

## 수직진동이 초기양생중인 콘크리트의 강도에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

김광수<sup>1)\*</sup> · 한경봉<sup>1)</sup> · 박선규<sup>1)</sup> · 박정수<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 성균관대학교 토목공학과 <sup>2)</sup> 서울시청

(2004년 5월 20일 원고접수, 2004년 9월 15일 심사완료)

### An Experimental Study on the Effects of Vertical Vibration during the Initial Curing on the Concrete Strength

Kwang-Soo Kim<sup>1)</sup>, Kyung-Bong Han<sup>1)</sup>, Sun-Kyu Park<sup>1)</sup>, and Jeong-Su Park<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Dept. of Civil Engineering, SungKyunKwan University, 440-746, Korea

<sup>2)</sup> Office of Construction and Facilities Management, Seoul City Hall, 100-744, Korea

(Received May 20, 2004, Accepted September 15, 2004)

#### ABSTRACT

As time passes, bridge structures require extension work on bridge in use from various effects such as social, economical, or traffic environment change. When the concrete is poured at the connection of extension work, initial curing concrete is influenced by vibration of vehicles that are passing through the old bridge superstructure. Concrete at early curing stage in construction site should be properly protected, enough to have established sufficient integrity to withstand outside vibration, impact etc. Currently there is no standard specification or regulation in our country. In this paper, experimental variables were divided by vibration velocity and time of loading, and concrete compressive strength and bond strength were measured.

**Keywords :** extension work, vibration, initial curing concrete, vibration velocity, time of loading, strength

## 1. 서 론

교량 구조물은 설계당시에 설계기준에서 요구하는 구조적인 안전성을 확보할 수 있도록 설계 및 가설된다. 따라서, 교량에 작용하는 외적인 환경 변화가 거의 없고 시공 품질과 유지관리상태가 양호하며 또한, 교량을 구성하고 있는 재료의 성질이 변하지 않는다고 가정할 때, 교량의 구조적 안전성과 내하력은 설계당시에 설정한 내하성능을 충분히 발휘 할 수 있게 된다. 그러나, 도로 구조물인 교량은 시간이 경과함에 따라 사회적, 경제적, 또는 교통환경 변화 등 여러 가지 원인에 의해서 공용중인 교량에 확장공사를 수반하게 된다. 이와 같이 건설현장에서 초기양생 중에 있는 콘크리트는 주변의 진동원으로부터 진동을 받는 경우가 흔히 발생하게 되고 양생 중에 있는 콘크리트가 소정의 강도를 갖기 위하여 외부의 진동, 충격 등으로 부터 적절히 보호되어야 할 필요성이 있음에도 불구하고 『도로교설계기준』 및 『콘크리트구조설계기준』에는

명확한 규정이 없는 실정이다. 본 연구는 교량의 확장공사 구간 중 신·구 바닥판 접합부 최종 연결콘크리트를 타설할 때, 기존교량의 상부에 통행중인 차량의 동하중에 의해 발생하는 진동이 양생중인 콘크리트 구조물에 미치는 영향을 분석함으로써, 콘크리트 타설시 소요의 품질확보 및 구조물에 미칠 수 있는 영향을 최소화 할 수 있는 시공 대책 수립 방안에 필요한 자료를 제공하기 위하여 수행하게 되었다. 따라서, 본 연구에서는 기존의 공용중인 교량에 확장 공사를 실시할 경우 기존교량에 통행하고 있는 차량에 의해 확장 교량의 초기양생중인 콘크리트가 받게 되는 강도의 특성 변화에 대하여 연구를 수행하였으며, 실험변수는 진동속도와 진동가력시간으로 구분하여 진동을 받은 콘크리트의 압축강도와 부착강도의 특성을 고찰하였다.

## 2. 국내·외 연구 현황

### 2.1 국내의 연구 현황

국내에서는 1980년대 말부터 활발한 연구가 진행되어 오고 있다. 권영웅<sup>1)</sup>은 “진동이 콘크리트의 초기강도에 미

\* Corresponding author

Tel : 031-290-7530 Fax : 031-290-7549

E-mail : whitesky@skku.edu

치는 영향에 대하여"에서 임의로 정해진 시간 이후에 쇠망치를 이용하여 몰드에 충격을 가하는 방식으로 실험을 수행하였으며, 콘크리트의 양생 초기에 가한 충격의 정도가 클수록 콘크리트의 압축강도가 증가하는 것으로 나타났다 하겠다.

또한, 홍순길<sup>2)</sup> 등은 RC상판의 휨거동 및 피로거동에 관한 연구에서 확폭시공법중 하나인 접합시공법을 택할 경우 콘크리트 양생시 기존 교량을 통과하는 차량의 진동에 의하여 신설부 교량에 미치는 영향에 대하여 연구를 수행하였다. 오병환<sup>3)</sup> 등은 도로의 보수보강 및 차선 확폭시 주변에서 발생하는 차량 등의 진동이 양생 초기의 콘크리트에 미치는 영향에 대하여 연구를 수행하였으며, 한중기<sup>4)</sup>는 석사학위논문에서 횡방향의 진동을 가진한 경우에 콘크리트의 강도 특성에 대하여 발표하였다. 최근 박정수<sup>5)</sup>는 석사학위논문에서 수직방향에 대한 초기제령에서 진동이 콘크리트의 강도에 미치는 역학적 특성에 대하여 연구하였다.

## 2.2 국외의 연구 현황

Bastian<sup>6)</sup>는 파일항타 작업에서 진동을 받는 콘크리트의 강도 측정을 수행한 결과 항타 진동을 받는 경우가 무진동 양생된 경우에 비해 약 4%정도 높게 나타났다고 하였다. Howes<sup>7)</sup>는 진동대 위에 공시체를 설치하여 한 시간 간격으로 일주일 동안 계속하여 진동을 가하여, 압축강도와 인장강도 및 밀도 등을 양생 후 7일과 28일에 각각 측정하였다.

여기서, 압축강도에 대한 측정결과는 진동속도의 변화에 대하여 별다른 차이점이 나타나지 않았다. Krell<sup>8)</sup>은 기존의 콘크리트 기초부분이 신설 콘크리트 기초와 접합 시공 되어야 하는 상황에서, 기존 콘크리트 기초위에 있는 발전설비에 의한 진동이 양생중인 신설 콘크리트의 기초에 미치는 영향에 대하여 조사한바 있다. 시험체에 대해서는 압축강도와 부착강도를 측정하였으며, 시험결과로 진동을 받은 시험체의 압축강도가 진동을 받지 않은 기존 시험체 보다 크게 평가되었고 부착강도에서는 철근과 콘크리트 사이의 부착파괴는 생기지 않고 오히려 철근의 절단에 의하여 시험체가 파괴되는 현상이 나타났다고 하였다.

## 3. 콘크리트의 진동 영향

콘크리트의 강도는 품질을 결정하는 가장 중요한 지표로서 성분적인 요인, 재료의 관리 및 타설에 의한 요인, 양생 방법 등에 따라 크게 영향을 받는다.

### 3.1 콘크리트의 공극과 다짐

콘크리트의 강도 및 물리적인 특성은 물-시멘트비와 다짐도에 영향을 받는다. 즉, 손다짐의 경우보다 기계적인 다짐이 충분한 강도를 갖으며, 물-시멘트비가 낮을수록 강도는 증가하지만 다짐이 충분하지 못하다면 오히려 강도는 감소하는 것을 알 수 있다. 양생중인 콘크리트에 초기진동을 작용시켜 다지게 되면 공극량의 감소와 간극의 폭이 줄어들어 콘크리트의 품질 면에서는 오히려 유익한 요인으로 작용할 수 있으나, 타설 후 즉시 다짐을 하지 않고 콘크리트가 수화반응을 일으킨 후 경화 시간에 진동이 작용하게 되면 오히려 품질 저하의 요인이 될 수도 있다. 일반적으로 모든 화학 반응은 초기진동이나 충격 및 휘저음과 같은 물리적인 촉매 행위에 의하여 반응이 빨리 일어나며, 시멘트나 콘크리트의 수화작용 역시 수경성 화학작용의 일환이기 때문에 콘크리트의 강도를 높여주는 요인으로 작용한다. 또한, 콘크리트의 블리딩(bleeding) 현상의 경우 초기진동이나 충격이 양생중인 미경화 콘크리트에 미치는 유익한 요인은 바닥판과 같은 경우 초기양생시 수분을 이탈시키므로 물-시멘트비가 최소한 한계선에 보다 접근되어 강도의 증가를 가져온다. 반면에 바닥판 상부층에 높은 물-시멘트비를 유발하여 콘크리트의 약화(weakness), 공극, 내구성의 감소를 유발하는 유해한 요인도 가지고 있다.

### 3.2 콘크리트의 응결

콘크리트의 응결은 측정할 수 있는 강도를 갖는 경화(hardening)와는 그 성질을 달리 한다. 즉, 응결은 경화에 앞서 발생하며 시멘트의 수화(hydration)에 있어서 나타나는 전이(transition)현상이다. 다시 말해서 유동체(fluidity)의 상태에서 고체(solid)로 바뀌는 임계적인 현상으로서 관입시험으로 그 응결시간을 측정한다. 이때, 응결시간이란 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 초결에서 종결까지의 시간으로 나타나는 데 미경화 시멘트페이스트의 혼합과 타설의 가능 여부를 나타낸다.

시멘트의 수화반응은 콘크리트 믹서에 물을 투입할 때부터 활발히 일어나게 되며, 응결은 주로  $C_3S$  ( $3CaO.SiO_2$ )의 수화정도에 따라 좌우되는데, 유동기는  $C_3S(3CaO.SiO_2)$ 의 휴지기에 해당되며, 응결은 휴지기가 끝남과 동시에 급격한  $C_3S(3CaO.SiO_2)$ 의 수화기가 일어나는 상태이다. 동시에 발열온도가 급격히 상승되고 전기전도도와 페이스트를 관통하는 음파의 전파속도를 떨어뜨린다. 이때, 초기진동이 작용하게 되면 이는 콘크리트의 수화작용을 빨리 일어나게 하는 촉매작용을하여 이상

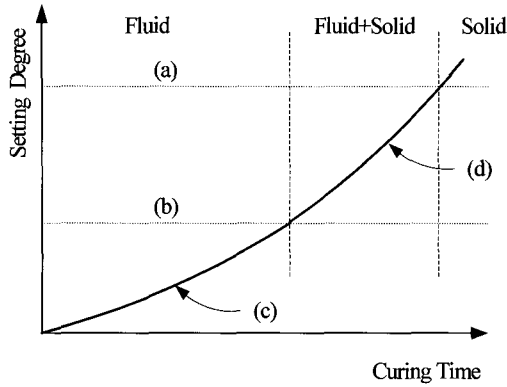


Fig. 1 Concrete setting and hardening

where, (a) Limit of mechanical tamping  
 (b) Limit of hand tamping  
 (c) The first tamping  
 (d) The last setting

응결(abnormal setting)을 일으킬 뿐만 아니라 결과적으로 슬럼프의 감소, 단위수량의 증가 및 균열 유발 등의 품질관리 면에서 위해적인 요인으로 작용하게 되지만, 주목할 것은 일반적으로 초기진동이 콘크리트의 강도를 증가시키게 하는 유익한 요인이 더 크다는 점이다. 한편, 급결은 최악의 응결로서  $C_3A$ (알루미늄산 3석회)의 활성상태가 지나쳐서 급격히 응결하는 것으로서 이 경우에는 더 이상의 재배합에도 물, 시멘트 골재 등이 유동하지 않는다. 이러한 경우 진동이 작용하게 되면 화학적인 반응으로는 위해적인 요인으로 작용하게 되며, 공극을 없애는 충진적인 측면에서는 유익한 요인으로 작용하기도 한다.

#### 4. 진동 허용 기준

콘크리트의 종류가 다양하여 각각의 특성을 고려하여 허용규제기준을 설정하여야 하지만 아직까지는 그러한 기준은 제시되어 있지 못한 상태이며, 일반적인 지침으로서 다소 보수적인 제안기준을 검토하여 적용하고 있다. ASCE(미국토목학회)에서 1970년에 포틀랜드시멘트에 대한 허용진동 수준을 제안한 바 있는데 이에 의하면 가장 예민한 시간대를 타설 후 0~12시간까지로 보고 진동 수준을 0.254 cm/sec로 하고 있다. 이러한 수치는 너무 낮은 수준으로 많은 논란이 있었으며, 그 후 미국의 "Seabrook Nuclear Station Project" 와 관련하여 허용 수준에 대한 검토를 위해 일련의 체계적인 실험이 수행되었다. 그 결과 Hulshizer<sup>9)</sup>는 콘크리트 타설 후 3~11시간이 가장 진동에 민감한 것으로 평가되었으며 여기서 제안된 양생중인 콘크리트의 허용진동은 Table 1과 같다.

미국의 도로국에서 제안하고 있는 허용진동은 위의 Table 1에서 제시하고 있는 값보다 매우 낮게 조정이 되

어 있으며, 이것은 상당히 보수적인 수치로서 다음의 Table 2에 나타내었다<sup>5)</sup>.

독일의 기준을 살펴보면, Vibrattech사는 양생중인 콘크리트 구조물의 진동허용기준을 Table 3과 같이 제안하고 있다<sup>5)</sup>.

국내의 경우 허용기준이 없는 상황에서 한국지질자원연구원은 미국 도로국의 양생 콘크리트에 대한 허용진동수준지침에서 진동에 대해 예민한 시간대를 그동안 연구결과를 토대로 3~24시간으로 수정하여 제시한 기준을 다음의 Table 4에 나타내었다<sup>5)</sup>.

Table 1 Vibration limit for curing concrete

Time after placement(hours)	PPV(cm/sec)
0~3	10.16
3~11	3.81
11~24	5.08
24~48	10.16
48 more	17.78

Table 2 Vibration limit for curing concrete (DOT, 1991)

Time after placement	PPV(cm/sec)
0~4 hours	5.08
4~24 hours	0.63
1~3 days	2.54
3~7 days	5.08
7~10 days	12.70
10 days more	25.40

Table 3 Vibration limit for curing concrete (Vibrattech, 1991)

Time after placement	PPV(cm/sec)
12 hours	0.635
24 hours	1.27
48 hours	2.54
7 days	6.35
14 days	10.16
28 days	12.70

Table 4 Vibration limit for curing concrete(KIGAM)

Time after placement	PPV(cm/sec)
0~3 hours	5.08
3~24 hours	0.63
1~3 days	2.54
3~7 days	5.08
7~10 days	12.70
10 days more	25.40

Table 5 Mixture proportion for concrete(kg/m<sup>3</sup>)

Cement	Water	Fine agg.	Coarse agg.	F/ash	AE	W/C
337	191	750	993	46	0.77	45.3

Table 6 Properties of steel(MPa)

Bar	Tensile strength	Yield strength	Elongation(%)
SD40, D19	605.07	494.75	17.1

## 5. 수직 진동 실험

본 실험에서 사용된 콘크리트의 배합비 및 부착실험용 철근의 물성치는 다음의 Table 5~6에 각각 나타내었으며, 여기서 시멘트는 보통포틀랜드시멘트를 사용하였으며, 골재는 굵은골재의 최대치수가 20mm인 쇄석을 사용하였다. 콘크리트는 설계기준강도가 26.48MPa, 철근의 항복응력은 392.27MPa를 사용하였으며, 시편 테스트 결과는 Table 6과 같다.

### 5.1 시험체 제작 및 실험변수

압축강도 및 부착강도 실험용 모형공시체를 KSF 규격에 의하여 각각 제작하였으며, 압축강도를 측정하기 위한 공시체는  $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ 로 진동속도와 가진 시간을 고려하여 60개를 제작 하였다. 또한, 수직철근에 대한 부착강도를 측정하기 위하여  $15\text{cm} \times 15\text{cm} \times 15\text{cm}$ 의 규격으로 위에서와 마찬가지로 진동속도와 가진 시간을 고려하여 60개를 제작하여 총 120개의 공시체를 제작하였다. 실험변수는 진동속도와 진동 가력 시간으로 구분하였으며, 진동속도는 문헌연구를 바탕으로 0.3, 0.45, 0.6, 1.0 cm/sec의 4종류로 하였다. 또한, 진동 가력 시간은 시멘트의 종결시간 및 실험 여건을 고려하여 3, 6, 12, 24시간의 4종류로 구분하였으며, 진동 가력 시점은 타설 직후로 하였으므로 실험 변수에 포함되지 않았다. 시험체명에 대한 설명은 다음의 Fig. 2에 나타내었다.

### 5.2 진동 가력 장치

진동 가력 장치는 MTS사의 액츄에이터를 이용하여 수직방향으로 가력하였다. 액츄에이터를 고정하기 위하여 바닥판에 두께 10mm의 베이스판을 제작하였으며, 직경 15mm 나사볼트를 용접하여 이후 액츄에이터를 베이스판에 고정시킬 수 있도록 하였다. 또한, 그 위에 액츄에이터를 고정시킨 채 상부에 상부진동판(두께 20mm)과 함께 고정하였다. Fig. 3에 나타난 것과 같이 상부 진동판에 차량의 주행으로 인한 수직 진동 효과를 적절히 모사하기 위하여 직접적인 수직진동을 정해진 시간간격으로 가력하였다.

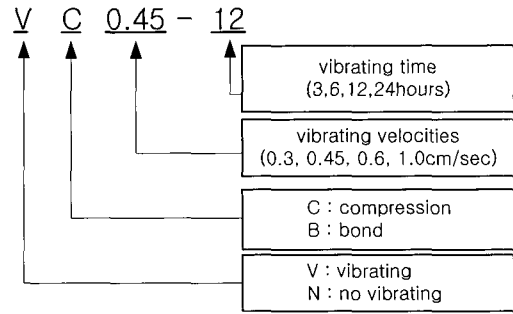


Fig. 2 Experimental variables

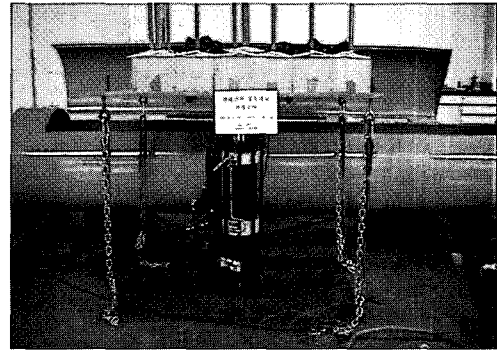


Fig. 3 Vibrating table

## 6. 실험결과 및 고찰

본 실험에서 설정한 진동속도(0.3, 0.45, 0.6, 1.0 cm/sec) 별로 4가지(3, 6, 12, 24시간) 경우에 대한 시간대로 구분하여 가력하였다. 실험여건상 각각의 진동속도 별로 콘크리트의 배합강도는 일정하나 진동테이블에 거치시킬 수 있는 개수의 제한으로 인하여 여러 번에 나누어 콘크리트를 타설하는 것이 불가피한 상황일 수밖에 없었다. 따라서, 매번 콘크리트를 타설 할 때 마다 약간의 강도변화는 피할 수 없으므로 콘크리트의 압축강도 및 부착강도에 대한 절대적인 값에 관점을 갖기 보다는 매번 타설 할 때 마다 기준공시체를 제작하여 기준공시체에 대한 강도가 변하는 증감률을 보임으로써, 동일조건에서의 진동속도 및 시간대별로 설정된 실험조건을 충족시키고자 하였다. 강도의 증감률은 기준 공시체에 대한 가진동 공시체의 비로서 표현하였으며, 다음의 식(1)과 같이 표현하였다.

$$R(\%) = \frac{\text{가진동 공시체강도}}{\text{기준 공시체강도}} \times 100 - 100 \quad (1)$$

여기서, R은 강도의 증감률을 나타내며, 증감률이 "0"으로 산정된 경우 가력한 공시체의 강도의 증감이 전혀 없이 기준공시체의 강도와 같은 강도로 평가된 것을 의미한다. 또한, "+1"로 산정된 경우 기준공시체의 강도에 1%의 강도가 증가된 것을 나타내도록 하였다.

### 6.1 압축강도 시험결과

압축강도 시험결과는 진동을 가하지 않은 무진동 기준 공시체를 기준으로 각각의 진동속도별 강도의 증감률과 가력시간대별 강도의 증감률을 Table 7, 8에 요약하였으며, Figs. 4, 5에 압축강도의 증감률의 변동을 각각 나타내었다.

### 6.2 압축강도에 대한 고찰

1) 진동속도가 0.3cm/sec에서는 콘크리트의 초기양생 중에 가한 진동 가력 시간에 따라 강도변화가 5%를 넘지 않는 것으로 보아 위의 진동속도에서는 압축강도에 거의 영향을 미치지 않는 것을 고찰 할 수 있었다.

**Table 7** The fluctuation rate of compressive strength for loading time

Time of loading (hours)	Vibrating velocities(cm/sec)			
	0.3	0.45	0.6	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	-0.19	-1.04	4.99	-20.56
6.0	-1.78	12.83	-10.77	-16.73
12	0.0	20.34	-0.82	-24.79
24	3.61	7.02	16.31	-17.63

**Table 8** The fluctuation rate of compressive strength for vibrating velocities

Vibrating velocities (cm/sec)	Time of loading(hours)			
	3.0	6.0	12	24
0.3	-0.19	-1.78	0.0	3.61
0.45	-1.04	12.83	20.34	7.02
0.6	4.99	-10.77	-0.82	16.31
1.0	-20.56	-16.73	-24.79	-17.63

**Table 9** The fluctuation rate of bond strength for loading time

Time of loading (hours)	Vibrating velocities(cm/sec)			
	0.3	0.45	0.6	1.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3.0	7.61	9.13	15.6	-9.37
6.0	9.20	-0.23	4.34	-2.94
12	8.10	-7.89	-0.81	-14.23
24	22.21	8.46	6.40	11.48

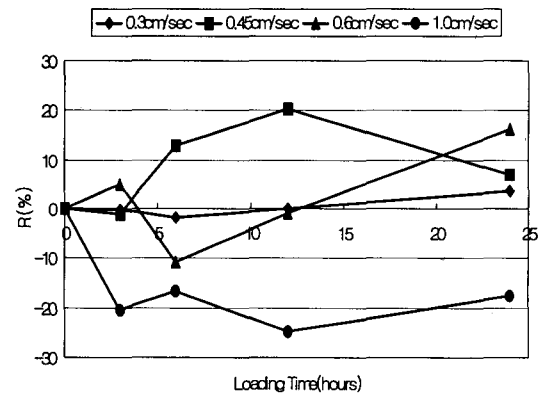
**Table 10** The fluctuation rate of bond strength for vibrating velocities

Vibrating velocities (cm/sec)	Time of loading(hours)			
	3.0	6.0	12	24
0.3	7.61	9.20	8.10	22.21
0.45	9.13	-0.23	-7.89	8.46
0.6	15.6	4.34	-0.81	6.40
1.0	-9.37	-2.94	-14.23	11.48

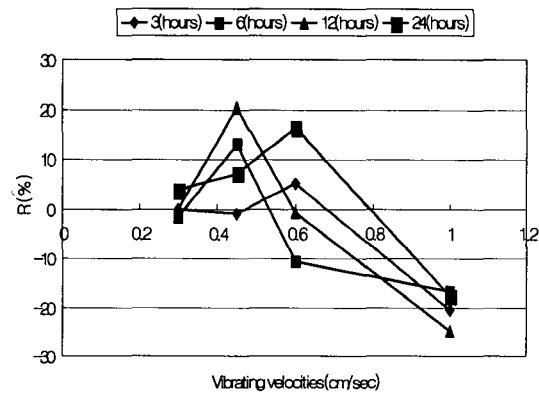
- 2) 진동속도가 0.45 cm/sec에서는 초기양생중인 콘크리트의 압축강도측면에서 최대 20.34%수준의 강도 증진효과가 있는 것을 고찰하였다.
- 3) 진동속도가 0.6 cm/sec에서는 초기 6시간의 진동 가력을 받은 경우 10.77%의 강도가 감소되어 이후, 24시간을 가력한 경우에 최대 16.73%의 강도가 증가되는 것을 고찰하였다.
- 4) 진동속도가 1.0 cm/sec를 넘게 될 경우 진동 가력 시간에 무관하게 전체적으로 압축강도가 감소하는 것으로 고찰되었으며, 12시간에서 최대 25%정도의 압축강도가 감소하고 있는 것으로 고찰되었다.

### 6.3 부착강도 시험결과

부착강도 시험결과는 진동을 가하지 않은 무진동 기준 공시체를 기준으로 각각의 진동속도별 강도의 증감률과 가력시간대별 강도의 증감률을 Table 9, 10에 요약하였으며, Figs. 6, 7에 부착강도의 증감률의 변동을 각각 나타내었다.



**Fig. 4** The fluctuation rate of compressive strength for loading time



**Fig. 5** The fluctuation rate of compressive strength for vibrating velocities

## 7. 결 론

초기양생중인 콘크리트가 주변 환경의 제약으로 인하여 진동을 피할 수 없는 환경에 노출된 경우 강도측면에서의 외부 진동에 의한 영향을 평가하기 위한 본 실험의 결론으로는 진동 가력 시간적인 측면에서 6시간 이내의 진동을 받는 경우에 대해서는 0.3 cm/sec 이하를 유지하도록 하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 12시간에서 24시간의 진동을 받는 경우에 대해서는 12시간대에 부착강도에서 7.89%의 강도감소가 있으나, 24시간대에 강도가 8.46% 증가 되는 것으로 보아 진동속도를 0.6 cm/sec 이하를 유지하도록 하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

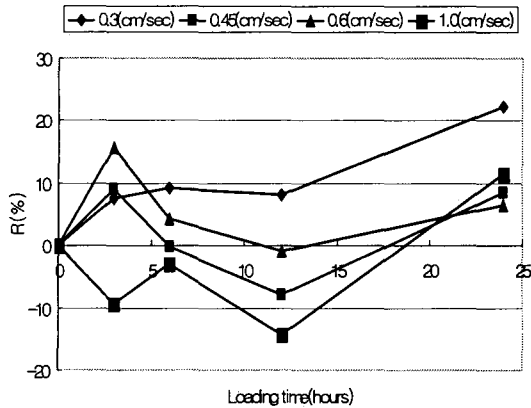


Fig. 6 The fluctuation rate of bond strength for loading time

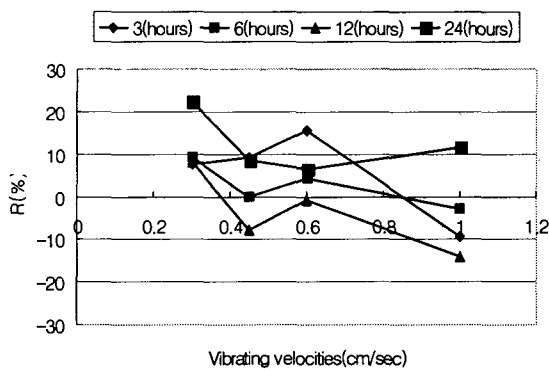


Fig. 7 The fluctuation rate of bond strength for vibrating velocities

### 6.4 부착강도에 대한 고찰

- 1) 부착강도의 경우 진동속도가 0.3 cm/sec에서는 진동 가력 시간에 따라 점차적으로 증대되어 최대 22.21%의 부착강도 증대가 고찰되었다.
- 2) 진동속도가 0.45~0.6 cm/sec 범위에서는 초기 3시간에서 강도의 증가가 나타난 이후 12시간까지 강도가 감소하는 것을 고찰할 수 있었으며, 24시간에서는 대략 7% 정도의 강도가 회복되는 것을 고찰하였다.
- 3) 진동속도가 1.0 cm/sec에서는 12시간까지 강도가 감소한 이후, 24시간에서는 최대 10%의 부착강도가 증대되는 경향을 나타내었다.

## 참고문헌

1. 권영웅, "진동이 콘크리트의 초기강도에 미치는 영향에 대하여", 대한주택공사, 주택 제49호, 1988, pp.95~100.
2. 홍순길, 장동일, "확폭교량 RC상판의 휨거동에 관한 연구", 콘크리트학회지, 6권, 3호, 1994, pp.152~161.
3. 오병환, 송혜급, 조재열, "진동이 양생중인 콘크리트에 미치는 영향에 관한 연구", 콘크리트학회지, 10권, 5호, 1998, pp.531~537.
4. 한중기, "수평연속진동이 초기양생중인 콘크리트의 강도에 미치는 영향에 관한 실험적 연구", 부경대학교, 석사학위논문, 2000, pp.3~9.
5. 박정수, "양생중 진동을 받는 콘크리트의 역학적 특성", 성균관대학교, 석사학위논문, 2003, pp.23~38.
6. Bastian, C. E., "The Effects of Vibrations on Freshly Poured Concrete," *Concrete International : Design and Construction*, Vol.1, No.12, 1970, pp.31~34.
7. Howes, E. V., "Effects of Blasting Vibrations on Curing Concrete," *Proceedings, 20th, U.S. symposium on Rock Mechanics*, Austin, Texas, 1979, pp.455~460.
8. Krell, W. C., "Effect of Coal Mill Vibration on Fresh Concrete," *Concrete International : Design and Construction*, Vol.1, No.12, 1979, pp.31~34.
9. Hulshizer, A. J. "Acceptable Shock and Vibration Limits for Freshly Placed and Maturing Concrete", *ACI Materials Journal*, Vol.93, No.6, 1996, pp.524~533.

## 요 약

도로 구조물인 교량은 시간이 경과함에 따라 사회적, 경제적, 또는 교통환경 변화 등 여러 가지 원인에 의해서 공용중인 교량에 확장 공사를 수행하게 된다. 교량의 확장 공사 구간 중 신·구 콘크리트 접합부 최종 연결 콘크리트를 타설할 때, 기존 교량의 상부에 통행중인 차량의 동하중에 의해 발생하는 진동이 양생 중 콘크리트 구조물에 영향을 미치게 된다. 초기양생중인 콘크리트가 소정의 강도를 유지하기 위하여 외부로부터의 진동이나 충격 등에 적절히 보호되어야 함에도 불구하고 현행 설계 기준에는 명확한 규정이 없는 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 초기양생중인 콘크리트에 임의의 진동을 가력하고, 진동속도와 진동 가력 시간으로 실험변수를 구분하여 콘크리트의 압축강도와 부착강도에 대한 특성평가를 수행하였다.

**핵심용어** : 확장 공사, 진동, 초기양생 콘크리트, 진동속도, 진동 가력 시간, 강도