

기계진동이 건축 구조물에 미치는 영향

The influence that machines's vibration has on the building structure

전 의 식* 조 병 후**
Jeon, Euy-Sik Cho, Byoung-Hoo

Abstract

The interest about noise and vibration is increasing by a living level elevation recently. Particularly, the interest about the influence that vibration of machine has on the safety of building is rising. However, there are a lot of the cases that the influence of machine isn't considered in designing the factory buildings. The purpose of this study is to suggest the results of measuring that the influence of machine's vibration in A factory has on the building structure.

키워드 : 기계진동, 건축물의 안전, 진동수준

Keywords : vibration of machine, safety of building, vibration level

1. 서 론

최근 생활수준 향상으로 환경에 대한 인식이 높아지면서 소음과 진동에 대한 관심 또한 점차로 커지고 있다. 더욱이 최근 들어 부실공사에 따른 안전사고가 빈번히 발생함에 따라 건축 구조물의 안전도에 대한 관심이 늘고 있으며, 특히 아파트나 상가, 대규모의 진동에 노출되어 있는 산업체의 종사자들은 주위의 진동에 따른 건축 구조물의 영향과 그 안전도에 대해 상당한 우려를 갖게 되었다.

산업체의 경우, 생산공정에서 나타날 수 있는 진동이나 소음은 생산품의 품질에 상당한 영향을 미치고 생산기계 등에서 발생하는 진동에 대해 사전 대책 없이 건설된 건축물은 그 안전성은 물론 근로자들에게 불안감을 주어 생산성 향상에 악영향을 미칠 것이다.

그러므로 건축물 시공시 주위의 소음과 진동 및 건물 용도를 정확히 분석하고 이를 근거로 안전성과 쾌적한 주위환경을 위해 적절한 대책이 우선되어야 한다. 그러나 건축 설계시 외부소음의 차단에 대해서는 어느 정도 대책을 마련하고 있지만 진동에 대해서는 정확한 상황분석 및 그 대책 자체가 어렵기 때문에, 문제점이 발견되면 진동원을 찾아 방진고무 등을 사용, 수동적으로 대책을 마련하는 것이 보통이다.

따라서 본 연구에서는 A 공장에서 제품을 생산하는 과정에서 성형사출기를 통해 발생하는 충격진동이 건축 구조물에 미치는 영향을 평가하여 그 진동에 대한 건축 구

조물의 안전도를 조사하고 진동원을 분석하여 진동방지를 위한 효과적인 대책을 제시하고자 한다.

또한, 성형사출기를 사용하는 공장 건축물 설계시 본 연구결과가 활용되기를 기대한다.

2. 기계 진동이 건축 구조물에 미치는 영향 평가

2.1 측정 장치 및 방법

본 연구에서는 성형사출기의 진동이 슬라브에 미치는 영향 및 안전성을 조사하고 평가하기 위하여 지반 진동계와 3축 가속도계를 이용한 진동 측정을 행하였다. 그림 1은 본 실험을 위한 전반적인 데이터 처리 및 측정 계통도를 나타내고 있다.

그림에서 슬라브의 진동은 가속도 픽업과 진동 레벨미터를 거친 후 데이터 기록계에 저장된다. 한편 각 기계의 진동은 3축 가속도 센서를 이용하여 측정된 후 증폭기를 거쳐 데이터 기록계에 저장된다. 각 진동량은 3축 방향으로 측정되며 신호의 크기에 따라 앰프 및 데이터 기록계의 게인이 조정되어 저장된다. 저장된 데이터는 주파수 분석기에 의해 Narrow Band로 분석되며 컴퓨터에서의 해석을 거쳐 출력된다. 해석 결과는 각 센서의 게인값을 보정한 후 각종 신호처리 프로그램을 거쳐 진동 가속도값, dB값, Octave Band 및 Contour Plot 등으로 표현된다. 또한 기계의 동작 시간대에 따라 3축 방향의 주파수 특성이 변화되므로 이에 대한 현상을 고찰하기 위하여 1분 동안의 데이터 추이를 Water Fall 형태로 분석하였다.

데이터 처리에서는 최대 주파수를 500 Hz로 하여 분석

* 국립 천안공업대학 플랜트설계과 교수, 공학박사

** 국립 천안공업대학 건축과 부교수, 공학박사

한 결과 50 Hz 이상의 영역에서는 데이터의 특성이 나타나지 않았으므로 최대 주파수를 100 Hz로 하여 모든 데이터 분석을 실시하였다. 또한 측정 결과 10 Hz 이하의 저주파 영역에서 주요한 데이터의 양상이 나타났으므로 옥타브 분석에 있어 시작 중심 주파수는 1.6 Hz로 하였다. 표 1은 표준 1/3 옥타브 대역 주파수를 나타내고 있다.

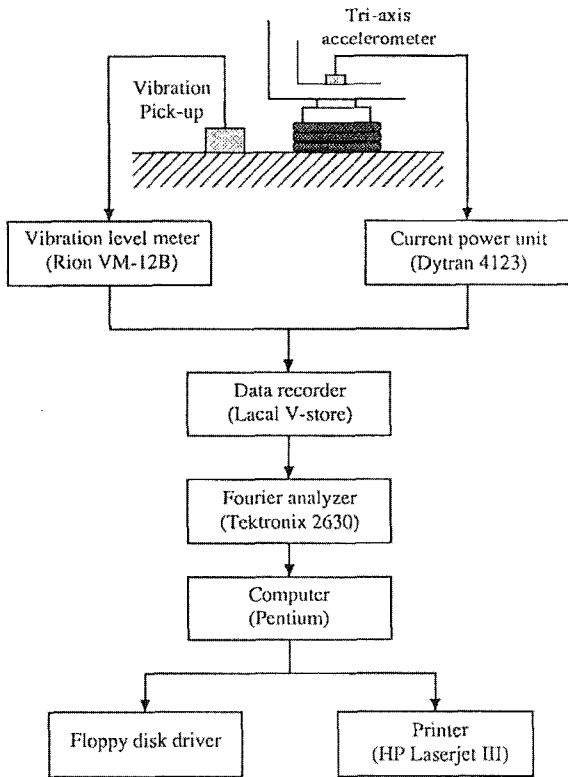


그림 1. Flow chart for signal processing and data analysis

2.2 측정 항목 및 내용

(1) 슬라브의 진동 영향 평가

본 실험에서는 기계 진동에 의한 슬라브의 영향 및 안정성을 검토하기 위하여 그림 2와 같이 건축물의 2층과 3층에서 각각 30개의 측정점을 산정하여 측정을 행하였다. 측정점은 진동 레벨이 클 것으로 예상되는 빔과 빔 사이의 슬라브 면을 위주로 하였으며 각 측정점에서는 3축 방향으로 각각 1분 동안 데이터를 수집하였다.

(2) 기계 진동과 슬라브 진동과의 상관 관계

본 실험에서는 각 기계별로 가진되는 특성과 슬라브에 전달되는 특성을 해석하기 위하여 성형사출기와 슬라브에서 3축 방향으로 진동을 동시에 측정하여 분석하였다. 측정 방식은 그림 3에 나타난 바와 같이 방진고무가 부착된 성형사출기의 다리 부분에서 기계 진동을 측정하고 바로 옆의 슬라브 위에서 지반 진동을 동시에 측정하였으며 이를 바탕으로 각 기계별로 슬라브에 전달되는 진동 특성과 진동량을 검토하였다. 참고로 그림 4와 그림 5

표 1. International standard for 1/3 octave band

1/3 옥타브 주파수 (Hz)		
하 한	중 심	상 한
1.41	1.6	1.78
1.78	2	2.24
2.24	2.5	2.82
2.82	3.15	3.55
3.55	4	4.47
4.47	5	5.62
5.62	6.3	7.08
7.08	8	8.91
8.91	10	11.2
11.2	12.5	14.1
14.1	16	17.8
17.8	20	22.4
22.4	25	28.2
28.2	31.5	35.5
35.5	40	44.7
44.7	50	56.2
56.2	63	70.8
70.8	80	89.1
89.1	100	112.2

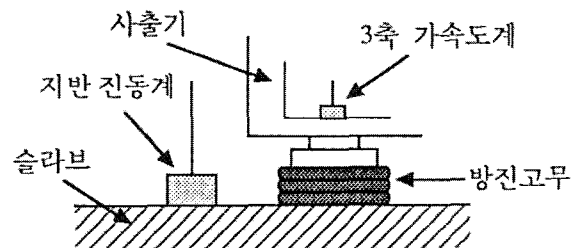


그림 3. Measuring point and direction for analysis of vibrational relationship between machine and slab

는 2층과 3층에서 성형사출기의 모델별 기계 배치현황을 나타내고 있다.

2.3 안전도 평가 방법

공장과 같은 건축구조물의 안전도를 평가하려면 우선 설계시 충분히 강도가 고려되었는가를 점검하여야 하며 특히, 성형사출기와 같이 큰 하중을 지니며 진동을 유발시킬 수 있는 기계에 대하여는 반드시 동적하중을 고려하여 설계하여야 한다. 본 연구에서 대상이 되는 공장은 동적하중의 산출 없이 정적하중만을 고려하여 설계되었으므로 우선 설계시 기초계산으로 잡힌 하중과 슬라브의 강도가 충분한가를 점검하기 위하여 측정된 진동량을 FEM 모델에 입력하여 해석하고자 한다. 슬라브의 최대 모멘트와 최대 변위를 구하기 위해 표 2와 같은 물성치를 이용하였으며 구조해석용 소프트웨어인 NASTRAN

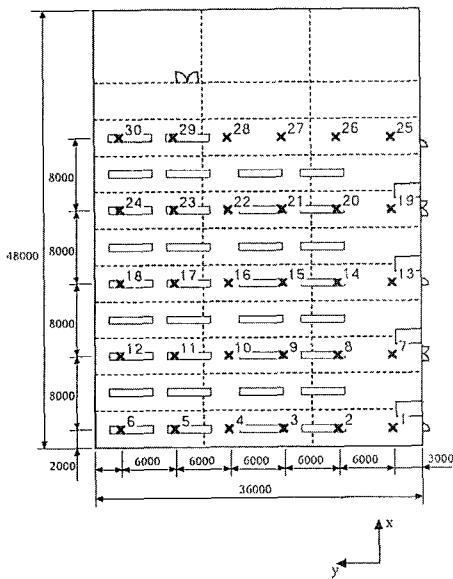


그림 2. Measuring points and direction for analysis of vibrational characteristics of Slab

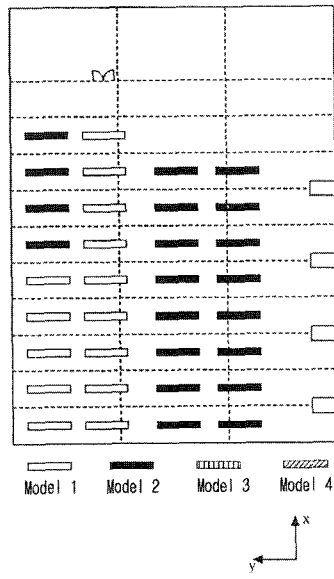


그림 4. Configuration of each machines at the 2nd floor

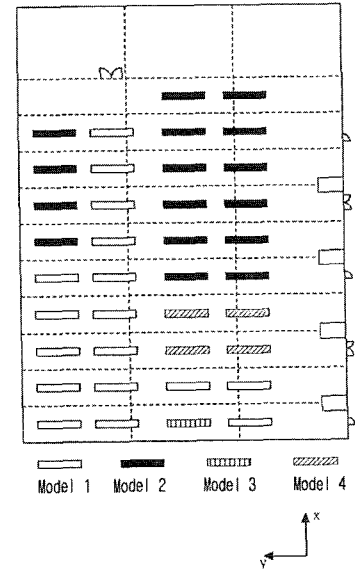


그림 5. Configuration of each machines at the 3rd floor

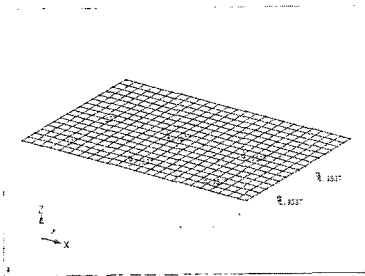


그림 6. FEM Model of Slab

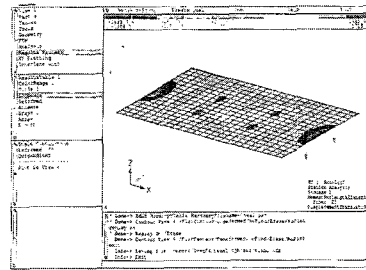


그림 7. Contour graph of acting moment

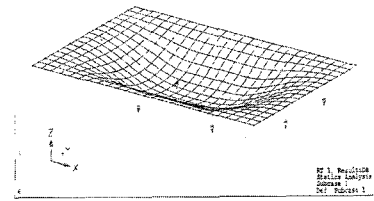


그림 8. Deflection shape of Slab

표 2. Engineering data of slab

Thickness (mm)	Youn's Modulus (kg/m ²)	Density (kg/m ³)	Poisson's Ratio
150	2.1E9	2.4E3	0.17

을 사용하였다.

(1) 기초계산

성형사출기는 이송기의 무게를 고려하여 7520 kg으로 가정하였으며 성형사출기는 그림 6과 같이 슬라브의 중앙에 위치하며 8개의 다리에 의해 집중하중이 작용하는 것으로 모델링하였다. 작용하는 하중을 산출하기 위하여 측정된 가속도중 가장 큰 0.3458 m/s²을 사용하였다.

성형사출기 + 이송기 하중 : 7520 Kg
 성형사출기의 다리 : 8 EA

$$\begin{aligned} \text{작용력} &= 7520 \times 9.8/8 + 7520/8 \times 0.3458 \\ &= 9537 \text{ (Kg m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\text{산출된 최대 변위} = 2.93165 \text{ mm}$$

$$\text{상당 작용력} = 7520 \times (4\pi^2 f^2) \times 2.93165 \text{E-3} / (6 \times 4 \times 9.8)$$

이 1000보다 작아야 하므로 허용주파수는 16 Hz 미만이어야 한다. 기계의 진동이 고주파 성분을 많이 가지고 있어 기초계산에서 LL을 너무 작게 할당하였음을 알 수 있다. 다만 슬라브부에서의 측정된 최대가속도는 0.3458 m/s² 정도로 측정되었지만 안심할 수 없어 방진 설비가 시급하다고 할 수 있다.

(2) 슬라브의 모멘트

산출된 모멘트는 +M_x = 1.7155E3, -M_x = -1.63966E3로 슬라브 설계상한치 (2177 kgm, 1497 kgm) 보다 크게 작용하고 있음을 알 수 있다. 그림 7은 모델로부터 산출된 모멘트를 등고선으로 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 양 끝단과 1/3, 2/3 지점에서 큰 모멘트가 걸림을

표 3. X-directional maximum vibration level and measuring point at the each center frequencies (2nd floor)

중심 주파수 (Hz)	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
1.6	29	0.0003	28.9
2	2	0.0003	29.2
2.5	18	0.0003	35.6
3.15	22	0.0013	42.1
4	2	0.0035	50.8
5	11	0.0059	55.4
6.3	24	0.0121	61.7
8	6	0.0093	59.4
10	16	0.0034	50.7
12.5	18	0.0032	50.0
16	6	0.0034	50.7
20	6	0.0030	49.7
25	11	0.0019	45.5
31.5	6	0.0021	46.6
40	5	0.0012	41.7
50	24	0.0015	43.8
63	24	0.0024	47.8
80	24	0.0054	54.7

알 수 있다.

그림 8은 슬라브의 변형을 나타내고 있다. 이와 같이 성형기를 중앙에 위치한 경우 슬라브 중앙에서 큰 처짐이 발생하므로 슬라브부에 빔의 보강 없이 올려놓은 것은 매우 위험하다고 사료된다. 더욱이 슬라브의 설계강도가 현재의 부하보다 적게 설계되어져 있으므로 슬라브부의 보강이 시급하다 할 수 있다.

3. 측정결과 및 고찰

3.1 슬라브의 진동 영향 평가

본 실험에서는 기계 진동에 의한 슬라브의 진동 형태 및 특성을 파악하기 위하여 2층과 3층 성형실을 그림 2와 같이 30개의 측정점으로 분할하여 분석하였다. 표 3~표 5는 2층 성형실에서 최대 진동레벨이 계측된 중심 주파수가 존재하는 측정점을 나타내고 있으며 표 6은 최대 Overall Level이 계측된 측정점을 나타내고 있다. 도표에서 알 수 있듯이 3축 방향 모두 중심 주파수 6.3 Hz에서 최대값을 나타내고 있다. 또한 그림 9~그림 14는 2층 성형실에서 3축 방향에 대하여 최대 진동량을 나타내는 중심 주파수 6.3 Hz와 Overall Level에 대한 Contour Plot을 나타내고 있다.

위의 결과에서 알 수 있듯이 z 방향의 진동에 대해서는 Richter 지진계에 의한 진도 평가기준으로 볼 때 인체에 불쾌감을 미치는 영역에 해당되며, 중진(IV)의 범위에 상당하여 건축 구조물에 영향을 미치는 진동 레벨로 평가할 수 있다. 또한 6.3 Hz와 Overall Level의 최대값이 계측된 측정점이 거의 일치하므로 이 중심 주파수가 건물 전체의 진동에 주요한 영향을 미치고 있다고 볼 수

표 4. Y-directional maximum vibration level and measuring point at the each center frequencies (2nd floor)

중심 주파수 (Hz)	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
1.6	11	0.0005	34.7
2	19	0.0011	40.4
2.5	19	0.0013	42.1
3.15	18	0.0021	46.4
4	29	0.0053	54.5
5	11	0.0179	65.1
6.3	18	0.0354	71.0
8	6	0.0231	67.3
10	18	0.0139	62.9
12.5	18	0.0094	59.5
16	6	0.0061	55.8
20	4	0.0044	52.9
25	18	0.0038	51.7
31.5	18	0.0044	52.9
40	18	0.0025	47.9
50	6	0.0030	49.7
63	6	0.0042	52.4
80	24	0.0035	50.9

표 5. Z-directional maximum vibration level and measuring point at the each center frequencies (2nd floor)

중심 주파수 (Hz)	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
1.6	10	0.0020	45.9
2	23	0.0023	47.2
2.5	23	0.0076	57.6
3.15	23	0.0244	67.7
4	29	0.0521	74.3
5	29	0.1914	85.6
6.3	11	0.2690	88.6
8	10	0.1411	83.0
10	10	0.0696	76.9
12.5	29	0.0726	77.2
16	6	0.0459	73.2
20	4	0.0371	71.4
25	18	0.0266	68.5
31.5	8	0.0267	68.5
40	29	0.0235	67.4
50	6	0.0211	66.5
63	6	0.0100	60.0
80	24	0.0067	56.6

표 6. Maximum vibration level and measuring point for overall level (2nd floor)

방 향	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
x	24	0.0159	64.0
y	18	0.1445	73.0
z	23	0.3459	90.8

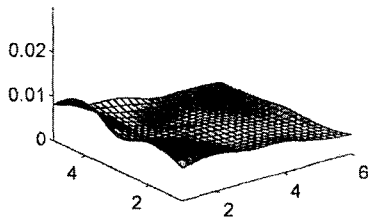


그림 9. Contour plot of x-directional vibration level for 6.3Hz(2nd floor)

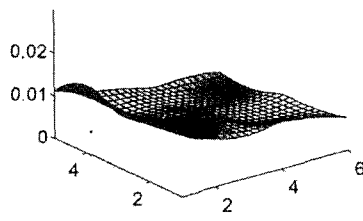


그림 10. Contour plot of x-directional vibration level for overall(2nd floor)

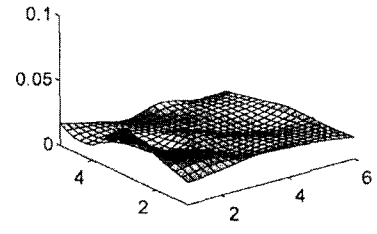


그림 11. Contour plot of y-directional vibration level for 6.3Hz(2nd floor)

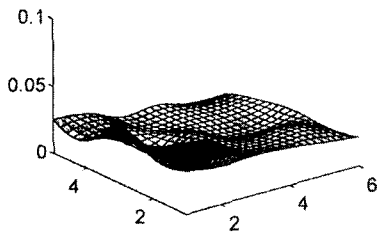
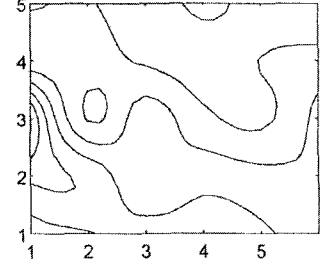
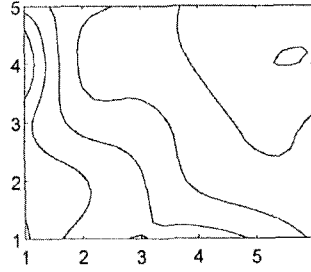
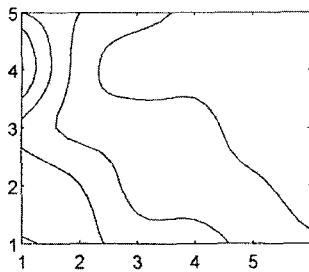


그림 12. Contour plot of y-directional vibration level for overall(2nd floor)

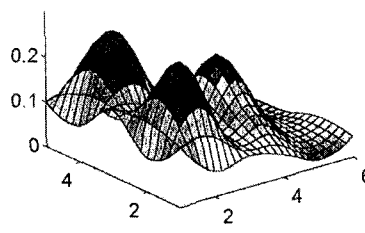


그림 13. Contour plot of z-directional vibration level for 6.3Hz(2nd floor)

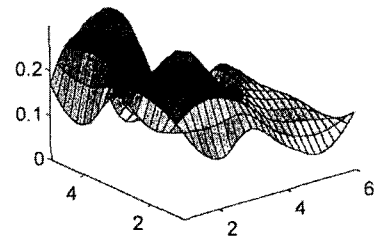


그림 14. Contour plot of z-directional vibration level for overall(2nd floor)

있다. 한편 Overall Level에 대한 Contour Plot을 고찰하여 보면 건물의 벽면 위치와 중앙 부위에서 진동의 영향이 크게 작용하므로 이 부분에 대한 적절한 보강책이 요망되며, 진동 형태로 볼 때 (3,3) 모드에 해당되는 슬라브의 고유 진동수와 일치 여부를 판단할 필요가 있다. 또한 슬라브의 구조상 (3,3) 모드가 6.3 Hz 부근에 존재한다면 기계의 가동에 의한 공진현상으로도 파악할 수 있으므로 바닥을 보강하기 전에 이에 대한 충분한 검토가

요망된다. 그림 15는 2층 성형실의 3축 방향에 대하여 최대 Overall Level이 측정된 측정점에서의 옥타브 데이터를 나타내고 있다.

한편 표 7~표 10은 3층 성형실에 대한 측정결과를 나타내고 있으며 그림 16~그림 21은 6.3 Hz와 Overall Level에 대한 3축 방향의 Contour Plot이다. 결과에서 알 수 있듯이 전반적으로 2층의 진동레벨보다 다소 낮게 측정되었지만 평가기준으로 볼 때 역시 건물에 영향을

표 7. X-directional maximum vibration level and measuring point at the each center frequencies (3rd floor)

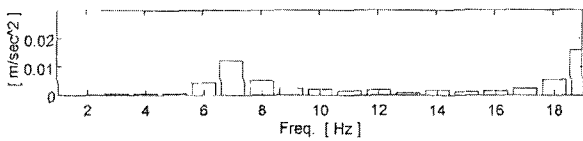
중심 주파수 (Hz)	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
1.6	11	0.0009	39.1
2	11	0.0009	38.7
2.5	11	0.0024	47.8
3.15	18	0.0021	46.6
4	12	0.0031	49.9
5	11	0.0079	57.9
6.3	11	0.0173	64.7
8	11	0.0154	63.8
10	11	0.0071	57.1
12.5	11	0.0053	54.5
16	11	0.0041	52.2
20	11	0.0036	51.2
25	11	0.0027	48.7
31.5	11	0.0032	50.2
40	11	0.0032	50.0
50	11	0.0018	45.3
63	11	0.0024	47.7
80	11	0.0020	46.0

표 8. Y-directional maximum vibration level and measuring point at the each center frequencies (3rd floor)

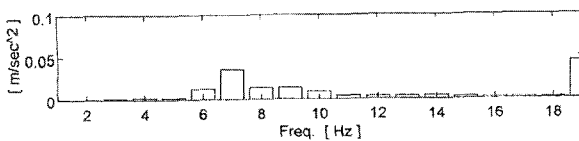
중심 주파수 (Hz)	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
1.6	9	0.0010	39.8
2	15	0.0026	48.4
2.5	5	0.0023	47.3
3.15	2	0.0019	45.8
4	23	0.0051	54.2
5	8	0.0155	63.8
6.3	12	0.0211	66.5
8	6	0.0152	63.7
10	6	0.0112	61.0
12.5	6	0.0063	56.0
16	4	0.0032	50.2
20	5	0.0021	46.3
25	6	0.0016	44.0
31.5	19	0.0032	50.2
40	16	0.0025	48.0
50	10	0.0016	44.3
63	9	0.0017	44.8
80	9	0.0021	46.6

표 9. Z-directional maximum vibration level and measuring point at the each center frequencies (3rd floor)

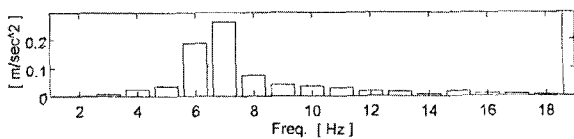
중심 주파수 (Hz)	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
1.6	21	0.0072	57.1
2	21	0.0104	60.4
2.5	21	0.0093	59.3
3.15	3	0.0222	66.9
4	3	0.0546	74.7
5	29	0.1659	84.4
6.3	5	0.2142	86.7
8	12	0.1478	83.4
10	4	0.0591	75.4
12.5	21	0.0530	74.5
16	6	0.0556	74.9
20	21	0.0459	73.2
25	17	0.0168	64.5
31.5	21	0.0290	69.3
40	21	0.0265	68.5
50	21	0.0213	66.6
63	21	0.0319	70.1
80	21	0.0374	71.5



(a) x-direction (#24)



(b) y-direction (#18)



(c) z-direction (#23)

그림 15. Octave band at the position of maximum overall level(2nd floor)

미치는 레벨로 판단할 수 있다. 또한 Overall Level의 경우 2층의 모드 형상과 유사하므로 앞에서 언급된 내용들을 충분히 고려할 필요가 있다고 사료된다. 그림 22는 3층 성형실에서의 최대 Overall Level이 계측된 측정점의 옥타브 데이터이다.

표 10. Maximum vibration level and measuring point for overall level (3rd floor)

방 향	위 치	진동 가속도	
		m/sec ²	dB
x	11	0.0276	68.8
y	12	0.0277	68.9
z	5	0.2408	87.6

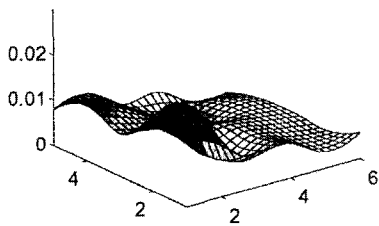


그림 16. Contour plot of x-directional vibration level for 6.3Hz(3rd floor)

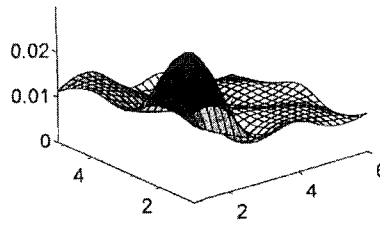


그림 17. Contour plot of x-directional vibration level for overall(3rd floor)

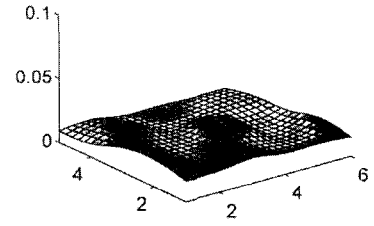


그림 18. Contour plot of y-directional vibration level for 6.3Hz(3rd floor)

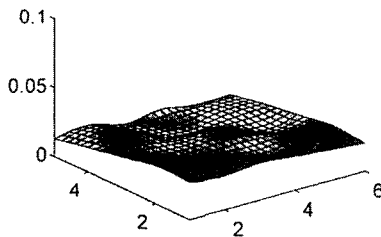
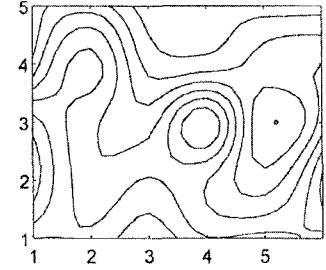
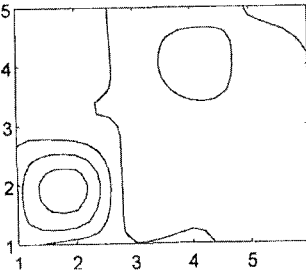
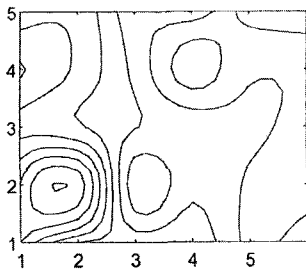


그림 19. Contour plot of y-directional vibration level for overall(3rd floor)

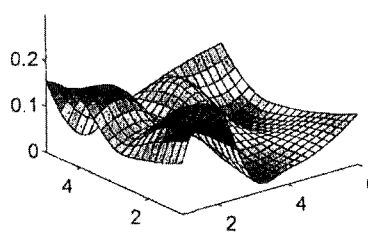


그림 20. Contour plot of z-directional vibration level for 6.3Hz(3rd floor)

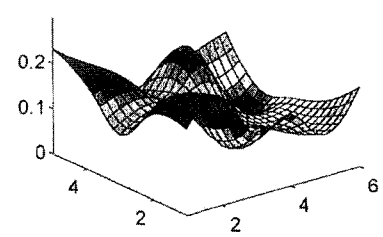


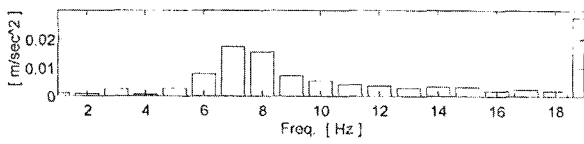
그림 21. Contour plot of z-directional vibration level for overall(3rd floor)

3.2 기계 진동과 슬라브 진동의 상관관계

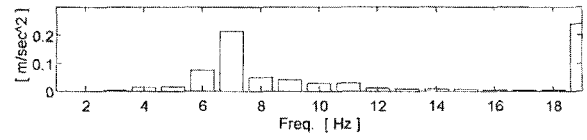
본 실험에서는 기계 진동이 슬라브의 진동에 미치는 영향을 파악하기 위하여 각 종류별 기계의 다리 부위와 그 주변의 지반에서 진동을 측정하여 비교하였다. 그림 23~그림 25는 Model 4 성형사출기에 대한 3축 방향의 진동측정 결과이다. 그림에서 x, y방향의 Overall Level은 방진 고무 및 감쇠 요소 등에 의해 약 20dB 정도 감소하였으나 10Hz 이하의 주파수에서는 효과가 떨어짐을 알 수 있다. 특히 z방향 진동의 경우는 Overall Level의

저감량이 10dB 정도로 줄어들었음을 알 수 있다.

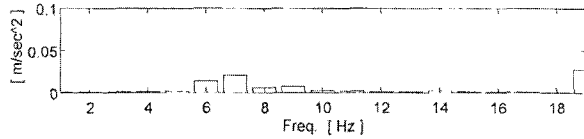
그림 26~그림 28은 Model 2 성형사출기에 대한 분석 결과이다. 이 경우 x, y 방향에 대한 저감량은 약 10dB로 분석되었으나 z 방향의 경우는 3dB 정도의 저감효과밖에 나타나지 않는다. 또한 6.3Hz의 경우는 진동 절연량이 거의 없으므로 기계의 진동이 곧바로 슬라브에 전달된다고 볼 수 있으며, 따라서 이 종류의 기계가 설치된 위치에서의 진동량이 크게 나타날 것으로 생각된다. 이 경우에도 10Hz 이상의 주파수에서는 절연효과가 나타나



(a) x-direction (#11)



(c) z-direction (#5)



(b) y-direction (#12)

그림 22. Octave band at the position of maximum overall level(3rd floor)

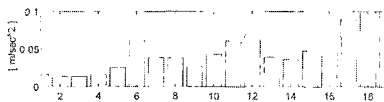
의 경우는 약 10dB의 진동 절연효과가 있으나 10Hz이하에서의 z 방향 진동 절연효과는 거의 없다고 볼 수 있으므로 슬라브의 주요 가진원으로 작용될 것으로 생각된다.

그림 32~그림 34는 Model 3 성형사출기에 대한 분석 결과인데 다른 기계와 마찬가지로 동일한 양상을 띄고 있다.

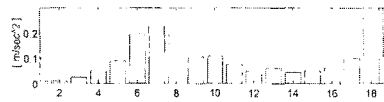
따라서 현재 방진고무에 의한 진동 절연효과는 10Hz 이상에서는 어느 정도 나타나고 있으나 10Hz 이하의 주파수 대역과 z 방향의 진동 레벨에 대해서는 거의 효과를 나타내지 못하고 있는 것으로 판단된다.

고 있으나 10Hz 이하의 주파수에서는 절연효과가 거의 없다고 볼 수 있다.

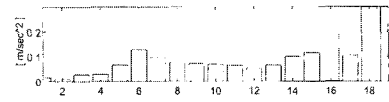
그림 29~그림 31은 Model 1 성형사출기에 대한 분석 결과를 나타내고 있다. 이 기계에 있어서도 x, y 방향



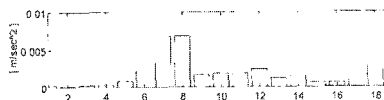
(a) Model 4



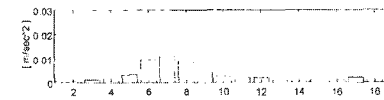
(a) Model 4



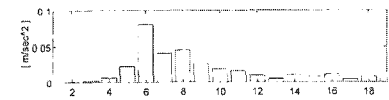
(a) Model 4



(b) Slab



(b) Slab

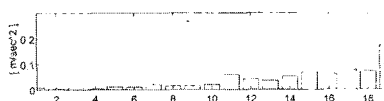


(b) Slab

그림 23. X-directional vibrational correlation between Model 4 and Slab

그림 24. Y-directional vibrational correlation between Model 4 and Slab

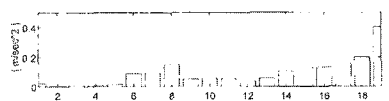
그림 25. Z-directional vibrational correlation between Model 4 and Slab



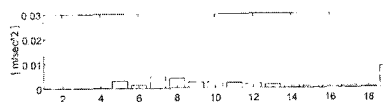
(a) Model 2



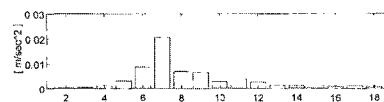
(a) Model 2



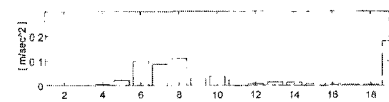
(a) Model 2



(b) Slab



(b) Slab

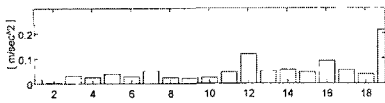


(b) Slab

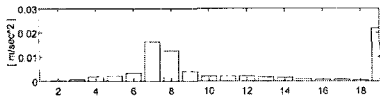
그림 26. X-directional vibrational correlation between Model 2 and Slab

그림 27. Y-directional vibrational correlation between Model 2 and Slab

그림 28. Z-directional vibrational correlation between Model 2 and Slab

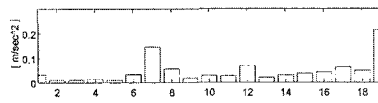


(a) Model 1

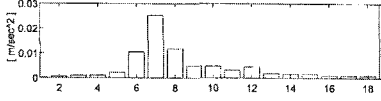


(b) Slab

그림 29. X-directional vibrational correlation between Model 1 and Slab

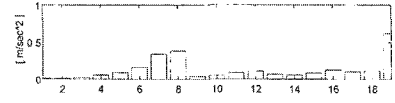


(a) Model 1

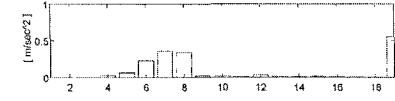


(b) Slab

그림 30. Y-directional vibrational correlation between Model 1 and Slab

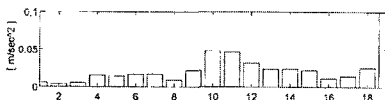


(a) Model 1

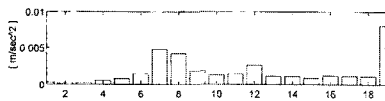


(b) Slab

그림 31. Z-directional vibrational correlation between Model 1 and Slab

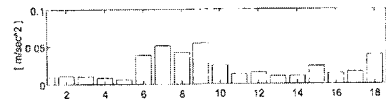


(a) Model 3

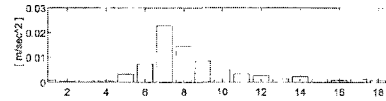


(b) Slab

그림 32. X-directional vibrational correlation between Model 3 and Slab

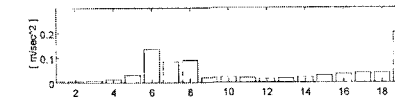


(a) Model 3

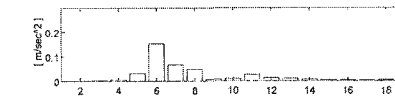


(b) Slab

그림 33. Y-directional vibrational correlation between Model 3 and Slab



(a) Model 3



(b) Slab

그림 34. Z-directional vibrational correlation between Model 3 and Slab

3.3 종합 대책안

앞서 분석한 바와 같이 건축물의 진동피해를 방지하기 위해서는 Z축의 진동이 가장 지배적이므로 다음과 같은 진동원으로부터의 방진이 요망되어진다.

(1) 성형사출기의 하단에 공기스프링을 장착하여 진동원으로부터 방진한다.

(2) 슬라브의 두께 및 Beam을 보강한다. 이때 코르크와 같은 흡진재를 사용하여 진동을 흡수하게 하여 주변 성형사출기로의 진동전달경로를 차단하고 성형기의 다리를 Beam이 통과하게하여 Z방향의 진동을 Beam이 차단하도록 한다. 단, 슬라브의 두께와 재질, Beam의 보강으로 인한 추가하중이 건축 구조물에 미치는 영향등에 대하여는 구조적인 면밀한 분석이 요망된다.

4. 결 론

본 실험에서 '기계진동이 건축 구조물에 미치는 영향'을 평가하기 위해 A 제품공장에 설치된 성형사출기로 인한 건축물의 진동을 측정 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 슬라브의 진동이 설계상한치를 초과하므로 슬라브

의 보강이 필요하며 고주파와 저주파의 동시절연을 위하여 코르크나 고무판 등과 같은 방진재료의 사용이 필요하다.

(2) 기존의 고무에 의한 방진설비 효과는 10Hz 이상에서만 유효함을 알 수 있으며, 10Hz 미만의 저주파를 방진하기 위하여 공기스프링과 같은 방진설비의 도입이 요망된다.

(3) 기계진동이 발생하는 공장건물 설계시에는 기계진동에 의한 동적하중을 고려해야 기계진동으로 인한 건축물의 피해를 방지할 수 있다.

참고문헌

1. R. Park, WIL. L. Gamble, "Reinforced Concrete Slabs", John Wiley & Sons, 1980.
2. C. M. Harris, "Shock and Vibration Handbook", McGraw-Hill Book Company, 1988.
3. 井料政吉, "騒音振動便覧", 新技術開發センター, 昭和53年.
4. "騒音振動対策事例集", 日本騒音制御工學會, 平成2年.
5. 日本音響材料協會, "騒音振動対策ハンドブック", 技報堂出版, 1982
6. 日本建築學會, 壁式構造關係設計規準集・同解説(メーソリ一編).