

황토를 혼합 소성한 굴패각 미분말의 물성에 관한 연구

The Study on the Properties of Calcined Oyster Shell & Hwang-To Powder

정 주 형* 박 민 수* 정 민 수** 김 호 열*** 강 병 희****
 Jung, Joo-hyung Park, Min-Soo Jung, Min-Soo Kim, Hyo-Youl Kang, Byung-Hee

Abstract

Recently, the strenuous industrial waste is scattered and one of the oyster also make the serious environmental contamination. The purpose of this study is investigating an utilization ability as calcium binder of the oyster with Hwang-To according to a rate(10%, 20%, 30%, 40%, 50%). This study grasp physical properties of the oyster powder, bake production of the paste, and conduct the flow test, stiff time test and strength test. According to baking condition, strength of 1000°C(120minutes, rate 30%) is higher than any other condition. The oyster powder from above 900°C seem possibility as binder hereafter. It is thought that the continuous research will be necessary.

키 워 드 : 굴패각, 황토, 소성시간, 소성온도
 Keywords : Oyster shell, Hwang to, Baking Time, Baking Temperature

1. 서 론

굴패각은 약 95% 정도의 다량의 탄산칼슘(CaCO₃)을 함유한 고칼슘계 폐기물로서, 화학조성의 측면에서 매우 높은 부가가치를 창출할 수 있는 가능성이 있는 폐기물이다. 그러나 현재 국내에서 발생되고 있는 굴패각의 대부분은 연안에 야적되어 방치되고 있으며 이로 인하여 악취 등의 환경오염을 유발되고 있어 굴패각의 새로운 처리방법 또는 재활용 방안에 대한 강구가 절실히 요구되는 실정이다.

일반적으로 탄산칼슘은 600~900°C의 고온환경 하에서 탈탄산반응을 일으키며, 이러한 과정을 통하여 탄산칼슘은 산화칼슘(생석회, CaO)으로서 환원되게 된다. 탄산칼슘의 탈탄산반응은 시멘트의 제조과정에서 매우 적극적으로 활용되는 것으로, 시멘트의 주원료인 석회석이 소성의 공정에서 탈탄산반응을 일으킨 후 부원료와 함께 소결하여 아리트, 베리트, 알루미네이트 등의 다양한 시멘트 클링커 화합물을 생성하게 된다. 시멘트의 원료 중 석회석이 차지하는 비율은 약 80%의 수준으로서 천연자원인 석회석에 의존하는 비율이 매우 높다. 따라서 석회석 부존자원의 보존 측면에서 이를 대체할 수 있는 새로운 자원의 모색이 필요한 실정이다. 일반적으로 시멘트 제조용 원료로서 활용되는 석회석의 탄산칼슘 함량은 85% 이상이 되어야 하는 것으로 보고되고 있으나, 현재 시멘트 제조공장에서는 시멘트의 품질향상을 위하여 순도 90% 이상의 고순도 석회석을 활용하고 있다. 이에 본 연구에서는 약 95% 이상의 탄산칼슘을 함유하고 있는 굴패각을 활용할 경우 시멘트의 제조에 있

어 석회석 원료를 대체할 수 있을 것으로 예상하였다. 선행연구(1)를 통하여 고온소성가공을 하면 굴패각은 생석회로의 환원이 가능하다는 결과를 얻을 수 있었으나, 소성가공한 굴패각 미분말은 시멘트에 비하여 생석회의 함량은 매우 높으나 규산칼슘(SiO₂), 알루미나(Al₂O₃) 및 산화철(Fe₂O₃) 성분의 함량이 매우 낮아 압축강도의 발현비율이 매우 낮은 수준이었다.

따라서 본 연구에서는 황토 등과 같은 규산칼슘, 알루미나 및 산화철 성분이 풍부한 점토재료와 혼합하여 굴패각 미분말을 제조할 경우 굴패각 미분말의 강도발현 특성을 개선함과 동시에 시멘트와 유사한 경화기구를 발현하는 수정성 재료로서의 제조가 가능할 것으로 기대하였다.

이에 본 연구에서는 굴패각의 새로운 처리 및 재활용 방안의 측면과 국내 석회석 자원의 보존의 측면에서 굴패각 미분말의 활용성을 검토함과 동시에 황토와 혼합소성한 굴패각 미분말(이하 황토·굴패각 미분말)의 물성을 검토하여 건축용 재료로서 새로운 칼슘계 결합재의 개발에 관한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 실 험

2.1 실험 인자 및 수준

일반적으로 탄산칼슘은 600°C 이상의 고온 환경 하에서 생석회로 환원하게 된다. 본 연구실의 선행연구에 의하면 굴패각의 탈탄산반응은 소성온도가 높고 소성시간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타났으며, 800°C 이상의 조건에서 현저한 반응을 나타내는 것으로 보고하였다.

* 동아대학교 대학원 석사과정, 정회원
 ** 동아대학교 대학원 박사과정, 정회원
 *** 김해대학 건축계열 전임강사, 공학박사, 정회원
 **** 동아대학교 건축학부 교수, 정회원

따라서 본 연구에서는 황토·굴패각 미분말의 고온소성가공 조건을 선행연구를 바탕으로 설정하였으며, 본 연구의 실험인자 수준은 표 1과 같다.

표 1. 실험인자 및 수준

실험인자			수준수
황토·굴패각	사용재료	굴패각, 황토	2
	소성온도(°C)	800, 900, 1000	3
미분말	소성시간(분)	90, 120	2
가공조건	입자크기(μm이하)	150	1
	황토 치환률(%)	10, 20, 30, 40, 50	5

2.2 사용재료

2.2.1 황토·굴패각 미분말

본 연구에서는 전북 고창산 황토와 경남 통영산 굴패각을 사용하였으며, 황토·굴패각 미분말 제조(그림 1)는 굴패각을 쪄 크러셔로 2회 분쇄하여 24시간 동안 건조 후 굴패각 분쇄물의 중량에 대하여 황토를 0~50%의 범위에서 10% 구간으로 치환하여 황토·굴패각 혼합물을 제작하였다. 제작된 황토·굴패각 혼합물의 고온소성가공은 전기로를 이용하여 설정한 소성온도와 시간에 따라 실시하였으며, 황토·굴패각 미분말의 반응성을 증대하기 위하여 No.100체를 이용하여 최대 입자크기를 150μm이하로 조정하였다.



그림 1. 황토·굴패각 미분말의 제조 과정

제작된 황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 배합을

위하여 본 연구에서는 제작된 굴패각 미분말과 황토의 혼합물의 비중실험을 실시하였으며 그 결과는 표 2와 같다.

표 2. 굴패각 미분말과 황토의 혼합물의 비중

가공조건	800°C									
	90분					120분				
황토치환률(%)	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
비중	2.56	2.56	2.55	2.56	2.55	2.59	2.58	2.59	2.59	2.59
가공조건	900°C									
	90분					120분				
황토치환률(%)	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
비중	2.64	2.64	2.62	2.60	2.60	2.66	2.65	2.63	2.62	2.62
가공조건	1000°C									
	90분					120분				
황토치환률(%)	10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
비중	2.66	2.65	2.63	2.61	2.60	2.69	2.68	2.65	2.63	2.61

소성가공을 달리하여 제작한 황토·굴패각 미분말의 비중은 2.56~2.69의 범위로서, 일률적인 변화를 나타내지 않았으나 소성온도가 높고 소성시간이 길수록 비중은 다소 높아지는 경향을 나타내었으며 이는 소성가공 조건이 높아짐에 따라 굴패각의 탈탄산 반응이 향상되어 나타나는 현상으로 판단된다. 또한 황토의 치환률이 낮을수록 비중이 높아졌으며 이는 굴패각과 황토의 비중차에 의한 것으로 보인다.

2.2.2 배합수

배합수는 불순물이 혼입되지 않은 부산광역시 상수도 물을 이용하였다.

2.3 배합

황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 배합은 표 3과 같다.

표 3. 배합

황토·굴패각 미분말 비중	W/HOP (%)	중량배합(kg/m ³)	
		HOP	W
2.55	35	1347	472
2.56		1350	473
2.58		1356	475
2.59		1359	476
2.60		1361	476
2.61		1364	477
2.62		1367	478
2.63		1369	479
2.64		1372	480
2.65		1375	481
2.66		1378	482
2.68		1383	484
2.69		1386	485

* W: 배합수 HOP: 황토·굴패각미분말

2.4 실험방법 및 측정

황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 배합은 KS L 5105 「수경성 시멘트 모르타의 압축강도 시험방법」에 준하여 실시하였으며, 시험체의 양생은 온도 20±3°C, 습도 45±5%의 환경 하에서 소요 재령동안 기중양생을 실시하였다.

실험은 황토·굴패각 미분말 페이스트의 플로우, 응결시간

및 재령별 압축강도 시험을 실시하였다.

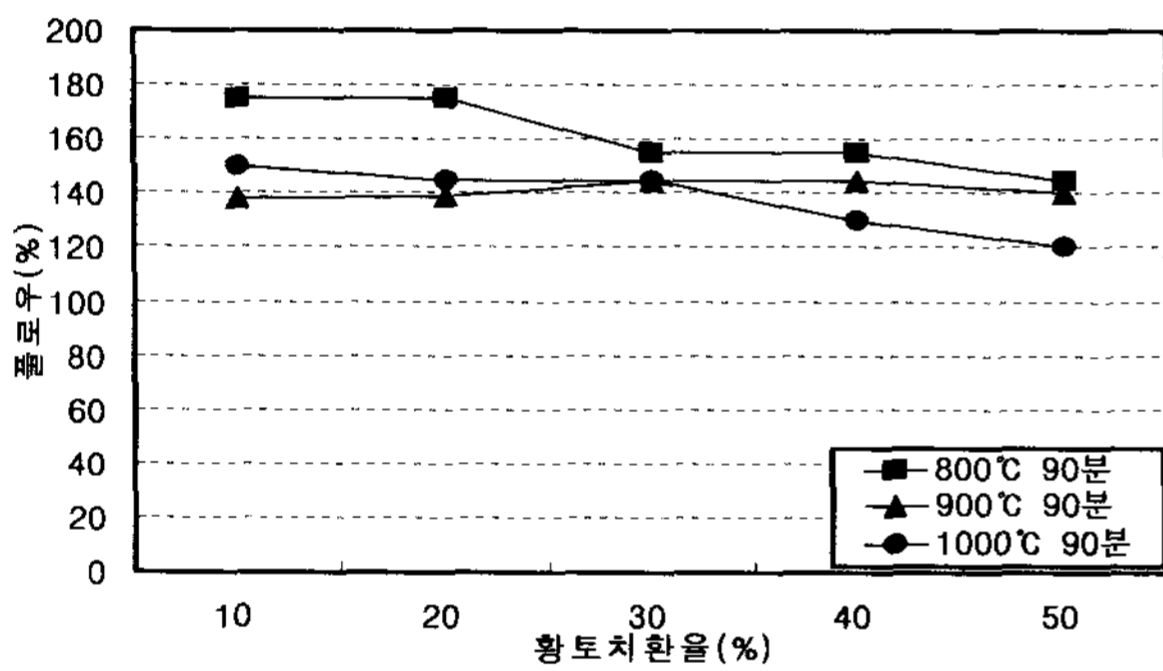
표 4. 측정항목 및 적용기준

측정항목	적용기준
비중시험	KS L 5110
플로우 시험	KS L 5111
응결시험	KS L 5108
압축강도 시험	KS L 2413

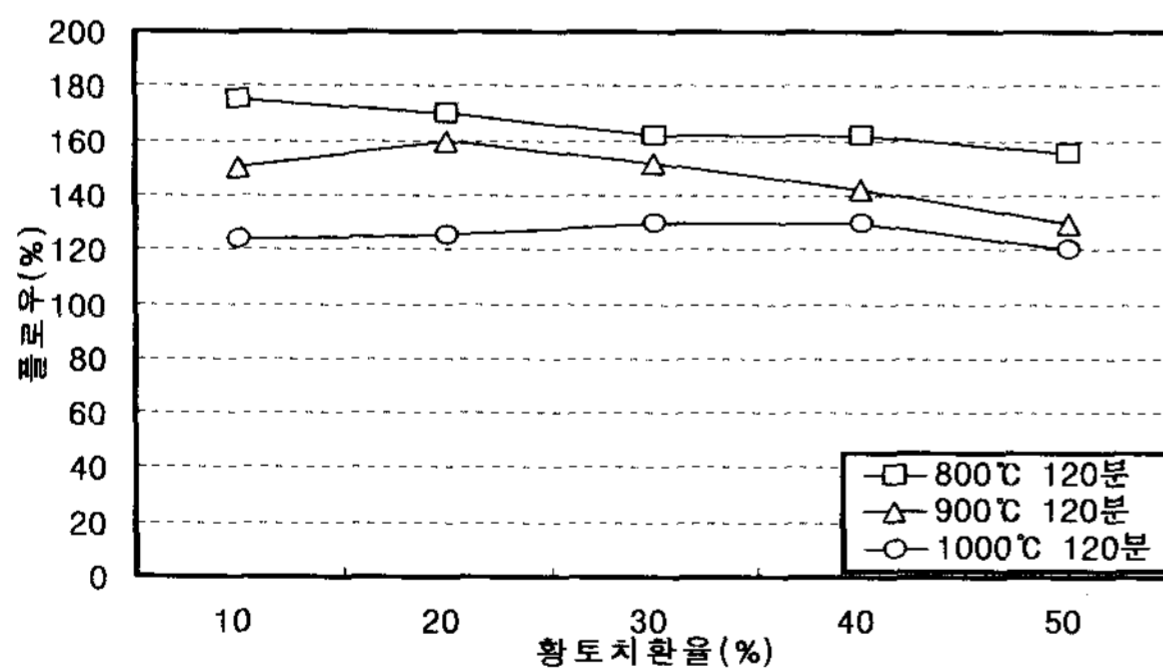
3. 실험 결과 및 고찰

3.1 플로우

황토의 치환율 및 소성온도 및 소성시간을 달리하여 제작한 황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 플로우 시험 결과는 그림 2와 같다.



a) 소성시간 90분

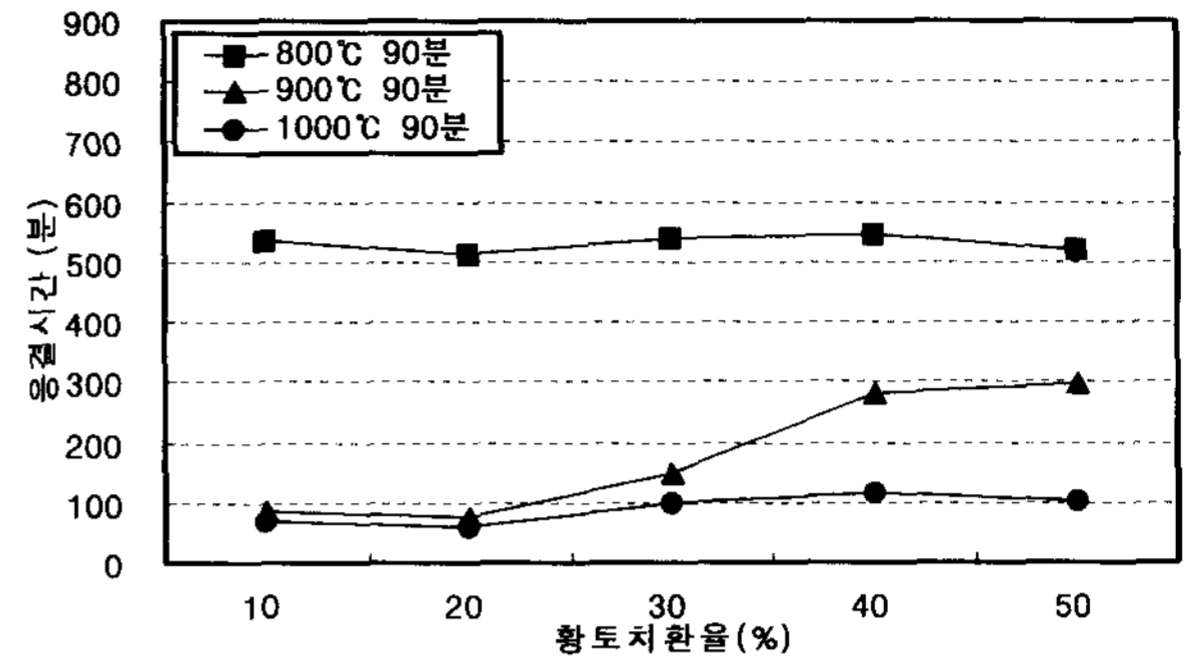


b) 소성시간 120분
그림 2. 플로우

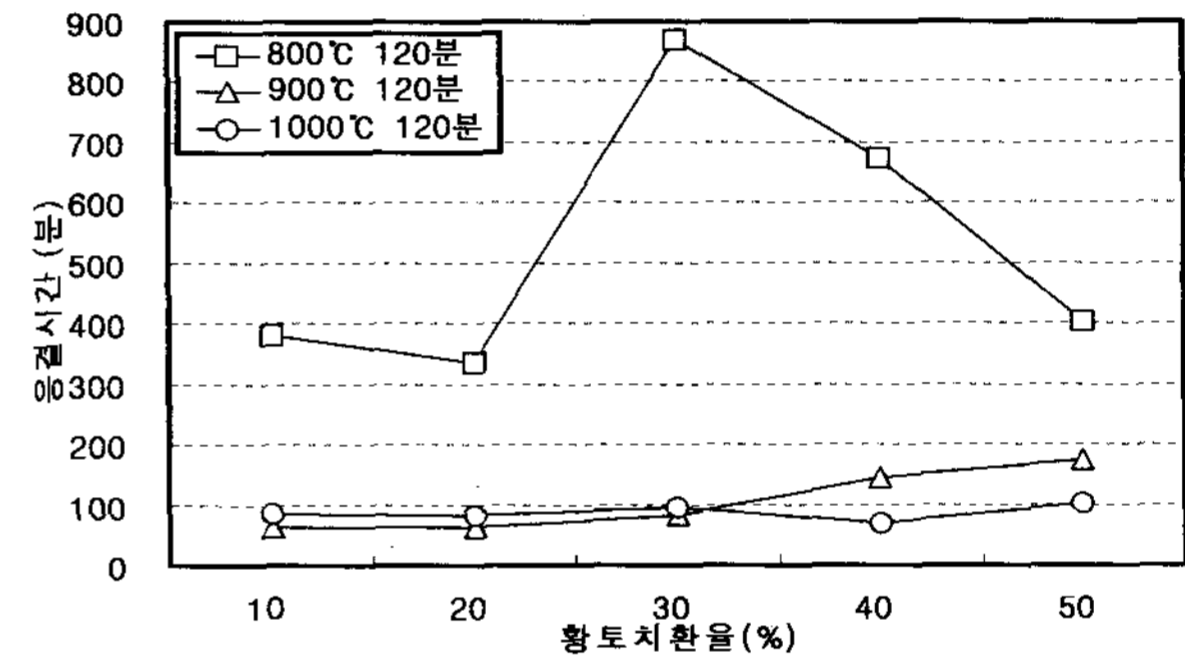
황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 플로우는 모든 조건에서 규칙적인 경향을 나타내지 않았으며, 이는 황토·굴패각 미분말의 가공조건이 변화함에 따라 비중이 변화함으로써 결합재의 양이 변화하여 나타나는 현상으로 판단된다. 황토의 치환율의 증가에 따른 플로우의 변화는 동일 소성가공 조건에서는 페이스트의 플로우 변화는 적은 것으로 나타났으며 소성시간 90분, 120분 모두에서 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 소성온도에 따른 차이는 현저하여 소성온도가 낮은 수록 플로우는 다소 증가하는 것으로 측정되었다.

3.2 응결시험

소성온도, 소성시간, 치환율을 달리하여 제작한 황토·굴패각 미분말 페이스트의 응결시험 결과는 그림 3과 같다.



a) 소성시간 90분



a) 소성시간 120분
그림 3. 응결시험

황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 응결시간(초결)은 황토·굴패각 미분말의 가공조건 중 소성온도가 높고 소성시간이 길수록 짧아지는 경향을 나타내었으며, 응결시간은 60~870분의 범위로서 각 가공조건에 따른 차이는 매우 큰 것으로 나타났다.

3.3 압축강도

소성온도, 소성시간, 치환율을 달리하여 제작한 황토·굴패각 미분말 페이스트의 압축강도 결과는 그림 4와 같다.

황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트 경화체의 압축강도는 재령이 증가함에 따라 다소 향상되는 양상을 나타내었으나, 소성온도 800°C와 900°C에서는 초기재령 압축강도에 비하여 큰 차이를 나타내지 않았다. 또한 굴패각 미분말과 황토의 혼합물은 소성온도 1000°C 이상의 조건에서 치환율 20%, 30%에서 현저한 강도발현 성능을 나타내어 굴패각 미분말과 황토의 혼합물을 석회계 결합재로서 활용하기 위해서는 최저 소성온도가 1000°C 이상이 되어야 할 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 칼슘계 결합재로서 황토·굴패각 미분말의

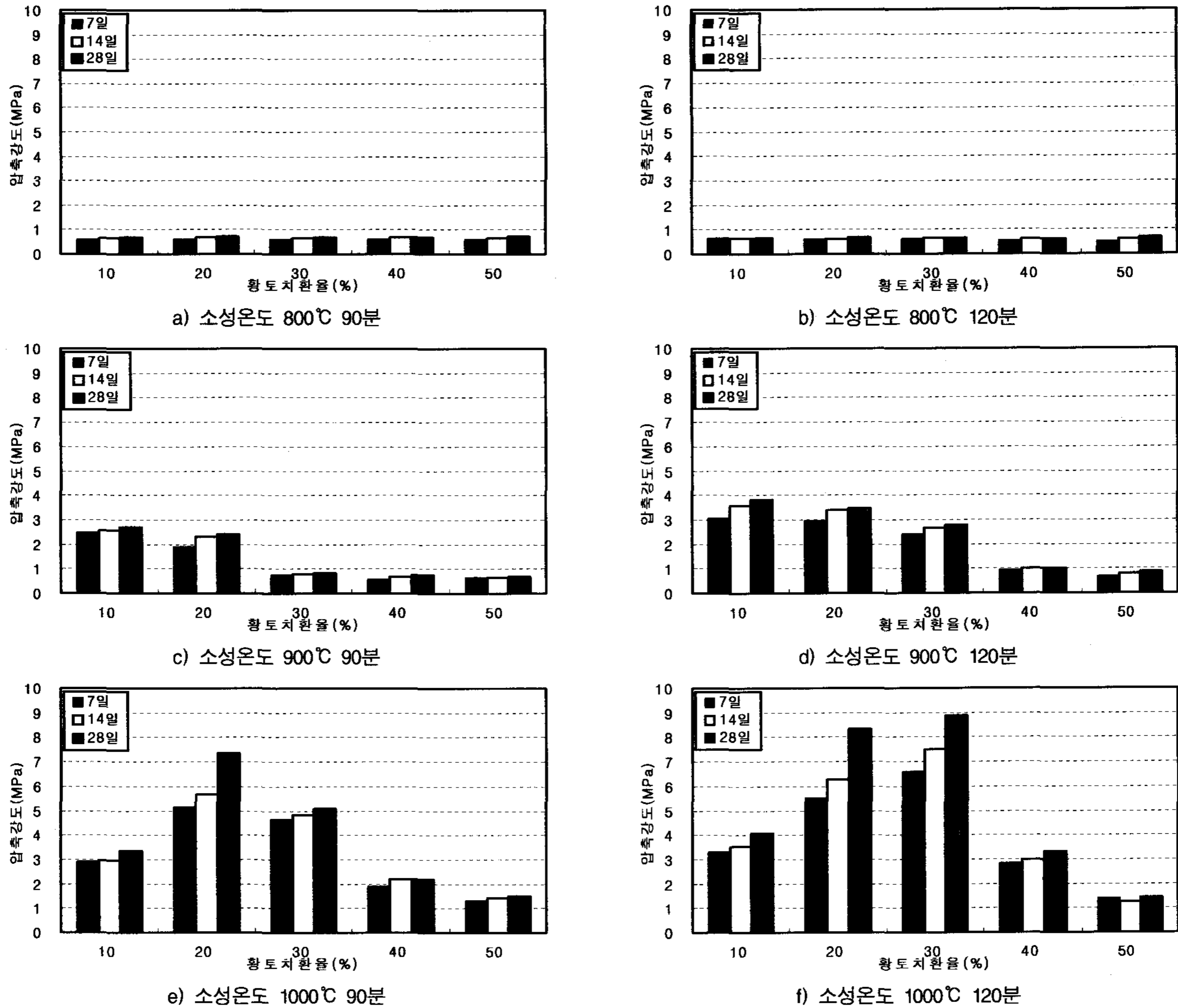


그림 4. 소성온도에 따른 압축강도

활용성을 검토하기 위하여 황토·굴패각 미분말을 사용한 페이스트의 플로우, 응결시간 및 재령별 압축강도 시험을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 황토·굴패각 미분말의 플로우는 소성온도, 소성시간, 황토의 치환율이 증가할수록 낮아지는 경향을 나타내었다.
- 2) 황토·굴패각 미분말의 응결시간은 소성온도와 소성시간이 증가할수록 빨라지는 경향을 보였고 치환율에 따라서 소성온도 800°C에는 규칙적인 변화를 나타내지 않았지만 소성온도 900°C 이상에서는 응결시간이 지연되는 것으로 나타났다.
- 3) 황토·굴패각 미분말의 압축강도는 소성온도 및 시간이 증가함에 따라 향상되는 것으로 나타났으며, 황토·굴패각 미분말을 결합재로서 활용하기 위한 적정 가공조건은 소성온도 1,000°C, 소성시간 120분, 황토 치환율 30%인 것으로 나타났다.

이상의 결과에서 황토·굴패각 미분말과 황토의 소성가공 혼합물은 석회계 결합재로서의 활용이 가능할 것으로 판단되

나, 최대 압축강도는 약 8.9MPa 수준으로서 구조용 결합재로서 활용하기에는 무리가 있을 것으로 판단되어 마감재 등의 결합재로서 활용방안을 모색하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 강병희 외 4명, 석회계 결합재로서 굴패각 미분말의 활용에 관한 기초적 연구, 대한건축학회 지회연합회 논문집, 2006. 12
2. 박상규 외 3명, 굴패각을 혼합한 시멘트 혼합체의 압축강도 특성 연구, 대한토목학회 논문집, 2003. 3
3. 양은익 외 2명, 굴패각을 혼입한 콘크리트의 역학적 특성 조사, 대한토목학회 논문집, 2001. 11
4. 양은익 외 3명, 굴패각을 잔골재로 대체 사용한 콘크리트의 장기 성능 효과, 한국 콘크리트 학회 2003. 4
5. 윤길림 외 2명, 굴패각 재활용을 위한 공학적 특성 연구, 대한토목학회 논문집, 2001. 7
6. 윤길림 외 5명, 굴패각을 혼입한 모르타르 혼합토의 강도특성 연구, 한국지반공학학회 논문집 2001. 10