

# 초속경형 아스팔트 콘크리트용 주입재의 물리적 특성

윤형선<sup>†</sup> · 이장환\* · 박원춘\*\* · 서성규\*\*\*

한국산업단지 전남EIP사업단

<sup>\*</sup>(주씨엠디기술단

<sup>\*\*</sup>(주대웅 기술연구소

<sup>\*\*\*</sup>전남대학교 환경시스템공학과

## Physical Properties of Rapid-Setting Asphalt Concrete Grouting materials

Hyung-Sun Yoon<sup>†</sup> · Kyoung-Ju Mun\* · Won-Chun Park\*\* · Seong-Gyu Seo\*\*\*

*Jeonnam EIP Division, Korea Industrial Complex Corporation(KICOX)*

*\*Construction Materials Doctors(CMD) Group*

*\*\*Daewoong Institute of Technology*

*\*\*\*Department of Environmental System Engineering, Chonnam National University*

### Abstract

The objective of this study is to evaluate the physical properties of rapid-setting asphalt concrete grouting materials. This study investigates the fluidity, viscosity and compressive strength at 3-hour of grouting materials with various mixing ratio. From the test results, when the quantity of CSA is over about 30%, the compressive strength of 3-hour was satisfied a minimum requirement of 7 days in Japan. Also, the fluidity for the time to infiltrate into pore of the asphalt concrete are enough to be applied in construction field.

**Keywords** : Rapid-setting Asphalt concrete, Fluidity, Viscosity, Compressive strength

### 1. 서론

도로의 포장은 크게 아스팔트 콘크리트 포장과 시멘트 콘크리트 포장으로 나누어지는데, 포장의 역학적 거동특성에 관점을 두어 아스팔트 콘크리트 포장을 가요성(flexible) 포장으로 시멘트 콘크리트포장을 강성포장(rigid pavement)으로 부르기도 한다. 최근 교통량의 증가로 아스팔트 포장의 파손이 촉진되어 유지보수 주기가 단축되고 있으며, 특히 여름철 고온에 의한 아스팔트 포장체 온도상

승으로 도심구간의 도로와 중차량이 통행하는 주요 간선도로에서 많은 소성변형(rutting)이 발생되고 있다. 소성변형은 도로의 안전과 깊은 관계가 있고 포장의 파손으로 이어져, 포장의 수명을 단축시키는 요인으로 지적되고 있다.<sup>1,2)</sup> 이러한 문제를 해결하기 위해서 강성포장인 콘크리트 포장이 다시 주목을 받고 있으나, 콘크리트 포장은 아스팔트 포장에 비해서 양생기간이 길다는 문제점을 갖고 있어서 교통개방이 긴급한 도로 에서는 적합하지 않으며, 양생에 따른 교통지체는 사회 간

<sup>†</sup>Corresponding author E-mail: yhsecl@hanmail.net

접비용을 증가 시키게 된다. 이러한 아스팔트 포장의 가요성과 콘크리트 포장의 강성 및 내구성을 동시에 지닌 포장공법으로 반강성 (semi-rigid)포장은 아스팔트 포장과 시멘트 콘크리트의 특성을 복합적으로 활용하고자 하는 것으로서 공극이 큰 배합의 개립도 아스콘 또는 단입도 골재를 사용한 아스팔트 콘크리트를 포설한 후 그 공극을 시멘트를 주원료로 한 주입재를 침투시키는 포장을 말한다<sup>3)</sup>. 이러한 반강성 포장은 아스팔트 콘크리트 포장에 비해 내유동성, 내하중성, 내유성, 내열성, 명색성과 유색성이 우수하며, 이러한 특성을 바탕으로 선진국에서는 교차로, 중교통도로, 버스차로, 주차장, 주유소, 활주로, 터널안의 도로, 유원지도로 등에 많이 시공하고 있다<sup>4)</sup>. 이 반강성 포장에 사용되는 주입재는 필요양생시간에 따라 보통형(약 3일), 조강형(약 1일), 초속경형(약 3시간)이 있으며, 일반적인 주입재는 시멘트에 플라이애시, 규사 등과 균열을 한층 더 억제하기 위한 폴리머 디스퍼전, 유동성을 향상시키기 위한 유동화제 등을 혼합하여 제조한다고 알려져 있다. 우리나라에서는 이러한 반강성 포장이 시공된 사례가 매우 적으나, 향후 반강성 포장이 확산될 전망이다.

한편, 다양한 부분에서 주입재에 관한 기초 연구로는 포틀랜드 시멘트, 알루미늄 시멘트, 무수석고를 이용한 무수축 그라우트 배합 특성<sup>5)</sup>, 해수환경에서 내해수성이 강한 주입재 조합 검토 연구<sup>6)</sup>, 시멘트계 주입재료의 압

반그라우팅 효과<sup>7)</sup>, 이산화탄소 주입공 그라우팅재료로서의 조강 3종 포틀랜드 시멘트의 물/시멘트 배합비에 따른 역학적 특성<sup>8)</sup> 등에 관한 연구들이 보고되고 있다.

따라서 본 연구에서는 아스팔트 콘크리트용 주입재를 제조하고, 이에 따른 물리적 특성을 평가하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 아스팔트 콘크리트용 주입재의 품질기준

아스팔트 콘크리트용 주입재의 품질기준에 관하여 우리나라에서는 정해진 규격이 없으며, 일본 도로포장협회의 아스팔트 포장요강에서 주입용 시멘트 밀크의 표준 성상에 대하여 규정하고 있다. 본 연구에서는 아스팔트 콘크리트용 주입재중 초속경형에 관하여 일본 도로포장협회의 아스팔트 포장요강에서 정한 기준치와 현장시공 여건상 필요한 사항을 고려하여 Table 1과 같은 초속경형 아스팔트 콘크리트용 주입재의 품질기준을 정하였다. 특히 플로우 유지시간은 현장에서 작업을 하기위한 시간과 아스팔트 콘크리트의 공극을 충분히 침투할 수 있는 시간이 필요하기 때문에 매우 중요한 품질특성이며, 신속한 교통개방을 위한 주입재의 초속경성이 매우 중요하므로 3시간 양생후의 압축강도가 일본 도로포장협회의 7일 양생 압축강도의 최소 요구사항을 만족하도록 정했다.

Table 1. The quality criteria of grouting materials

항 목	일본도로협회 기준치	시공여건감안 기준치	비고
플로우(프로드)	10 - 14초	10 - 14초	W/G Ratio 45%
점 도	-	8 cps 이하	KS M 3825
플로우 및 점도 유지시간	-	40분 이상	-
압축 강도	9.8 - 29.4 MPa(7일)	9.8 MPa 이상(3시간)	JIS R 5201
휨 강도	19.6 MPa 이상(7일)	-	

## 2.2. 사용재료 및 배합비율

본 연구의 아스팔트 콘크리트용 주입재는 국내 S사의 1종 시멘트, 일본 D사의 CSA (Calcium Sulfo-Aluminate), 수입산 천연무수석고, 8호 규사 입도를 가진 광산폐기물인 광미분을 주원료로 사용하였고 분말상태의 리그닌계와 멜라민계의 유동화제, 응결지연제, 응결촉진제를 소량의 부원료로 외할(外割) 첨가하였다. 원재료인 1종 시멘트, CSA, 무수석고 및 광미분의 화학성분을 Table 2에 나타내었다.

많은 예비시험을 통해서 소요 유동성 및 강도특성을 만족할 것이라 생각되는 배합을 Table 3과 같이 구성하였다.

## 2.3. 아스팔트 콘크리트용 주입재의 물리적 특성 시험

### 2.3.1. 주입재의 플로우(P 로드)

상기 배합의 주입재를 W/C 45%의 페이스트를 만들어 혼합 즉시, 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분의 플로우를 측정하였다.

### 2.3.2. 주입재의 점도

상기 배합의 주입재를 W/C 45%의 페이스트를 만들어 혼합 즉시, 10분, 20분, 30분, 40분, 50분, 60분의 점도를 측정하였다.

### 2.3.3. 주입재 페이스트 압축강도

상기 배합의 주입재를 W/C 45%의 페이스트를 만들어 플로우나 점도가 기준치를 만족하지 않게 되는 시점에서 큐빅 몰드(5×5×5 cm)로 공시체를 성형한 후 3시간동안 20 ℃ 기온에서 대기 양생하여 압축강도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

Table 2. Chemical composition of raw materials

구 분	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	F-CaO	Ig.loss
1종 시멘트	24.47	7.04	2.08	50.82	2.49	-	-	1.31
CSA	2.57	12.13	0.65	53.24	1.32	29.32	16.00	0.96
무수석고	2.01	0.22	0.07	41.18	0.04	55.90	-	0.50
광미분(#8)	64.01	8.12	10.53	8.74	1.92	-	-	0.45

Table 3. Mixing proportion of grouting materials

No	주원료(100%)				부원료(外割 첨가)			
	1종 시멘트	CSA	무수석고	광미분	리그닌계 유동화제	멜라민계 유동화제	응결 지연제	응결 촉진제
1	40	27.5	27.5	5	0.5-5%	0.2-4%	0.1-3%	0.1-3%
2		30	25					
3		36	19					
4	50	22.5	22.5					
5		27	18					
6		30	15					

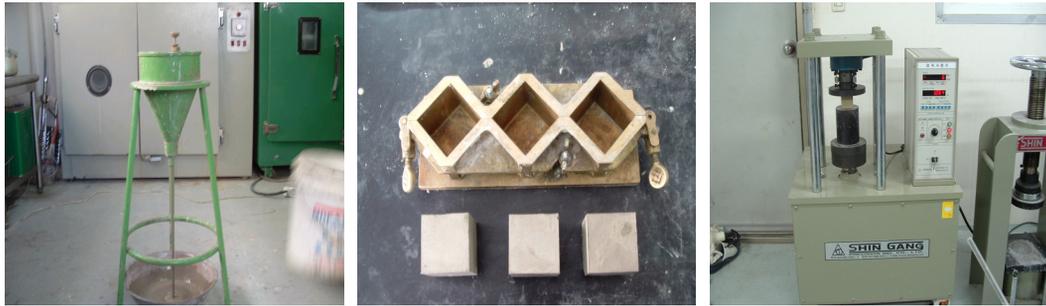


Photo 1. P로드 시험

Photo 2. 성형된 공시체

Phot 3. 압축강도 시험

Fig. 1. Test methods and specimen.

### 3.1. 주입재의 플로우 및 점도

각 배합별 주입재의 플로우 및 점도 측정 결과를 나타내었다. Fig. 2는 P-로드 유동성 시간에 대한 결과를 나타내었다. 시료 1, 2, 3은 모두 40분, 시료 4는 60분, 시료 5, 6은 모두 50분으로 나타났다. Fig. 3은 점도시간에 대한 결과를 나타내었다. 시료 1, 2는 40분, 시료 3은 30분, 시료 4는 60분, 시료 5, 6은 모두 50분으로 나타났다. 본 시험에서는 부원료를 일정비율로 고정하여 시험을 수행한 관계로 CSA의 비율이 36%인 3번 배합을 제외한 모든 배합에서 유동성을 소요시간동안 유지하였다. 그러나 이 결과는 전체 주입재중 CSA의 비율이 36%를 넘어서는 안된다는 것을 의미하지 않는다. 유동화제 종류간의 비율조정이나 응결축진제 및 지연제의 비율조정에 의해서 소요 유동성을 유지시킬 수 있을 것이다. 동시에 유동성을 유지하는 시간이 너무 길어진 경우도 CSA의 비율이 일정부분 이하이어서는 안된다는 것을 의미하지는 않는다.

### 3.2. 주입재의 압축강도

각 배합별 주입재의 압축강도 측정 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 시료 1, 2는 모두 12.0 MPa, 시료 3은 12.8 MPa, 시료 4는 8.5 MPa, 시료 5는 9.1 MPa, 시료6은 11.7 MPa로 나타났다. 주입재의 3시간 압축강도는 1, 2, 3, 6

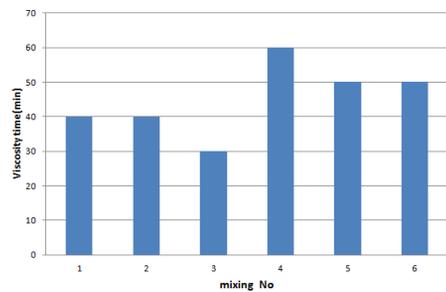


Fig. 2. P-load fluidity time of grouting materials.

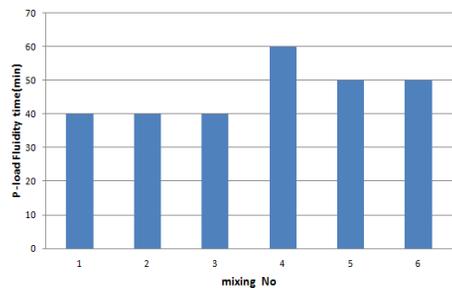


Fig. 3. Viscosity of grouting materials.

번 배합이 기준치를 만족하였다. 이는 초기에 급격한 수화를 일으키는 CSA의 양이 약 30% 이상은 되어야 함을 의미한다. 그러나 이 결과는 시멘트 슬래그 분말의 높은 분말도에 의한 조기 활성도 발현에 따른 결과가 포함되어 있음을 유의하여야 한다. 일반적으로 3  $\mu\text{m}$  이하의 시멘트 입자가 초기의 강도 발현에 큰 영향을 준다고 알려진 바와 같이 본 연구에 사용된 초미립자복합시멘트의 경우 일반

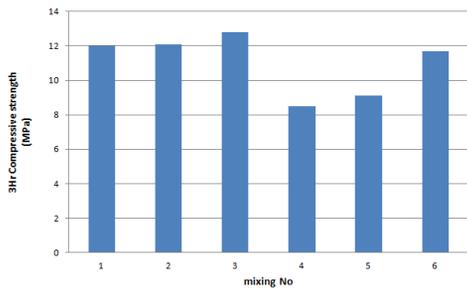


Fig. 4. 3-hour compressive strength of grouting materials.

시멘트와는 다른 초기 수화특성을 보일 것으로 판단되기 때문이다.

#### 4. 결론

초속경형 아스팔트 콘크리트용 주입재를 1종 시멘트, CSA, 무수석고 등을 이용해 제조하여 유동성 및 강도특성을 평가해 보았으며 이러한 시험을 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) CSA의 양이 전체 주입재의 약 30% 이상일 경우 3시간 양생 후 압축강도가 일본 도로포장협회의 7일 양생 압축강도의 최소 요구사항을 만족하였다.
- 2) 유동화제 및 응결시간 조절제의 비율을 3% 이내로 고정할 경우 CSA의 양이 전체 주입재의 약 30%에서 36% 사이인 조건에서 현장작업 및 아스팔트콘크리트의 공극에 침투할 시간을 위한 유동성이 유지된다.
- 3) 초기 급격한 수화 반응에 의한 균열을 억제하기 위해 폴리머 디스퍼전이나 플라야시를 사용하지 않았음에도 불구하고 공시체에 균열은 발견되지 않았다.

본 연구에서는 경관포장을 위한 안료나 명색성을 위한 백색시멘트의 사용 등이 고려되지 않았다. 이러한 재료들이 추가되면 사용재료의 특성에 맞게 배합비율을 조정해야 할

것이며 아스팔트 콘크리트용 주입재의 침투성 향상을 위하여 초미립자 시멘트의 이용이 필요하다고 판단된다. 또한 앞으로 우리나라에서도 반강성 포장의 확산될 것으로 판단되는바, 아스팔트 콘크리트용 주입재의 지속적인 연구가 필요하다고 판단된다.

#### 사 사

본 연구는 지식경제부와 한국산업단지공단의 전남생태산업단지구축사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

#### References

1. 윤경구, 이주형, 홍창우(2002), 소포제를 이용한 초속경 라텍스개질 콘크리트의 특성, 대한토목학회논문집, 22(5), pp. 1143-1151.
2. 박원춘, 문경주, 정종주, 소양섭(2004), 초미립자 시멘트의 지반 주입재로서의 특성 평가, 한국콘크리트학회 춘계학술발표대회논문집, 16(2), pp. 301-304.
3. 박원춘, 문경주, 소양섭(2006), 초미립자 복합시멘트계 내유동성 포장용 초속경형 주입재의 물리특성, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 28(1), pp. 541-544.
4. Nick T.(2006), Asphalt cracking: Nottingham perspective, Engenharia Civil · UM, 26, pp. 75-84.
5. 홍기남, 정진영, 한상훈(2011), 알루미늄 시멘트와 무수석고를 이용한 그라우트의 재료적 특성, 한국안전학회지, 26(5), pp. 59-64.
6. 천병식, 최동찬, 김영훈, 김진춘(2010), 내해수성 주입재 배합에 관한 실험적 연구, 한국지반환경공학학회논문집, 11(1) pp. 53-59.
7. 공진영, 김찬기, 박진환, 천병식(2010), 시멘트계 주입재료의 암반그라우팅 효과,

한국지반환경공학회논문집, 11(12), pp. 37-45.

- 8) 박미희, 장찬동, 조영욱, 추민경, 엄병우 (2011), 이산화탄소 주입공 그라우팅 시멘트의 역학적 물성 및 파괴 거동, 지질학회지, 21(2), pp. 147-156.