

강재형 모노셀 신축이음장치 성능 연구

김용훈, 임성순*
서울시립대학교 토목공학과

A Study on Performance of Steel Monocell Expansion Joints

Yong-Hoon Kim, Sung-Soon Yhim*
Department of Civil Engineering, University of Seoul

요약 도로교의 신축이음장치 성능시험에 있어 최근에는 많은 연구가 진행되어 있지만, 항공기 활주로 연결 교량에 있어서 국내에 적용사례가 전무하고 성능시험에 대한 기초자료가 없는 상황이다. 본 연구는 활주로 연결 교량이 건설되어있는 인천공항 2단계 확장공사현장에 국내 최초로 적용된 강재형 모노셀 신축이음장치의 성능평가를 위해 전산해석과 KS F 4425기준에 근거하여 수축·신장 및 반복하중시험을 실시하였다. 시제품 제작 전 설계 문서에 기초하여 Midas 해석프로그램으로 전산 분석하였고 시제품을 제작하여 2001년 KS F 4425기준에 근거하여 완제품 성능시험을 시행하였다. 국내 교량의 하중재하시험에 대한 기술 기준은 대부분 차량에 대한 것이고 항공기에 대한 선례가 없어 인천공항공사에 출입하는 항공기 중에서 축하중이 최대치인 F급 468.4kN/m²를 보수적으로 적용하여 200만회 반복재하시험을 진행하였다. 완제품 결과 제품에는 육안검사로 이상 유·무가 관찰되지 않아 충분한 사용성 및 내구성을 확보하였다고 판단된다. 수축·신장의 경우 2,500회 반복 시험 후 KS F 4425 기준에 따른 육안검사로 이상 유·무가 관찰되지 않아 충분한 신축성을 확보하였다고 판단된다. 본 연구의 결과는 선례가 없는 항공기에 대한 신축이음장치의 성능시험에 있어 유용한 현장 시험 자료 및 전산 해석 결과가 참고자료 활용에 가치가 있을 것으로 기대된다.

Abstract Studies have been made on performance evaluation of expansion joint systems for an ordinary highway or road bridge. However little study has been made for runway connection bridges at airports. A study on performance evaluated from computer code analysis and shrinkage, extension, and compression repetition tests based on KS F 4425 is conducted to a newly developed expansion joint system which has been installed in a runway connection bridge at Incheon Airport Extension 2 Construction Site. The MIDAS computer code is used to analyze the performance before the manufacture of the mock-up of expansion joint system on the basis of design requirements. Tests based on the KS F 4425 of 2001 year-version are conducted for the mock-up. Domestic codes and standards to validate the performance of the expansion joint system in a connection bridge have been developed for a vehicle. However the expansion joint system tested in this study is installed in a runway connection bridge for an aircraft. Conservatively the heaviest one among airplanes departing and landing at Incheon Airport is assumed level-F 468.4kN/m² and adopted for the tests and analyses in this study. KS F 4425 method is selected for the shrinkage, extension, and compression repetition tests. No remarkable problem was observed for the 2,500-cycle shrinkage and extension and two million-cycle repetition load tests. The results of this study are expected to contribute to establishment of code and standard for the performance validation of an expansion joint system installed in a runway connection bridge for an aircraft by providing performance test results and computer analysis results based on finite element methods.

Keywords : Expansion Joint, Shrinkage Test, Extension Test, Compression Repetition Test, Level F, KS F 4425

*Corresponding Author : Sung-Soon Yhim(University of Seoul)

Tel: +82-2-6490-2428 email: yhimss@uos.ac.kr

Received February 11, 2019

Revised March 18, 2019

Accepted May 3, 2019

Published May 31, 2019

1. 연구배경 및 목적

도로교통의 발전과 교량건설의증가로 신축이음장치를 설치하는 교량들이 증가하고 최근에 건설된 지 30년이 넘는 교량들이 상당수에 달한다. 신축이음장치는 중요핵심 부품이 아닌 관계로 설계, 시공 및 유지관리에 있어 미흡한 부분이 논의되어 왔고 최근에는 교량 거동에 구조적으로 주요 부속장치로 인식되어 교량의 성능향상을 위해 매우 중요한 요소로 인식하고 있어 성능요건이 강화되고 있다.

국내에서는 다양한 형태의 신축이음장치가 제작, 설치되어 사용되고 있고 성능시험의 경우 외국에 비해 상대적으로 늦게 시작되어 신뢰성 향상과 기술력 확보는 성능평가방법에 있어 관계법령 및 기술기준이 미흡하여 국내의 제조업체가 제공하는 기술수준에 의존하고 있다. 신축이음장치의 국내 기술기준은 대부분 유럽, 미국 및 일본의 기준을 적용하다 보니 국내여건과 상이하여 제대로 반영하지 못해 현장적용에 다소 어려움이 있고 교량의 부속장치로서의 기능보다 기계 및 재료적인 측면으로 개발되어 교량의 장기거동으로 발생하는 문제점 평가에 있어서 부족한 부분이 많다.

본 연구에서는 인천공항 2단계 확장활주로 연결교량에 처음 적용된 강재 모노셀 신축이음장치는 교량의 거동적인 측면에서의 기능적 요소를 고려하여 공용해석프로그램을 활용하여 분석하고 완제품 성능시험은 국내에 항공기하중과 관련하여 별도의 규정이 없어 도로교에서 사용하는 KS F 4425 시험방법을 적용 내구성과 사용성을 검증하였다. 향후 국내 항공기 연결교량에 하중적용에 있어 신축이음장치의 성능평가에 대한 참고자료로 활용하고자 한다.

2. 신축이음장치

2.1 연구 방법

인천공항 2단계 확장 연결교량은 1단계와 2단계 공사에서 하부에 공항을 출입하는 차량들이 지나는 구조로 되어있다. 활주로에서 비행기 및 차량의 이동목적으로 교량을 건설되었다. 비행기는 활주로로 이동하기 때문에 이동속도가 교량에 끼치는 영향보다는 항공기의 하중요인이 크게 작용할 것으로 판단되어 연결교량에 설치되는 신축이음장치에 관련하여 성능시험을 실시하여 사용성

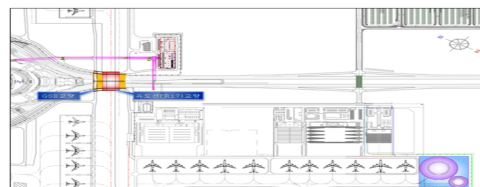
및 내구성을 확인하고자 한다.

항공기하중은 인천공항에 출입하는 F급 축하중을 적용하였다. 도로교 설계기준(2010)에서는 신축이음장치에 관련된 내용이 기술되어있고 성능시험과 관련하여 반복재하 조건은 국내는 도로교 설계기준과 도로공사 설계지침과 미국은 AASHTO 규정을 기준으로 하고 있다.[5]

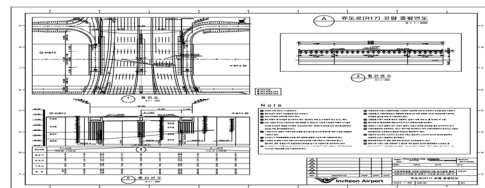
국내의 KS F 4425는 미국의 AASHTO 규정을 기본적으로 적용하고 있고 반복재하시험은 강재의 내구연한을 75년을 사용하는 AASHTO 설계기준에 만족하는 200만회 반복재하시험이다. Table. 1 도로교설계기준과 도로공사설계지침 KS F 4425 반복하중에 대한 규정을 나타낸 것이다. 본 연구에서는 KS F 4425에서 제시하는 시험규정보다 인천공항에 출입하는 항공기 축하중이 가장 큰 F급 468.4kN/m^2 하중을 보수적으로 적용하여 반복재하시험을 진행하였다.

Table 1. Repeated load regulation

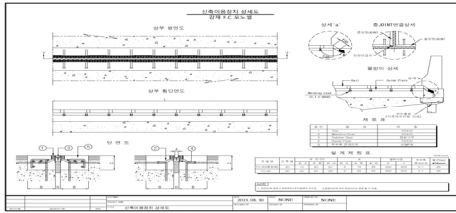
Impact load	design Code for highway bridge	Guideline for the design of korea highway corporation			Inchoen Airport
Fatigue load union	design Code for highway bridge	AA SH TO	Guideline for the design of korea highway corporation	AA SH TO	Inchoen Airport standard
Load amplitude (kN)	109	94	167	144	468.4



(a)



(b)



(C)
Fig. 1. Field drawings plan
(a) Location on the Site (b) Floor Plan
(c) Floor Plan



Fig. 2. Steel monocell expansion joint installed on the site

현장에 적용한 제품의 위치와 적용교량에 대한 내용, 제품상세도면은 Fig.1(a)에 제품의 적용위치 Fig.1(b)에 평면도 현장에 반영된 도면은 Fig.1(c)과 같고 비행기 활주로 연결교량에 적용된 강제형 모노셀 NO.80mm 신축이음장치 설치 전·후 모습은 Fig. 2과 같다.

3. 신축이음장치 전산해석

3.1 분석목적 및 방법

신축이음장치의 성능평가는 통상적으로 개발단계에서 시제품 전 설계문서에 기초하여 전산해석을 통한 1차 검증 후 분석결과를 토대로 시제품을 제작하고 최종적으로 실제 환경조건 또는 실제 환경과 거의 유사한 조건에서 시험하여 최종적으로 성능을 검증한다. 시제품 제작 전 전산해석은 일종의 예비검증으로 제품의 사용성을 1차로

검증하고 2차 성능시험은 KS F 4425 기준으로 확인하고자 한다. 1차 검증을 위해 현장에 적용된 신축량 NO. 80 강제형 모노셀 신축이음장치의 완제품성능평가를 위해 Midas상용 프로그램을 활용하여 Frame Modeling을 활용하여 분석하였다. Fig. 3는 Modeling 및 하중재하를 적용한 신축이음장치를 표현하였다.

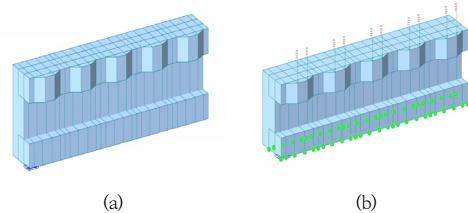


Fig. 3. Frame modeling of expansion joint
(a) Steel Monocell modeling
(b) Lower load

3.2 분석검토 및 결과

본 연구에서는 축하중은 앞서 설명한 대로 보수적으로 인천공항에 출입하는 항공기중 축하중 최대치 F급인 468.4kN/m^2 를 적용하였다 (Table. 2참조). Fig. 4는 F급 468.4kN/m^2 의 하중재하를 적용한 강제형 모노셀 No.80 신축이음장치를 Frame Modeling으로 표현하였다. 수치해석방법을 적용하여 인천공항에 출입하는 F급 항공기의 축하중으로 적용하여 신축이음장치는 항공기 바퀴가 지나가는 부분에 등분포하중으로 적용하여 해석을 검토하였다.

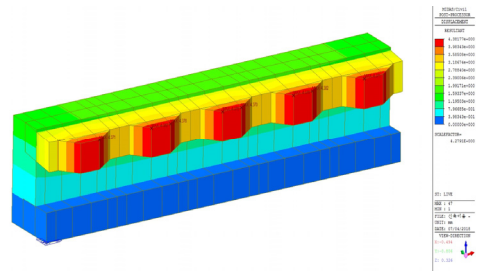


Fig. 4. Maximum deflection under F-class load
Maximum deflection : 4.38mm

F급인 항공기 축하중 468.4kN/m^2 하중을 등분포 하중 재하 후 결과 값은 최대 처짐량의 변위가 4.38mm의 변위가 발생하였다. 일반적으로 도로교의 경우에는 신축량에 따라 최대 처짐량의 변위가 약 2~4mm의 변위가 발생한다.[10][12] 비록 분석된 4.38mm의 변위가 기준

연구에서 보고된 2~4mm 보다 미세하게 높은 수치이지만 본 연구에서는 보수적으로 축하중 최대치 F급 항공기를 전산해석에 적용했기 때문에 시제품 사용성에 있어서 전산해석결과 만족할 것으로 판단된다.

4. 신축이음장치 성능시험

4.1 시험목적 및 방법

도로교의 성능시험방법은 KS F 4425 기준에 근거하여 완제품성능시험을 진행한다. 본 절에는 인천공항 2단계 확장공사 활주로 연결교량에 최초로 적용된 강재형 모노셀 신축이음장치의 성능평가를 위해 F급 항공기 하중을 적용함에 있어 반복재하시험은 인천공항공사 시방기준을 기준으로 F급 축하중을 적용하였고, 신장·수축실험은 KS F 4425 기준에 근거하여 실시하였다. 또한 도로교는 설계기준(2010)에서 정한 표준트럭하중(DB-24)의 기준은 Table. 2와 같이 나타내었다.[2]

Table 2. Design code for highway bridges in Korea (DB-24)

Division	Content
Total Load	Total Load 43.2tonf
Min Load	Front wheel load 2.4tonf (22.54kN)
Max Load	Rear wheel load 9.6tonf (116.62kN)

표준트럭하중(DB-24)의 제원은 도로교설계기준에서 제시된 차량 축하중의 위치와 폭에 대한 내용 그림 Fig. 5와 같이 도시하였다.[2]

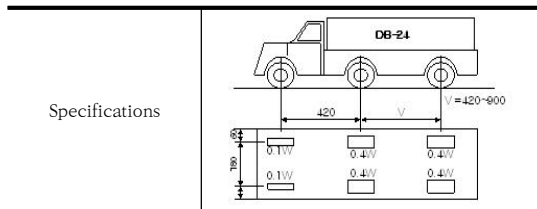


Fig. 5. Axial load of vehicle on highway bridges

인천공항에 출입하는 항공기 기종에서 가장 큰 항공기 6,000kN F급과 A380-800F 두 항공기에 대한 제원을 Table. 3와 같다. [4]

Table 3. Comparison between F-class and A380-800F

Type	6,000kN F Class	A380-800F
Main width	68.5m	79.8m
Linear content	76.3m	72.7m
Height	19.4m	24.5m
Maximum amount of landing	1,322,773lb (600,000kg)	1,300,000lb (590,000kg)
Gear load (kN)	1,125.3	1,425
Gear load (kN/m ²)	277.0	468.4

6,000kN F급 항공기와 A380-800F의 메인기어의 위치 및 형태를 비교한 것은 Fig. 6과 같다.[4]

Type	6,000kN F Class	A380-800F
Main gear Type		

Fig. 6. Comparison of main gear type between 6,000kN F-Class and A380-800F

완제품성능시험은 국내공인기관인 SGS에서 진행하였다. 시험 기준과 방법은 국내 시험 기준인 KS F 4425 기준으로 신장 및 수축 시험을 각각 2500회를 실시하였다. 또한, 200만회 반복하중재하시험은 인천공항공사 시방서에 기술된 F급 항공기 축하중을 적용하였다. 완제품 성능시험에 사용된 500kN용량의 실린더의 제원은 Table. 4와 같다.

Table 4. 500kN shrinkage test actuator

	Content	Remark
Stroke	±100mm	Error±1%
Maximum Output	500kN	
Control method	Load control, Displacement control	
Test cycle (Hz)	Depending on the displacement of the test specimen	

시험체는 신축정도와 변형여부를 평가하는 방법으로 시험체 시편길이는 500mm이상으로 제작하고 시험기는

신축이음 시료를 실제 설치 상황과 유사하게 고정하였다. 신축이음장치의 고정방법은 Fig. 7 과 같다. 수축·신장시험방법은 KS 4425에 기준으로 각각 2500회씩 실시하게 되어있고 신축이음장치의 시료는 길이 방향에 평행한 방향으로 시료 고정부에 하중을 제어하여 시료를 0.03Hz 이하의 주파수 간격으로 수축 또는 신장시키고 소정의 변형량 만큼 하중을 제거하는 기능을 가져야 하며 신축이음장치의 수축·신장실험 방법은 Table. 5와 Table. 6과 같다.[3]

Table 5. Shrinkage & Extension Test KS F 4425

Test item	Start From	Distance travelled [mm]	Move ment velocity [mm/min]	Num ber of Tests	Test cy cle [Hz]
Exten sion test	Mix Exten sion	Design Exten sion 1/3	100	25 00 Cycle	0.03
Shrin kage test	Mix Shrin kage	Design Shrin kage 1/3			

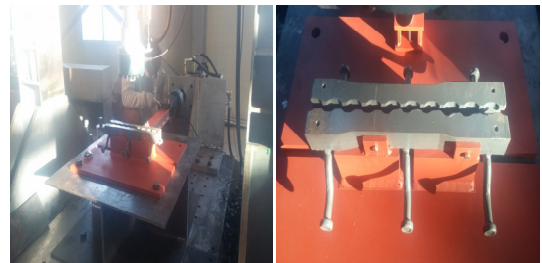
Table 6. Experimental condition of expansion joint device subject to experiment

Test item	No.80mm
Mix Gap	120
Min Gap	40
Neutral position	40
Design expansion length	80
Experiment expansion length	40
Number of Tests	2,500 Cycle

본 연구는 강재형 모노셀 No.80 신축이음장치에 대한 신장·수축실험을 수행하였고 실험조건 및 방법은 Fig. 7 와 Table. 5 및 Table. 6과 같다. Fig. 7는 실물 실험에 사용한 강재형 모노셀 No.80 신축이음장치이다.

수축·신장실험은 Fig. 7(a),(b)과 같이 실린더의 길이가 증가함에 따라 하중의 크기가 변화하며 실험체의 수축·신장이 이루어진다.

반복재하시험은 소정의 비율만큼 수축·신장 시킨 각각의 상태에서 소정의 하중을 연속적으로 재하 및 제거를 반복한다. 완제품 반복시험은 인천공항 2단계 확장 활주로연결교량 공사현장에 적용된 강재형 모노셀No.80 신축이음장치 시험체를 제작하였고 반복재하시험을 수행하였다 실험조건 및 실험방법은 Table 7과 같다.[3]



(a)



(b)

Fig. 7. Shrinkage and extension, test
(a) Shrinkage test (b) Extension test

Table 7. F Class axis load test method

F Class Axis Load		Load Contact Area	Carrying speed	Number of times
Min Load	Max Load			
176.4kN	468.3kN	510±10 mm	3Hz	200 million times
(17.95ton)	(47.7ton)	× 200 mm		
Initial load 17.95ton Dynamic load 17.95→47.7→19.95 ton With Periodic				

반복재하실험은 Table 6과 같이 F급 항공기 하중을 17.95ton에서 47.7ton까지 주기적으로 가진한다. 시험체의 시편 길이 방향에 수직 방향으로 시편 고정부에 하중을 가하고 시편을 시험기에 고정하고 반복실험 후 시험체의 상태를 관찰하여 피로내구성 정도를 평가하였다. 실험방법은 시험체 중심부에 수직 방향으로 하중을 재하 및 제거하며 이를 3Hz 이하의 주파수 간격으로 반복 실행 한다. 반복재하 실험조건 및 방법은 Fig. 8 Table. 6에서 중립축 위치에서 반복재하실험을 실시하였다. Fig. 8은 실물 실험에 사용한 강재형 모노셀 No. 80 신축이음장치이다.



Fig. 8. Compression repetition test

반복재하시험은 도로설계기준(2005) 167kN 보다 보수적으로 큰 인천공항에 출입하는 항공기중 축하중이 가장 무거운 F급 468.4kN/m² 하중을 적용하였다. Table 8은 도로교설계기준과 F급 항공기최대하중을 비교 하였다.[3][4]

Table 8. Compression repetition test results

Load combination	Bridge design standards	F Class axis Load
Load(kN)	167	468.3

차륜접지면적에 관한 규정은 한국도로교통협회의 2005년 도로교설계기준, 1996년 AASHTO, 일본도로학회의 도로교시방서, DIN 등이 있다. Table 9는 도로교설계기준(2005)과 F급 항공기 하중 재하 판의 크기를 비교하였다. 하중 재하판은 접지면적에 의한 것이다.[2][6]

Table 9. Ground area value

Type	Ground area (A)	Load generosity (a)	Load generosity (b)
Design code for highway bridges in korea	1,333.33 (cm ²)	57.74 (cm)	23.094 (cm)
F Class Axis Load	1,937 (cm ²)	35.00 (cm)	60.00 (cm)

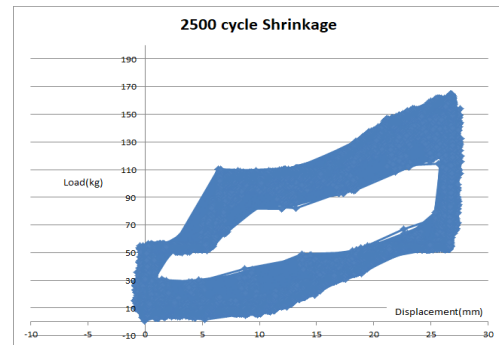
4.2 시험결과

4.2.1 수축·신축시험

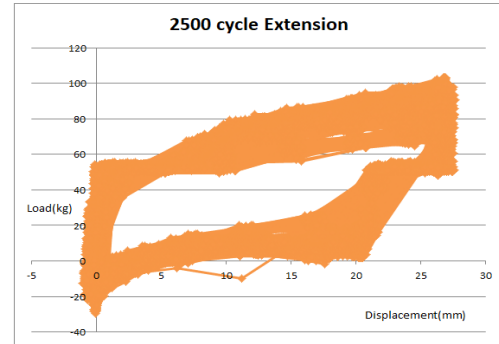
본 절은 신축이음장치의 수축·신장 결과를 나타내었다. 신축이음장치는 온도변화 및 동하중에 대한 유연함을 가져야 하며, 작동 시 유간의 간격이 자유로운 구조로 되어야 한다. 또한 온도에 민감하게 반응하여 작용하기 때문에 제품의 이동성능이 자유롭게 반응하여 원활한 거동을 할 수 있어야 한다. 강재형 모노셀 No.80의 수축·신장시험결과 신축이음장치 부품의 이상은 발생되지 않았

다. 최소·최대유간에서 결과 값은 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서와 같이 마찰저항 하중이 크기가 변하지 않고 일정하게 유지되고 있음을 확인하였다.

종방향 변위는 하중과 비례하여 일정하게 유지되고 있는 것으로 보아 신축이음장치의 수축·신장에 있어서 원활한 작동성을 확보하고 있는 것으로 판단된다. 강재형 모노셀 No.80은 수축·신장시험에서 원활한 거동을 하고 있고 마찰저항 하중 및 크기가 일정하다는 것을 나타내고 있다.



(a)



(b)

Fig. 9. Shrinkage and Extension test results(2500 Cycle)

(a) Shrinkage test (b) Extension test

수축·신장 성능시험은 2001년 KS F 4425 규정에 따른 후 제품의 이상 유무를 확인한 결과 특별한 이상을 발견 하지 못했다. 따라서 성능을 충분히 만족하고 있는 것으로 판단된다.

Table. 10는 강재형 모노셀 No.80 신축이음장의 작용하중에 대한 변위의 비이고 하중 및 변위는 최대하중과 이에 대응하는 최대변위에서 발생한 변위/하중은 최대하중 488.3kN에서 8.09mm의 변위가 발생하였다.

Table 10. Ratio of displacement to working load

Type	Design build volume [mm]	Max Load [kN]	Maximum displacement [mm]	displacement/load [mm/kN]
Steel Mono Cell	80	488.3	8.09	1.656

4.2.2 반복재하시험

강재형 모노셀 No.80 신축이음장치는 반복재하시험 결과 부품의 이상은 발생되지 않았다. 강재형 모노셀 신축이음장치가 최소 및 최대하중에서 시간이 경과하면서 안정적인 값을 가지고 있다. Fig. 10은 하중 변위에 대한 그래프이다.

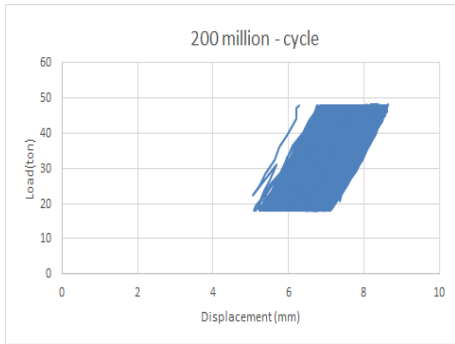


Fig. 10. Compression repetition test results

도로교의 설계하중과 달리 국내에서 인천공항에 출입하는 F급 항공기 축하중을 적용하여 반복재하시험 이후 KS F 4425 규정에 근거하여 유간검사를 실시하였고 시험제품에는 특별한 이상이 없는 것을 확인하였다. 완제품 성능시험결과에서 최대하중과 최소하중에서 각각 8.64mm와 5.0458mm가 발생하였지만, KS F 4425 규정을 만족하고 있어 강재형 모노셀 No.80 신축이음장치는 사용성에서 충분한 내구성을 가지고 있는 것을 판단된다. Table 11은 작용하중에 대한 변위를 나타낸 것이다.

Table 11. Displacement for working load

Type	Load[kN]		displacement[mm]	
	max	min	max	min
Steel Mono Cell	480.77	178.66	8.640	5.0458

5. 결론

인천공항 2단계 확장공사 연결교량에 적용된 강재형 모노셀 No.80의 성능평가를 위해 전산해석 및 시험을 수행하였다. 시제품 제작 전 설계문서에 기초하여 전산해석을 수행한 결과 반복재하에서 최대하중에 대한 변위가 4.38mm가 관찰되어 2001년 KS F 4425 기준에 근거하여 신장·수축 및 반복재하시험을 수행하였다.

KS F 4425 기준에 근거하여 2,500회 신장·수축시험후 제품의 변형이나 결함이 관찰되지 않아 강재형 모노셀 No.80 신축이음장치는 충분한 신축성 및 이동성을 확보하여 요구되는 성능기준을 만족시킨다고 판단된다.

반복재하시험의 경우 국내에서 최초로 항공기 최소하중 17.95ton과 최대하중 47.7ton에서 하중을 3Hz속도로 200만회 반복 수행하였다. 이 시험 역시 KS F 4425 기준에 근거하여 제품의 변형이나 결함이 관찰되지 않았지만 최대 처짐에서 의 변위가 8.640mm가 발행하였다. 이는 도로교의 경우에는 신축량에 따라 최대 처짐량의 변위가 약 2~3mm의 변위가 발생과 비교하면 약 2배 이상이지만 항공기 축하중을 고려하였을 때 충분한 내구성을 확보하여 요구되는 성능기준을 만족시킨다고 판단된다.

본 연구는 국내에서는 선례가 없는 항공기 연결교량 강재형 모노셀 No.80 신축이음장치에 대한 성능평가에 대한 연구로 시제품 제작 전 설계단계에서의 전산해석을 이용한 성능평가와 제품 제작 후 현장에 적용하기에 앞서 실제 현장 또는 실제 현장과 유사하게 모사된 환경에서의 시험을 통한 성능평가에 대한 연구를 기술한다. 따라서, 본 연구는 유사한 제품 또는 환경에서의 성능평가에 있어 유용한 전산해석 결과 및 현장시험 자료를 제공할 것으로 기대된다.

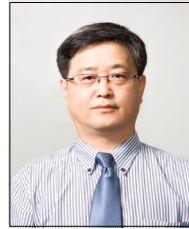
References

- [1] J. W. Lee, J. W. Kwark, E. S. Choi, "Bridge Expansion Joint for Vibration & Noise Test" Korean Society of Civil Engineers, pp.1976-1979, 2004.
- [2] Korea Highway Traffic Association, Road bridge design standard, pp.2-2~3, Korea Highway Traffic Association, 2010.
- [3] Korea Agency for Technology and Standards, KS F 4425 Standard test method for bridge expansion joint, pp.2-5, Korea Agency for Technology and Standards, 2001.

- [4] Incheon International Airport Corporation Constuction Specification and Special Specification for Expansion Joint, 2013.
- [5] Y. H. Kim *Experimental Study on Serviceability of Hybrid Expansion Joint*, Master's thesis, university of seoul Graduate School of Science and Technology , pp.38-45, 2012.
- [6] AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 14.5.1.4 Materials, 2010.
- [7] S. W. Yoo "An Experiment of Structural Performance of Expansion Joint with Rotation Finger", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol. 22, No. 6, pp.170-175, November 2018.
DOI: <http://doi.org/10.11112/iksmi.2018.22.6.170>
- [8] Mark R. Kaczinski, Robert J. Conner, Fatigue Design of Moduler Bridge Expansion Joint, ACI National Cooperative Highway Research Program, pp30~33, 1997.
- [9] Burke Jr, M P, Bridge Deck Joint, Synthesis of Highway Practice, pp141, National Cooperative Highway Research Program, 1989.
- [10] J. S. Na, T. Lee, E. S. Han, W. K. Sung, J. S. Lee, "Fatigue Durability Evaluation of Refraction Expansion Joint", *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, Vol. 21, No. 6, pp.010-015, November 2017.
DOI: <http://doi.org/10.11112/iksmi.2017.21.6.010>
- [11] M. S. Yoo, D. G. An, Y. K. Chang, "Reliability Life Improvement of The Metallic Saw Bridge Expansion Joint" *Journal of the Korea Institute of Bridge and Structural Engineers*, Vol.1 November 2017.

임 성 순(Sung-Soon Yhim)

[정회원]



- 1987년 8월 : 서울대학교 대학원 토목공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 3월 : 서울 시립대학교 토목공학과 조교
- 1999년 4월 ~ 2004년 8월 : 서울 시립대학교 토목공학과 부교수
- 2004년 9월 ~ 현재 : 서울시립대학교 토목공학과 교수

〈관심분야〉

토목구조, 구조진동

김 용 훈(Yong-Hoon Kim)

[정회원]



- 2012년 8월 : 서울시립대학교 과 학기술대학원 토목공학과 (공학석사)
- 2019년 3월 : 서울시립대학교 대학원 토목공학과 (박사과정)
- 2012년 1월 ~ 현재 : (주)브릿지 하이텍/(주)한텍엔지니어링 대표이사

〈관심분야〉

토목구조, 구조진동