

마이크로 버블 아스팔트 공법을 이용한 건설잔토의 안정처리 연구

Stabilization of Construction Waste Soil Using Micro Bubble Asphalt Method

박태순* · 김학서** · 서경원***

Park, Tae Soon · Kim, Hak Seo · Seo, Kyoung Won

1. 서 론

공업단지의 조성, 신도시 및 도로 건설과 같은 공공사업의 확대와 민간 투자에 의한 건축수요의 증가 및 지가상승 등에 따른 지하공간의 유효이용 등으로 건설잔토의 발생량이 매년 증가되고 있다. 건설잔토는 일종의 폐기물으로써 사토장 매립시 환경오염은 물론 자연경관을 훼손시키기 때문에 재활용 차원의 유효한 처리공법이 요구되고 있다.

이러한 목적의 일환으로 본 연구에서는 아스팔트 혼합물의 골재대용으로 건설잔토를 사용하고자 하는 것이다.

토사와 아스팔트를 혼합한다는 개념의 연구는 골재가 부족한 일부 유럽지역, 아프리카, 미국의 중부 지역에서 도로포장 공사의 골재기층을 대용할 수 있는 공법을 개발하기 위하여 시작되었고, 핵심 기술인 마이크로 버블 아스팔트 장치는 Iowa 주립대학의 Csanyi(1960) 교수에 의해 최초로 개발되었다. 이 방법은 아스팔트 거품으로 아스팔트의 체적을 팽창시켜 표면적을 극대화한 박막으로 광물성 분진의 모든 입자를 코팅 할 수 있고, 다양한 토질을 코팅처리하여 지반을 안정화시키는 방법으로 연구되어왔다. 그 결과 아스팔트의 팽창특성을 이용한 안정처리토는 흙의 점착력, 강도 등을 향상시키는 것으로 나타났다. 그러나, 당시 수행된 일련의 실내시험은 물리적 특성 향상에 초점을 맞추어 실시되었기 때문에 아스팔트에 의해 보강된 안정처리토의 역학적 성능에 대한 의문이 남아있다.

최근 이러한 마이크로 버블 아스팔트를 이용하여 폐골재를 재활용하기 위한 연구가 미국, 유럽, 남아프리카 공화국 등에서 활발히 연구되고 있는데, 현재 아스팔트 포장에 사용하고 있는 가열방식은 이산화탄소를 발생시키고 가열을 하기 위한 에너지가 많이 소요되기 때문에 환경 친화적인 포장공법의 개발을 위해서 관심을 끌고 있는 방법이다. 한편, 국내에서도 마이크로 버블 아스팔트 공법을 이용하여 폐아스팔트를 재활용하는 연구가 수행된 바 있다(박외 2명, 1999, 박외 3명, 2002).

본 연구에서는 마이크로 버블 아스팔트 장치를 이용한 아스팔트 혼합토를 제작하여 토질역학적 및 포장공학적 특성시험을 실시함으로써 도로포장재료로서의 적용 가능성에 대하여 평가하고자 한다.

2. 시험재료 및 방법

2.1 시험재료

본 연구에서 사용한 건설잔토는 서울시 근교의 도로현장에서 채취한 시료(비중 = 2.695, 통일분류 = SW-SM)이고, 아스팔트는 일반 스트레이트 아스팔트인 AP-3(PG 64-22)를 사용하였다. 또한, 수분저항성 향상을 목적으로 석분을, 보강목적으로 시멘트를 사용하였다.

* 정희원 · 서울산업대학교 토목공학과 교수 · 02-970-6506(E-mail:tpark@snut.ac.kr)
** 정희원 · 서울산업대학교 건설기술연구소 연구원 · 02-970-6946(E-mail:ddssoon@empal.com)
*** 정희원 · 서울산업대학교 토목공학과 석사과정 · 02-970-6946(E-mail:skw97104617@empal.com)

2.2 시험방법

2.2.1 마이크로 버블 아스팔트의 원리 및 생성

마이크로 버블 아스팔트의 원리는 가열된 아스팔트가 소량의 물과 접촉했을 때 수분의 증발과 함께 거품으로 팽창하게 되며, 이때 아스팔트는 본래의 체적보다 10~20배정도 팽창하게 된다. 이 발생된 마이크로 버블 아스팔트는 팽창된 표면적과 표면력으로 토질을 코팅하게 된다. 이 팽창된 아스팔트는 흙의 세립자들과 효과적으로 결합하여 시멘트 페이스트와 같은 접착제 역할을 하며 흙의 공학적 성질을 개선시킨다.

아스팔트의 팽창은 진공의 팽창실에 가열된 아스팔트, 물 그리고 압력을 가하여 아스팔트를 팽창시키며 노즐을 통해 배출된다. 사진 1은 본 연구에서 사용된 마이크로 버블 아스팔트 장치(독일 Wirtgen 제작)로 아스팔트 가열장치와 압력을 가하여 낮은 온도에서 가열효과를 상승시키는 진공 팽창실 및 혼합물을 혼합할 수 있는 믹서로 구성되어 있다.

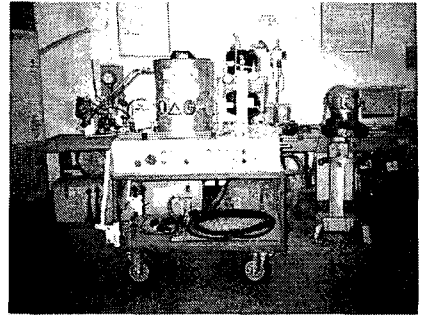


사진 1. 마이크로 버블 아스팔트 장치

2.2.2 배합설계 방법

본 연구에서는 다짐시험을 실시하여 건설잔토의 최적함수비를 16%로 결정하였으며, 아스팔트의 거품발생에 필요한 최적함수비는 1.4%로 결정하였다. 배합설계에서의 최적배합비는 최적함수비를 기준으로 60~100%로, 아스팔트비는 3~6%로 변화시키면서 마샬안정도시험과 간접인장강도시험(건조, 간접흡수방식의 습윤상태), 회복탄성계수시험을 실시하여 최적성능으로 결정하였다.

시험 공시체는 도로의 기층용에 사용되는 아스팔트 혼합물 제조방법(ASTM D 1559)에 따라 마샬 다짐기(양면 50회 다짐)를 사용하여 제작하였다. 제작된 공시체는 온도양생 40℃에서 5일간 양생 후 시험을 실시하였다.

2.2.3 역학시험 방법

본 연구에서 실시한 토질역학적 특성시험인 실내 CBR 시험은 KS F 2320의 규정에 따라 실시하였으며, 삼축압축시험은 KS F 2346의 규정에 따라 비압밀 비배수 조건으로 실시하였다. 또한, 포장공학적 특성시험인 마샬안정도시험은 미국표준시험법(ASTM)의 상온 유화 아스팔트 혼합물의 규정인 25℃에서 실시하는 시험(건조 및 습윤상태)과 KS F 2337의 기준에 따라 60℃의 항온수조에 공시체를 30여분간 수침 시킨 후 분당 50.8mm의 속도로 압축력을 가하는 표준마샬안정도시험 두 종류를 실시하였다. 간접인장강도시험은 ASTM P 4123의 규정에 따라 시험온도 25℃에 공시체를 3시간 양생한 후 분당 50.8mm의 속도로 압축력을 가하여 실시하였다. 회복탄성계수시험은 ASTM D 4123의 규정에 따라 25℃에서 실시하였다.

역학시험에 사용된 네 가지 시험변수는 표 1과 같다.

표 1. 시험변수

	① 건설잔토	② 개량	③ 수분저항	④ 보강
내용	건설잔토 100%	①에 아스팔트 혼합	①에 석분 6.6% 첨가후 아스팔트 혼합	①에 석분 4.6%와 시멘트 2% 첨가 후 아스팔트 혼합



3. 시험결과 및 분석

배합설계에서의 마찰안정도, 간접인장강도, 회복탄성계수 값을 비교한 결과 아스팔트비 5%, 혼합합수비 80%상태에서 최적성능을 나타내었다.

3.1 토질역학적 특성

노상토 지지력을 평가하기 위한 실내 CBR시험에서는 그림 1과 같이 석분과 시멘트를 첨가할수록 CBR값이 증가하였으며, 다짐횟수 25회에서 최대 CBR값이 나타났다.

또한, 전단응력을 측정하기 위해 삼축압축시험(비압밀 비배수 조건)을 실시한 결과 그림 2와 같이 건설잔토, 개량, 수분저항은 서로 비슷한 전단응력을 나타냈고, 보강의 경우가 가장 큰 전단응력을 나타내었다. 그림 3은 구속압 0.5kg/cm²일 때의 p-q 관계를 나타낸 것이다.

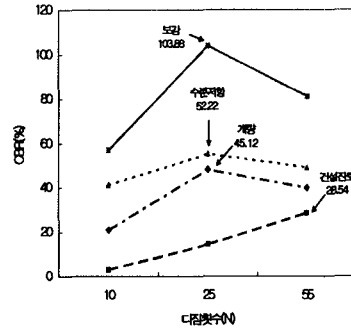


그림 1. 실내 CBR 시험결과 비교

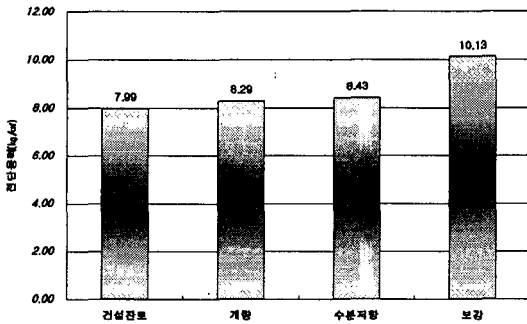


그림 2. 전단응력 비교

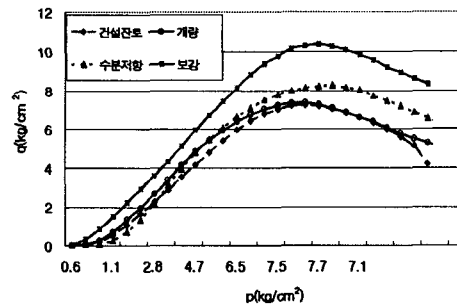


그림 3. 하중 재하시 p-q관계

3.2 포장공학적 특성

마찰안정도시험에서는 그림 4와 같이 건조·습윤마찰안정도는 석분과 시멘트를 첨가할수록 안정도값이 증가하는 경향을 나타냈고, 건설잔토의 경우는 습윤마찰안정도시험시 파괴되는 현상을 나타내었다.

또한, 60℃의 물에 30분간 수침 후 시험하는 표준마찰안정도시험에서는 건설잔토, 개량, 수분저항의 경우 모두 시험도중 파괴되었으나, 보강은 1004kg의 안정도를 나타내었다.

간접인장강도 결과도 그림 5와 같이 마찰안정도와 유사한 경향을 나타냈다. 특히, 개량의 경우 건설잔토보다 약 2배 이상의 간접인장강도가 증가하였다. 또한, 회복탄성계수 시험에서는 그림 6과 같이 건설잔토는 시험도중에 파괴되었고, 개량, 수분저항, 보강은 4,000MPa 이상의 회복탄성계수 값이 측정되었다. 이러한 결과는 일반 흙이 취성적인 파괴를 나타낸 반면 아스팔트가 토사 내부에 혼

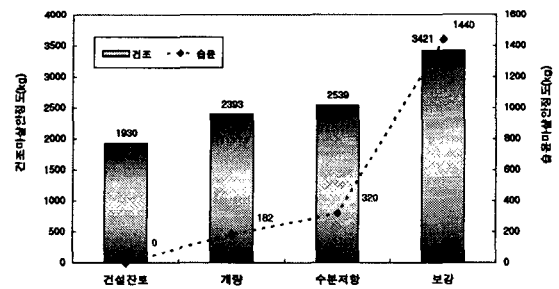


그림 4. 마찰안정도 비교



입되면서 점착력 및 탄성이 증가하여 회복탄성계수가 증가된 것으로 판단된다.

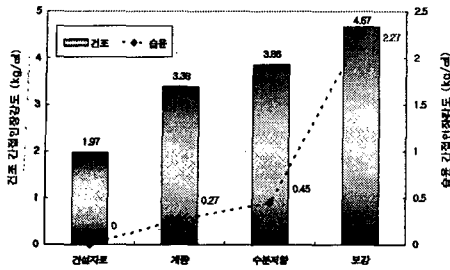


그림 5. 간접인장강도 비교

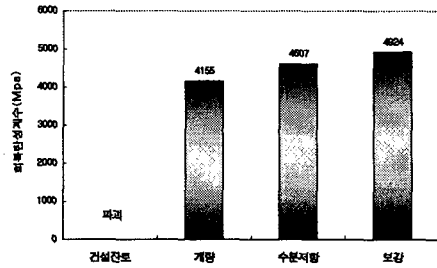


그림 6. 회복탄성계수 비교

4. 결론

마이크로 버블 아스팔트와 건설잔토를 사용하여 제조한 아스팔트 혼합토의 시험 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 마이크로 버블 아스팔트 혼합토의 우수한 역학적 특성을 확보하기 위해서는 사용하는 토질의 종류에 따라 배합시험으로부터 혼합합수비와 최적아스팔트비의 결정이 필요하다.
- (2) 건설잔토 내부에 아스팔트가 혼입됨으로써 점착력 및 탄성 복원력이 향상되어 지지력 및 전단강도와 같은 토질역학적 특성과 마찰안정도, 간접인장강도, 회복탄성계수와 같은 포장공학적 특성 향상이 실내시험으로부터 발견되었다. 또한, 석분과 시멘트의 첨가는 이러한 결과를 더욱 크게 향상시키는 것으로 나타났다.
- (3) 따라서, 건설잔토를 활용한 마이크로 버블 아스팔트 혼합토는 적절한 세립분 첨가제(석분, 시멘트 등)를 혼합할 경우 도로포장재료로서 활용이 가능한 공법이라고 판단된다.

참고문헌

1. 박태순, 김용주, 백성현, 김광우(1999), "환경친화적 페아스팔트 활용공법의 평가 -폼드아스팔트공법-" 한국도로포장공학회 학술발표회, 한국교육문화회관, pp. 75-80.
2. 박태순, 김용주, 김기연(2002), "반 가열 재생 폼드 아스팔트 혼합물의 개발 및 성능시험연구" 한국도로포장공학회 학회지, 제4권, 제 1호, pp. 135-147.
3. Bissada, A.F.(1987), "Structural response of foamed-asphalt-sand mixtures in hot environments". In: Asphalt materials and mixtures. Washington, DC: Transportation Research Board, pp. 134-149.
4. Bowering, R.H.(1970), "Properties and behaviour of foamed bitumen mixtures for road building" In: Proceedings of the 5th Australian Road Research Board Conference, held in Canberra, Australia, pp. 38-57.
5. Lee, D.Y.(1981), "Treating marginal aggregates and soil with foamed asphalt", In: Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 50, pp. 211-250.