

## 가변형 핑거 조인트를 가지는 신축이음장치의 구조 성능 실험

유성원<sup>1\*</sup>

### An Experiment of Structural Performance of Expansion Joint with Rotation Finger

Sung won Yoo<sup>1\*</sup>

**Abstract :** For the seismic performance, it is necessary to prevent the destruction of the expansion joint device due to the appropriate deformation of the expansion joint device due to the seismic force. Recently, the hinge is installed on the fingering of the expansion joint device in Korea, New products are being developed. In this paper, we have experimentally evaluated the real scale resistance of the expansion joints with rotational finger joints against load at right angle to the bridge axis. Experimental results show that the maximum horizontal displacement is about 21.1mm for conventional stretch joints and 51.00mm for seismic stretch joints. It is presumed that the existing expansion joint test specimen is resistant to the load in a direction perpendicular to the throat axis, and then the bending and shear deformation of the finger are excessively generated and the fracture phenomenon is likely to occur. On the other hand, in the case of the seismic expansion joint, the deformation of the load due to the load is absorbed by the hinge of the finger with respect to the load in the direction perpendicular to the throat, so that only horizontal deformation in the direction of load action.

**Keywords:** expansion joint, rotational finger joint, seismic performance, horizontal load test

## 1. 서 론

교량에 사용되는 신축이음장치는 온도변화, 콘크리트의 건조수축, 크리프 등에 의한 상부구조물의 이동, 활하중 및 지진하중 등에 의해서 교량 상부구조물에 발생하는 이동을 원활하게 수용할 목적으로 교량 단부에 설치된다. 신축이음장치는 차폐성 및 우수 등이 교량하부구조로 스며들지 않도록 방수성도 갖추어야 한다. 또한, 교량의 공용기간 중에 필요한 내구성과 안전성도 충분히 확보해야 하며 점검, 보수 및 교체 등의 유지관리가 용이해야 한다 (Dexter et. al, 1997).

이러한 특성을 가지는 신축이음장치는 교량의 안전성 및 내구성 측면에서 상당히 중요한 부속장치이므로, 교량 설계 당시에 신중히 결정해야 한다. 만약 교량의 형식, 환경에 적합하도록 설계, 시공되고 적절한 유지관리가 이루어진다면 신축이음장치는 공용기간 중에 별다른 문제없이 제 성능을 발휘할 수 있다 (Jung et. al, 1993; Na et. al, 2017).

특히, 최근에는 지진에 대한 관심이 증가되어 내진 성능도 확보하고 있는 추세이다. 교량 신축이음장치에 내진 성능을

부가하기 위하여 최근에는 다양한 방법이 시도되어지고 있다 (Choi and Jang, 2018; Choi et. al, 2018). 내진 성능 확보를 위해서는 신축이음장치가 지진력에 대하여 적절한 변형이 발생하여 신축이음장치의 파괴를 방지하여야 하는데 최근에 국내에서 신축이음장치의 핑거부에 힌지를 설치하여 교축방향의 지진력에 대한 변위 저항성을 확보한 신제품이 개발되었다.

이에 본 논문에서는 가변형 핑거 조인트를 가지는 신축이음장치에 대하여 실물규모의 교축직각방향 하중에 대한 저항성을 실험적으로 평가하였다.

## 2. 교축직각방향 수평재하실험

### 2.1 실험체 형상

실험체는 현재 일반적으로 사용되는 핑거형 신축이음장치의 축소형인 2,000mm × 1,000mm 크기의 부재(기존 신축이음 실험체)와, 가변형 핑거 조인트를 가지는 신축이음장치의 축소형인 2,000mm × 2,000mm 크기의 부재(내진 신축이음 실험체)를 각각 1개씩 실제 교량의 단부 모양과 같게 제작하였다.

현장에서 철근 조립, 콘크리트 타설 및 양생 후 실험실로 운반하였으며, 콘크리트 외부는 가력 실험 시 콘크리트의 변형을 억제하기 위해서 10mm 강판으로 측면을 보강하였다(Yoo and Yang, 2016). 구조 성능 평가용 실물 실험체 2개에 대한

<sup>1</sup>정회원, 가천대학교 토목환경공학과 교수

\*Corresponding author: imysw@gachon.ac.kr

Department of Civil and Environmental Engineering, Gachon University, Seong-Nam, Gyeonggi-do

•본 논문에 대한 토의를 2018년 12월 1일까지 학회로 보내주시면 2019년 1월 호에 토론결과를 게재하겠습니다.

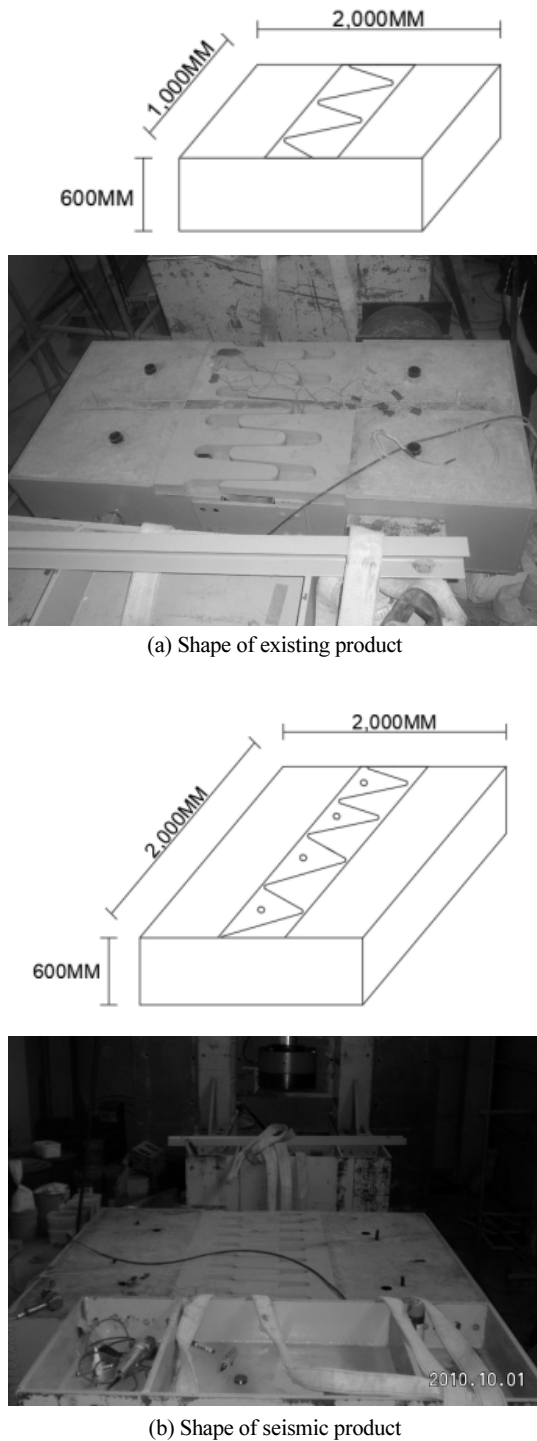


Fig. 1 Shape of test members

형상은 Fig. 1에 나타내었다.

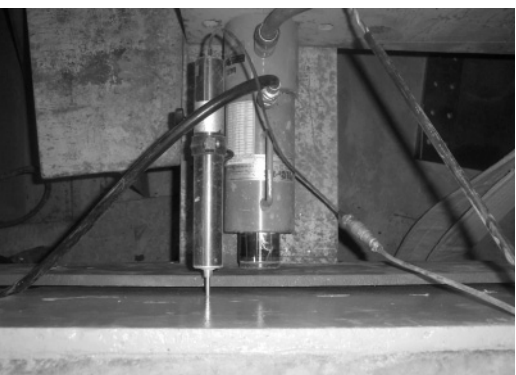
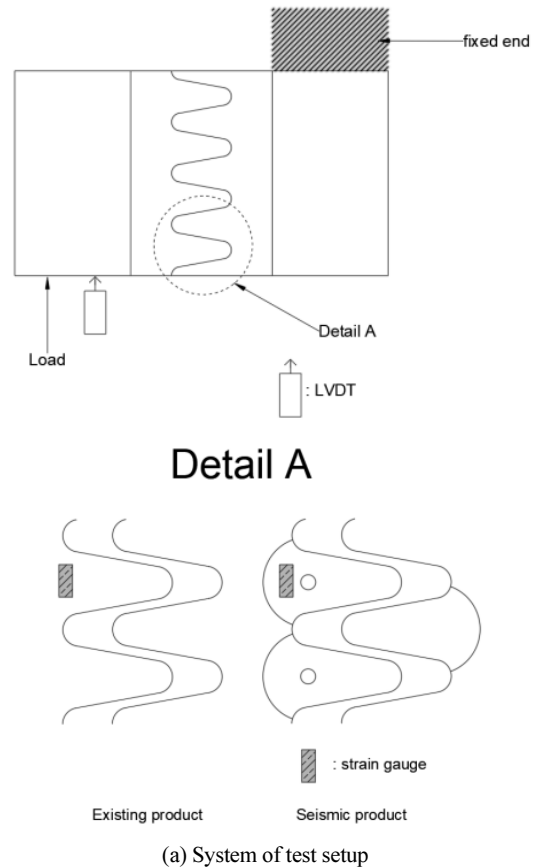
## 2.2 사용 재료

실물 실험체 제작에 사용된 콘크리트는 실제 교량 바닥판 강도와 유사하게 설계기준강도 27 MPa의 레미콘을 이용하여 제

작하였으며, 신축이음장치와 콘크리트 외측면을 감싸는 강재는 실제 신축이음장치에 사용되는 SWS41 재질을 사용하였다.

## 2.3 실험 장치 및 계측

실험장치 및 센서 설치 내용은 Fig. 2에 나타내었다. 실험장치의 특이사항은 실험체 한쪽 단부를 고정단 처리하였으며, 반대 측면에서 400 kN 용량의 유압잭을 이용하여 수평방향 하중을 가력하였다. 특히 실험체 하부에 직각방향으로만 이동할 수 있는 지그를 용접하여 설치하였다(Park et. al, 2012).



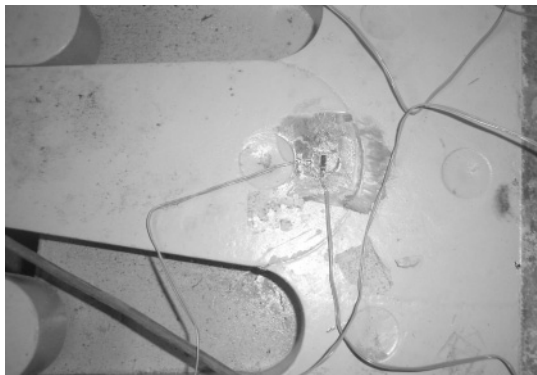
(b) Shape of LVDT and horizontal loading system

Fig. 2 Test setup and measuring system

한편 시험체 표면 핑거부에 전단 및 휨 변형률을 측정하기 위한 변형률게이지를 각 2개씩 부착하였으며, 시험체 측면 하중 가력부 근처에 변형량을 측정할 수 있는 LVDT를 설치하였다.



(a) In case of existing product



(b) In case of seismic product

**Fig. 3** Photo of strain gauge attachment

#### 2.4 실험 합격 판단기준

수평하중에 의한 실물 신축이음 시험체의 성능 만족 여부를 다음 두 가지 조건으로 평가하였다(AASHTO, 2004).

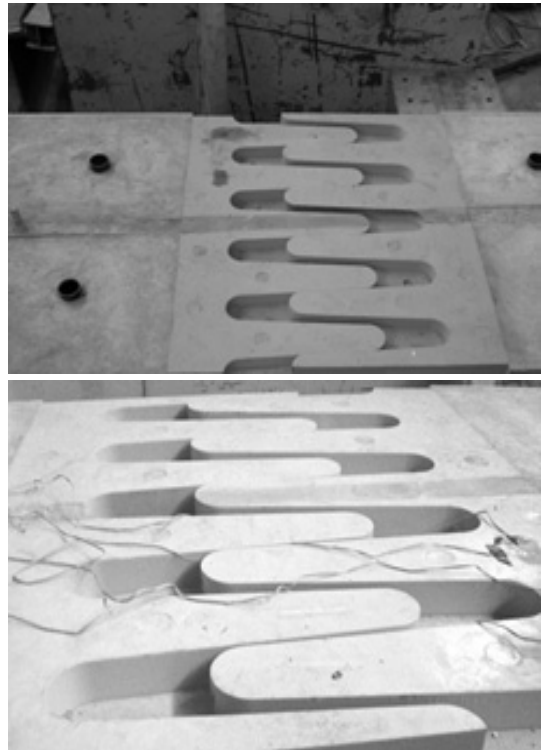
- (1) 하중 유지 실험완료 후, 연직방향으로의 상승현상이 없어야 한다.
- (2) 시험 완료 후 최대수평력에 대하여 탄성범위를 만족해야 한다.

### 3. 교축직각방향 수평재하실험 결과 및 분석

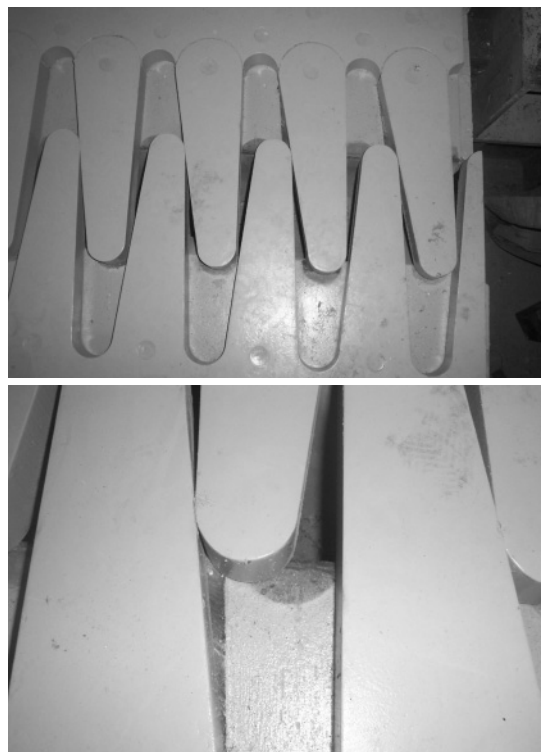
#### 3.1 파괴 및 변형 형상

기존 신축이음 시험체의 변형 형상은 시험체 1/2 전체가 이동하여 인접 핑거와 접촉한 후, 하중이 증가함에 따라 핑거부에 상당한 응력이 발생된 후, 시험체 1/2 부위가 수직으로 상

승하는 형태의 변형이 발생되었으며, 최대 상승 변위는 약 16.5mm 로 나타났는데 이러한 수직 상승 현상은 앞서 기술한



**Fig. 4** Deformed shape of existing test members



**Fig. 5** Deformed shape of seismic test members

2.4절의 판정기준에 의하면 내진 성능을 확보하지 못하는 것으로 판정된다.

한편 내진 신축이음 실험체의 변형 형상은 시험체 1/2 전체가 이동하여 인접 핑거와 접촉한 후, 하중이 증가함에 따라 핑거부의 힌지작용으로 핑거가 회전하는 형태의 변형이 발생되었으며, 최대 회전 변위는 약 11.6 도(41mm)로 나타났다. 즉, 수직 상승현상이 발생되지 않아 앞서 기술한 2.4절의 판정기준에 의하면 내진 성능을 확보하는 것으로 판정된다. 또한 핑거 내의 힌지의 거동은 설치 목적에 적합하도록 거동하는 것으로 나타났다. 상기 기술한 결과는 다음 Fig. 4와 Fig. 5에서 확인할 수 있다.

### 3.2 하중-수평변위 관계

하중가력부에 설치한 LVDT를 이용하여 각 실험체의 수평변위를 획득하였으며, 그 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 실험체가 저항하는 단위길이당 최대 수평력은 기존 신축이음 실험체의 경우, 150.5 kN/m, 내진 신축이음 실험체의 경우, 152.5 kN/m로 나타났으며, 최대 수평변위는 기존 신축이음 실험체의 경우 약 21.1mm, 내진 신축이음 실험체의 경우 51.00mm로 나타났다.

저항 하중의 크기는 내진 성능 유무와 관계없이 거의 유사하게 나타났으나, 수평변위는 내진 성능이 인지 힌지 핑거에서 142% 크게 나타나, 핑거 내의 힌지의 회전으로 더 큰 수평변위를 유발하였다. 한편 Fig. 6의 그래프 형상으로 판단하면, 두 실험체 모두 탄성거동 범위 내에 있는 것으로 나타났다.

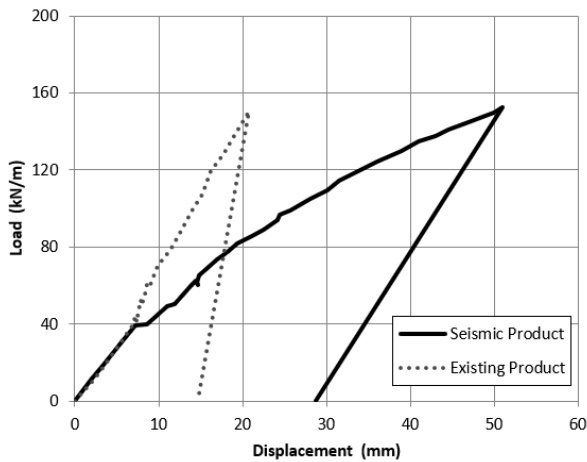


Fig. 6 Load - horizontal displacement relationship

### 3.3 하중-변형률 관계

핑거 단부에 설치한 변형률계이지들로부터 각 실험체들의 변형률을 획득하였으며, 그 결과를 Fig. 7과 Fig. 8에 나타내었다. 이때 교축직각방향으로 부착한 변형률계이지는 전단변형

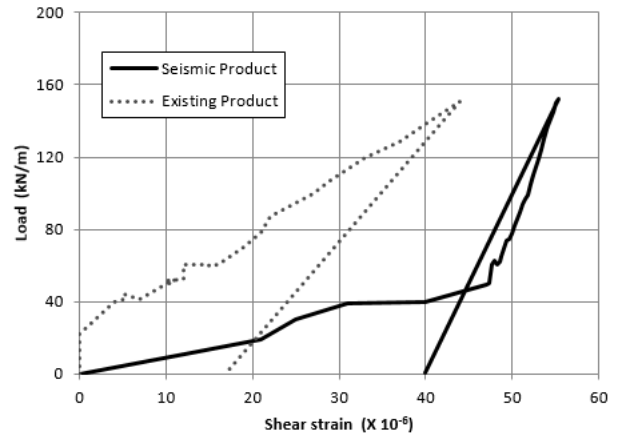


Fig. 7 Load - shear strain of finger relationship

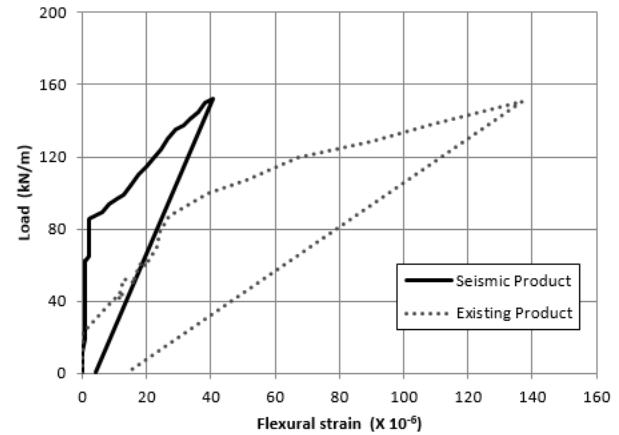


Fig. 8 Load - flexural strain of finger relationship

률을, 교축방향으로 부착한 변형률계이지는 휨변형률 계측에 이용하였다.

최대 전단변형률은 기존 신축이음 실험체의 경우 약  $44 \times 10^{-6}$ , 내진 신축이음 실험체의 경우  $55 \times 10^{-6}$ 으로 나타났다. 이 값을 응력으로 환산하면, 각각 9.2 MPa, 11.4 MPa으로 핑거부에 발생된 응력 자체는 매우 작은 것으로 나타났다.

최대 휨변형률은 기존 신축이음 실험체의 경우 약  $137 \times 10^{-6}$ , 내진 신축이음 실험체의 경우  $40 \times 10^{-6}$ 으로 나타났다. 이 값을 응력으로 환산하면, 각각 27.4 MPa, 8.0 MPa으로 핑거부에 발생된 응력 역시 그 자체는 매우 작은 것으로 나타났다.

그러나, 작은 값이 발생된 원인을 고찰하면 매우 다른 원인에 의해서 발생된 것으로 평가된다. 즉, 아래 그림에서 알 수 있듯이 기존 신축이음 실험체의 경우 하중이 증가함에 따라 응력이 꾸준히 증가하다가 시험체가 더 이상 수평방향으로 이동할 수 없는 상태에 이르면 시험체 1/2가 수직방향으로 상승하는 형태의 변형이 발생되며, 더 이상의 응력이 증가되지 않는 현상을 보이고 있는 것으로 나타났다.

반면, 내진 신축이음 실험체의 경우, 전단응력이 11.4 MPa,

휨응력이 8.0 MPa에 도달할 때까지는 핑거의 힌지부 마찰력에 의하여 응력을 발생시킨 후, 이 이상의 응력이 발생되면, 힌지부가 회전하면서 발생된 응력을 흡수면서 응력이 감소되는 현상을 보이고 있다.

이러한 실험결과를 종합해보면, 기존 신축이음 실험체는 어느 정도의 교축직각 방향의 하중에 대하여 저항한 후, 하중이 단면의 도심에 정확히 일치하게 작용하면 핑거의 휨 및 전단 변형이 과도하게 발생되며 파단 현상이 발생할 가능성이 있을 것으로 추정된다. 한편 하중이 단면 도심에 일치하지 않게 작용하면 교량 상부구조물의 솟음 등의 별도 변형을 야기할 가능성이 클 것으로 추정된다.

내진 신축이음 실험체의 경우, 교축 직각방향의 하중에 대하여 하중에 대한 변형을 핑거의 힌지가 흡수하여 신축이음 장치 및 상부구조에 응력을 발생시키지 않고 다만 하중 작용 방향으로의 수평 변형만 발생시킬 것으로 예상된다.

#### 4. 결 론

기존 신축이음 실험체와 내진 신축이음 실험체에 대한 교축직각방향의 하중에 대한 성능을 평가하고 지진에 대한 효율성을 평가하기 위하여 교축직각방향 수평재하시험을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 실험체가 저항하는 단위길이당 최대 수평력은 기존 신축이음 실험체의 경우, 150.5 kN/m, 내진 신축이음 실험체의 경우, 152.5 kN/m로 나타났으며, 최대 수평변위는 기존 신축이음 실험체의 경우 약 21.1mm, 내진 신축이음 실험체의 경우 51.00mm로 나타났다.
- 2) 기존 신축이음 실험체는 어느 정도의 교축직각 방향의 하중에 대하여 저항한 후, 하중이 단면의 도심에 정확히 일치하게 작용하면 핑거의 휨 및 전단 변형이 과도하게 발생되며 파단 현상이 발생할 가능성이 있을 것으로 추정된다. 한편 하중이 단면 도심에 일치하지 않게 작용하면 교량 상부구조물의 솟음 등의 별도 변형을 야기할 가능성이 클 것으로 추정된다.
- 3) 내진 신축이음 실험체의 경우, 교축 직각방향의 하중에 대하여 하중에 대한 변형을 핑거의 힌지가 흡수하여 신축이음장치 및 상부구조에 응력을 발생시키지 않고 다

만 하중 작용방향으로의 수평 변형만 발생시킬 것으로 예상된다.

#### 감사의 글

본 연구는 환경부 환경산업 선진화기술 개발사업(No.2017 000150001) 및 2018년도 가천대학교 교내 연구비(GCU-2018-0358)에서 지원받았습니다.

#### References

AASHTO (2004), AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 120-125.

Dexter ,R.L, Conner ,R.J. ,and Kaczinski ,M.R. (1997), Fatigue Design of Modular Bridge Expansion Joints, National Research Board, NCHRP Report 402.

Jung C. M. et. al (1993), A Study on Bridge Expansion Joints, Korea Highway Company, 22-24.

J. S. Na, T. Lee, E. S. Han, W. K. Sung, J. S. Lee (2017), Fatigue Durability Evaluation of Refraction Expansion Joints, *Journal of the Korea institute for Structural Maintenance Inspection*, 21(6), 10-15.

S. S. Park, Kwon S. J., M. B. Yoon (2012), Engineering Properties of Sewage Polymer Concrete Culvert, *Journal of the Korea institute for Structural Maintenance Inspection*, 16(6), 9-17.

S. W. Yoo, I. H. Yang (2016), Structural Capacity of Water Channel Fabricated of Blast Furnace Slag Concrete, *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*, 4(4), 446-453.

Y. H. Choi, H. C. Lee, J. K. Kim (2018), Seismic Performance Assessment of a Composite Modular System Considering Stiffness of Connections, *Journal of the Korea institute for Structural Maintenance Inspection*, 22(2) 105-114.

Y. G. Choi, I. Y. Jang (2018), A Study of Structural Behavior Analysis of Inegral and Semi-Integral Hybrid Slab Bridge, *Journal of the Korea institute for Structural Maintenance Inspection*, 22(1), 123-128.

Received : 10/08/2018  
 Revised : 10/10/2018  
 Accepted : 10/15/2018

---

**요 지** : 내진 성능 확보를 위해서는 신축이음장치가 지진력에 대하여 적절한 변형이 발생하여 신축이음장치의 파괴를 방지하여야 하는데 최근에 국내에서 신축이음장치의 핑거부에 힌지를 설치하여 교축방향의 지진력에 대한 변위 저항성을 확보한 신제품이 개발되고 있다. 이에 본 논문에서는 가변형 핑거 조인트를 가지는 신축이음장치에 대하여 실물규모의 교축직각방향 하중에 대한 저항성을 실험적으로 평가하였다. 실험결과, 최대 수평변위는 기존 신축이음 실험체의 경우 약 21.1mm, 내진 신축이음 실험체의 경우 51.00mm로 나타났으며, 기존제품은 추가적으로 16.5mm의 솟음이 발생되었다. 기존 신축이음 실험체는 어느 정도의 교축직각 방향의 하중에 대하여 저항한 후, 핑거의 휨 및 전단 변형이 과도하게 발생되며 파단 현상이 발생할 가능성이 있을 것으로 추정된다. 반면에 내진 신축이음 실험체의 경우, 교축 직각방향의 하중에 대하여 하중에 대한 변형을 핑거의 힌지가 흡수하여 신축이음장치 및 상부구조에 응력을 발생시키지 않고 다만 하중 작용방향으로의 수평 변형만 발생시킬 것으로 예상된다.

**핵심용어** : 신축이음, 가변형 핑거 조인트, 내진 성능, 수평재하시험

---