

다목적 바닥 레벨조인트 공법의 개발 및 성능평가에 관한 연구

Development and Performance Evaluation of Floor Level Joint System

최 윤 철* 서 수 연** 지 남 용*** 이 리 형****
Choi, Yun Cheul Seo, Soo Yeon Jee, Nam Yong Lee, Li Hyung

ABSTRACT

The finishing method of concrete floor using automatic surface finisher is one of new technologies in concrete floor construction. The development of high technologies in construction will increase in order to satisfy the demand to construct high quality building. Using this method, it is possible to increase the quality of building as well as to reduce the labor work in site.

In this paper, a system which can be used to finish the concrete floor using automatic surface finisher, is presented and its structural capacities are evaluated. The system is composed of rail which guides the surface vibrator and absorbs the volume change of concrete, and a device supporting the rail. From the experimental work for these devices, it was shown that the support and rail had suitable strength to resist the automatic surface finisher. For design purpose, also, effective span of supports was tabulated.

1. 서론

최근 건축에서도 고품질의 건축물에 대한 수요가 증가하고 있으며, 이에 따라 시공상의 정밀도가 날로 높아지고 있는 상황이다. 특히 콘크리트 바닥은 외기에 노출된 상태로 하중을 지속적으로 받기 때문에 다른 부재에 비하여 마모가 빠르며, 콘크리트에 발생하는 균열은 수분 등의 침투를 허용하게 되고, 이는 장기적으로 볼 때, 내부 철근을 부식시키는 역할을 하게 되어, 콘크리트 바닥의 수명을 단축시키게 된다. 따라서, 마감면을 정확하게 시공함으로써, 미관상의 문제, 배수상의 문제, 콘크리트의 건조수축에 의한 균열의 방지 측면에서, 고품질의 콘크리트 바닥 시공이 필요하다.

최근 콘크리트 바닥 시공시 적용하고 있는 새로운 기술중의 하나가 레일을 이용한 기계 쇄흠손 마감공법이다. 이 공법을 적용할 경우, 정확한 마감치수를 확보할 수 있는 시공이 가능하여 고품질화 할

-
- * 정회원, 한양대학교 건축공학부 박사과정
 - ** 정회원, 한양대학교 초대형구조시스템연구센터 연구교수
 - *** 정회원, 한양대학교 건축공학부 조교수
 - **** 정회원, 한양대학교 건축공학부 교수

수 있고, 인건비의 절감, 공기단축 등과 같은 효과를 얻을 수 있다. 국내외에서 콘크리트 바닥 시공에 이 공법을 부분적으로 적용하고 있으나, 아직까지 개발된 레일의 설치 및 고정이 용이하지 않거나, 레벨링이 어렵다거나, Expansion joint로서의 역할을 하지 못하는 경우가 많음으로써 그 기능을 충분히 만족하고 있지 않는 상황이다.

본 연구에서는 대형 콘크리트 바닥의 시공시, 표면진동기(Surface vibrator) 등과 같은 기계를 이용한 마감공사를 적용할 경우, 최근 국내 기술로 개발된 공법으로서 레벨의 레벨링과 조립이 용이하고 조인트에서 변형 흡수가 가능한 바닥 레벨 조인트 공법의 소개와 구조성능평가를 통하여 안전성을 검토하고자 한다.

2. 바닥 레벨조인트 공법

이 공법은 바닥에 레일을 설치하고 그 레일위로 표면진동기를 이동시키며, 콘크리트의 타설을 원활하게 하는 공법이다. 이때 레일은 표면진동기의 이동을 위한 가이드의 역할과 콘크리트 타설시 기준선의 역할을 하게 된다. 본 공법의 특징은 콘크리트 타설 후 신축과 팽창 등을 흡수할 수 있는 조인트의 역할을 할 수 있는 것이다. 또한 레일과 레일을 지지하는 지지대가 조립이 용이할 뿐만아니라, 타설 높이의 조절이 가능하여 정확한 표면마무리가 가능하다. 이 공법에서 중요한 부분은 지지대와 레일, 그리고 표면진동기이다. 본 공법의 지지대와 레일은 기능을 고려하여 개발된 것이며 표면진동기는 기존의 생산된 장비를 사용한다.



그림 1 레일이 설치된 모습

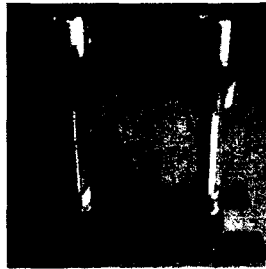


그림 2 지지대

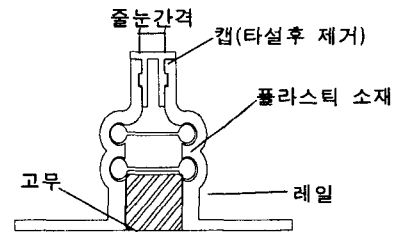


그림 3 레일의 단면

2.1 구성부재

지지대는 하단의 철판 또는 플라스틱판위에 봉을 두 개 세우고, 봉에 각각 상하 두 개의 너트로 상부판을 연결하여 높낮이를 조절할 수 있도록 되어있다. 지지대는 설치되는 위치에 따라 2가지의 종류로 구분되며 레일의 중간부분에서 사용되는 중간지지대와 레일과 레일이 연결되는 부분에 사용되는 연결지지대가 있다.

레일은 지지대로 지지되며, 레일의 상부면을 따라 표면진동기가 지나므로, 레일의 상부면이 바닥콘크리트의 수평도를 결정하게 된다. 본 시스템의 레일은 바닥콘크리트의 수평도확보와 분리된 2개의 레일이 얇은 플라스틱소재(아령라이너)로 연결되어 있어 레일에서의 신축변형 흡수능력이 있다. 또한 레일 상부의 캡은 바닥 콘크리트 타설이 완료된후 제거되고 코킹 등으로 마무리 된다.

2.2 시공순서

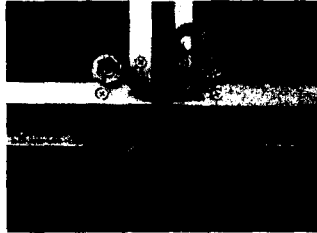
본 공법의 시공순서는 다음과 같다

- 지지대 설치(제품규격에 따라 0.7~1m간격)

- 레일 설치와 함께 콘크리트 타설 높이 조절
- 철근 또는 와이어메쉬 배근, 콘크리트 또는 마감 모르터 타설(표면진동기)
- 마감정리 및 레일 부분의 캡 제거후 코킹처리



(a) 지지대위에 레일설치



(b) 레일이 교차되는 부위



(c) 레일이 설치된 모습(근경)



(d) 레일이 설치된 모습(원경)



(e) 표면진동기로 콘크리트 마감



(f) 표면 마무리

그림 4 시공순서

3. 실험계획 및 방법

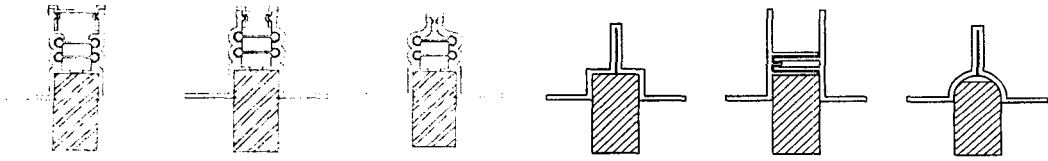
3.1 지지대의 압축성능 실험

지지대의 구조성능을 평가하기 위하여 압축실험을 실시하였다. 지지대가 지지하는 하중은 레일자중과 레일에 작용하는 표면진동기의 동적하중이다. 본 공법은 일반슬래브에서부터, 매트기초 등에 사용하기 때문에 지지대의 높이는 다양하므로 실험체는 지지대의 모양에 따라 원형나사식, 양봉 상하 너트식 및 연결지지대로 총 3가지, 그리고 높이에 따라 각각에 대하여 3개씩, 총 81개를 실시하였다. 실험체의 가력은 집중하중을 지지대 상부면에 최종파괴시까지 점증가력하는 형태로 실시하였다.

3.2 레일의 휨성능

레일의 주된 역할은 표면진동기를 안내하는 가이드와 콘크리트가 타설된 이후 발생할 수 있는 변형을 흡수하는 역할이다. 레일은 요구되는 역할을 충분히 발휘하면서, 가볍고 부피가 작을수록 유리하게 된다. 레일에 대한 휨실험을 통하여 콘크리트 타설시 표면진동기와 같은 외부하중에 대하여 레일이 충분히 안전한가를 평가하였다. 실험체의 단면형상은 그림 5에 나타낸 바와 같이 총 6가지이다. 각 단면형상에 대하여 길이(Span)가 다른 경우를 중심으로 총 45개의 실험을 실시하였다.

실험은 레일의 단부를 만능시험기(UTM, Universal Testing Machine) 바닥에 고정시키고, 레일의 중앙부에 집중하중을 점증시켜 레일을 휨파괴시키는 방법으로 진행하였다. 이때 하중도입부는 실제 표면진동기의 폭과 동일한 폭으로 하였으며 작용하는 하중에 대한 레일의 변형, 즉 처짐과 변형도 변화를 관찰하기 위하여 Electric Dial Gage와 Strain Gage를 레일의 중앙부에 설치하였다.



LJ1531-3010 LJ1532-2500 LJ1532-5315 LJ153DU-3002 LJ153DU-3010 LJ153DU-3010

그림 5 레일의 단면형상

3.3 레일+지지대 구조성능실험

레일과 지지대가 조립된 레벨조인트 시스템의 구조성능을 파악하기 위하여, 실제현장에서 시공되는 방식으로 지지대를 바닥에 정착시킨 레일을 설치하고 레일에 하중을 점증시킴으로써, 시스템의 전체적인 거동특성을 규명하였다. 실험에서 고려하고 있는 주요 변수는 레일 실험과 마찬가지로 레일의 단면형상에 대하여 길이(Span)가 다른 경우를 중심으로 총 21개의 실험을 실시하였다. 실험체는 그림 6에 나타낸 바와 같이, 4개의 지지대로서 레일을 지지하여 3개의 경간을 만든뒤, 중앙부에 있는 레일에 하중을 점증시킴으로써 종국적인 파괴상황을 확인한다. 이때 하중이 도입되는 레일부위에 스트레인 게이지를 설치하고, 또한 처짐을 측정하기 위하여 Dial gage를 중앙부에 설치한다. 실험하중은 만능시험기(Universal Testing Machine)을 사용하여 가력하였으며 그림 6은 실제 하중 가력상황을 나타낸 사진이다.

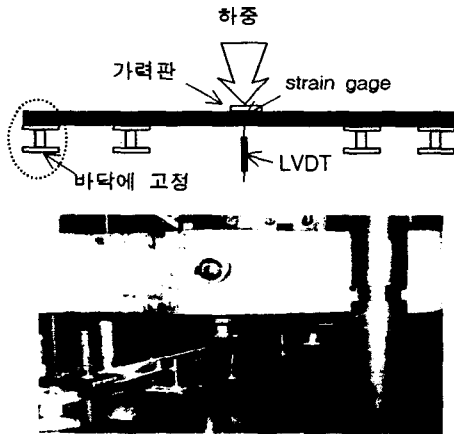


그림 6 레일+지지대 힘 실험

4. 실험결과 및 고찰

4.1 지지대

지지대위에 놓여진 레일에 표면진동기의 진동이 시작되면 레일의 동적거동에 의해 실제 지지대에 작용하는 하중은 가속도의 함수로 나타날 수 있지만, 실제 콘크리트타설시에는 레일하부에 콘크리트 또는 모르타 등이 충분히 채워져 있고 이들의 감쇠작용에 의해 동적거동이 흡수되므로 지지대에 작용하는 하중을 고려할 때, 표면진동기에 의한 동적특성은 고려할 필요가 없게 된다. 지지대의 압축성능을 평가한 결과 중간지지대의 경우에는 지지대의 높이에 따라 보유내력이 332kgf에서 431kgf, 연결지지대의 경우에는 높이에 큰 상관없이 445kgf에서 481kgf의 범위를 보이고 있다. 중간지지대의 경우, 지지대의 높이가 높을수록

보유내력은 저감되지만, 현재 표면진동기 등과 같이 실제 레일에 전달되는 압축력은 106 kgf 정도로서, 약 2배의 안전율을 고려하더라도 최대 200 kgf이내일 것으로 보여지므로, 실제 한쪽 지지대에 전달되는 최대하중은 100 kgf을 초과하지 않을 것으로 판단된다. 따라서, 개발된 지지대는 압축에 대하여 충분한 안전율을 보유하고 있는 것으로 판단된다. 지지대의 높이와 형상에 따른 압축내력의 변화를 보면 그림 7과 같다.

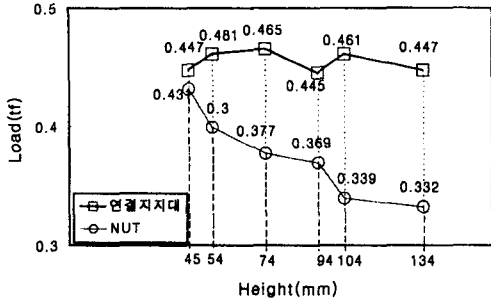


그림 7 지지대의 압축실험결과

표 1 레일의 휨실험결과

실험체	내력	비고
LJ1531-3010	175	LJ153 \square - \circ \circ \circ \circ a b c d
LJ1531-3515	211	
LJ1531-3820	235	
LJ1532-2500	110	
LJ1532-5315	208	a. 고유
LJ153DU-3002	225	b. 1:매립식
LJ153DU-3010	209	2:제거식
LJ153DU-3315	247	c. 높이
		d. 폭

• 위 내력값은 단면형상별 지점(50, 70, 100cm)간 평균값임

4.2 레일의 휨성능

레일의 휨성능은 스펀이 길수록 내력은 저하되는 것으로 나타났으며, 지지대의 간격이 100cm일 때, 레일이 지지할 수 있는 하중은 100kgf를 상회하는 것으로 나타났다. 이상과 같은 내력변화를 반영하여 스펀별로 지지할 수 있는 레일의 성능을 수식화하고자 DUAL시리즈 실험체를 취합하여 회귀분석한 결과로부터 식 (1)을 얻을 수 있었다. 식 (1)에 안전율 1.5를 취하면 식 (1A)를 얻을 수 있으며 실험결과와 비교하면 그림 8과 같다.

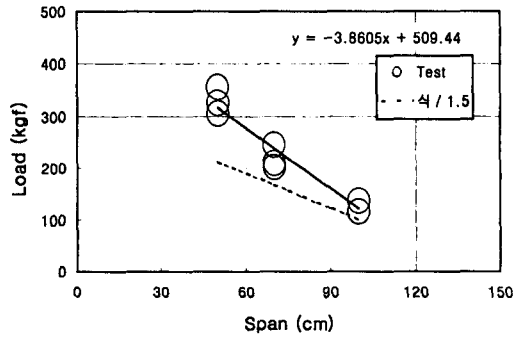


그림 8 레일의 휨성능 실험결과

$$R = 509 - 3.68S \quad (1)$$

$$Ra = \frac{509 - 3.68S}{1.5} = 339 - 2.45S \quad (1A)$$

여기서,

R = 레일의 최대 휨내력, Ra = 레일의 허용 휨내력, S = 지지점 간격(cm)이다.

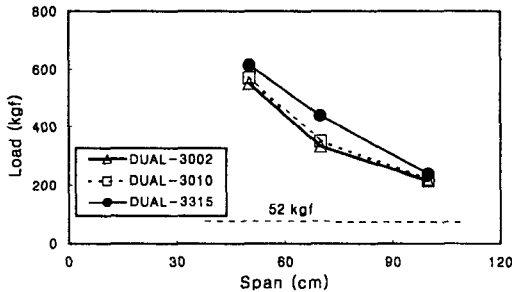


그림 9 레일+지지대 실험체의 내력변화

4.3 레일+지지대의 구조성능

레벨 조인트의 최대내력은 표 2와 같으며 내력을 중앙부 스펀에 대한 관계로 나타내면 그림 9와 같다. 중앙부의 스펀이 클수록 최대내력이 낮음을 알 수 있으며 그림 10과 같이 레일+지지대인 경우가 단순히 레일만 있는 경우에 비하여 약 1.762배 높은 내력을 보이고 있으며, 스펀에 따라 증가하는 비율도 선형적인 것으로 나타났다. 실험결과를 토대로, 레일이 보유하고 있는 성능을 지지대의 간격, 즉 스펀의 관계로 정리하면 표 3을 얻을 수 있다.

표 2 레벨조인트 시스템 구조성능 실험결과

실험체 명	높이 (mm)	폭 (mm)	지점거리 (cm)	내 령 (kgf)
LJ1531-3010- 50	30	10	50	530
LJ1531-3010- 70	30	10	70	350
LJ1531-3010-100	30	10	100	260
LJ1532-2500- 50	25	10	50	384
LJ1532-2500- 70	25	10	70	232
LJ1532-2500-100	25	10	100	148
LJ153DUAL-3002- 50	30	2	50	550
LJ153DUAL-3002- 70	30	2	70	334
LJ153DUAL-3002-100	30	2	100	212
LJ153DUAL-3010- 50	30	10	50	568
LJ153DUAL-3010- 70	30	10	70	350
LJ153DUAL-3010-100	30	10	100	220
LJ153DUAL-3315- 50	33	15	50	612
LJ153DUAL-3315- 70	33	15	70	438
LJ153DUAL-3315-100	33	15	100	236

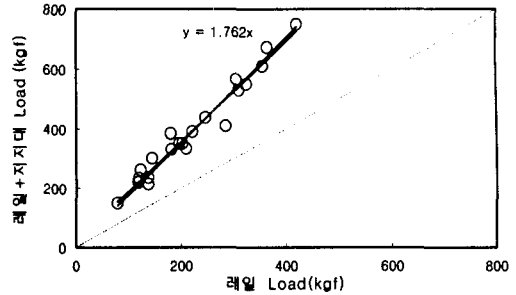


그림 10 레일과 레일+지지대인 경우 내력비교

표 3 레일+지지대의 스패널 보유내력

스팬 (cm) Type	보유내력 (kgf)					
	30	50	70	90	110	120
레일 + 지지대	265	216	167	118	69	45

5. 결론

다목적 바닥 레벨조인트에 관한 구조성능평가를 통하여 안전성을 검토하고자 실험연구를 실시한 결과 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 본 시스템에서의 지지대는 기능적인 측면 뿐만 아니라 구조안전상의 측면에서 요구되는 역할을 충분히 할 수 있는 것으로 판단된다.
- 2) 레일에 대한 순수 휨성능 실험결과, 휨내력은 레일의 스패이 길어질수록 낮아지는 것으로 나타났으며, 레일의 춤이 높은 경우가 내력이 높은 것으로 나타났다.
- 3) 실제 시공상황과 동일하게 지지대위에 레일을 설치하여 레일의 중앙부에 하중을 점증시켜 실험한 결과, 레일의 휨내력은 순수 레일만의 내력에 비하여 1.762배 높은 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 두정공영(주)과 한양대 초대형 구조시스템 연구센터의 연구비 지원하에 이루어진 연구의 일부로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 정상진의, "건축시공학," 기문당 1999. 1.
2. 한국콘크리트학회, "콘크리트 구조물의 균열," 1997. 2.
3. 두정공영주식회사, "다목적 레벨조인트 공법에 의한 기계식 쇄혼손 마감, 기술시방서," 2000. 11.
4. 두정공영주식회사, "다목적 레벨조인트 공법 시공계획서," 2000. 11.
5. 한국산업안전규격, "금속 재료 인장 시험편 B 0801-1981," 1991.
6. DYNAPAC, "Mechanical Data for Dynamic Concrete Equipment".