



아스팔트 혼합물의 역사 (2)

김 주 원*

지난호 게재내용

1. 머리말
2. 19세기의 아스팔트 포장
3. 1900년 부터 1920년대 까지의 아스팔트 포장

터 골재입도와 최적 아스팔트량과의 사이에 다음과 같은 관계식(1)을 내놓았다.

$$P = 0.015a + 0.03b + 0.17c \quad (1)$$

4. 1930년 이후 제2차대전까지의 역사

1930년 이후 배합설계에 관한 연구는 표면적이론에 기초를 둔 연구는 1940년경까지 활발히 이루어지다가 그 후는 이른바 공극이론에 기초를 두고 시공성도 고려하면서 역학시험에 기초를 두어 합리적인 설계법으로 전환하게 된다.

여기서, P : 필요한 아스팔트량(SC) (%)

a : 2.0mm체 잔류량 (%)

b : 2.0mm체 통과, 0.074mm 체 잔류량 (%)

c : 0.074mm체 통과량 (%)

캘리포니아주에서의 경험에서는 이 식에 의하면 약간 반배합으로 된다고 하여, 1935년 SC 또는 MC를 대상으로 하여 다음 식(2)와 같이 수정하였다.

4.1 표면적이론을 중심으로 한 최적 아스팔트량의 연구

$$P = 0.02a + 0.045b + 0.18c \quad (2)$$

Richardson에 의해 제창된 표면적이론은 Hubbard, MacNaughton 등의 공극이론으로 쇠퇴하고, 사리도 또는 토사도에서 도로유(road oil) 또는 액체아스팔트를 사용한 노상혼합에 의한 포장공법으로 형태를 바꾸어 이용하게 된다.

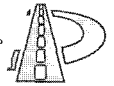
또한 유화아스팔트를 사용하는 경우에 대하여는 다음 식(3)과 같다.

$$P = 0.05a + 0.10b + 0.50c \quad (3)$$

1927년, C. L. McKesson과 W. N. Frickstadt는 액체아스팔트(SC)를 사용한 노상혼합방식의 포장에서 공시체를 채취하고 그를 분석한 결과로부

이들 경험식은 환언하면 표면적을 입도로 표시한 것이어서 노상혼합공법 등에서는 이용가치가 있다고 생각할 수 있다. 이것과 비슷한 식으로 다음 식(4)와 같은 1932년의 뉴멕시코공식이 있다.

* 참여회원 · 성원건설기술사사무소 소장



$$P = 0.02a + 0.076b + 0.15c + 0.20d \quad (4)$$

- 여기서, P : 아스팔트량(SC, MC) (%)
 a : 0.3mm체 잔류량 (%)
 b : 0.3mm체 통과, 0.15mm체 잔류량 (%)
 c : 0.15mm체 통과, 0.074mm체 잔류량 (%)
 d : 0.074mm체 통과량 (%)

이들의 식은 골재의 품질, 특히 세립분의 품질이 달라짐에 따라 크게 변동하는 것은 물론이며, 어디까지나 개략적인 것으로 최종적인 것은 현장 기술자의 경험에 의하는 바가 컸다. 그리하여 뉴멕시코공식을 수정한 것이 네브라스카주의 R. E. Bollen이다. 그는 골재와 채움재의 품질에 대하여 검토한 후, 1937년에 다음 식을 제안하고 있다.

$$P = A \cdot G(0.02a) + 0.06b + 0.10c + S \cdot d \quad (5)$$

- 여기서, P : 아스팔트량(SC, MC) (%)
 A : 0.3mm체 잔류골재의 흡수률에 따른 계수
 G : 0.3mm체 잔류골재의 단위체적중량에 따른 계수
 S : 필라 아스팔트의 부유시험에 따른 계수 $S = 0.27 \cdot P/F$ (P : 아스팔트량(중량), F : 0.074mm체 통과량(중량))
 a~d : 앞 식과 같음.

이상과 같이 골재입도를 고려하여 최적 아스팔트량을 구하는 방법은 그 후 유럽에서도 시행되어지나 결코 정밀도가 좋은 것은 아니었다. 결국 골재입도나 형상뿐 아니라 석질에 의해서도 크게 변동하는 것으로 당시에 모두 골재를 피복하는 아스팔트의 적절한 피막두께는 입경이 작아짐에 따라 얇아지는 것과 입경뿐이 아니고 골재표면조

직에 따라서도 적절한 피막두께에 차이가 생기는 것과 체가름시험의 결과를 중량으로 표시하고 있는 이상, 골재비중에 의해서도 최적 아스팔트량에 큰 차이가 생기는 것이 알려졌다. 표면적법에 의한 최적 아스팔트량을 구하는 연구에 정진한 기술자로는 H. G. Nevitt, M. Duriez 와 J. Arramibide 등이 있다.

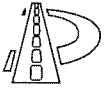
한편, 1927년 A. R. Ebberts에 의해 실시된 연구는 1934년 T. E. Stanton Jr.와 F. N. Hveem의 연구로 이어지고, 다시 1941년 F. N. Hveem에 의한 원심석유당량(CKE)에 의한 밀입도 혼합물의 아스팔트량 결정법의 연구로 발전한다. 이 방법은 그 후에도 많은 데이터에 의해 개량되고, 관련성에 대한 검토가 이루어져 오늘날에는 골재의 표면적은 물론이고, 입도, 굵은골재의 표면성상(오일 흡수성), 아스팔트의 종류 등을 조합하여 도표를 사용하여 최적 아스팔트량을 구하는 방법으로 개선되고 캘리포니아주 도로국의 배합설계법으로 이용되고 있다. 이 방법은 표면적이론에 기초를 둔 설계법으로서는 최종적인 것이라 할 수 있다.

4.2 모형실험 및 기존포장조사에 의한 배합과 공용성과의 관계

1930년대에 들어서 모형 또는 실물크기의 윤하중에 의한 회전주행시험이 시행되게 되고, 배합과 안정성, 특히 소성변형현상과의 관련성에 관한 연구가 시행되는 동시에 공용성이 양호한 도로, 균열파괴가 생긴 도로, 또는 유동변형을 일으킨 도로 등으로부터 공시체를 채취하고, 그 물리적 성질과 역학적 성질과의 비교연구가 시행되게 된다.

이와 같은 연구성과로부터 가열 아스팔트 혼합물에 있어 입도 및 간극 특성 및 아스팔트의 품질과 양의 중요성이 부각되어 가는 계기가 된다.

1933년, C. A. Carpenter는 제어된 조건에서 저가포장을 대상으로 한 공용성적, 주로 유동파괴와



배합의 관계에 관한 연구를 실시한다. 그는 자동차 타이어를 하중으로 하는 지름 3.7m의 원형주행시험기에 의해 하중을 360kg부터 730kg로 하여 아스팔트의 품질과 아스팔트의 양이 소성변형 깊이에 미치는 영향에 대한 연구 결과 아스팔트의 품질은 부유시험에 의해 정해지는 것과 아스팔트의 품질에 의해 최적 아스팔트량에 차이가 있음을 밝히고 있다.

한편, 같은 해 H. F. Kriege와 L. C. Gilbert는 Carpenter와 같은 소형 시험장치를 제작하여 온도제어를 가능하게 한 오늘날의 휠 트래킹시험을 실시하였다. 이 시험 결과에서 가장 중요한 것은 다짐 정도, 즉 밀도이며, 골재의 입도는 물론이고 형상, 표면성상, 강도가 혼합물로 사용할 때 구조 강도에 관계한다고 보아 최대 안정도를 얻는 아스팔트량이 존재하는 것을 지적하였다. 나아가 그는 과잉의 아스팔트는 혼합물에 있어 일종의 윤택유의 역할을 하여 불안정하게 된다고 하였다.

Carpenter와 같은 시험은 1935년 미국쇄석협회의 A. T. Goldbeck에 의해서도 시행되고 있다. 그는 아스팔트 혼합물은 물론이고, 아스팔트를 혼합하지 않은 쇄석만에 대하여도 변형에 대한 저항성에 관하여 검토하고 입상재료의 안정성은 석질이 일정하면 입도, 그 중에서도 특히 5mm체 통과량에 의해 좌우된다는 것을 지적하고, 5mm체 통과량이 많고 또한 0.15mm체를 통과하는 세립분을 다량으로 함유할수록 윤택중에 의한 변형이 크다고 하였다. 현장혼합의 아스팔트 혼합물에 대하여는 자갈을 사용한 경우의 윤택이 쇄석의 경우와 비교하여 현저히 크다는 것을 밝히고, 나아가 최적 아스팔트량의 존재를 시사하였다. 또한 그는 특허 포장의 일종인 Amiesite(킷백아스팔트 MC와 소석회를 필러의 일부로 사용한 것)에 대하여도 시험하여, 높은 안정도를 갖는 혼합물을 이루기 위해서는 다음과 같은 조건을 제시하였다.

- ① 용제의 감소
- ② 소석회량의 증가
- ③ 아스팔트량의 감소
- ④ 적은 침입도의 아스팔트 사용

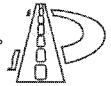
또한 이 시대까지의 안정도시험은 Hubbard-Field를 비롯하여 Skidmore, Emmons-Anderton, MacNaughton, Besson 등 모두 정적조건에서의 혼합물의 변형에 대한 저항성을 상대적으로 비교하는 것이며, 또한 비교적 세립도의 혼합물, 예컨대 시이트 아스팔트를 대상으로 한 것이었다. 그러나 이 즈음부터 서서히 아스팔트 콘크리트로 옮겨가게 되고 동적조건이 아니면 변형거동을 정확히 파악할 수 없다는 생각이 들게 되면서 이러한 연구가 시행되기 시작하였다고 볼 수 있다.

바버 아스팔트회사의 R. Vokac은 1936년부터 시이트 아스팔트 혼합물의 물성이론, 역학적 성질과 실제 포장의 공용성과의 관련성에 관한 연구에 착수하고, 1939년에 연구결과를 발표하였다. 이 연구에서는 혼합물의 밀도, 공극률, Hubbard-Field 안정도시험, Skidmore 전단저항시험, 1축압축강도, 변형계수, 영구변형 등 폭넓게 공용성에 관한 연구가 이루어졌다. 그는 공용성을 다음과 같이 구분하여 검토하고 있다.

- A그룹 : 균열과파괴가 생겨 있는 것
- B그룹 : 양호한 것
- C그룹 : 유동과파괴가 생겨 있는 것

그에 의한 주된 결론으로서는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

- 1) 공용특성과 혼합물의 공극률과의 사이에는 명확한 관계는 보이지 않으나 2~6%정도가 양호하다.
- 2) 연구용으로 사용된 시험은 어느 것이나 혼합물의 양호, 불량률을 판정하는데 유용하였으나 그



가운데에서도 1축압축시험이 가장 신뢰할 수 있었다.

3) Abson법에 의한 회수아스팔트의 침입도도 공용성과 분명히 관계가 있다.

Abson법은 오늘날에도 연구용으로 많이 이용되고 있으나 항상 정밀도에 문제가 되고 있다.

이와 같이 시물레이션시험 또는 기존포장조사는 Hubbard에 의한 아스팔트의 노화에 따르는 균열의 발생에 관한 연구나 F. L. Rashing에 의한 아스팔트 혼합물의 휨파괴강도 및 탄성계수에 관한 연구에도 이용되고 그 때까지 단순한 경험치가 정량화되어가는 방향을 보여준다.

4.3 적정입도에 관한 연구

골재입도는 혼합물의 여러 가지 성질에 영향을 주는 기본적인 성질이다. 이 점에서 넓은 의미에서의 적정입도 또는 입도의 표현방법에 관한 연구도 활발해진다. 예컨대 오늘날에도 이용되고 있는 반대수용지에 의한 입경가적곡선도 1936년부터 1939년에 걸쳐 큰 논의 끝에 정착된 것이다.

19세기가 되어 Richardson, Dow 등이 입도의 중요성을 설명하고 있으며, 20세기 초가 되어 Fuller와 Thompson의 최대밀도를 얻기 위한 연구, 또는 Talbot와 Richart에 의한 최대안정도를 얻기 위한 연구 등이 알려진다. 그러나 아스팔트 혼합물로 했을 때의 거동, 또는 성질과 입도와의 관계에 관한 연구는 적다.

1935년의 Goldbeck의 연구에 이어, 1939년이 되어 Vokac은 미국 각지와 남미, 아프리카에 이르기까지 85군데의 산지로부터 채취한 골재를 3개의 입도로 나누고, 소망입도를 결정하기 위하여 압축시험과 간극을 측정하였다. 그 결과 골재입도를 다음 3종으로 구분하고 시이트 아스팔트 혼합물의 적정입도를 구하였다.

- I형 : 적정한 것
- II형 : 이용 가능하나 만족치 않은 것
- III형 : 어떠한 이용(시공)방법으로서도 만족치 않은 것

그는 반대수용지의 입경가적곡선에서 다음 식으로 나타나는 75% 통과입경과 25% 통과입경 사이에 생기는 기울기(m)가 바람직한 입도와 관계가 있다고 하였다.

$$m = \frac{x}{\log S_2/S_1} \quad (6)$$

- 여기서, S1 : 25% 통과입경
- S2 : 75% 통과입경
- x : 두 입경 사이의 중량백분율

다음 해 1940년, F. N. Hveem에 의해서도 적정입도에 관한 연구가 이루어져 그림 1과 같은 입도범위가 발표되었다. 이것은 그 자신에 의해 개발된 스테빌로미터에 의한 실내시험결과와 과거의 경험에서 정해진 것으로 그 후 입도에 관한 연구의 하나의 지침이 되었다.

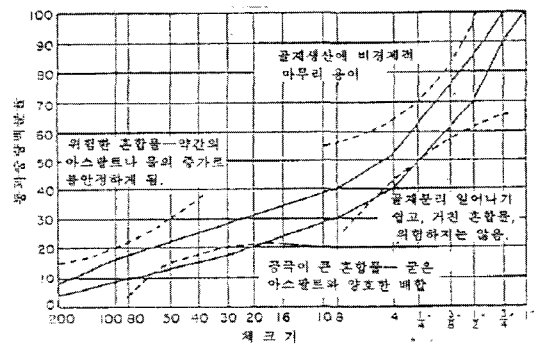
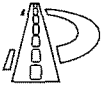


그림 1. 아스팔트 혼합물의 입도

같은 해 H. Campen은 Fuller의 입도가 항상 최대밀도를 나타내는 것이라고는 할 수 없는 것으로 최대치수가 정해질 때 최대밀도로 되는 입도곡선의 결정방법에 대하여 발표하고 있다. 이상과 같이 역학시험 및 포장의 현황조사로부터 아



스팔트 혼합물의 입도에 관한 연구가 발전한 것도 이 시기의 특징이라고 할 수 있다.

4.4 포장면에 요구되는 특성

1930년대 후반에 이르러 포장면에 대한 여러 가지 배려가 이루어진다. 즉, 교통과 기상으로부터 포장면을 보호하려고 하는 생각과 교통의 안전성을 확보하려고 하는 생각이다. 한편으로는 운하중에 의한 내마모성을 향상시키고 빗물 등의 포장으로의 침투를 방지하는 방향을 보이고, 또 다른 한편으로는 평탄성은 물론이고 미끄럼 저항성이 좋으며 야간시야의 확보가 요구되기 시작했다. Halvorson은 시거와 포장면 성상과의 관련성에 관한 연구로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 미세한 조직의 포장표면은 건조시에는 헤드라이트 또는 조명의 반사를 교란시키며, 습윤노면에서는 반사가 심하다.
- 2) 거친 조직의 포장표면은 우천시에도 미끄러운 수막을 형성하지 않는다.
- 3) 밝은 색깔의 골재를 사용한 포장은 야간에 시거 확보에 효과가 있다.

한편, Lockridge는 시일코트에 관한 연구에서 미끄럼 저항성이 좋고 단단한 재질의 모(능각)가 많은 잔골재가 효과적이라고 보고하고 있다. 영국에서도 노면의 특성에 관한 연구가 1937년부터 1938년에 걸쳐 이루어져 타르를 혼합한 아스팔트 혼합물이 미끄럼 저항성을 유지하는데 우수하다고 하고, 밝은 색깔의 골재를 이용하기를 권장하였다. 이와 같이 1930년대 말에 노면성상이 교통안전과 맞물려 널리 연구되고 있음을 알 수 있다.

4.5 건설기계의 발전과 제2차대전

1930년대는 세계적인 불황이었으나 포장용 기계에는 여러 가지 개선, 개량, 개발이 이루어진 연대였다. 1934년이 되어 아스팔트 플랜트의 원통

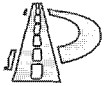
체로부터 진동 체로 개량된다. 또한 콜드 피더도 벨트 컨베이어가 채용되게 되어 2~3인의 노동자만으로 시간당 120t을 생산하게 되어 현저한 생산성의 향상을 이루었다. 퍼그밀 믹서도 용적이 증가하고 아스팔트의 분사가 스프레이 바에 의해 이루어진 것도 1939년경부터였다. 혼합시간을 설정하여 믹서 게이트의 개폐를 자동화하고, 시방으로 채택한 것도 1935년의 일이다. 다스트 콜렉터를 의무사항으로 한 것도 같은 해이며, 당시의 다스트 콜렉터는 사이클론형이었다. 1938년에 캘리포니아주의 조사에서는 평균 1배치의 중량이 1,500kg이며, 1일의 평균출하량은 700t 정도이었다고 한다.

1930년대 초에는 거푸집을 이용한 콘크리트 피니셔형의 것이었으나 1935년경이 되어 자주식의 슬립폼형의 두께조절이 가능한 스크리드를 장착한 피니셔가 출현하여 오늘날의 피니셔의 원형이 완성되고 있다. 다짐기계로는 3축 탠덤롤러가 출현한 것도 이 시기이며 포장의 평탄성은 현저히 개선되었다.

오늘날에도 사용되고 있는 히터플래너도 1938년 캘리포니아주 도로국에서 제조하여 평탄성의 향상과 미끄럼 저항의 개선에 크게 이바지하고 있다. 또한 1939년에 미국의 포장현황은 공사중인 것을 포함하여 다음과 같았다고 하는 점에서 당시에 미국이 얼마나 도로건설에 열심이었는가를 알 수 있다.

포면처리	92,328(km)	40(%)
간이포장(현장혼합)	147,205	48
침투식 머캐덤	40,969	14
가열 아스콘	25,672	8

1941년 12월에 시작된 2차대전은 1930년대의 불황을 타파하는 계기가 되었으나 민간목적의 계획은 뒷전으로 미루어지고 군사적인 것이 우선의



시대로 된다. 기존포장 거의가 유지보수가 이루어지지 않아 황폐한 상황이 되었다. 1940년에 미국의 자동차 등록대수는 승용차 2,740만대, 트럭 470만대이던 것이 2차대전이 끝난 1945년에는 승용차 2,570만대, 트럭 440만대로 감소하고 있다. 또한 깨슬린은 배급제도이어서 활동이 활발한 사람의 경우에도 주당 11리터이었다고 하니 민간교통은 대단히 어려웠다는 것을 알 수 있다.

1940년에 들어서면서부터 미육군공병대(Corps of Engineers)의 활동은 눈부신 것이어서 단순히 군사목적의 도로, 공항 등의 포장뿐 아니라 그 후의 포장기술에 크게 공헌하게 되었다. 그의 주된 것으로는 대형 항공기의 출현에 대처하기 위해 발전된 포장설계법이며, 아스팔트 혼합물의 배합설계법이다. 전자는 O. J. Porter에 의한 CBR설계법의 진보발전이며, 후자는 B. G. Marshall에 의한 안정도시험을 정밀도가 좋고 간편한 배합설계법으로 발전시킨 것이다.

5. 제2차대전 이후의 역사

제2차대전 이후의 배합설계에 관한 연구는 주로 역학시험과 공극이론에 근거한 것이 주류를 차지한다. 특히 1948년 미국 육군공병대에 의해 마찰시험의 현장확인이 시행되면서 미국의 많은 주에서는 이 설계법을 채택하게 된다.

현재도 사용하고있는 이 설계법은 역학시험과 동시에 혼합물의 물리적 성질에 대해서도 기준을 정해둔 것이며, 공극이론에 기초한 것이라고 생각할 수 있다. 따라서 많은 연구는 혼합물의 공극량의 제어, 혼합물의 밀도 또는 혼합물의 물리특성과 안정성과의 관계 등에 관한 연구가 중심이 되고, 그 결과 배합설계 시점에서의 다짐과 롤러 전압에 의한 다짐의 차이를 검증한다고 하는 연구로 이어지고, 배합설계와 공용성과를 비교하려고 하는 노력이 이루어지게 되었다.

또한 공극량을 정확히 산출하기 위해서는 골재의 비중이 기초가 되므로 골재의 아스팔트 흡수성(吸收性) 또는 흡수메카니즘에 관한 연구도 이루어진다.

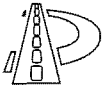
5.1 공극에 관한 연구

적정한 입도라는 점에서 시작하여 가요성(flexibility)이 있으면서 안정성이 높은 혼합물을 만들기 위해서는 골재간극량에 어느 정도 최소한계가 존재한다는 것이 알려지게 되나 이러한 생각을 처음 제창한 것은 1933년 Johannsen에 의해서이다.

제2차대전 후의 공극에 관한 연구는 1947년 Kampf 와 Raisch에 의해 이루어진다. 이들은 골재입도를 여러 가지로 변화시킨 연구중에서 다음과 같은 결론을 얻어냈다.

- ① 높은 공극률을 가진 혼합물의 아스팔트는 노화(aging)가 빠르다.
- ② 골재의 표면적은 아스팔트량 및 채움재량의 결정인자로 되지는 않는다.
- ③ 채움재량의 증가는 아스팔트량의 증가로 되지 않으며, 오히려 감소시킨다.
- ④ 이른바 좋은 입도라고 하는 것은 반드시 연속입도 또는 좋은 입도곡선을 가리키는 것은 아니며, 오히려 다량의 굵은골재와 소량의 잔골재, 그리하여 극소량의 중간입경을 갖는 혼합물이다.

공극률이 높은 혼합물의 아스팔트의 노화에 대해서는 이미 Hubbard에 의해 지적된 바 있으며, 지나치게 공극을 감소시키는 것은 시공면에서도 적절치 않고, 시공되었다 하더라도 단단하고 가요성이 부족한 포장이 된다는 것을 경험으로 알려졌다.



또한 아스팔트의 노화에 대하여는 1958년 AAPT (Association of Asphalt Paving Technology)에서 개최한 심포지움에서 Krchma는 배합설계와 노화의 관련성에 대하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- ① 아스팔트의 피막두께가 얇아지면, 바꾸어 말하여 최적 아스팔트량보다 0.5% 감소하면 포장의 수명은 현저하게 감소한다.
- ② 침입도가 적은 아스팔트를 사용한 혼합물의 아스팔트 피막두께가 두꺼운 것은 보다 내구적이다.
- ③ 개립도의 경우는 내구성 향상을 위해서 특별한 배려가 필요하다.
- ④ 다짐은 특별히 중요하며, 공극률에서 1%의 변동은 노화를 크게 좌우한다.

적절한 공극은 적절한 입도와 적절한 아스팔트량에 의해 얻어지는 것이므로 그 적절한 공극에 대하여도 시공성, 공용성의 면에서 널리 연구가 이루어졌다. 1930년대에 Taylor는 만족스러운 혼합물이 되기 위한 조건으로 2~4%의 공극률을 주장하였고, 그 후 Hubbard와 Field는 1.5~5%의 공극률을 주장하였다.

그러나 Nijbore는 1947년 혼합물의 배합과 소성에 관한 연구를 3축시험을 이용하여 시행한 결과로부터 공극률이 2~3% 이하로 되면 안정성이 현저하게 떨어지는 것으로 밝혀냈다. 한편 Weetman과 Hurlburt는 안정성에 관한 연구에서 적절한 혼합물이 되기 위한 공극률의 상한은 7%라고 하였다. 이 상한치에 대하여는 그 이전에 Hubbard는 6% 이상의 공극률을 갖는 포장에서는 내구성 향상을 위해서도 시일코트를 실시해야 한다고 하였다. 이와 같이 오늘날 배합설계에 있어서 공극률을 3~7%로 하고 있는 것은 1947년에 이미 제안되어있었다는 말이 된다.

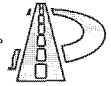
1957년부터 Campen은 아스팔트 혼합물의 배합설계에 관한 연구를 실시하면서 공극량과 밀접한 관계가 있는 골재간극량과 골재입도의 관계, 골재 표면적 및 아스팔트 피막두께와 혼합물의 안정성과의 관계 등을 연구하였고, 1963년에는 혼합물의 아스팔트량을 지배하는 인자와 아스팔트량 결정법에 관한 연구로부터 다음과 같은 것을 밝혀냈다.

- ① 최소 골재간극률과 표면적과의 사이에는 특별한 관계가 없고, 동일한 간극률에 있어서도 표면적은 크게 다르다.
- ② 일반적으로 표면적이 증가하면 최적 아스팔트량도 증가하나, 표면적과 피막두께의 곱한 것이라고 하는 것과 같이 비례적으로 증가한다고 하는 말은 아니다.
- ③ 따라서 표면적이 증가하면 최적 아스팔트량 일 때의 아스팔트 피막두께는 감소한다.
- ④ 일반적인 혼합물이면 아스팔트 피막두께가 6~8 μ m(미크론)일 때 가장 양호한 혼합물이 된다.

또한 Campen은 최적 아스팔트량을 지배하는 인자로서 다음과 같이 구분하였다.

- ① 골재입도
- ② 골재의 형상과 표면성상
- ③ 골재의 아스팔트 흡수성
- ④ 골재표면적과 아스팔트 피막두께
- ⑤ 다짐 에너지
- ⑥ 공극률의 기준
- ⑦ 안정도
- ⑧ 교통조건 및 공용후의 밀도

특히 골재입도는 아스팔트량을 결정하기 위한 기본적인 성질이라고 하고, 또한 골재의 형상과



아스팔트의 흡수성도 경우에 따라서는 0.5~1.5% 정도로 아스팔트량에 차이가 나타난다고 하였다. 나아가 공극률을 이론밀도에서 구하는데 있어서는 골재비중의 선택에 충분히 주의할 필요가 있다는 것을 강조하고, 배합설계에 있어서는 아스팔트 피막의 두께인가 또는 흡수성인가를 고려할 필요가 있다고 하였다. 그리하여 안정도는 아스팔트량의 결정을 위한 기본적인 요인이 되지 않으며, 오히려 입도와 골재형상이 안정도를 지배한다고 하였다.

이와 같이 골재의 아스팔트 흡수성의 정량화가 어려우나 다시 골재표면적에 주목하므로써 오늘날에도 캘리포니아주에서는 원심석유당량(CKE, Centrifuge Kerosene Equivalent)시험을 사용하고 있고, 최근에는 Cecheti에 의해 수정 CKE시험도 제안되어 있다. 이 연구의 주된 목적은 골재표면적의 측정법을 확립하는 것과 동시에 골재의 아스팔트 흡수성을 정량화하고, 배합설계에 도움이 되도록 하고자 하는 것이다. 이 CKE시험은 현재에도 빔(Hveem) 배합설계방법에서 활용되고 있다.

5.2 다짐조건과 배합설계

다짐조건이 골재간극률이나 공극률에 크게 영향을 미치는 것은 쉽게 상상할 수 있다. 이에 관한 많은 연구는 배합설계시의 다짐 에너지 또는 다짐방법과 현장밀도 또는 공용성과의 관계를 밝혀내려고 하는 것이었다.

이미 1940년에 Endersby에 의해, 또한 1951년에 Blott에 의해 공용후 교통에 의한 압밀이 원인이 되어 혼합물중의 공극이 감소하고, 그 결과로서 유동변형 등의 불안정한 상태가 생기는 것이 지적되었다. 1954년에는 노스캐롤라이나주에서 아스팔트 혼합물의 배합설계와 공용성에 관한 연구를 위한 시험포장이 시행되어 Morgan에 의해

그 결과가 보고되어 있다.

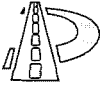
그에 의하면 배합설계는 수정 Hubbard-Field법에 의해 실시하고, 주로 다짐도, 즉 현장밀도와 배합설계 시점에서의 밀도를 비교하여 최적 아스팔트량 결정을 위한 기초자료를 얻는 것을 목적으로 하였다. 그 결과 1년간 교통에 공용된 후의 현장밀도는 배합설계시 밀도의 97.5~99.1%이고, 평균 98.1%라는 것을 알아냈다.

나아가 1956년에는 Monismith와 Vallerga는 니딩컴팩터(kneading compactor)에 의해 다져진 공시체와 정적조건으로 다져진 공시체에 대하여 상세한 실내시험(3축시험)을 비교하여 다짐방법에 의해 전혀 다른 응력-변형특성을 나타내고 있음을 지적하고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- ① 밀도와 안정도의 관계는 안정도기준의 채택 방법에 따라 일률적으로 규정할 수는 없다. 안정도를 어느 특정한 변형에 있어서의 응력으로 할 경우 밀도의 증가는 혼합물의 조성에 따라 안정도는 증가하거나 감소한다.
- ② 마찰시험 등 현행의 시험법은 안정도를 규정할 때의 변형에 큰 변동을 나타낸다.
- ③ 특정한 변형(0.5~2%)이 발생할 때의 응력을 안정도로 할 경우, 니딩컴팩터를 사용한 공시체는 아스팔트의 증가 또는 밀도의 증가에 따라 극단적으로 안정도는 저하한다.

이와 같이 실제의 현장다짐(전압)을 고려한 다짐방법으로 가장 주목되는 것이 자이레터리 콤팩터이다. 텍사스주 도로국이 이 방법을 개발한 것은 1939년이며, 1946년 표준시험법으로 되기까지는 잠정법으로 이용되면서 많은 자료가 모아졌다.

1939년 당시 보다 현장의 상황을 반영한 시험방법의 개발이 필요하게 되어 완성된 포장의 밀도 또는 공극률이 배합설계시와 동등할 것, 공용후의 압밀을 예측할 수 있고, 또한 최종밀도가 일



치하는 것. 공용중 골재의 세립화를 재현할 수 있을 것 등을 전제로 하여 시험제작된 것이다.

초기의 자이레터리 시험기는 여러 가지 시행착오를 거치며 개발되기에 이르렀으며, 1959년에 미국 육군공병대에 의해 오늘날의 자이레터리 시험기로 발전하며, 잠정시험방법이 제안되었다.

(다음 호에 계속)