

팽창재 혼입을 변화에 따른 오거파일용 수중불분리 모르타의 특성 분석

An Analysis on the Properties of Undispersed Underwater Mortar for Augered Pile with Expansive Additives

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

ABSTRACT

As a part of the study on the development of augered pile method, this study is intended to investigate the properties of fresh and hardened mortar with the proportion of expansion additives. With the increase of proportion of expansion additives, the fluidity of mortar shows a decrease while air content increases and setting time gets retarded. It shows the satisfactory property in strength at 5% of proportion, and shows more expansion with the increase of proportion of expansion additives and sand/cement ratio. In conclusion, both of strength and expansion reveal appropriate at 10% of proportion of expansion additives.

1. 서 론

종전의 말뚝공법은 기성재 콘크리트말뚝을 항타에 의한 시공법이 주류를 이루어 왔다. 그러나, 이러한 항타에 의한 시공법은 지반진동, 말뚝파손에 의한 품질저하, 장대말뚝의 이음부시공에 의한 지지력 감소 및 공기지연 등 많은 문제점이 제기되고 있다. 따라서 무소음·무진동의 고품질 제자리콘크리트 말뚝이 각광을 받고있는데, 단, 이러한, 제자리 콘크리트말뚝은 시공 후 수축동에 의하여 말뚝의 내력이 저하하는 등 일부 문제점이 있다.

그러므로, 본 연구에서는 오거파일에 의한 제자리 콘크리트 말뚝공법 개발에 관한 연구 계획의 일환 중 양호한 품질 및 팽창성을 유지하는 모르타를 개발하고자함에 있어, 다양한 팽창재혼입을 변화에 따르는 굳지않은 모르타 및 경화 모르타의 제반 특성을 분석·고찰함으로써 궁극적으로는 양질의 오거파일용 모르타 개발에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

* 정회원, 청주대학교 대학원 석사과정
** 정회원, SK건설(주) 부설 연구소 연구원
*** 정회원, SK건설(주) 부설 연구소 주임연구원

**** 정회원, SK건설(주) 부설 연구소 책임연구원
***** 정회원, 청주대학교 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

표 1. 실험요인 및 수준

요 인		수 준	
배 합 사 랑	배 합 비	3	1:1.5, 1:2, 1:2.5
	W / B	1	목표슬럼프플로우 60±5cm를 만족하는 값 (1:1.5=40%, 1:2=46%, 1:2.5=58%)
	팽창제한입을	4	0%, 5%, 10%, 20%
	수중불분리제 첨가량	1	1kg/m ³
실 험 사 랑	고성능감수제 첨가량	1	1:1.5=2%, 1:2=1.5%, 1:2.5=1.5%
	굳지않은 모르터	8	· 슬럼프, 슬럼프플로우, 충전높이차, 무충격플로우, 단위용적중량, 공기량, 응결시간, pH
경 화 모 르 터	경 화	5	· 강도특성 : 압축강도(기중·수중제작) - 28일 재령 (φ10×20cm) 압축강도 - 7, 28일 재령(4×4×4cm) 휨 강도 - 7, 28일 재령(4×4×16cm) 인장강도 - 28일 재령 · 길이변화 : 수중양생, 수중7일양생 후 기중양생
	모 르 터		

2.2 사용재료

본 실험에 사용하는 재료로 먼저 시멘트는 국내산 1종 보통포틀랜드 시멘트로서 물리적 성질은 표 2와 같다. 골재로써 잔골재는 충남 조치원산 강모래를 사용하는데, 그 물리적 성질은 표 3과 같고, 입도곡선은 그림 1과 같다. 혼화재료로 팽창제는 국내 중부실업의 CSA계 팽창제를 사용하고, 그 물리적 성질은 표 4와 같다. 수중불분리제 및 고성능 감수제는 각각 메틸셀룰로스계와 델라민계의 (주)쌍용의 워터콘을 사용하며, 소포제는 독일산Agitan P803을 사용한다.

표 2. 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 3. 골재의 물리적 성질

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

표 4. 팽창제의 화학적 성질(%)

CaO	Al ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SiO ₂	lg.loss	Total
46.54	14.92	32.27	0.17	0.78	0.14	4.01	1.05	99.88

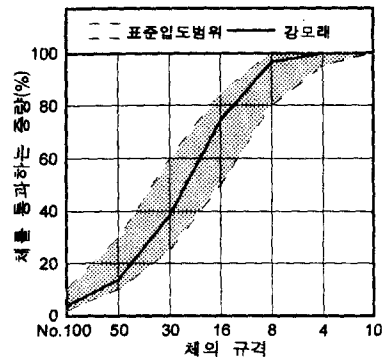


그림 1. 골재의 입도곡선

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르터의 혼합은 1강제식 팬믹서를 사용하여 잔골재, 시멘트, 팽창재, 수중 불분리제 순으로 투입하고, 20초간 건비빔을 실시한 후 유동화제를 넣고 3분간 혼합하는 것으로 한다.

굳지않은 모르터의 실험으로 슬럼프, 슬럼프 폴로우, 무충격폴로우, 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 체반강도 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 굳지않은 모르터의 특성

그림 2는 팽창재혼입을 변화에 따른 슬럼프, 슬럼프 폴로우, 무충격폴로우 및 충전높이차를 모르터배합비별로 구분하여 격온선 그래프로 나타낸 것이다. 팽창재혼입율에 따른 슬럼프 및 슬럼프 폴로우는 팽창재혼입율이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났는데, 배합비별로는 잔골재혼입비가 작을수록 감소구배가 커지는 것으로 나타났고, 무충격 폴로우도 슬럼프 폴로우와 유사한 경향으로 나타났다. 단, 충전높이차는 팽창재혼입율이 증가할수록 배합비 1:1.5 및 1:2에서 차이가 크게 나타났고, 1:2.5는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 잔골재혼입비가 작을수록 W/C가 작아지고 단위시멘트량이 증가하여 점성이 증가함에 따라 충전성은 감소한 것으로 분석된다.

그림 3은 전과 동일한 요령으로 공기량 및 단위용적중량을 나타낸 그래프이다. 먼저, 공기량은 팽창재혼입율이 증가할수록 증가하는 것으로 나타

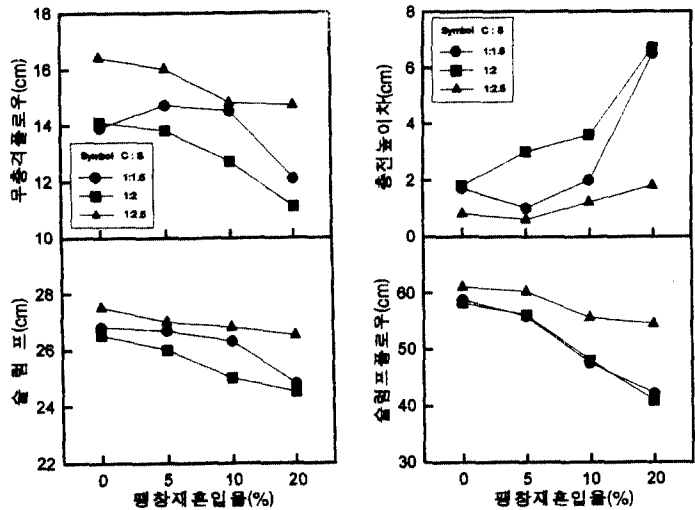


그림 2. 팽창재혼입율에 따른 유동성 변화

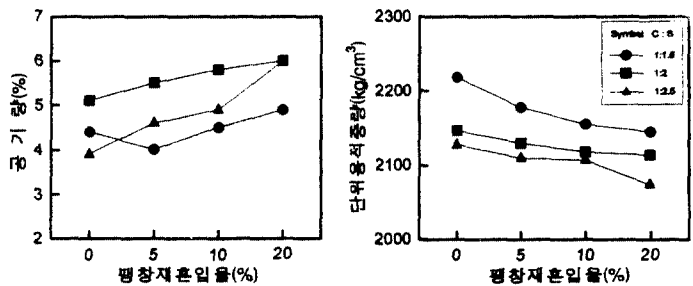


그림 3. 팽창재혼입율에 따른 공기량 및 단위용적중량

났는데, 이는 팽창재 제조시에 첨가한 혼합물에 AE제 원료인 성분의 함유에 의하여 나타난 결과로 분석된다. 단위용적중량은 공기량과 반대의 경향으로 나타났는데, 이는 공기량 증가 및 팽창재의 비중이 시멘트 비중보다 작기 때문에 나타난 결과로 분석된다. 배합비별로는 잔골재혼입비가 작을수록 높게 나타났는데, 이는 잔골재혼입비가 작은 만큼 비중이 큰 시멘트량이 많게 되어 나타난 결과로 분석된다.

그림 4는 전과 동일한 요령으로 응결시간 및 pH를 나타낸 그래프이다. 먼저, 응결시간은 팽창재혼입율이 증가할수록 초결 및 종결시간이 지연되는 것으로 나타났는데, 이는 팽창재에 함유된 리그닌 성분에 의해 나타난 결과로 사료된다. 배합비별로는 잔골재혼입비가 커질수록 W/C가 크고 단위시멘트량이 적게 되어 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다. pH는 일본 토목학회 규정의 12이하를 모두 만족하는 범위로 팽창재혼입율에 따른 영향은 큰 차이가 없는 것으로 나타났고, 배합비별로는 1:2.5의 경우가 다른 배합비보다 pH가 큰 것으로 나타났는데, 이는 모르타의 점성이 부족하여 수중에서 시멘트가 유실되므로 나타난 결과로 사료되어 수중불분리체의 첨가량을 증가시켜 주어야 하는 것으로 사료된다.

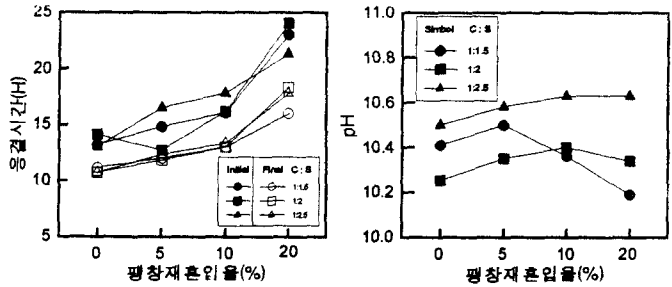


그림 4. 팽창재혼입율에 따른 응결시간 및 pH

3.2 경화 모르타의 특성

3.2.1 강도특성

그림 5는 모르타 배합비 및 재령별 팽창재혼입율 변화에 따른 압축강도, 휨강도 및 인장강도를 나타낸 그래프이다. 전반적으로 압축강도는 팽창재 혼입율이 증가할수록 감소하는 경향으로 나타났는데, 28일 재령에서는 팽창재혼입율 5%의 경우가 팽창재를 혼입하지 않은 경우보다 크게 나타났다. 이는 팽창성분인 에트린가이트의 생성에 의하여 조직이 치밀해짐에 따라 나타난 결과라고 사료된다. 또한, 휨강도 및 인장강도도 압축강도와 유사한 경향으로 나타났다.

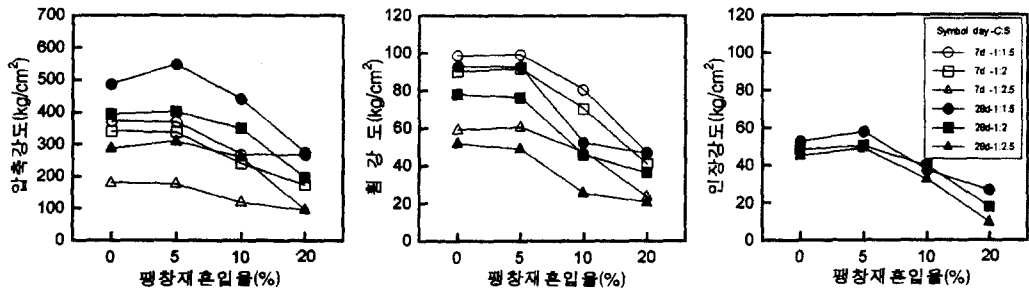


그림 5. 팽창재혼입율에 따른 압축, 휨, 인장강도

그림 6은 공시체 제작방법 및 배합비별 팽창재혼입율변화에 따른 $\phi 10 \times 20$ cm 공시체의 압축강도를 나타낸 것이고, 그림 7은 각 팽창재 혼입율에서 기중제작한 공시체의 강도를 100으로 하였을 때 수중 제작 공시체의 강도비를 나타낸 그래프이다. 압축강도는 당연한 결과겠지만 공시체 제작방법별로는 기중에서 제작한 공시체가 수중보다 크게 나타났고, 팽창재혼입율 5%에서 강도가 가장 크게 나타났다. 또한, 강도비는 팽창재혼입율에 따라서는 큰 차이가 없는 것으로 나타났으나, 배합비별로는 잔골재혼

입비가 커질수록 강도비가 저하하는 것으로 나타났다. 이는 잔골재혼입비가 커질수록 단위시멘트량이 감소하고 W/C가 커져 모르터의 점성이 부족하여 시멘트가 물에 유실되어 나타난 결과로 분석된다. 일본 토목학회규정에 따른 목표한 기중에 대한 수중강도비 0.8이상은 배합비 1:1.5에서 만족하는 것으로 나타났고, 배합비 1:2와 1:2.5의 경우는 수중 불분리제 첨가량을 증가시켜 주어야만 되는 것으로 분석된다.

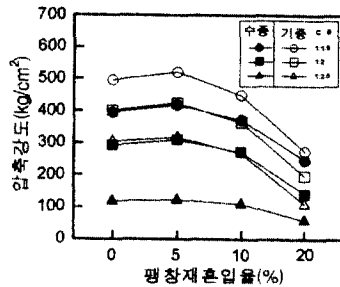


그림 6. 팽창재혼입율에 따른 수중제작, 기중제작 압축강도

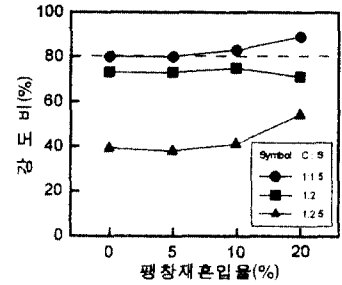


그림 7. 팽창재혼입율에 따른 수중제작, 기중제작 압축강도비

3.2.2 길이변화특성

그림 8 및 9는 각 배합에서의 수중양생, 수중7일양생 후 기중양생한 모르터의 길이변화를 29일 재령까지 나타낸 것이다. 먼저, 수중양생의 경우 길이변화는 재령이 경과할수록 팽창재혼입율 0%와 5%의 경우는 7일~10일에서 최대 팽창을 보인 후 약간 감소하는 것으로 나타났고, 팽창재혼입율 10% 및 20%는 계속 팽창하는 것으로 나타났다. 또한, 팽창재혼입율이 증가할수록 팽창은 크게 나타났는데, 배합비에 따른 길이변화는 잔골재혼입비가 클수록 팽창이 큰 것으로 나타났다. 이는 잔골재혼입비가 클

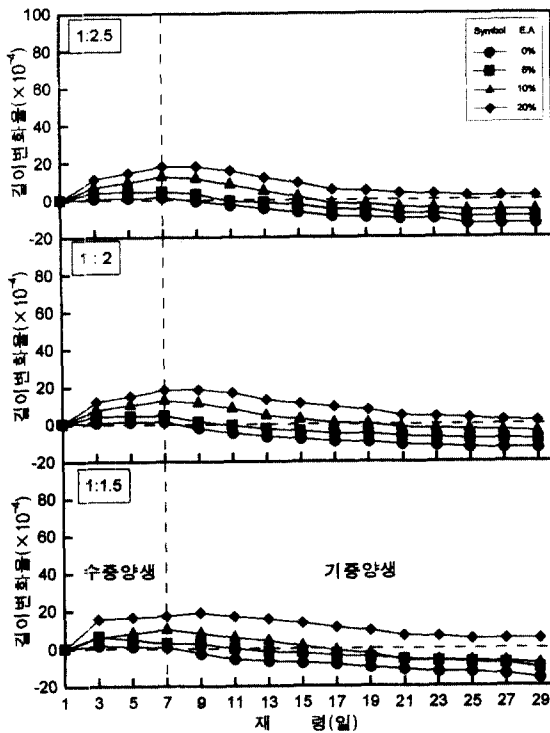


그림 8. 재령경과에 따른 수중양생 길이변화율

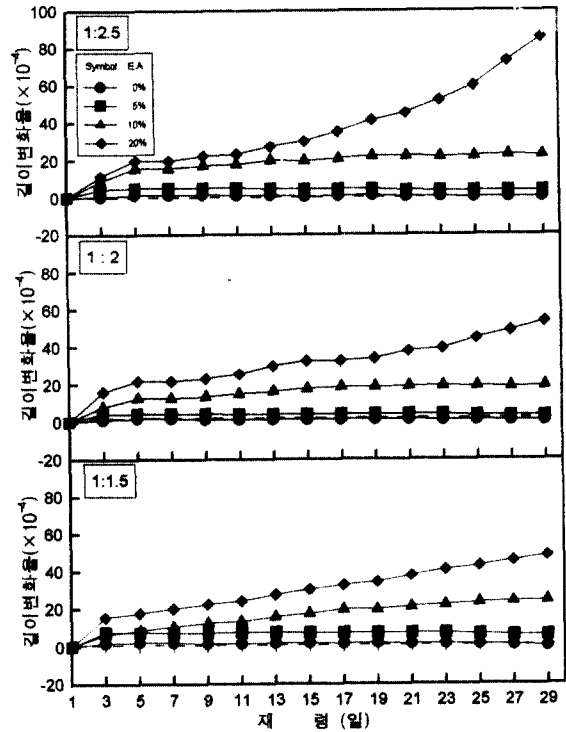


그림 9. 재령경과에 따른 수중7일 양생 후 기중양생 길이변화율

수축 W/C가 큼에 따라 조직이 치밀하지 못하여 팽창재에 의해 생성된 에트링가이트가 조직과 조직사이를 쉽게 팽창 및 이완시키기 때문에 나타난 결과라고 사료된다. 7일간 수중양생후에 기중양생한 경우에서의 재령경과에 따른 길이변화율은 전반적으로 수중양생 7일까지 팽창성분인 에트링가이트의 생성으로 꾸준하게 팽창을 보인 반면, 7일 이후 기중양생에서는 서서히 수축하는 것으로 나타났다. 팽창재혼입율에 따라서는 팽창재혼입율이 증가할수록 팽창은 크고 수축은 작은 것으로 나타났다. 배합비별로는 수중양생과 마찬가지로 잔골재혼입비가 증가할수록 수축이 적게 나타났다.

그림 10은 그림 8, 9에서의 길이변화율 및 팽창재혼입율 변화에 따른 길이변화율을 다른 각도에서 비교한 꺾은선 그래프이다. 전반적으로 팽창재혼입율이 증가할수록 팽창은 크고 수축은 작게 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 재령 7일 및 28일에서 팽창률이 가장 큰 팽창재혼입율은 20%와 같은 혼입율이 많을수록 크게 나타나지만, 팽창재가 다량 혼입되면 워커빌리티 저하 및 강도가 저하되는 것등의 문제점이 있어, 굳지않은 모르티특성 및 강도특성 등이 양호하면서 팽창이 양호한 팽창재혼입율은 10%가 적절한 것으로 분석된다.

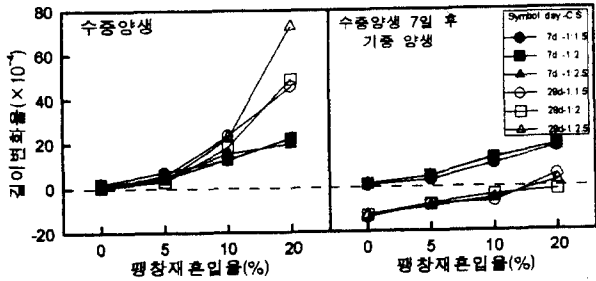


그림 10. 팽창재혼입율에 따른 길이변화율

4. 결 론

오거파일용 수중불분리 모르티의 팽창재혼입율 변화에 따른 굳지않은 모르티 특성, 강도특성 및 길이변화특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 굳지않은 모르티의 특성으로 유동성, 단위용적중량, 충전성은 팽창재혼입율 및 잔골재혼입비가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났고, 공기량은 팽창재혼입율 및 잔골재혼입비가 증가할수록 증가하는 것으로 나타났으며, 응결시간은 팽창재혼입율 및 잔골재혼입비가 증가할수록 지연되는 것으로 나타났다.
- 2) 강도는 7일 재령에서는 팽창재혼입율 및 잔골재혼입비가 증가할수록 저하하였으나, 28일 재령에서는 강도가 일부 회복되는 것으로 나타났는데, 팽창재혼입율 5%에서 가장 양호한 것으로 나타났다.
- 3) 길이변화는 팽창재혼입율 및 잔골재혼입비가 증가할수록 크게 팽창하는 것으로 나타났고, 팽창율이 가장 큰 것은 팽창재혼입율 20%와 같이 혼입율이 많을수록 이지만, 팽창재가 다량 혼입되면 워커빌리티 및 강도가 저하되는 것으로 나타나, 워커빌리티 및 강도가 양호하면서 팽창이 양호한 팽창재혼입율은 10%전후가 가장 적합한 것으로 분석된다.

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

참고 문헌

- 1.李大周, 田炳彩, 韓相基, 潘好鎔, 韓千求; 배합요인에 따른 팽창재 혼입 시멘트 모르티의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제9권, 1호, pp. 100~105, 1997.