

가공된 석탄재를 사용한 석탄재혼합시멘트의 모르터 특성

홍원표·노재성·조현영·정수영*·김무한*

충남대학교 공과대학 화학공학과

*충남대학교 공과대학 건축공학과

(1990년 4월 23일 접수)

The Mortar Properties of Portland Cements Blended with Modified Coal Ashes

Heon-Young Cho, Won-Pyo Hong, Jae-Seong Rho, Soo-Young Chung* and Moo-Han Kim*

Department of Chemical Engineering, Engineering College, Chungnam Nat. Univ

*Department of Architecture Engineering, Engineering College, Chungnam Nat. Univ.

(Received April 23, 1990)

요 약

활용도가 적은 석탄재를 아스팔트-스테아린산 또는 아스팔트-보일유 혼합물로 가공하여, 석탄재가 단순한 혼합제 역할 뿐만 아니라 감수제나 공기연행제 역할을 할 수 있는 다기능성 시멘트 혼합재를 개발해 보고자 시멘트모르터의 초기강도, 감수성, 공기연행성, 방수성 등을 수밀성포틀랜드시멘트, AE·감수제를 사용한 시멘트모르터 등과 비교 시험한 결과는 다음과 같이 요약된다.

석탄재가 아스팔트-스테아린산 혼합물로 처리된 석탄재혼합시멘트 모르터는 보통석탄재혼합시멘트 모르터보다 초기강도가 약 20%정도 증가되고, 흡수율이 20%정도 감소하였다. 석탄재가 아스팔트-보일유 혼합물로 처리된 석탄재혼합시멘트 모르터의 감수율·공기량 및 재령 28일 이내의 초기강도는 AE·감수제를 사용한 시멘트모르터와 비슷하고, 흡수율 및 투수율은 수밀성포틀랜드시멘트 모르터와 같은 정도로 나타났다.

ABSTRACT

For the development of multi-functional materials which has water reducing power, air entraining power and waterproofing power as well as blending additive in cement mortar the coal ash was modified with asphalt-stearic acid or asphalt-boiled oil mixtures by mechanical treatment. And the physical properties of cement mortar blended with modified coal ashes were compared with those of the water-tightness-cement mortar and the ordinary-portland-cement mortar added with AE·water reducing agent.

The mortar of coalash-blend-cement modified with asphalt-stearic mixture was increased acid about 20% in initial strengths and decreased about 20% in water absorption ratio than those of ordinary coalash-blend-cement.

The mortar of coalash-blend-cement modified with asphalt-boiled oil mixture was similar to the cement mortar added with AE·water reducing agent in water reduction ratio, air entraining contents and the initial

strengths, also was similar to the water-lightness-cement mortar in water absorption and water permeability ratios.

1. 서론

1차와 2차에 걸친 두번의 오일 쇼크를 겪으면서 fly ash, 실리카흄, 왕겨재 등과 같은 포졸란 반응성이 있는 산업폐기물을 시멘트 일부와 대치하여 에너지절약을 도모하고자 하는 시도가 활발하게 진행되어 왔다¹⁻³⁾.

우리나라에서도 1989년 현재 약 200만톤/년 정도로 발전소로 부터 대량생산되는 석탄재를 에너지절약 뿐만 아니라 환경보호 차원에서 재활용해 보고자 하는 연구가 활발하게 진행되고 있다 그러나 국내 화력발전소에서 대량으로 발생하는 석탄재는 제처리 공정상 fly ash와 bottom ash가 혼합수거 되고 있으므로 포졸란 반응성이 낮고, 입도 및 입자형태, 미연탄소량 등이 불규칙하므로 대부분의 석탄재가 그대로 배립되어 폐기되고 있는 실정이며, 유연탄재 중 극히 일부만이 시멘트나 콘크리트 혼화제로 활용되고 있는 실정이다⁴⁾.

한편, 이와 같이 콘크리트 혼합재용으로 유통되고 있는 국산 fly ash마저도 콘크리트 혼합재로 사용하면 보통 포틀랜드 시멘트콘크리트에 비하여 응결시간이 늦고, fly ash 첨가량이 증가함에 따라서 작업도와 재령 28일 이내에서의 강도가 현저히 감소되는 등 많은 문제점들이 있는 것으로 보고되었다^{1,2)}.

따라서 본 연구에서는 현재 콘크리트 혼합재용으로 사용할 수 없는 것으로 판정된 석탄재를 특수 공법^{5,6)}으로 아스팔트-스테아린산 또는 아스팔트-보일유 혼합물로 가공하여, 상기한 혼입시멘트의 문제점을 개선하고, 석탄재가 단순한 시멘트 혼합제 역할 뿐만 아니라 감수제와 공기연행제와 같은 역할을 할수 있는 다기능성 시멘트 혼합제를 개발해 보고자 시도하였다.

2. 실험 재료

2.1. 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)

화학적 조성과 물리적 특성이 Table 1,2와 같은 보통포틀랜드시멘트(type I)를 사용하였다.

2.2. 석탄재

화학적 조성 및 물리적 특성이 Table 1,2와 같은 보령화력 발전소에서 생산되는 유연탄재를 사용하였으며, 입도분포

Table 1. Chemical Components of Ordinary Portland Cement and Coal Ash. (wt.%)

Sample	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	lg loss	Total
OPC	62.27	21.71	5.46	3.45	2.61	2.11	0.89	98.50
coalash	2.50	59.40	24.10	4.30	0.70	-	8.30	99.60

Table 2. Physical Properties of Ordinary Portland Cement and Coal Ash.

Sample	Blain Value (cm ₂ /g)	Sound. exp (%)	Specific gravity	Sieve residue (%)		Setting time (min)	
				+44μm	+88μm	Initial	Final
OPC	3465	0.05	3.18	9.7	1.1	264	394
coalash	3800	-	2.23	28.7	7.0	-	-

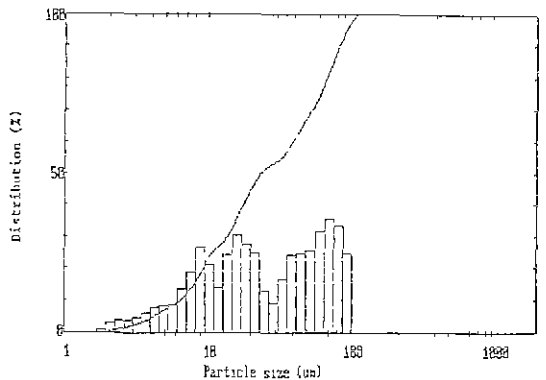


Fig.1. Particle size distribution of coal ash.

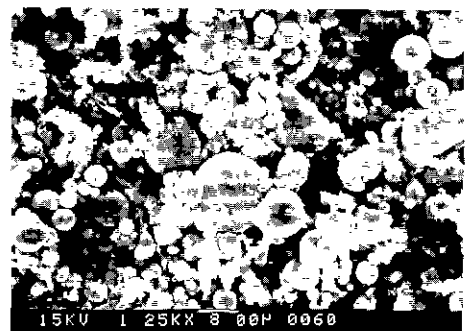


Fig.2 SEM photograph of coal ash Magnification 1000 times

를 분석한 결과는 Fig.1과 같고, 전자현미경을 사용하여 입자형태를 관찰한 결과는 Fig.2와 같다.

특기할 만한 사항으로는 석탄재의 Blaine 값이 시멘트보다 크면서도, 44 및 88 μm 체통과 잔유량이 시멘트보다 월등히 많고, 입자크기가 5-30 μm 와 50-100 μm 부근에서 높은 입도분포를 나타내며, 외국에서 사용되고 있는 플라이에쉬 형태와는 다르게⁹⁾ 입자형태가 모난 것이 많으며, 입자 표면이 거칠은 것을 관찰할 수 있다. 이러한 이유는 시험에 사용한 석탄회가 진기집진장치에서 포집되는 순수한 fly ash와 연소후에 남은 bottom ash가 분리 수거되지 않고 혼합수거된 것을 사용하였기 때문으로 보인다.

2.3. 시 료

수밀성 포틀랜드 시멘트 제조방법^{5,6)}에 따라서 석탄제를 아스팔트-스테아린산(1 : 1) 혹은 아스팔트-보일유(1 : 1) 혼합물 0.1%로 표면 처리하여, 석탄재가 OPC 무게에 20% 섞인 석탄재혼합시멘트들을 Table 3과 같이 제조하여, 보통 포틀랜드 시멘트 및 수밀성 포틀랜드 시멘트와 AE·감수제를 첨가한 시멘트 모르터와 물성을 비교 검토하였다.

2.4. 아스팔트의 스테아린산

국내 U 사 제품으로 연화점이 36 $^{\circ}\text{C}$ 정도 되는 straight asphalt (AP-3)를 사용하였다. 스테아린산은 순수한 시약 1급을 사용하였다.

2.5. 보일유

야마인유 500g에 남비누 10%용액을 2%, 코발트 비누 10%용액을 1%, 칼슘비누 10%용액을 1% 첨가하고 220-250 $^{\circ}\text{C}$ 로 가열하면서 5시간에 걸쳐서 10리터/분 정도로 공기를 취입하면서 교반하여 제조한 보일유를 사용했다. 각종 금속비누는 국내 K 사 제품을 사용하였다.

Table 3. The Compositions and Notations of Samples.

Notation	Composition
OPC	OPC 100%
OPC-L	OPC 100%+Lignal.G 0.15%
ACTPC	OPC 98.9%+Asphalt 0.6% +Carbon black 0.5%
FA-20	OPC 80%+Coalash 20%
FA-I-20	OPC 80%+Coalash modified with asphalt-stearic acid 20%
FA-II-20	OPC 80%+Coalash modified with asphalt-boiled oil 20%

2.6. 수밀성 포틀랜드 시멘트(ACTPC)

수밀성 포틀랜드 시멘트 제조방법^{5,6)}에 따라서 상기한 OPC에 아스팔트 0.6%와 카본블랙 0.5%으로 처리된 ACTPC를 제조하여 사용하였다.

2.7. AE·감수제(OPC-L)

국내 D 사 제품으로 리그닌 숄론산염 제형인 표준형 큰 크리트 AE·감수제(Lignal.G)를 모르터 배합시에 OPC 사용중량의 0.15%(추천량)를 첨가하여 사용하였다.

2.8. 모 래

주문진산 천연사료써 KS L 5100 규격에 맞는 압축강도용 표준사를 사용하였다.

3. 실험 방법

3.1. 시멘트의 감수율 측정

시멘트와 모래를 1 : 2.45로 하여 섞고 일정한 물을 넣은 다음 KS L5109에 따라서 혼합한 후, 흐름도를 측정하여 흐름도가 105-115% 되는 내 소요되는 물의 양을 구하였다.

3.2. 모르터의 공기량 측정

KS L 3136에 따라서 모르터를 혼합한 후 모르터의 공기량 측정용 용기에 넣고 무게를 측정하여 다음식에 따라서 모르터의 공기량을 계산하였다.

$$\text{공기량} [\%] = 100 - W / 2.56 \times (182.7 + P) / (2000 + P)$$

W 모르터를 혼합한 직후 공기량 측정용 볼드에 넣은 모르터 400ml의 무게(g)

P : 사용하는 시멘트를 기준으로 한 혼합수의 %

3.3. 모르터의 압축강도와 휨강도 측정

KSL 5105에 준해서 모르터를 배합한 후, 4cm \times 4cm \times 16cm 3연형 몰드에 성형하여 양생하면서 각 제링별브 미 하데리스 굴곡시험기를 사용하여 휨강도를 측정한 후, UTM을 사용하여 압축강도를 측정하였다.

3.4. 석탄재의 포졸란 활성도 측정

KS L 5508의 석회 포졸란의 강도 시험방법에 따라서 측정하였다.

3.5. 모르터의 흡수율 측정

KS F 2451에 준하여 시멘트·모래 물의 배합비율 1 : 2.45 : 0.60으로 하여 물탕을 배합한 후, 4cm \times 4cm \times 16cm 3연형 몰드에 성형하여 21일간 습기함 속에서 양생한 다음, 침수시간 경과에 따른 시험체의 흡수량과 흡수율을

다음과 같이 계산하여 나타내었다.

$$\text{흡수량}[\text{g}] = \text{흡수된 시편의 무게}[\text{g}] - \text{건조된 시편의 무게}[\text{g}]$$

$$\text{흡수율}[\%] = \{ \text{시료 시멘트 시편의 흡수량}[\text{g}] / \text{보통 포틀랜드 시멘트 시편의 흡수량}[\text{g}] \} \times 100$$

3.6. 모르터의 투수율 측정

KS F 2457에 준하여 시멘트 : 모래 : 물의 배합비율 1 : 2.45 : 0.60으로 모르터를 배합한 후, 21일간 습기함에서 양생한 다음, 금강사를 사용하여 시험체 윗 표면을 매끈하게 연마하고 성형할 때의 윗면으로부터 3.0kgf/cm²의 수압을 1시간 동안 가하여 다음과 같이 투수량과 투수율을 구하였다

$$\text{투수량}[\text{g}] = \text{건조한 후 실내 공기 중에서 1시간 보존한 후 시편의 무게}[\text{g}] - \text{수압을 가한 직후 시편의 무게}[\text{g}]$$

$$\text{투수율}[\%] = \{ \text{시료 시멘트 시편의 투수량}[\text{g}] / \text{보통 포틀랜드 시멘트 시편의 투수량}[\text{g}] \} \times 100$$

4. 결과 및 고찰

4.1. 감수량 및 공기량

모르터의 흐름도가 110±5% 되도록 배합하는 데 소요되는 각 시료의 물/시멘트는 OPC, ACTPC, FA-20의 모

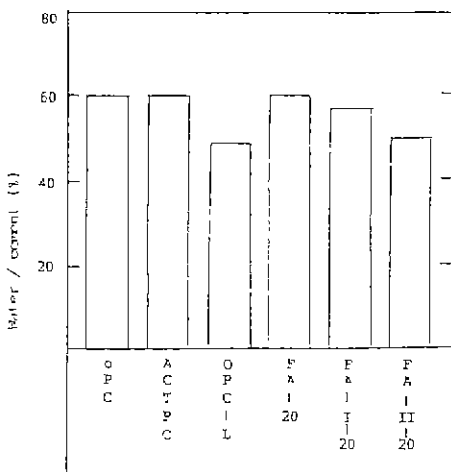


Fig.3 Comparison of water-cement ratios among the special cement mortars.

르터는 약 60% 정도로 거의 동일하게 나타났으나, FA-I-20은 57%로 약간 감소되고, 보일유로 처리된 FA-II-20은 시판되는 AE·감수제를 사용한 OPC-L과 같이 OPC 모르터에 비하여 10%정도 감소되는 것을 Fig.3에서 볼 수 있다. 또한 FA-20과 FA-I-20 모르터의 공기량은 OPC 모르터의 공기량에 비하여 약 3%정도 감소되는 반면, OPC-L과 FA-II-20은 무려 16-18%정도로 크게 증가되는 것을 Fig.4에서 볼 수 있다.

일반적으로 OPC에 평균입경이 5μm 이하인 구형입자를 약 15%정도 첨가하면 베어링 효과와 충전효과가 극대로 작용하여 모르터의 짐성 및 공기량이 감소되지만⁴⁾, 본 실험에서 사용한 석탄재는 클라이에쉬에 비하여 구형을 갖는 입자가 적고, 표면이 거칠고, 평균 입경이 약 50-100μm 나 되는 커다란 입자들이 다량 함유되어 있으므로 일반 석탄재 혼합시멘트의 감수율이 적게 나타나는 것으로 사료된다^{3,4)}. 그러나 아스팔트-스테아린산 혼합물로 석탄재를 가공하면 석탄재 표면에 부착되어 있는 아스팔트-스테아린산이 강한 발수성을 나타내므로 이로 인한 베어링효과가 보다 크게 작용하여 모르터의 감수율과 공기량

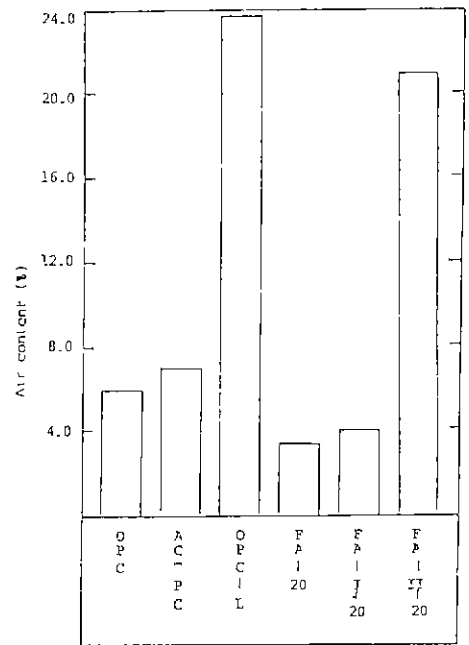


Fig.4. Comparison of air contents among the special cement mortars.

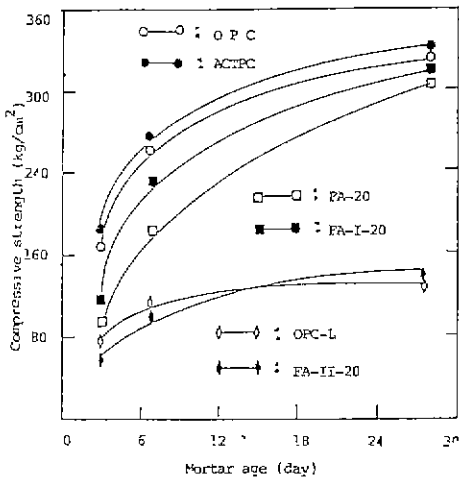


Fig. 5. Compressive strength vs. mortar age of special cements.

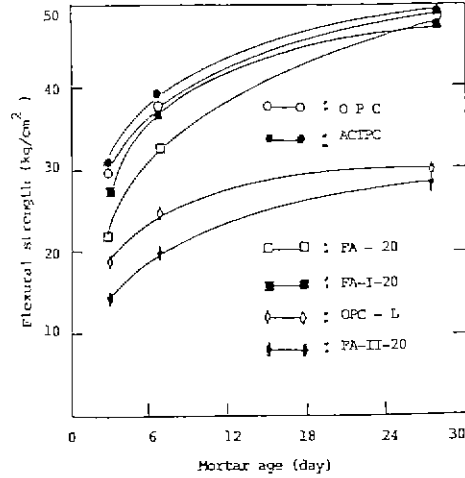


Fig. 6. Flexural strength vs. mortar age of special cements.

이 증가하는 것으로 사료된다^{4,5,7)}.

석탄재를 아스팔트-보일유 혼합물로 가공하면 석탄재 표면에 처리되어 있는 보일유는 시멘트 반죽과 같은 강한 알칼리성 분위기에서 지방산과 글리세린으로 분해되어 시멘트나 석탄재로부터 용출된 각종 양이온들과 금속염을 형성하여 각종 유동화제와 같은 유동화효과를 발휘하게 되며, 또한 시멘트나 석탄재 입자표면에 흡착되어 있는 글리세린과 미분해 된 보일유는 강한 발수성을 나타내므로 이에 따른 배어링 효과가 나타나기 때문에 FA-II-20 모르터의 감수율 및 공기량이 AE·감수제를 사용한 모르터와 거의 비슷하게 나타나는 것으로 사료된다^{5,8,9)}.

4.2. 압축강도와 휨강도

재령이 28일 까지 ACTPC 모르터의 압축 및 휨강도는 OPC 모르터와 거의 비슷하게 나타나지만, FA-20 모르터는 7일 이내 재령에서는 OPC 강도에 비하여 압축강도는 55%정도 휨강도는 80%정도로 크게 감소되는 반면, 아스팔트-스테아린산 혼합물을 처리한 FA-I-20의 압축강도는 OPC 강도의 80%정도 휨강도는 95%정도로 FA-20보다 훨씬 높게 나타났다 또한 아스팔트-보일유 혼합물로 처리된 FA-II-20 모르터는 OPC 강도에 비하여 압축강도는 40%정도, 휨강도는 70% 정도로 현저히 적게 나타나지만, 시판 AE·감수제를 사용한 OPC-L 모르터 강도와 거의 같은 정도로 나타남을 Fig.5와 6에서 볼 수 있다.

일반적으로 플라이애쉬와 같이 미세하고 포졸란 반응성

Table 4. Pozzolan Activity of the Modified Coal Ashes.

Sample	FA-20	FA-I-20	FA-II-20
Activity (kg/cm ²)	62.2	65.5	39.4

이 있는 석탄재가 첨가되면 용액내의 칼슘농도를 감소시키며 C-S-H, Ca(OH)₂ 핵 생성을 지연시키므로 경화체의 초기강도 발현이 저하되는 것으로 보고되었다^{4,10)} 또한 시멘트에 물리적인 방법으로 아스팔트의 같은 발수성 물질을 1.0%이내로 소량 처리하면 발수성 때문에 시멘트의 점수직후 수화반응이 약간 저해 되지만 경화체의 초기강도 발현에 큰 영향이 없다^{5,6)}. 따라서 FA-I-20 모르터의 초기강도가 FA-20 모르터 강도보다 약 15%정도 증가되는 이유는 석탄재 표면에 부착되어 있는 소량의 스테아린산이 Table 4에서 나타난 바와같이 석탄재의 포졸란 반응성 및 시멘트 수화반응을 석탄재를 가공하지 않은 것보다 촉진시키기 때문으로 사료된다. 반면, FA-II-20 모르터 강도가 크게 감소하는 현상은 석탄재의 낮은 수화반응성 뿐만 아니라 석탄재에 처리된 아스팔트-보일유 혼합물이 OPC-L 모르터에서와 같이 FA-II-20 경화체 조직내에 공기를 다량으로 예인하였으며^{11,12)} 보일유로부터 분리된 글리세린은 칼슘 등과 같은 양이온과 착물을 형성하여 수

산화칼슘 및 시멘트 수화물을 용해시키거나 시멘트 수화 반응을 억제하기 때문에 사료된다^{4,5,9)}.

석탄재를 아스팔트-스테아린산 혹은 아스팔트-보일유 혼합물로 처리했을 때 나타나는 포졸란 활성은 Table 4와 같다. 즉 아스팔트-스테아린산 혼합물로 석탄재를 가공하면 석탄재의 활성이 약간 증가되나, 아스팔트-보일유로 석탄재를 처리하면 강도가 현저히 감소되는 것으로 나타났는데, 이와 같이 강도가 격감되는 주된 요인은 석탄재의 활성이 저하되었다기 보다는 공시체에 다량의 공기가 연행되었기 때문으로 보인다.

4.3. 흡수량

OPC에 순수한 석탄재를 첨가한 Fa-20 모르터는 24시간 동안의 전 흡수기간을 통하여 96% 이상 흡수율을 나타내지만, 석탄재가 아스팔트-스테아린산 혼합물로 처리된 FA-I-20 모르터의 흡수율은 침수시간이 5시간 이내에서 60% 정도로 현저히 감소되며, 침수시간이 증가함에 따라서 흡수율은 80%정도가 되어 OPC에 AE·감수제를 첨가한 OPC-L 모르터의 흡수율과 거의 같은 정도로 나타났다. 또 석탄재가 아스팔트-보일유 혼합물로 처리된 FA-II-20 모르터의 흡수율은 침수시간 5시간 이내에서 50% 정도로 유지되며 24시간 침수 시에는 70% 정도로 그 흡수율이 OPC-L 모르터보다 현저히 감소되는 것을 Fig.7에서 볼 수 있다. 한편 보통 포틀랜드 시멘트 입자 전체에 아스팔트를 처리하고 카본 블랙을 처리한 수밀성 포틀렌

드 시멘트 모르터의 흡수율은 침수 시간이 5시간 이내에서는 40%정도 밖에 안되며, 24시간 침수시에도 65% 정도로 흡수율이 가장 크게 감소되었다.

일반적으로 5 μ m 이하되는 입자들이 많은 플라이애쉬시멘트 경화체의 공극체널은 OPC 경화체의 체널보다 굵고도가 크며, 모르터의 조적이 치밀하고, fly ash의 포졸란 반응에 의해서 연결된 공극이 감소되기 때문에 플라이애쉬시멘트 모르터의 흡수율은 OPC 모르터보다 현저히 적게 나타나는 것으로 보고되었다^{12,13)}. 그러나 본 실험에서 사용한 석탄재는 입자가 크고 모진 것이 많으므로 FA-20 모르터의 흡수율이 OPC 모르터와 큰 차이 없이 나타나는 것으로 사료된다.

한편, 석탄재를 아스팔트-스테아린산 혼합물로 가공한 FA-I-20의 모르터 초기흡수율이 크게 감소되는 이유는 석탄재 첨가에 의한 효과와 석탄재 표면에 처리된 물질이 나타내는 발수성 때문으로 사료된다^{5,14)}. 또한 석탄재가 아스팔트-보일유 혼합물로 처리된 FA-II 모르터의 흡수율이 70%이하로 현저히 감소되는 이유는 아스팔트-보일유 자체가 나타내는 발수성에 의한 효과는 물론, 보일유로부터 분리된 지방산이나 글리세린염이 시멘트나 석탄재 혹은 수화물 입자 표면에 흡착되어 강한 발수성을 나타내기 때문에 모세관을 통한 물이 통관압력이 현저히 감소되며¹⁵⁻¹⁷⁾, 미세한 석탄재에 의해서 모세관들이 막히거나 모세관의 굵고도가 심해지기 때문으로 보인다^{4,17,18)}.

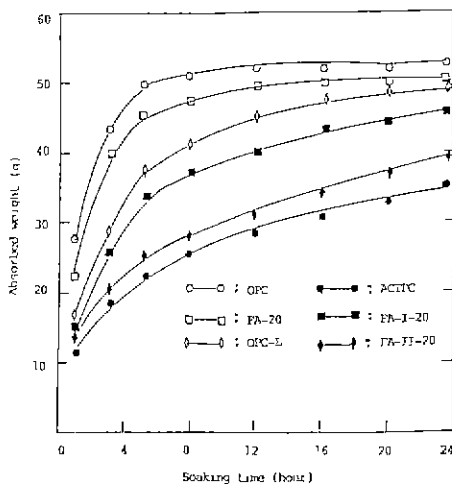


Fig.7. Absorbed weight vs. soaking time in the mortars of special cements.

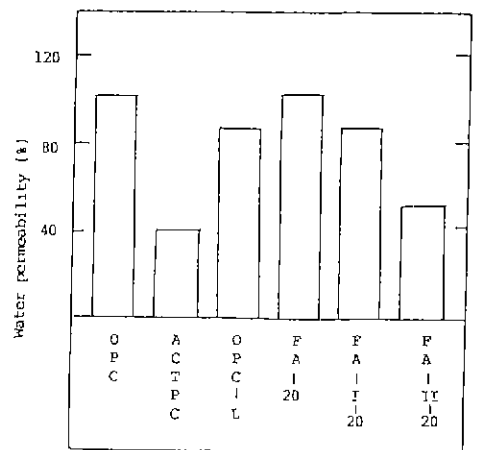


Fig.8. Comparison of water permeabilities among the special cement mortars under 3.0kg/cm² water pressure for 1 hour.

4.4. 투수율

3.0kg/cm² 수압을 1시간 동안 가하여 각시료가 나타내는 투수율의 측정된 결과는, FA-20 모르터의 투수율은 OPC 모르터와 큰 차이가 없이 나타난 반면, FA-I-20은 OPC-L 모르터의 투수율과 거의 비슷하게 90%정도로 나타나며, FA-II-20과 ACTPC 모르터의 투수율은 40-50%정도로 현저히 적게 나타나는 것을 Fig.8에서 볼 수 있다.

일반적으로 시멘트 경화체는 fly ash와 같은 포졸란 반응성이 있고 미세한 입자가 혼입되면 조적이 치밀하게 되어 장기재령에서의 경화체 투수계수는 감소하지만¹⁶⁾, 투수성은 공극의 직경이 130nm 이상이 되는 비교적 공극의 크기가 큰 공극에 의해서 영향을 받으며 이와 같은 공극이 포졸란 반응에 의해서 메꾸어지기 위해서는 재령이 28일 이상 경과하여야 한다¹⁶⁾. 석탄제혼합시멘트 경화체는 수화반응 지연 등과 같은 원인으로 초기재령에서 100nm 이상되는 공극이 OPC 경화체에 비하여 많이 생성^{4,18)}되므로 재령이 28일 되는 FA-20 경화체의 투수성이 OPC 경화체와 큰 차이 없게 나타난 것으로 사료된다

한편 FA-II-20 경화체는 아스팔트와 보일유 혼합물로 처리된 후라이 에쉬가 발수성을 나타내는 동시에 물을 늦게 흡수하므로 모르터 조직내에서 부유하다가 모르터가 경화되면서 발생하는 모세관이나 공극 등에 고착되어 강한 방수성을 낼뿐만 아니라 에쉬 표면에 처리된 아스팔트와 보일유가 착염을 형성하면서 시멘트나 석탄제 입자 혹은 공극 표면에 흡착되어 발수효과를 나타내므로 OPC 경화체에 비하여 투수율이 현저히 감소하는 것으로 보인다.^{5,13,19)}

5. 결 론

석탄제를 혼합제로 사용한 시멘트모르터의 초기강도, 감수성, 공기연행성, 방수성 등을 개선해 보고자 석탄제를 아스팔트-스테아린산 혹은 아스팔트-보일유 혼합물로 가공하여 수밀성포틀랜드시멘트, 시판되는 AE·감수제를 사용한 시멘트모르터와 물성비교 시험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다

1) 석탄제가 아스팔트-스테아린산 혼합물로 처리된 석탄제혼합시멘트(FA-I-20) 모르터는 보통석탄제혼합시멘트(FA-20) 모르터보다 초기강도가 약 20%정도 증가되고, 흡수율이 20%정도 감소하였다.

2) 석탄제가 아스팔트-보일유 혼합물로 처리된 석탄제혼합시멘트(FA-II-20) 모르터의 감수율은 10%정도, 공기량은 22%정도로 시판되는 AE·감수제를 사용한 시멘트모르터(OPC-L)와 비슷하게 나타났다.

3) 석탄제가 아스팔트-보일유 혼합물로 가공된 석탄제혼합시멘트와 수밀성포틀랜드시멘트(ACTPC) 모르터의 흡수율 및 투수율은 40-60%정도로, 보통석탄제혼합시멘트나 AE·감수제를 사용한 시멘트모르터보다 현저히 적게 나타났다.

4) 재령 28일 이내에 나타나는 모르터의 초기압축강도는 보통포틀랜드시멘트(OPC)에 비하여 보통석탄제혼합시멘트는 20-40%정도 감소되며, 아스팔트-보일유 혼합물로 가공된 석탄제혼합시멘트는 AE·감수제를 사용한 시멘트모르터와 비슷하게 보통포틀랜드시멘트 모르터 강도의 40-50%정도 수준으로 낮게 나타났다.

「후 기」

이 논문은 1986년도 문교부 대학부설연구소 지원 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

REFERENCES

1. 한국전력공사기술연구원, "콘크리트 혼화제로서의 석탄회 이용방안 연구," KRC-87H-JO1, 1989. 4.
2. 권영진, 김무한, "실리카 흡을 混入한 高强度콘크리트의 施工性 및 工學的 特性에 관한 基礎的 研究," 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 2 (3) 29-34, (1990)
3. 廣瀬利雄, "セメント・コンクリートの新しい領域おぬき "レテ," 세멘트・콘크리트 (444), 2-6 (1984).
4. 内川浩, "混合セメントの水和および "構造形成に及ぼす混合材の効果(その4.完)," 세멘트・콘크리트, (488), 33-48, (1987).
5. 趙憲英, "아스팔트와 카본블랙으로 處理된 포틀랜드시멘트의 特性." 충남대학교, (1990).
6. 황의환, 홍원표, "水密性 포틀랜드 시멘트의 製造方法과 最適 造成에 關한 研究," 忠南大學校 工業教育 研究所 論文集, 7, (1), 115-122, (1984)
7. M.R. Rixom, "Chemical Admixtures for Concrete," London, E. & F.N. Spon Ltd., (1978)

8. 笠井順一, "セメントの錯藍化學," *セ技年報*, 38, 10-14, 1984.
9. 伊藤眞純, 竹内徹, "遅延および 超遅延のメカニズム", *セメント・コンクリート*, 42, 31-37, (1986)
10. P.K. Mehta and O.E. Gjory, "Properties of Portland Cement Concrete Containing Fly Ash and Condensed Silica Fume," *Cement and Concrete Research*, 13, 587-595, (1982).
11. 小林正凡, "AE劑・減水劑," *セメント・コンクリート*, (427), 73-79, (1982).
12. Tang Luping, "A Study of The Quantitative Relationship Between Strength and Pore-Size Distribution of Porous Materials," *Cement and Concrete Research*, 16, pp.87-96, (1986).
13. M. Robler and I. Odler, "Investications on the Relationship Between Porosity, Structure and Strength of Hydrated Portland Cement Pastes, III Effect of Clinker Composition and Gypsum Addition," *Cement and Concrete Research*, 17, pp 22-30, (1987).
14. 조현영, 홍원표, 황의환, "Asphalt 와 Carbon Black 處理量의 포틀랜드 시멘트의 物理的 特性 및 初期水和에 미치는 影響," *J. of the Kor. Ceram. Soc.*, 26, (5), 609-616, (1989).
15. Mario, Collepardi, Aldo Marcialis and Renato Turriziani, "The Penetration of Deicing Agents in Cement Pastes," *il Cemento*, 3, 143-149, (1972).
16. B.K. March, R.L. Day and D.G. Bonner, "Pore Structure Characteristics Affecting the Permeability of Cement Paste Containg Fly Ash," *Cement and Concrete Research*, 15, 1027-1038, (1985).
17. Shiqun Li and Della M. Roy, "Investigation of Relations Between Porosity, Pore Structure and Cl- Dificement Pastes," *Cement and Concrete Research*, 16, pp.749-759, (1986).
18. 内川浩, "混合セメントの水和および 構造形成ほ及ぼす混合材の効果(その3)," *セメント・コンクリート*, (486) 35-47, (1987).
19. 김철규, 정수영, 홍원표, "Asphalt 와 Carbon black 이 콘크리트 水密성에 미치는 影響," *大韓建築學會誌*, 28, (21), 119-123, (1984)