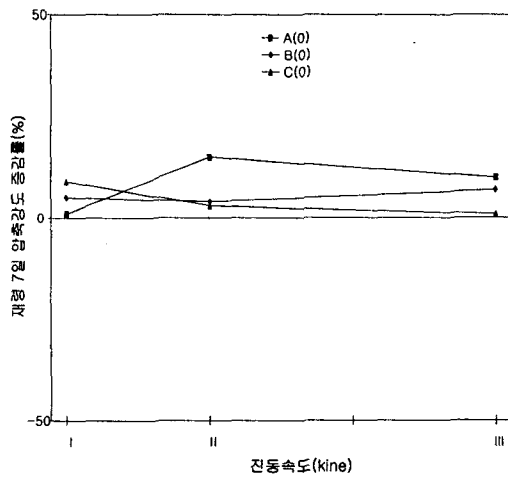


그림 1 진동가력시점 0 hour일 때 재령7일 압축강도 증감률

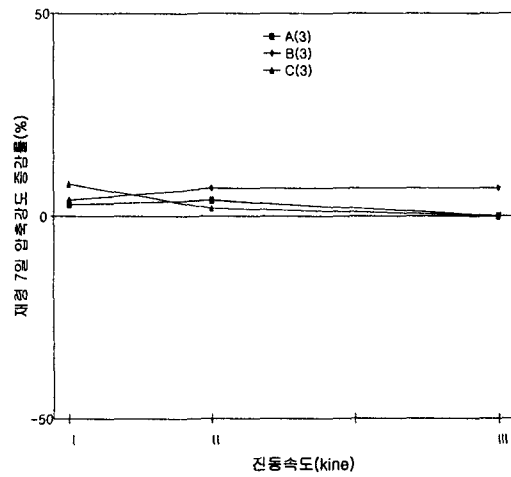


그림 2 진동가력시점 3 hour일 때 재령7일 압축강도 증감률

그림 1은 진동가력시점이 0 hour일 때의 압축강도의 증감률을 나타낸 것으로서 잔골재의 종류와 진동 속도에 관계없이 진동을 가하지 않은 공시체의 압축강도에 비하여 압축강도가 증가하는 것으로 나타났다.

그림 2는 진동가력시점이 3 hour일 때의 압축강도의 증감률을 보여주고 있는 그림으로서 잔골재의 종류와 진동속도 관계없이 압축강도가 전반적으로 증가하는 것으로 나타났으며, 진동속도가 증가함에 따라서 증감률이 적어지는 경향을 나타내고 있으나, 바다모래를 잔골재로 사용한 경우에는 반대의 경향이 나타나고 있다.

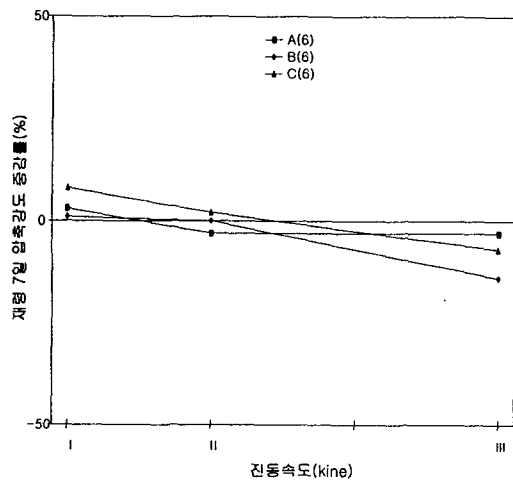


그림 3 진동가력시점 6hr일 때 재령7일 압축강도 증감률

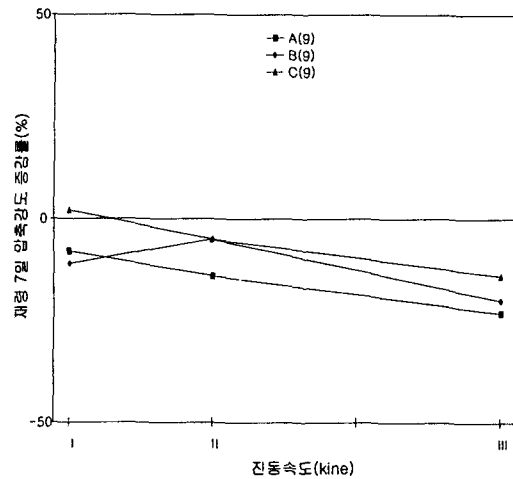


그림 4 진동가력시점 9hr일 때 재령7일 압축강도 증감률

그림 3은 진동가력시점이 6 hour일 때의 압축강도의 증감률을 나타낸 그림으로서 진동속도가 0.25kine 일 때에서 잔골재의 종류에 관계없이 압축강도가 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 1kine에서는 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고, 0.5 kine일 경우에는 잔골재로 강모래를 사용할 때만 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

그림 4는 진동가력시점이 9 hour일 때의 압축강도의 증감률을 나타낸 그림으로서 전반적으로 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고, 진동속도 0.25kine에서는 잔골재로 부순모래를 사용한 경우에만 압축강도가 증가하며, 나머지 진동속도에 대해서는 잔골재의 종류에 관계없이 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

따라서 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화에 따른 재령 7일의 압축강도 증감률을 보면, 잔골재의 종류에 대해서는 일정한 경향을 나타내지는 않았으나, 진동속도가 증가함에 따라서 일반적으로 증감률이 떨어졌으며, 진동가력시점이 증가함에 따라서 압축강도는 전반적으로 감소하는 경향을 나타내는 것으로 나타났다. 또한, 진동속도가 0.5kine이상이고 진동가력시점이 6 hour 이상이 되었을 경우에는 전반적으로 압축강도가 감소하는 경향이 나타났다.

3.2 재령 28일 압축강도의 변화

그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8은 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화에 따른 재령 28일의 압축강도 증감률의 변화를 나타낸 그림이다.

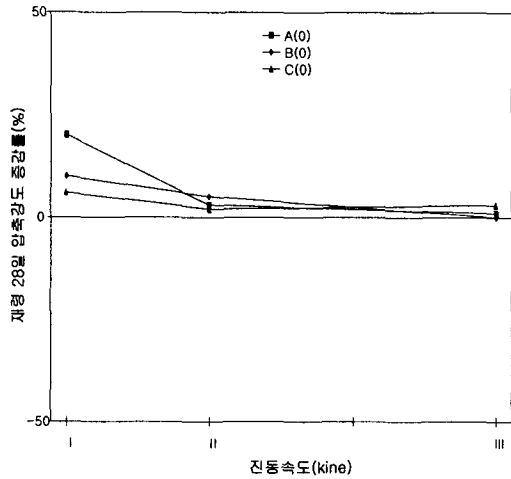


그림 5 진동가력시점 0hr일 때 재령28일 압축강도 증감률

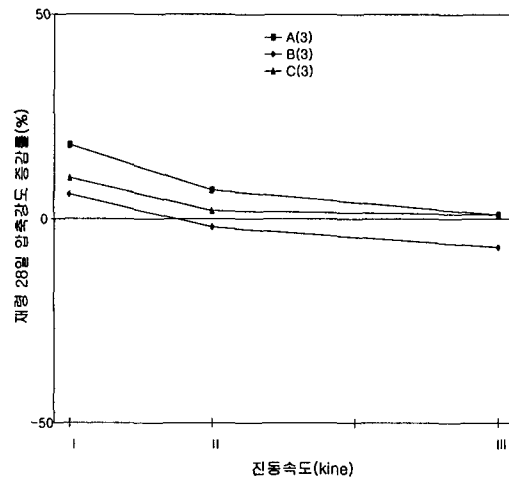


그림 6 진동가력시점 3hr일 때 재령28일 압축강도 증감률

그림 5는 진동가력시점이 0 hour일 때의 압축강도 증감률을 보여주고 있는 그림으로서 잔골재의 종류와 진동속도의 변화에 관계없이 전반적으로 압축강도가 증가하는 경향을 보여주고 있다.

그림 6은 진동가력시점이 3 hour일 때의 압축강도 증감률을 보여주고 있는 그림으로서 잔골재로 강모래와 부순모래를 사용한 경우에는 진동속도에 관계없이 압축강도가 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 바다모래를 사용한 경우에는 진동속도가 0.5와 0.1kine일 경우에는 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다.

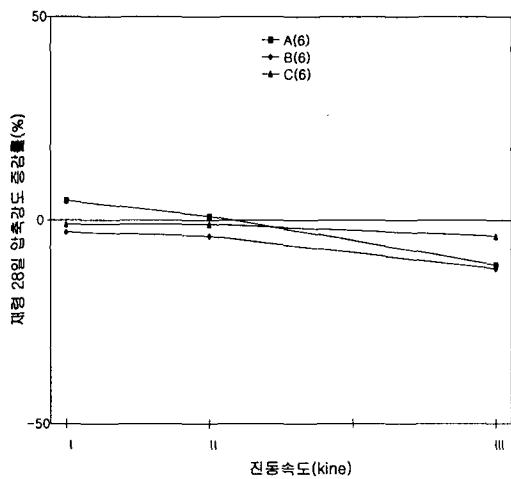


그림 7 진동가력시점 6hr일 때 재령28일 압축강도 증감률

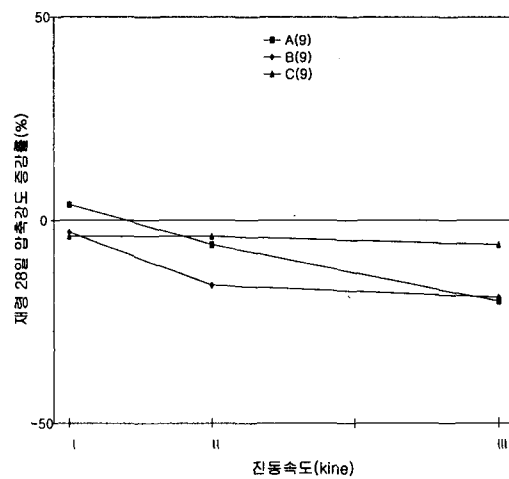


그림 8 진동가력시점 9hr일 때 재령28일 압축강도 증감률

그림 7은 진동가력시점이 6 hour일 때의 압축강도 증감률을 보여주고 있는 그림으로서 잔골재로 바다모래와 부순모래를 사용한 경우 진동속도에 관계없이 압축강도가 감소하는 것으로 나타났고, 강모래를 사용한 경우에는 진동속도가 1kine일 경우에만 압축강도가 감소하는 경향을 나타내고 있다.

그림 8은 진동가력시점이 9 hour일 때의 압축강도 증감률을 보여주고 있는 그림으로서 잔골재로는 강모래를 사용한 경우에는 진동속도가 0.25kine일 경우에만 압축강도가 증가하는 것으로 나타났고, 잔골재로 바다모래, 부순모래를 사용한 경우에는 진동속도에 관계없이 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다.

따라서 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화에 따른 재령 28일의 압축강도 증감률의 변화를 살펴보면, 재령 7일에 비하여 부분적이 차이는 있으나 전체적으로는 대부분 비슷한 경향을 나타내었다. 잔골재의 종류에 따른 경향은 일정하지 않았고, 진동가력시점이 6 hour이상에서는 진동속도에 관계없이 전반적으로 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결 론

잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점을 변화시킨 콘크리트의 재령 7일, 재령 28일의 압축강도에 진동이 미치는 영향에 대한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 잔골재의 종류, 진동속도 및 진동가력시점의 변화에 따른 재령 7일의 압축강도 증감률을 보면, 잔골재의 종류에 따른 변화는 일정한 경향을 나타내고 있지는 않았고, 진동속도는 그 크기가 증가함에 따라서 전반적으로 압축강도가 감소하는 것으로 나타났으며, 또한 진동가력시점이 6hr이상이고 진동속도가 대체로 큰 0.5kine와 1kine일 경우에는 전반적으로 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다.
- (2) 진동을 가한 콘크리트의 재령 28일 압축강도 증감률은 재령 7일에 비하여 부분적인 차이는 있으나 전체적인 경향은 비슷하였다. 진동가력시점이 6 hour이상에서는 진동속도에 관계없이 전반적으로 압축강도가 감소하는 것으로 나타났으며, 잔골재의 종류에 따른 경향은 일정하지 않았다.

참 고 문 헌

1. Bastian, C. E. (1970) The Effects of Vibrations on Freshly Poured Concrete, Foundation Facts, Vol. 6, No. 1, pp. 14-17.
2. Howes, E. V. (1979) Effects of Blasting Vibrations on Curing Concrete, Proceedings, 20th U.S. symposium on Rock Mechanics, Austin, Texas, pp. 455-460.
3. Hulshizer, A. J. (1996) Acceptable Shock and Vibration Limits for Freshly Placed and Maturing Concrete, ACI Materials Journal, Vol. 93, No. 6, pp. 524-533.
4. 오병환, "진동이 양생초기 콘크리트에 미치는 영향에 관한 연구" 콘크리트학회지, 제10권, 5호, pp.81-87.
5. 권영웅 "진동이 콘크리트의 초기강도에 미치는 영향에 대하여" 대한주택공사, 주택 제49호, pp. 95~100.
6. 윤상천, 지남용, 이리형 "진동다짐이 굳지 않은 콘크리트의 거동에 미치는 영향평가를 위한 실험연구" 대한건축학회 논문집, 12권 3호, pp. 203~211.