

플라이애쉬 치환율 변화에 따른 오거파일용 수중불분리 모르타의 특성 분석

An Analysis on the Properties of Undispersed Underwater Mortar for Augered Pile with Fly-ash

이 대 주*	이 광 설*	유 흥 종**
Lee, Dae Ju	Lee, Kwang Sul	Yoo, Hong Jong
권 지 훈***	한 일 영****	한 천 구****
Kwon, Ji Hoon	Han, Il Yeong	Han, Cheon Goo

ABSTRACT

The purpose of this study is to present the reference data on the development of undispersed underwater mortar for augered pile under various replacement ratio of fly-ash. According to the experimental results, when 10% of fly-ash is mixed under mix proportion of 1:1.5(c:s), as strength and shrinkage decrease slightly, whereas fluidity increase, high quality mortar for augered pile can be achieved in case above condition is applied.

1. 서 론

플라이애쉬란 화력발전소의 미분탄 연소보일러에서 발생하는 부산물로서 이러한 플라이애쉬를 콘크리트에 혼입하게 되면 유동성의 증가, 수화열의 감소, 장기강도증진, 건조수축감소, 수밀성 및 내구성의 향상 등의 품질향상과 아울러 시멘트 사용량의 절감에 의한 경제성 성취 및 폐자원의 재활용에 의한 환경적인 측면에서도 활용가치가 높은 재료이다.

그러므로 본 연구에서는 현장타설말뚝중 오거 파일 공법 개발에 지하수에 의한 재료분리를 방지하기 위해 수중불분리 혼화제를 첨가하고 유동성 개선 등 품질향상과 경제성을 성취하기 위하여 플라이애쉬를 시멘트량에 일정비를 치환하는 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 굳지않은 모르타의 특성, 경화 모르타의 특성 및 길이변화 특성 등 각종 물성을 분석·고찰함으로써 오거파일용 수중불분리 모르타의 개발에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1의 실험요인 및 수준과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

- * 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정
- ** 정회원, SK건설(주) 부설 연구소, 연구원
- *** 정회원, SK건설(주) 부설 연구소, 주임 연구원
- **** 정회원, SK건설(주) 부설 연구소, 책임 연구원
- ***** 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 실험요인 및 수준

요 인		수 준	
배 합 사 항	배 합 비	3	1:1.5, 1:2, 1:2.5
	W/B	1	목표 슬럼프플로우 60±5cm를 만족하는 값 (1:1.5=40%, 1:2=46%, 1:2.5=58%)
	골 재	1	강 모 래
	F.A치환율(%)	3	0, 10, 20
	수중불분리제 첨가량	1	1kg/m ³
	고성능감수제 첨가량	1	1:1.5=2%, 1:2=1.5%, 1:2.5=1.5%
실 험 사 항	굳지않은 모르터	8	· 슬럼프, 슬럼프플로우, 무충격플로우, 단위용적중량, 공기량, 응결시간, 충전성, pH
	경화 모르터	5	· 강도특성 : 압축강도(기중·수중제작) - 28일 재령 (φ10×20cm) 압축강도(기중제작) - 7, 28일 재령 (4×4×4cm) 휨강도(기중제작) - 7, 28일 재령 (4×4×16cm) 인장강도(기중제작) - 28일 재령 · 길이변화 : -수중양생, 수중 7일양생후 기중양생

표 2. 배합 계획표

배합비 (C:S)	F.A (%)	W/C (%)	중점제 (kg/m ³)	SP/C (%)	소포제 /C(%)	W (kg/m ³)	용적배합 (ℓ/m ³)			중량배합(kg/m ³)		
							C	F.A	S	C	F.A	S
1:1.5	0	40	1	2.0	0.1	293	232	0	430	732	0	1,098
	10					289	207	34	425	651	72	1,085
	20					286	181	68	420	571	143	1,071
1:2	0	46		1.5	0.1	281	194	0	480	612	0	1,224
	10					278	173	29	475	545	61	1,212
	20					276	152	57	470	479	120	1,198
1:2.5	0	58	1.5	0.15	295	161	0	499	509	0	1,273	
	10				292	144	24	495	454	50	1,260	
	20				290	127	48	490	400	100	1,250	

2.2 사용재료

본 실험에 사용하는 재료로 먼저 시멘트는 국내산 1종 보통포틀랜드 시멘트로서 물리적 성질은 표 3과 같다. 골재로써 잔골재는 충남 조치원산 강모래를 사용하는데, 그 물리적 성질은 표 4와 같고, 입도곡선은 그림 1과 같다. 혼화재료로 플라이애쉬는 보령화력산의 플라이애쉬를 사용하고, 수중불분리제 및 고성능 감수제는 각각 메틸셀룰로오스계와 멜라민계의 (주)쌍용의 워터콘을 사용하며, 소포제는 독일산 Agitan P803을 사용한다.

표 3. 시멘트의 물리적 성질

비 중	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결 시간(분)		압축 강도(kg/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,346	0.06	270	430	216	312	397

표 4. 골재의 물리적 성질

종 류	비 중	조립율 (F.M)	흡수율 (%)	단위용적량 (kg/m ³)	입형판정 실적율(%)	No.200체 통과량(%)
강모래	2.55	2.62	2.25	1,530	61.0	2.06

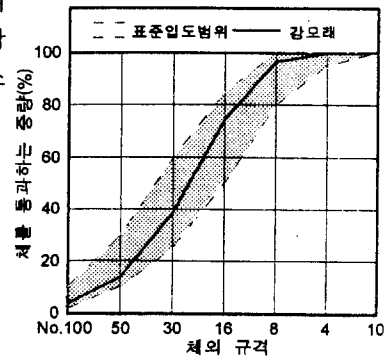


그림 1. 골재의 입도 곡선

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르터의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 잔골재, 시멘트, 팽창재, 수중불 분리제 순으로 투입하고, 20초간 건비빔을 실시한 후 유동화제를 넣고 3분간 혼합하는 것으로 한다.

굳지않은 모르터의 실험으로 슬럼프, 슬럼프 플로우, 무충격플로우, 공기량, 단위용적중량, 응결시간 및 pH시험은 KS규정 및 기타 일반적인 실험방법에 준하여 실시하고, 충전성시험은 두 개의 실이 있는 용기에 한쪽실에 모르터를 가득 채운 후, 두실의 막을 제거하여 모르터의 이동이 완전히 멈춰진 후의 양쪽실의 모르터 높이차이를 구하는 것으로 한다.

공시체 제작으로 기중성형공시체의 압축, 인장, 휨강도 및 길이변화시험용 공시체는 KS 및 기존에 알려진 표준적인 방법으로 실시하여 제작하고, 수중성형 압축강도 시험용 공시체는 일본토목학회 규정에 따라 실시한다. 또한 경화모르터의 제반강도 특성으로 압축, 인장 및 휨강도 시험은 소정기간 양생이 끝난 후 KS 및 ASTM 규정에 따라 실시하며, 길이변화시험은 KS F 2562 규정의 방법으로 실시한다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 굳지 않은 모르터의 특성

그림 2는 모르터 배합비별 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 슬럼프, 슬럼프 플로우치를 곱한 선 그래프로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 슬럼프는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 슬럼프 플로우는 유동성이 약간 증진되는 것으로 나타났다. 이는 구형의 미립자인 플라이애쉬의 불베어링 작용에 의해 유동성이 증진된 것으로 분석된다. 또한 배합비별로는 1:2.5배합에서 슬럼프플로우의 증진구배가 크게 나타났다. 그림 3은 전과 동일한 요령으로 모르터의 무충격플로우와 충전높이를 나타낸 것이다. 먼저 무충격플로우는 슬럼프 플로우와 유사한 경향으로 나타났고, 충전높이 차는 전반적으로 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 유동성이 증가하여 작아지는 것으로 나타났다. 또한, 배합비별로는 잔골재 혼입비가 높은 1:2.5가 양호하게 나타났는데, 이는 잔골재 혼입비가 클수록 W/C가 커지고 단위시멘트량이 감소하여 점성이 감소함에 따라 유동성이 증진된 결과로 분석된다.

그림 4는 전과 동일한 요령으로 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 그래프이다. 먼저, 공기량은 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 크게 나타났다는데, 이는 플라이애쉬 치환율

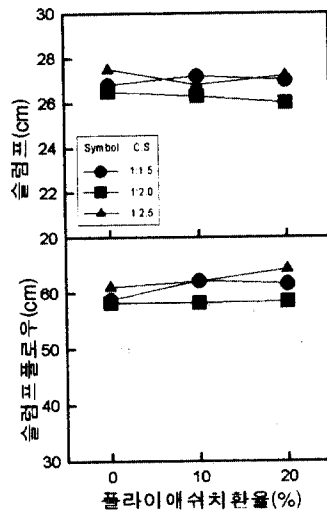


그림 2. 플라이애쉬치환율 변화에 따른 유동성

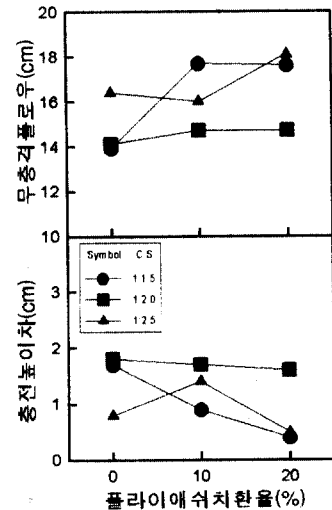


그림 3. 플라이애쉬치환율 변화에 따른 무충격플로우 및 충전성

이 증가함에 따라 점성의 증가로 모르터 내부에 갇힌공기가 많아져 기존의 이론과는 정반대로 나타난 결과로 사료된다.

단위용적중량은 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 공기량의 증가 및 플라이애쉬의 비중이 시멘트 비중보다 작기때문에 나타난 결과로 분석된다. 배합비별로는 잔골재 혼입비가 작을수록 높게 나타났다.

그림 5는 시멘트 모르터의 응결 시간 및 pH를 나타낸 것이다. 먼저, 응결시간은 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 초결 및 종결시간이 지연되는 것으로 나타났고 배합비별로는 잔골재 혼입비가 커질수록 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다.

pH는 일본 토목학회 규정의 12이하를 모두 만족하는 범위로 플라이애쉬 치환율에 따라 큰 영향은 없는 것으로 나타났고 배합비별로는 1:2.5의 경우가 다른 배합비보다 pH가 약간 큰 것으로 나타났는데 이는 모르터의 점성이 떨어져서 수중에서 시멘트가 쉽게 유실되어 나타난 결과로 사료되어 수중불분리체의 첨가량을 증가시켜 주어야 하는 것으로 사료된다.

3.2 강도특성

그림 6은 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 압축강도, 휨강도 및 인장강도를 나타낸 그래프이다. 먼저 압축강도는 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났는데, 배합비별로는 잔골재 혼입비가 클수록 W/C가 크게 되어 더 크게 감소하는 것으로 나타났다. 휨강도 및 인장강도도 압축강도와 유사한 경향으로 나타났다.

그림 7은 수중제작 공시체와 기중제작 공시체의 압축강도와 압축강도비를 나타낸 그래프이다. 당연한 결과이겠지만 공시체 성형장소별로는 기중에서 제작한 공시체가 크게 나타났고, 잔골재 혼입비가 적을수록 수중과 기중간의 강도차가 작은 것으로 나타났다. 기중에 대한 수중 강도비의 경우는 플라이애쉬 치환율에

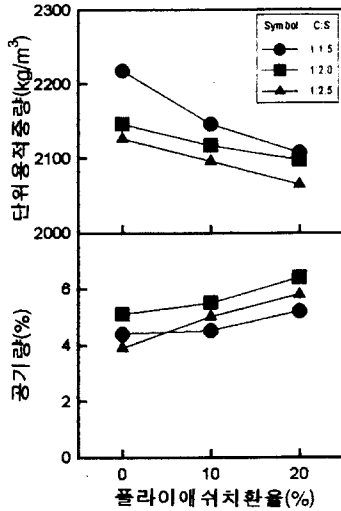


그림 4. 플라이애쉬치환율 변화에 따른 공기량 및 단위용적중량

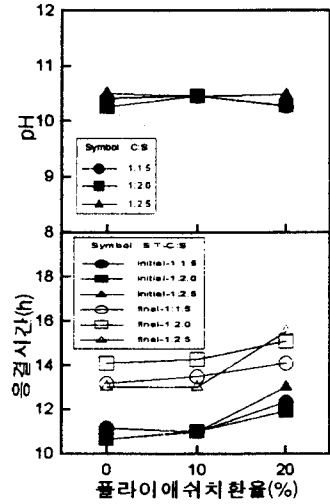


그림 5. 플라이애쉬치환율 변화에 따른 응결시간 및 pH

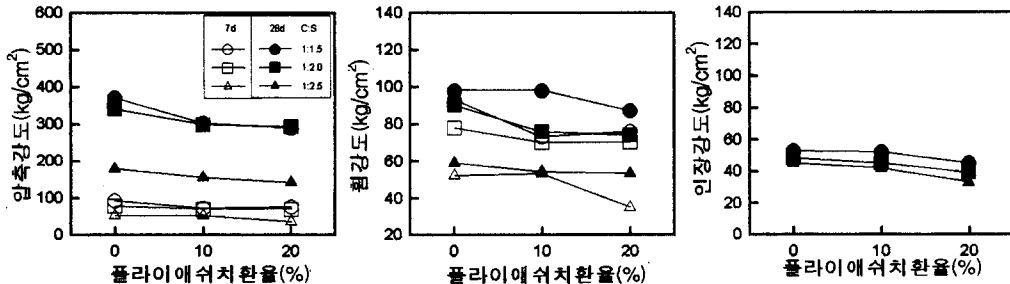


그림 6. 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 압축강도, 휨강도 및 인장강도

따라 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 배합비별로는 잔골재 혼입비가 높아질수록 강도비가 크게 저하하는 것으로 나타났다. 이는 잔골재 혼입비가 높아질수록 단위시멘트량이 감소하고 WC가 커져 모르타르의 점성이 부족하여 시멘트가 물에 씻겨 나타난 결과라고 분석된다. 또한 일본 토목학회 규정인 기중에 대한 수중강도비 0.8이상은 배합비 1:1.5에서 만족하는 것으로 나타났고, 배합비 1:2와 1:2.5의 경우는 수중불분리체 첨가량을 증가시켜 주어야만 하는 것으로 분석되었다.

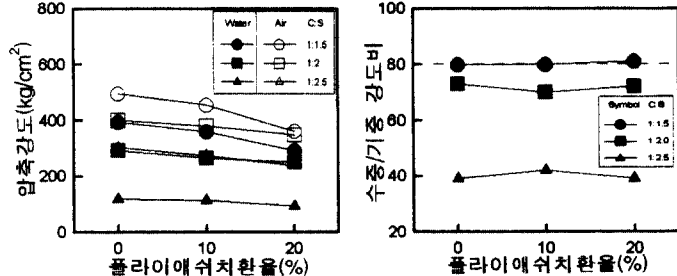


그림 7. 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 압축강도 및 수중/기중 압축강도비

그림 8, 9는 수중양생 및 수중 7일 양생후 기중에서 양생한 모르타르의 재령경과에 따른 길이변화율을 플라이애쉬 치환율별로 나타낸 그래프이다.

3.3 길이변화특성

그림 8, 9는 수중양생 및 수중 7일 양생후 기중에서 양생한 모르타르의 재령경과에 따른 길이변화율을 플라이애쉬 치환율별로 나타낸 그래프이다.

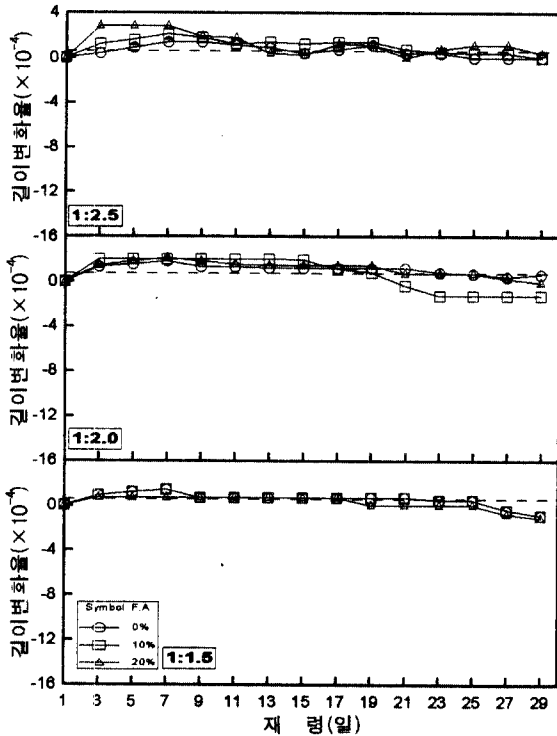


그림 8. 수중에서 양생한 모르타르의 재령경과에 따른 길이변화율

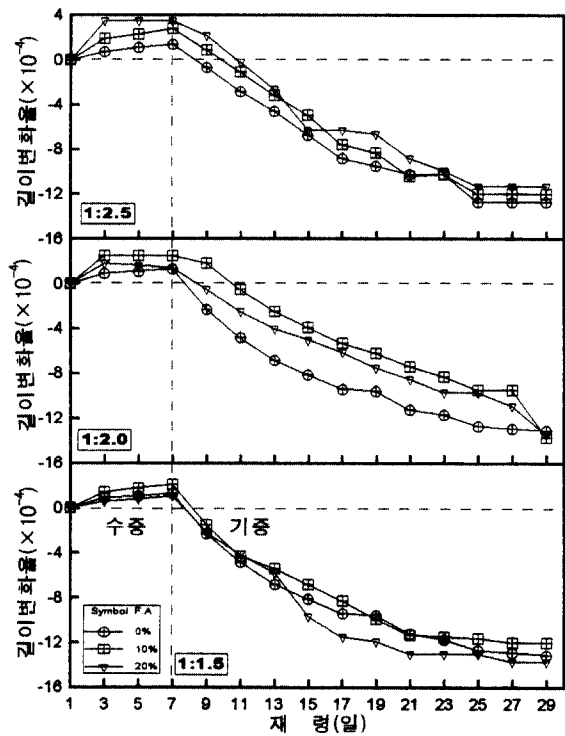


그림 9. 수중양생 7일후 기중에서 양생한 모르타르의 재령경과에 따른 길이변화율

먼저, 수중양생인 경우 재령 7일까지는 미소한 팽창을 보인후 그 이후는 수축하는 것으로 나타났는데, 수중 7일 양생후 기중에서 양생한 경우는 7일 이후 급격히 수축하는 것으로 나타났다. 또한, 플라이애쉬 치환율별로는 수중에서 양생한 모르터의 경우는 큰 차이가 없는 것으로 나타났고 수중 7일 양생후 기중양생에서는 고강도 배합인 배합비 1:1.5와 1:2는 플라이애쉬 치환율 10%, 1:2.5는 플라이애쉬 치환율 20%가 수축이 가장 적은 것으로 나타났고 또한 플라이애쉬 치환율은 치환율이 증가할수록 수축이 작게 나타났다.

배합비에 따른 길이변화는 잔골재 혼입비가 클수록 팽창이 큰 것으로 나타났는데 이는 잔골재 혼입비가 클수록 W/C가 크고 조직이 치밀하지 못하여 에트링가이트가 조직과 조직사이를 이완 시키기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

그림 10은 그림 8, 9에서의 7일, 29일 길이변화율을 팽창재 혼입을 변화에 따라 또 다른 각도에서 비교한 격은선 그래프이다. 수중양생 7일후 기중양생을 한 경우는 플라이애쉬 치환율이 많을수록 수축이 약간 작은 것으로 나타났고, 잔골재 혼입비별로는 잔골재 혼입비가 클수록 수축은 작은 것으로 나타났다. 또한 수중양생에서는 플라이애쉬 치환율 20%에서 수축이 약간 작은 것으로 나타났고, 잔골재 혼입비별로는 잔골재 혼입비가 클수록 수축은 약간 작은 것으로 나타났다. 종합적으로 굳지 않은 모르터 특성, 강도특성 및 길이변화율이 양호한 플라이애쉬 치환율은 대략 10%전후가 적정한 것으로 분석된다.

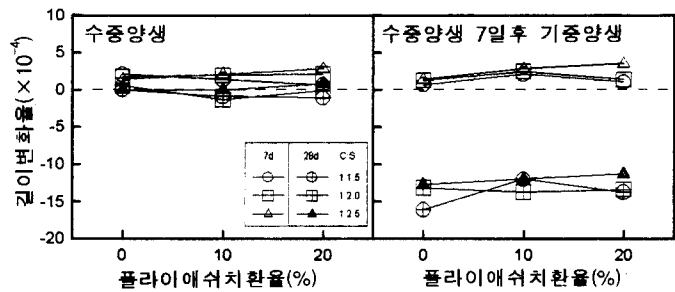


그림 10. 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 길이변화율

5. 결 론

오거파일용 수중불분리 모르터의 플라이애쉬 치환율변화에 따른 제반 특성을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 유동성 및 공기량은 플라이애쉬 치환율 및 잔골재 혼입비가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났고 단위용적중량은 반대의 경향으로 나타났다.
- 2) 충전성은 잔골재혼입비가 증가할수록 저하하고 플라이애쉬 치환율별로는 플라이애쉬 치환율이 증가할수록 양호한 것으로 나타났으며 응결시간은 플라이애쉬 치환율 및 잔골재 혼입비가 증가할수록 지연되는 것으로 나타났다.
- 3) 경화 모르터의 강도는 플라이애쉬 치환율 및 잔골재 혼입비가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다.
- 4) 길이변화율은 수중 7일양생후 기중양생에서는 플라이애쉬 치환율 10%에서 수축이 작은 것으로 나타났고, 수중양생에서는 플라이애쉬 치환율 20%에서 수축이 약간 작은 것으로 나타났으며, 잔골재 배합비별로는 잔골재 혼입율이 클수록 수축이 작은 것으로 나타났다.

종합적으로 굳지 않은 모르터 특성, 강도특성 및 길이변화율이 양호한 오거 파일용 수중불분리 모르터에서 플라이애쉬 치환율은 약 10%전후가 가장 적정한 것으로 분석된다.

본 연구는 1997년도 SK건설(주)의 위탁연구로 청주대학교에서 연구되었다.

참 고 문 헌

- 1) 원종필, 최용규, 이대주 ; 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 수중불분리 콘크리트의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제8권, 2호, pp. 387~393, 1996.