



마샬시험 장치 및 설치조건이 다짐에너지와 안정도에 미치는 영향

Effect of the Compaction Energy and the Marshall Stability due to
the Marshall Equipments and Installation Conditions

박 태 순* · 김 용 주**

Park, Tae Soon · Kim, Yong Ju

Abstract

The compaction equipment and the Marshall stability head are the two important testing equipment for the Marshall test. The compaction equipment is closely related to the air void, VMA and compactability of the mixtures, and the stability head is related to the Marshall stability and the flow, therefore the size and the shape of the equipment is essential for finding the accurate optimum asphalt content for the asphalt mix design. However, the size and the shape of the equipment currently used and the condition of the installation of compaction pedestal in this country are different from each agency and manufacturer. The national inspection of the Marshall equipment is necessary because the difference can affect the test results and also the performance of the asphalt pavement.

Keywords : Marshall mix design, compaction energy, Marshall equipment

요 지

아스팔트 포장의 배합설계 방법에서 사용하고 있는 마샬시험 장치는 다짐장치와 안정도 헤드의 주요한 두 부분으로 이루어져 있다. 다짐장치는 시료의 공극과 다짐도에 영향을 미치며 안정도헤드는 마샬안정도와 흐름치에 영향을 주기 때문에 다짐장치의 규격과 타격에너지, 안정도헤드의 형상은 어떠한 경우라도 일치하여야 배합설계시 최적아스팔트 함량을 정확하게 분석할 수 있다. 그러나, 본 연구의 결과에 의하면 국내에서 사용되고 있는 마샬시험 장치는 서로 다른 규격과 형상을 가지고 있음은 물론, 각 기관마다 다짐장치를 설치하는 조건과 각 제조회사 장치의 받침목이 서로 상이하여 시험 결과의 오차는 물론 아스팔트 포장의 공용성에도 크게 영향을 미치기 때문에 마샬시험 장치의 범 국가적인 재정비가 필요한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 마샬배합설계, 다짐에너지, 마샬장비

* 서울산업대학교 토목공학과 조교수
(tpark@duck.snut.ac.kr / 970-6506)

** 서울산업대학교 토목공학과 대학원생
(snut66@hanmail.net / 970-6946)



1. 서 론

마살시험법은 1940년 미시시피 교통국의 부루스 마살에 의해 최초로 고안된 아스팔트 포장의 배합설계 방법으로 마살시험법의 원형은 하바드 필드 방법의 다짐장치와 시험방법을 단순하게 개량한 것이다(White, 1985). 이 시험 방법은 부르스 마살이 개발한 이래 1952년 미육군 공병단이 활주로 포장에 사용하기 위해서 오늘날의 본격적인 마살시험법으로 개발한 이후 전 세계적으로 아스팔트 포장의 배합설계 방법으로 사용되고 있는 아스팔트 혼합물 배합설계 방법이다. 국내에서도 아스팔트 배합설계 방법으로 마살시험법을 채택하여 아스팔트 포장설계에 사용하고 있다. 마살시험법은 시험장치가 간단하고 가격도 저렴하기 때문에 다짐방법의 문제와 배합설계 결과가 현장의 조건과 차이가 있다는 지적과 소성변형, 피로파괴 등의 포장의 역학적인 성능을 예측할 수 없는 단점에도 불구하고 현재까지 특별한 수정이 없이 널리 사용되고 있다. 그러나 마살시험이 지니고 있는 한계성은 그대로 인정하더라도 국내의 각 기관, 연구소 및 대학에서 사용하고 있는 마살시험 장치의 규격, 다짐판 기초의 설치조건이 서로 다르기 때문에 배합시험 결과에 영향을 줄 것이라는 의견이 제기되어 왔다.

본 연구에서 이러한 의견을 바탕으로 예비 조사를 실시한 결과 국내 마살시험 장치의 규격과 다짐판의 설치조건이 각 기관마다 서로 다른 것으로 발견되어 마살시험장치를 사용하고 있는 대학, 연구소, 관련기관 및 플랜트를 방문하여 마살시험 장치의 관련 사항을 측정하였다. 측정된 사항으로는 해머의 무게, 낙하높이, 받침대(pedestal)의 규격을 측정하였으며, 다짐장치 몰드의 바닥판과 다짐기를 지지하는 기초판의 충격에너지를 가속도계를 설치하여 타격 시 발생하는 가속도를 측정하였다. 안정도 헤드는 국내

에서 주로 사용하고 있는 자동 안정도 측정용 헤드, 국내 제작품, 국외 제작품의 3 종류의 헤드를 수집하여 아스팔트 비를 4.0%, 4.5%, 5.0%로 혼합한 혼합물을 각각 제조한 후에 안정도 헤드의 종류에 따른 안정도 및 흐름치 값을 비교하였다.

2. 마살시험법의 문제점

마살시험법은 아스팔트 혼합물의 구조적인 강도를 강조하는 시험법으로서 다짐된 시편의 공극변수(void parameter)를 시험결과 해석에 사용하는 점이 다른 배합설계법에 비하여 특이한 점이다. 공극율 및 VMA를 설계조건으로 사용하고 있어서 공극변수를 결정하는데 다짐에너지가 직접적인 영향을 주기 때문에 마살다짐장치 및 기초판의 설치방법은 마살시험 결과에 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(참고문헌 4, 1985).

마살시험 장치는 현재 국내에서 KS F 2337로, 미국에서는 ASTM D 1559로 규정되어 있으며 독일, 이태리 등지의 유럽 국가에서도 공업 규격으로 지정하고 있다. ASTM 규격에서는 다짐장치의 받침목 종류와 단위중량을 규정(오동나무, 소나무를 사용하고 건조단위중량 670~770 kg/m³으로 규정되어 있음)하고 있으나 KS규격에선 언급하고 있지 않아서 여러 종류의 목재가 사용되고 있는 실정이다. 더욱이, 다짐장치의 설치방법 및 설치 기초판에 대해서는 KS와 ASTM에서도 언급되어 있지 않기 때문에 해머의 자유낙하로 시료에 가해지는 에너지가 실험실의 바닥판의 종류와 두께에 따라서도 크게 영향을 받게 된다. 이러한 문제점은 1985년 미국 아스팔트기술자위원회(AAPT)의 특별 심포지엄에서 최초로 제기 되었으며 이후, Siddiqui와 2인(1988)이 마살다짐장치 및 부속시험장치가 마살시험 결과에 미치는 영향에 대하여 전 미국과



캐나다를 대상으로 설문조사 및 시험실간의 상호 비교시험(round robin)을 실시하여 마찰시험 장치의 문제점에 대하여 지적하였다.

이들의 연구결과에 의하면 여러 가지 변수 중에서 마찰시험 결과에 가장 크게 영향을 미치는 변수로서 다짐장치를 지지하고 있는 받침목의 종류와 규격, 다짐기가 설치된 실험실 바닥, 기초판 종류와 안정도 헤드의 규격을 지적하였다.

3. 외국의 연구사례 및 결과요약

마찰시험 장치 및 시험방법이 시험결과에 미치는 영향을 조사하기 위하여 미국 및 캐나다에서는 혼합물 교환 프로그램(round robin)을 만들어 동일한 혼합물을 사용하여 실험을 실시하였다. 이 중 가장 대표적이라고 할 수 있는 것이 조지아주, 유타주 및 캐나다의 연구결과이다.

3.1 외국의 연구결과

1979년 유타 교통국의 연구에 의하면 시험자의 개인적인 오차와 시험장비가 시험결과에 중요한 영향을 미치는 것으로 보고하였으며 규격이 맞지 않는 안정도헤드를 여러 시험실에서 사용하고 있는 것이 발견되었다.

1980년 조지아주의 연구는 수동식 해머와 자동식 해머로 제작한 시료의마찰특성을 비교하는 연구로서 수동식 해머로 제작된 시료의 VMA와 공극율이 자동식에 비하여 작은 것으로 나타나서 수동식 해머의 다짐에너지가 큰 것으로 나타났다.

1986년에 4개의 조지아주 교통국 연구소와 5개의 산업 연구소는 표준 50회 마찰절차에서 얻어진 변수를 비교한 결과 밀도, 흐름값, 및 안정도 값이 조지아 기준을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 조지아주의 연구에서 얻어진 결과는 마찰시험 결과의 차이는 시험장비와 배합설계제간의 기능차이로 인하여 발생하며, 마찰시험 결과는 시험장비와 기능에 의해서 크게 차이

가 발생한다는 것을 발견하였다.

1984년 캐나다에서는 마찰시험으로 제작된 아스팔트 혼합물 품질관리를 위해서 각 지방의 민간 시험실과 국립 시험실에서 아스팔트 교환 프로그램을 실시하였다. 1984년에 참여한 31개 시험실 교환 연구에서는 비 규격 안정도헤드의 문제가 크게 다루어졌다. 안정도헤드 수평길이가 108~127mm 사이의 범위를 나타내었고, 수직길이는 38~63mm 사이의 범위를 나타내어 실험결과와 변동부분을 안정도헤드의 길이 변화 때문이라고 결론 내렸다.

1983년 기계식 자동해머에서 얻은 결과는 큰 변동을 나타냈다. 그 원인은 해머의 크기(또는 질량), 자유낙하, 그리고 몇몇 장비-관련계수의 변동에 기인하는 것으로 분석되었다. 그리고 다짐 받침대(pedestal)의 종류를 실험 결과와 함께 제출 할 것을 요구하였다. 즉, 밀도와 마찰설계특성의 큰 차이는 규격에 맞지 않는 여러 장비를 사용하는데 그 원인이 있다고 보고되었다.

3.2 변수조사 및 결과

외국의 연구기관과 공공기관의 경험과 보고된 문헌을 조사하여 마찰시험결과에 영향을 미치는 변수를 표 1에 조사 정리하였다.

표 1. 마찰시험결과에 영향을 미치는 변수조사 설문결과(ZAHUR SIDDIQUI 외 2인)

구 분	인원
해머의 정렬선 (Alignment of hammer)	9
받침대 (Pedestal Support)	9
해머의 자유낙하높이 (Height of free-fall)	8
해머의 무게 (Weight of hammer)	7
받침대의 고정장치 (Pedestal Construction)	7
로드와 해머의 마찰 (Friction between rod and hammer)	6
몰드의 고정장치 (Mold restraint (rotating Versus fixed))	3
충격시 가해지는 에너지의 동역학적인 반응 (Dynamic response from energy transfer during impact)	3



표 1의 설문조사 결과를 분석하면 다음과 같다. 다짐해머의 정열선(hammer alignment)과 받침대 지주(pedestal support)를 해머의 낙하고와 마찬가지로 가장 큰 문제점으로 지적하였다(11명중 9명). 해머의 무게와 받침대 설치를 11명 중 7명이 언급하였으며, 해머의 직진성, 해머의 무게, 그리고 자유 낙하고를 샘플길이 또는 부피측정으로 표준화하는 것이 바람직하다고 조사 보고되었다.

서로 다른 제조업체에서 제작한 마살 다짐기에서 상당한 차이가 있었고 그 차이 중에는 해머의 무게, 받침대 종류 및 설치방법이 발견되었으며 시험결과가 일치하지 않는 경험을 하였다.

다짐밀도 이외에 아스팔트 혼합물로 안정도(stability)와 흐름값(flow)을 실험한 결과, 약 90%의 시험실이 규격에 맞지 않는 안정도헤드와 흐름계(flow meter)를 사용하고 있었다. 주요 차이점은 빗각의 크기를 포함해서 안정도 헤드 치수와 관련이 있는 것으로 당시 연구로부터 조사되었는데 이러한 지적 사항들은 현재 국내 마살 시험 장치가 가지고 있는 문제점과 일치하고 있다.

4. 국내 마살장치 조사 및 시험계획

4.1 다짐장치

현재 국내에 활발하게 연구, 배합시험 및 품질시험을 수행하고 있는 대학실험실 2 개소, 연구소 2 개소, 관련기관 2 개소 및 서울, 경기지역의 플랜트를 방문하여 다짐장비의 규격(해머의 무게, 해머의 자유낙하고), 다짐받침대의 크기, 받침목의 종류와 크기, 바닥판(supporting floor), 기초판의 설치 방법을 조사하였으며, 다짐해머의 타격시 시료에 가해지는 다짐에너지를 측정하기 위해서 다짐판과 기초 바닥판에 전달

되는 가속도를 가속도계 (accelemeter)를 부착하여 측정하였다.

4.2 다짐에너지-해머의 가속도 측정 장치 및 측정방법

해머의 자유낙하에 의해서 시료에 가해지는 다짐에너지를 측정하기 위한 간접적인 방법으로 다짐판과 기초판에 가속도계를 설치하여 타격시 발생하는 가속도를 측정하였다. 그림 1은 가속도 측정에 사용된 장비와 가속도계의 부착 위치를 보인 것이다.

시험에 사용된 가속도계는 국산제품을 사용하였으며, 데이터 수집장치로는 일본제품인 TML사의 모델 AR-F를 사용하였다. 가속도계에서 수집된 데이터는 MT-16A의 16개 채널 중 2개의 채널에 기록되어 저장되고 SAS 97 변형분석 소프트웨어(STRAIN ANALYSIS SYSTEM)로 분석되어 매 타격시 마다 컴퓨터 화면상에 시간이력(time history)에 따른 충격량의 변화가 표시되어 타격 중에 에너지의 변화를 감지할 수 있다. 다짐 에너지 측정은 연속 5회를 실시하였으며 매회 마다 다짐해머의 에너지를 각각 측정하였다.

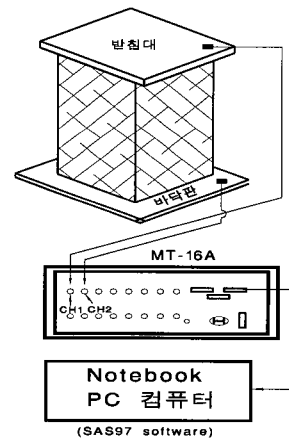


그림 1. 가속도 측정에 사용된 장비와 가속도계의 부착 위치



4.3 안정도 헤드 측정계획

마샬안정도 시험의 원리는 공시체에 하중이 작용하면 공시체 내부에 응력이 발생하면서 파괴된다. 이러한 파괴 형상은 포장의 파괴를 시뮬레이션 한 것으로 안정도 값은 시료 내부의 전단평면에 발생한 공시체의 저항력을 측정하는 것이다. 이 저항력은 시료 내부에 형성하고 있는 골재입자 및 역청재료의 결합도에 직접적인 관계가 있기 때문에 시료의 한쪽으로 편심하중이 가해지지 않도록 안정도 헤드의 내부 형상은 시료의 표면에 등분포 하중이 가해지도록 정확한 규격으로 제작되어야 한다.

현재 국내에서 사용되고 있는 안정도 헤드중 대표적인 3가지의 안정도 헤드를 수집하여 헤드의 규격, 상부 및 하부 공형의 이격거리, 시편의 안정도 및 흐름치를 측정 비교하였다. 수집된 안정도 헤드의 종류는 다음과 같다.

- ① 자동안정도 시험기용 안정도 헤드 (국내제품)
- ② 국내산 안정도 헤드
- ③ 국외산 안정도 헤드

상기의 안정도 헤드가 안정도 및 흐름도 값에 미치는 영향을 시험하기 위해서 아스팔트 함량 4.5 %, 5.0 % 및 5.5 % 시편을 각각 5개씩 제작하여 안정도 시험을 실시하여 비교하였다.

5. 측정 및 시험 결과분석

5.1 다짐장치의 제원 조사결과

표 2는 다짐장치의 제원을 조사한 결과이다. 조사 결과에 의하면 상부 강판의 두께는 모두 일정하였으나, 받침목의 높이는 외국산 제품의 경우 425 mm에서 457 mm로 차이가 있었으며 국내제품은 440 mm에서 450 mm로 측정되었다. 특히, 일부 국내 제품은 속이 비어있는 받침목을 사용한 다짐기도 있어서 타격시 발생하는 타격에너지의 흡수와 반동의 발생으로 인하여 다짐 시에 혼합물에 전달되는 에너지에 크게 영향을 미칠 것으로 예상된다.

해머의 무게는 규격에 모두 미달하였는데 작게는 12.7 g에서 크게는 134 g까지 미달되었고, 낙하고의 편차는 외국산의 경우 -4.2 mm로 국

표 2. 다짐 장치 제원 조사결과

다짐장치	강판두께	받침목의 높이 (폭제질)(mm)	설치 기초판	해머무게의 편차 (g)	낙하고의 편차 (mm)
A, B	25mm	457 (미 상)	고무판 설치 콘크리트판 12cm	-12.7	453(-4.2)
C, D, E	25mm	425 (미 상)	13cm콘크리트판 위에 철판 22cm 설치	측정 불가능 (분리되지 않음)	측정불가능
F	25mm	450 (속이 비어있음)	콘크리트바닥에 철판1겹 설치	-134	460(+2.8)
G	25mm	440 (바닥에 미부착- 앙카볼트로 정착 하지 않음)	콘크리트바닥에 철판1겹 설치	-80.5	470(+12.8)
H	25mm	440 (바닥에 정착- 앙카볼트로 정착)	콘크리트바닥에 철판1겹 설치	-80	470(+12.8)
I	25mm	440 (속이 비어 있음)	콘크리트바닥에 철판1겹 설치	-127.2	470(+12.8)



내산의 경우에는 +12.8 mm 로 측정되었다.

다짐장치를 설치한 기초바닥 및 설치하는 방법도 각 기관마다 서로 차이가 있었다. A 및 B 다짐기를 사용하고 있는 연구기관의 경우 타격 시 건물의 충격을 줄이기 위해서 10 mm 두께의 고무판을 두께 120 mm 콘크리트 판 위에 설치하였으며, C, D, E 장치를 사용하고 있는 기관의 경우에는 두께 22 mm 철판을 두께 130 mm 콘크리트 판 위에 설치하여 사용하고 있었다. 나머지 장치는 시험실의 콘크리트 바닥에 직접 설치하여 사용하고 있었다.

5.2 안정도헤드의 규격 및 시험결과

국내에서 사용하고 있는 세 종류의 대표적인 안정도 헤드에 상·하부 내경, 내부 지름, 높이 및 시료 설치 후 상·하부의 이격거리를 측정 한 결과 세 종류의 안정도 헤드 역시 각각 다르게 측정되었다. 표 3은 안정도 헤드 상·하부의 규격을 측정한 결과이다.

그림 2는 세 종류의 안정도 헤드를 사용하여 동일한 조건에서 측정한 안정도 시험 결과이다. 시험 결과 국내산 안정도 헤드를 사용한 시험 결과가 가장 크게 나타났으며 자동 안정도 헤드의 안정도 값이 가장 작게 나타났다. 안정도 값이 다르게 나타나는 이유로는 안정도 헤드의 규격과 형상의 차이에서 발생되는 것으로 예상된

다. 이러한 원인을 분석하기 위하여 안정도 헤드 내부에 흑색 페인트를 칠하여 상부 안정도 헤드가 충분히 시료에 접촉 할 정도로 재하 (loading)를 실시하고 제하(unloading)하여 흑색 페인트가 하얀색 띠를 두른 시료에 묻는 정도를 시험하였다. 자동용 안정도 헤드의 경우 상부 안정도 헤드가 시료 전체를 고르게 누르고 있어서 안정도 값이 작게 나타나고 있으며 (시료면 전체에 흑색물감이 매우 진하게 묻어있음.-그림 3 참조) 국산 안정도 헤드의 경우 헤드의 규격이 적절하지 못하여 시료 표면에 안정도 헤드가 닿지 않고 시료의 좌우 양편에 닿고 있어서 안정도 헤드가 시료면에 전체적으로 닿을 때까지 가해지는 압력의 상승과 시간이 소요됨으로서 안정도 값이 크게 측정되는 것으로 밝혀졌다(흑색 물감이 시료의 좌우 양편에만 묻어있음.-그림 3 참조)

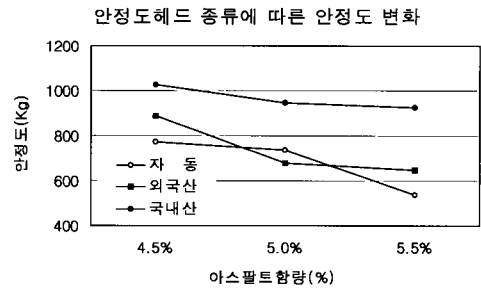


그림 2. 안정도헤드 종류에 따른 안정도 변화

표 3. 안정도헤드 상·하부의 치수(cm)

헤드의 종류		자 동	국 산	외국산	안정도헤드 위치	
헤드의 위치						
상 부	A	4.25	4.75	3.31		
	B	6.43	5.66	6.21		
하 부	A	4.29	4.70	4.10		
	B	6.49	5.60	6.18		
헤드 내부 직경		C	11.02	10.01		10.82
이 격 거 리			1.70	1.12		0.80



한편, 외국산 안정도 헤드는 자동에 비하여 헤드 상부가 시료에 닿는 면적이 자동에 비하여 작고, 국내산에 비하여 크기 때문에 중간값을 보이고 있다.

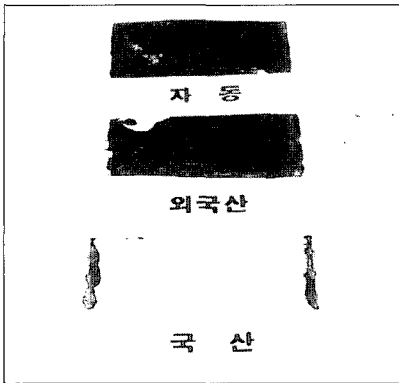


그림 3. 안정도헤드와 시료의 접촉면 시험 결과

5.3 다짐장치의 다짐에너지 측정결과

측정된 데이터는 마이크로 컴퓨터와 SAS 97 프로그램의 디지털처리를 이용해서 해석하여 가속도 계수를 결정한 후에 2개의 채널에 관한 가속도 시간계열을 분석하였다. 해머의 충격시 가속도는 매우 짧은 시간과 큰 피크의 가속도가 발생하였다.

그림 4는 가속계에 측정된 진동주파수의 파형으로 받침판과 바닥판에서 계측된 주파수의 형

상이다.

그림 5는 가속도계에 계측된 시간에 따른 받침판과 바닥판의 가속도 측정 결과이다. 받침판의 가속도는 A, B, C, D가 서로 일정하게 나타났고 전체적인(다짐기 10종류) 평균가속도는 169g(여기서 g는 중력가속도 이다)로 측정되었으며, 바닥판의 경우는 평균가속도는 81g로 측정되었다. Siddiqui et al (1988)의 연구 보고에 의하면 받침판과 바닥판의 가속도가 각각 250g와 25g로 측정보고 된 바 있다. 따라서 바닥판의 경우는 국내 결과치가 외국의 결과에 비해 상당히 큰 수치로 측정되어 다짐기 바닥판의 지지 및 설치조건이 주요변수로 작용하고 있는 것을 알 수 있었다.

또한 각각의 다짐장비 별로는 설치조건에 따라 받침판에서는 크기는 450g, 작게는 30g정도로 차이가 있었으며, 바닥판은 10g~180g 정도의 차이가 있음을 알 수 있었다. 그리고 다짐과정 동안의 타격사이의 변수는 작다는 것을 입증할 수 있었으며, 받침대 지지바닥의 상대적 강성이 다짐과정에서 변화를 일으키는 것으로 분석되었다. 이러한 바닥판의 변화를 줄이기 위해 Siddiqui et al(1988)은 다짐기의 바닥판을 큰 콘크리트 블럭(90cm×90cm×90cm)에 설치함으로써 타격에너지의 오차를 줄일 수 있다고 보고하였다.

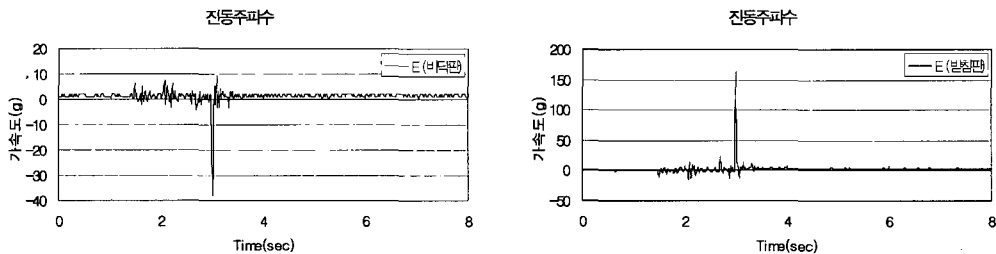
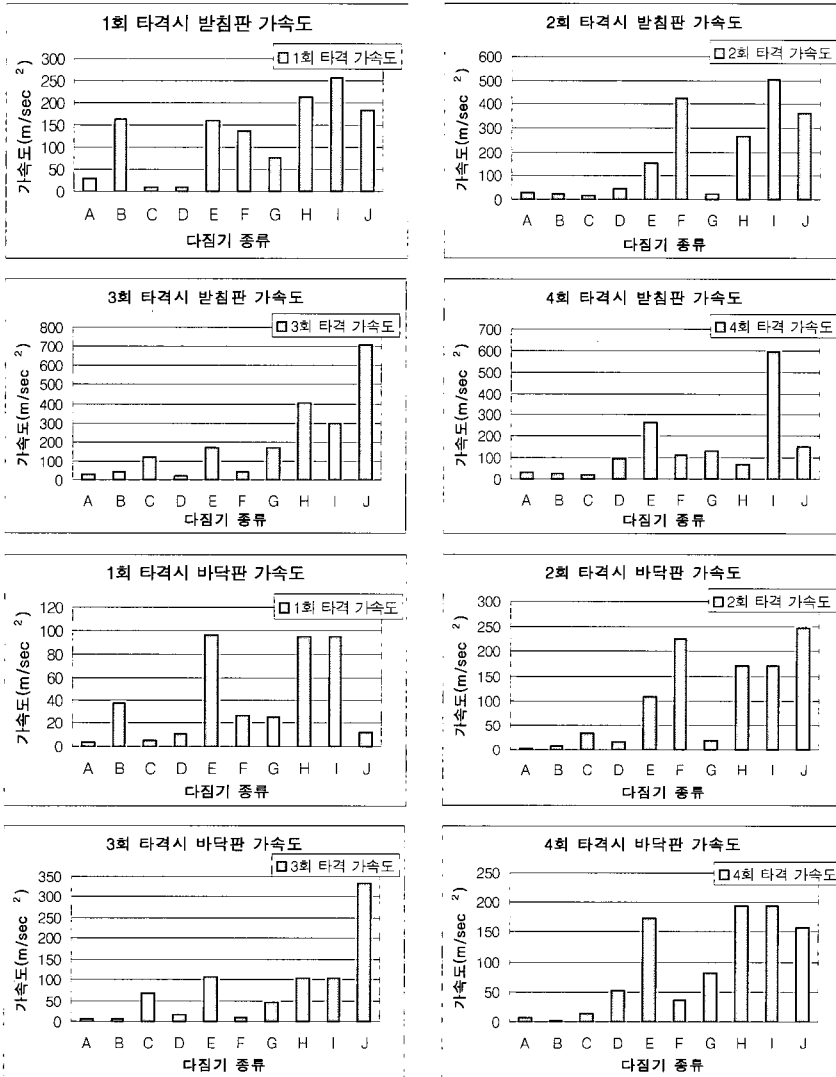


그림 4. 타격시 받침판과 바닥판의 진동주파수 계측결과



주) A,B,C,E,F: 외국산자동다짐기(미국 및 영국), G,H,I: 국산자동다짐기, J: 국산수동다짐기

그림 5. 타격시 받침판 및 바닥판의 가속도 측정 결과

5.4 결과 종합분석

마샬시험장치는 각 제조사 마다 서로 다른 규격을 가지고 있어서 마샬시험 결과에 많은 편차와 오차를 발생시킬 것으로 예측된다. 특히, 해머의 충격을 완화시키는 역할을 하는 다짐판 목

재의 재료와 규격은 많은 상이함을 가지고 있었다. 더욱이, 다짐기를 설치한 기초형식이 각 기관마다 달라서 시료에 가해지는 타격에너지는 매회 타격시 마다 다르게 나타나고 있다. 그 중에서도 속이 빈 받침목을 사용하고 있는 다짐기의 경우 이러한 현상이 더욱 심하게 나타났다.



반면, 다짐기의 기초를 콘크리트 판상에 철판 또는 고무판을 설치한 다짐기는 비교적 다짐에너지의 변화가 심하지 않았다. 이로부터 알 수 있는 사실은 다짐기 설치에 해머의 충격에너지를 충분히 완화시킬 수 있는 설치형식이 고려되어야 한다는 것이다.

각 다짐기마다 무게, 낙하높이, 목재의 재질이 서로 달라서 측정된 가속도를 근거로 어떠한 다짐기가 올바른 형식을 가지고 있는지 쉽게 결론을 낼 수 없는 실정이다. 그러나 한가지 분명한 사실은 본 연구에서 도출된 것처럼 국내의 마살다짐장비는 가까운 시일 내에 규격의 재조사, 다짐기의 기초설치 조건의 명시, 안정도 헤드의 규격 재정비등 여러 분야에서 국가적인 정비가 실시되어야 한다는 것이다.

6. 결론 및 제언사항

본 연구는 국내에서 사용하고 있는 마살다짐기의 규격, 해머의 무게, 낙하높이를 측정하고 다짐기의 설치조건에 따른 다짐에너지를 계측한 결과 설치환경이 다짐에너지에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 안정도 헤드의 종류에 따라 마살 안정도 값에 미치는 영향을 비교 시험한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 타격시 시료에 가해지는 가속도는 최소 25g에서 최대 250g로 측정되었는바 이는 다짐에너지가 다짐장치의 설치환경 특히, 기초 바닥판의 강성이 다짐에너지에 크게 영향을 주고 있다는 것을 나타내는 결과이다.
2. 다짐기가 설치된 기초 바닥판의 상대강성으로 인하여 별도의 콘크리트 기초판을 사용한 경우에는 다짐에너지 가속도 값이 낮게, 일반 실험실의 바닥에 설치한 다짐기의 다짐에너지는 높게 측정되었다. 따라서, 다짐기 바닥판의 설치장소와 방법의 통일이 필

요하다.

3. 안정도 헤드의 종류에 따라 안정도 값의 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 안정도 값은 국내 제품이 가장 크게 나타났으며, 그 다음으로 외국제품과 자동측정기용으로 측정되었다. 이는 헤드 내부구형의 크기 및 형상오차에 의한 것으로 안정도 헤드의 정확한 검정이 필요하다.
4. 마살다짐기는 제작사에 따라 해머무게, 낙하고, 받침판의 규격이 서로 상이하어 국가적으로 마살 다짐장비의 재정비가 필요하다.
5. 시험결과를 분석해 볼 때 국내의 마살시험장비의 규격과 설치조건을 표준화할 수 있는 규정의 보완이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 서울산업대학교 교내 학술연구비에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. 아스팔트포장연구회 "가열 아스팔트 혼합물의 배합설계지침" 1998.
2. 한국도로포장 공학회, 아스팔트포장공학원론" 1998.
3. 한국아스팔트 공업 협동조합 연합회, "슈퍼패이브" 1998.
4. Zahur Siddiqui, Martin W. Trethewey and Davida Erson, "Variables Affecting Marshall Test Results" TRB 1171, Asphalt Materials and Mixtures, 1988, PP139-148.
5. T. D. White "Marshall Procedures for Design and Quality Control of Asphalt Mixtures", Proc. of Association of Asphalt Paving Technologists, 1985, pp. 265-284.