

초속경시멘트를 이용한 보수모르터의 현장적용성 검토

Examination of Applicability of Repair Mortar using Very High Early Strength Cement

전진환* 笠井 浩* 矢崎 英章** 조정기***

Jeon, Jin Hwan Kasai, Hiroshi Yazaki, Hideaki Cho, Chung Ki

ABSTRACT

The hydraulic structure of the hydroelectric power plant such as aqueduct tunnels and the drainage canal became old. Therefore, because the concrete surface of the aqueduct tunnel has received severe damage by wear-out and the crack etc. the repair is demanded. This research examined the applicability of the repair mortar which mixed the fly ash and an artificial aggregate by using the very high early strength cement. As a result, good quality repair mortar which satisfied the demand performance more than self-flow 270mm and compressive strength 50N/mm² (age of 28days) adjusting of water cement ratio by using the MTX cement be able to be manufactured.

1. 서론

일본의 수력발전소에 있어서 배수로나 수로터널 등의 수리구조물은 50년 이상 경과하면서, 화학적·물리적 요인에 의해 콘크리트의 표층부가 마모·균열 등의 열화로 인해 보수가 요구되고 있다. 이러한 열화 부분에 대한 보수공사는 수로단면 여유의 유무와 터널의 형태에 따라서 몇 가지 공법이 적용되고 있는데, 그 중에서 안전성·작업성·경제성 등의 효율성이 높은 SL공법(Super Lining Method)이 적용되고 있다. 작년, 이 공법의 적용을 위해 공법에 필요한 성능요구조건을 만족하면서, 재자원화 이용율이 낮은 석탄회 조분의 유효이용을 도모하기 위해 두 종류의 시멘트를 사용하고, 석탄회 조분과 인공골재를 이용한 급경성 보수모르터의 개발에 관한 기초물성에 대해 검토하였다. 그 결과 물시멘트비 50%, 석탄회 혼입율 10~30%(골재용적 치환율)범위의 조합선정이 가능했으나, 실시공 환경조건 및 석탄회 종류에 따라 보수모르터의 품질확보에 영향을 미치는 것으로 확인되었다.

본 실험은 SL공법의 성능요구조건을 만족하면서, 초속경시멘트를 사용하여 천연골재와 석탄회 및 인공골재를 적합하게 혼입한 양질의 급경성 보수모르터를 개발하고, 실제 현장조건하에서의 시험시공을 통해 현장적용의 가능성에 대하여 검토하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

본 실험에 사용된 재료를 표 1에 나타냈다. 시멘트는 초속경타입으로, 일본산(이하 EF시멘트라고 함)과 한국산(이하 MTX시멘트라고 함)을 사용하여 실험실에서의 기초물성에 대해 검토하였다.

*정회원, 鹿島(카지마)建設(株)技術研究所·主任研究員

**정회원, 三榮工業(株)·社長

***정회원, (주)두영 T&S(Dooyoung T&S)·社長

표 1 사용재료

사용재료		산지 및 물성
시멘트		EF시멘트(일본엘레혼화성공업), 밀도 2.78g/cm ³
		MTX시멘트(한국두영 T&S), 밀도 2.8g/cm ³
골재	천연골재	靑森케미칼(0.6mm이하), 절건밀도 1.70g/cm ³ , 흡수율 1.70%, 실적율 59.4%
	석탄회	II종(常磐共同火力), 밀도 2.01g/cm ³ , 비표면적4,120cm ² /g, 강열감량 5%이하
	인공골재	J라이트(5mm이하), 절건밀도 1.70g/cm ³ , 표건밀도 1.90g/cm ³ , 흡수율 12.2%
혼화제		유동화제(포졸리스)

2.2 시험방법

유동성시험으로서 셀프플로우치(진동을 주지 않는 상태에서의 플로우치;목표치250mm), J₁₄로트 유하시험(JSCE-F 541)을 측정하였고, 공기량시험(목표공기량 2.0±1.5%)은 JIS A 1116, 관입저항시험은 JIS A 1147, 단위용적질량은 JIS A 1116에 준하여 측정하였다. 비빔방법은 50리터 믹서를 이용하여 잔골재(천연골재+시멘트+석탄회+인공골재;30초)+물(150초)+배출의 순으로 비빔을 행하였다.

압축강도시험은 ø5×10cm의 공시체를 이용하여 재령2시간, 1일, 7일, 28일에 측정하였고, 양생조건은 측정시험 재령까지 20℃, R.H.80%실에서 양생을 행하였다. 건조수축시험은 JIS A 1129에 준하여 행하였으며, 재령1일에 탈형하여 20℃, R.H.80%실에서 양생을 실시한 후 재령1일, 3일, 7일, 14일, 28일에 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 모르타르 조합 및 유동성시험

실험의 조합과 유동성 시험 결과를 표 2에 나타냈다. 물시멘트비는 55%로 정하였으며, 골재의 치환비율은 천연골재와 인공골재를 전체골재 용적에 대해 각각 50%로 치환하였으며, 석탄회 혼입율의 경우 인공골재의 용적비율에 대해 0, 10, 20, 30%로 정하였다.

표 2 모트르 조합 및 유동성 시험결과

기호	W/C	S/C	단위중량(kg/m ³)					유동화제	셀프프로우(mm)	공기량(%)	J로트(초)	단위용적중량(t/m ³)
			물	시멘트	세골재	인공골재	석탄회					
EF0	55	2.0	303	550 (EF시멘트)	641	437	0	0.2	236	2.7	6.8	1.963
EF10					641	350	98	0.6	265	1.0	13.8	1.970
EF20					641	262	197	1.0	270	1.1	16.2	1.950
EF30					641	175	295	1.2	283	1.5	32.1	1.962
MF0			303	550 (MTX시멘트)	643	438	0	-	333	1.7	7.6	2.001
MF10					643	351	99	0.3	275	1.7	8.5	1.975
MF20					643	263	197	0.6	290	1.5	15.2	1.984
MF30					643	175	296	1.0	310	2.1	26.3	1.965

전체조합에서의 셀프플로우치는 목표치 250mm를 상회하는 것으로 나타났고, 그림 1에 나타난 바와 같이 MTX시멘트가 EF시멘트보다 유동성이 약간 높게 나타났다. 각 시멘트별 석탄회 혼입율에 따른 셀프플로우치는 석탄회 혼입율이 증가함에 따라 약간 높아지는 경향을 보였다. 공기량 측정결과는 전체조합에서 목표치 2.0±1.5%를 만족하는 것으로 나타났다. 조기탈형(3시간)을 위한 초기강도 발현의 정도를 확인하기 위해 관입저항시험을 행하였는데, 그 결과 그림 2에 나타난 바와 같이 EF시멘트의 경우가 초결에서 종결이 35~60분 정도로 초결에서 종결까지 10분 정도 소요되었으며, 석탄회 혼입율이 증가할수록 초결시간이 약간 늦어지는 경향을 나타내었다. MTX시멘트의 경우는 초결에서 종결이 38~45분 정도로 초결에서 종결까지 7~8분 정도가 소요되었는데, 석탄회 혼입율의 영향은 비교적 적은 것으로 나타났다.

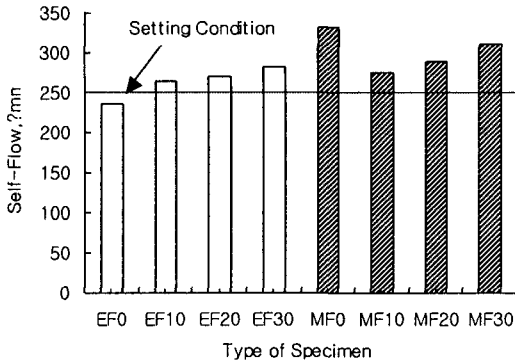


그림 1 석탄회혼입율에 따른 셀프 플로우치의 변화

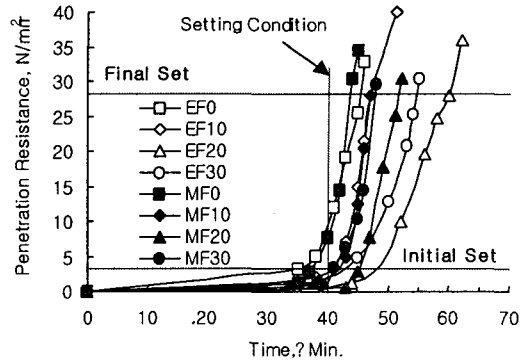


그림 2 석탄회혼입율에 따른 셀프플로우치의 변화

3.2 경화 모르타시험

시멘트 종류별 석탄회 혼입율에 따른 압축강도 시험결과를 그림 3에 나타냈다. 재령2시간 압축강도의 경우 MTX시멘트는 $8\sim 10\text{N/mm}^2$ 정도를 발현하였고, EF시멘트는 $4\sim 5\text{N/mm}^2$ 정도로 MTX시멘트의 강도 발현이 EF시멘트보다 2배 정도 높게 나타났다. 재령7일 이후의 압축강도는 EF시멘트가 재령에 따라 점차 크게 증가하는 경향을 보였으나, MTX시멘트는 약간 증가하는 경향을 보였다. 석탄회 혼입율에 따른 재령 28일 압축강도의 변화는 두 종류의 시멘트 모두 석탄회 혼입율 10%에서 가장 높은 강도발현을 나타내었다. 길이변화율의 측정 결과를 그림 4에 나타냈다. MTX시멘트가 EF시멘트보다 건조수축이 약간 크게 나타났으나, 전체적으로 재령28일의 길이 변화율이 5×10^{-4} 이하로 양호하게 나타났다.

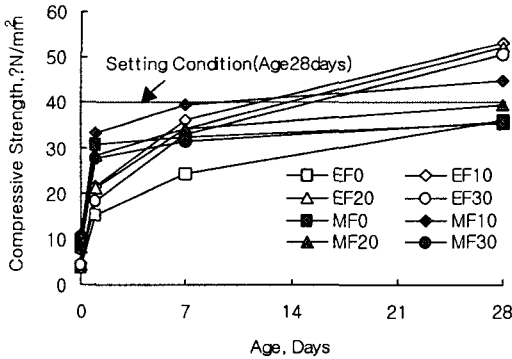


그림 3 석탄회혼입율에 따른 압축강도의 변화

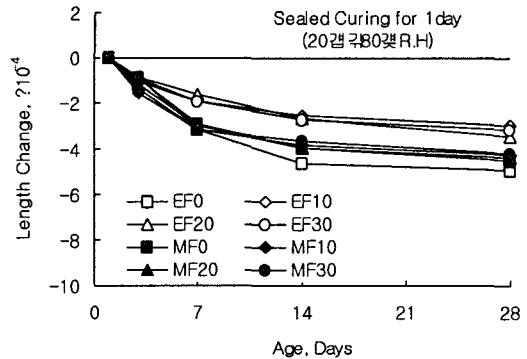


그림 4 석탄회혼입율에 따른 건조수축의 변화

4. 현장 적용성 실험결과

실험실에서 검토한 결과를 기초로 하여 보수력발전소 수로터널 현장을 대상으로 시험시공을 행하였다. 수로터널의 보수공사는 대부분 동절기의 갈수기를 이용하여 보수공사가 진행되는데, 이때의 수로터널 내부 기온이 10°C 이하로 상당히 낮은 온도환경에서 보수공사를 진행해야 하는 열악한 환경조건을 가지고 있다. 따라서, 현장적용성 실험은 조기탈형에 영향이 큰 초기강도가 높게 나타난 MTX시멘트를 사용하고, 낮은 온도에 대한 대책으로서 물시멘트비를 조정하였으며, 석탄회의 혼입에 의한 점성의 증가에 따른 시공성 및 펌프압송 문제를 감안하여 석탄회 혼입율 0%, 10%에 관하여 검토하였다. 비빔량은 보수단면과 채움 형틀의 크기를 감안하여 300리터 믹서를 이용하여 각 조합에 대해 5배치씩 (1.5m^3) 비빔을 행하였다. 유동성시험은 각 조합에 있어서 1, 3, 5배치에 대하여 펌프압송 후 시료를 채취하고, 각종 시험항목을 측정하였다. 표 3에 현장적용성 시험시공의 모르타 조합 및 각 조합의 1배치에서의 유동성 시험결과를 나타냈다.

4.1 모르터의 유동성상

시험시공에서의 셀프프로우 시험결과를 그림 5에 나타내었다. 조합별 각 배치에 있어서의 유동성은 큰 변화가 없이 일정한 수준을 유지하였고, 석탄회 혼입이 유동성에 미치는 영향도 적은 것으로 나타났다으며, 모든 배치에서 셀프프로우치 270mm 이상을 확보하는 것으로 나타났다. 공기량의 경우 모든 배치에서 1.1~1.3% 정도로 양호한 결과를 나타내었다.

표 3 현장적용성 시험시공의 모르터 조합 및 유동성 시험결과

기호	W/C	S/C	단위중량(kg/m ³)					유동 화제	셀프 프로우 (mm)	공기량 (%)	단위용적 중량 (t/m ³)	시공시 외부기온 (°C)
			W	MTX	S	인공골재	석탄회					
MF0	40	2.2	220	550	725	495	0	-	275	1.1	1.963	3.0
MF10	43	2.2	237	550	703	385	118	0.5	283	1.2	1.970	8.0

4.2 압축강도와 건조수축시험

시험시공에 따른 조합별 각 배치에서의 압축강도 시험결과를 그림 6에 나타냈다. 각 배치에서의 압축강도는 재령3일에 40N/mm² 이상의 강도를 발현하였으며, 재령28일에는 두 조합 모두 50~60N/mm²의 강도발현을 나타내었다. 석탄회 혼입 여부에 따른 압축강도의 변화는 석탄회 10% 혼입한 조합의 압축강도가 약간 높은 것으로 나타났는데, 이것은 석탄회 혼입에 따른 감수현상에 의해 압축강도가 약간 증가된 것으로 사료된다. 조합별 각 배치에 있어서의 건조수축시험 결과는 전체적으로 재령 56일의 길이 변화율이 6×10⁻⁴ 정도로 나타났는데, 시공현장이 수로터널로 주위환경의 습도조건이 양호한 점을 고려하면 큰 문제가 없는 것으로 사료된다.

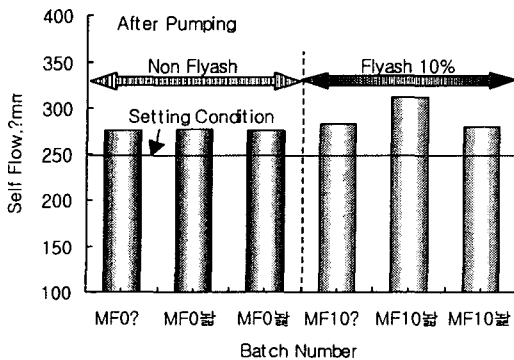


그림 5 시험시공에 따른 배치별 셀프프로우의 변화

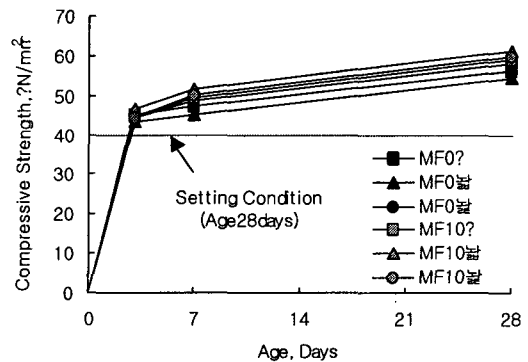


그림 6 시험시공에 따른 배치별 압축강도의 변화

5. 결론

초속경시멘트를 사용한 보수모르터의 현장적용성 검토 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 시멘트 종류별 시험에서는 석탄회 30%를 혼입하여도 셀프프로우치 250mm 확보가 가능했으며, 조기탈형에 영향이 큰 초기압축강도는 MTX시멘트가 EF시멘트보다 현저하게 높게 나타났다.
- 2) 현장 적용성 시험에서는 시공환경의 온도조건을 고려하여 물시멘트비를 조정함으로써, 셀프프로우가 270mm 이상의 유동성을 얻었으며, 압축강도는 재령 28일에 50N/mm² 이상을 발현하여 성능요구조건물에 만족하는 양질의 보수모르터의 제조 및 시공이 가능하였다.

참고문헌

1. 전진환 외, 석탄회 조분을 유효 이용한 보수모르터의 개발, 한국콘크리트학회 춘계학술발표논문집, 2003,