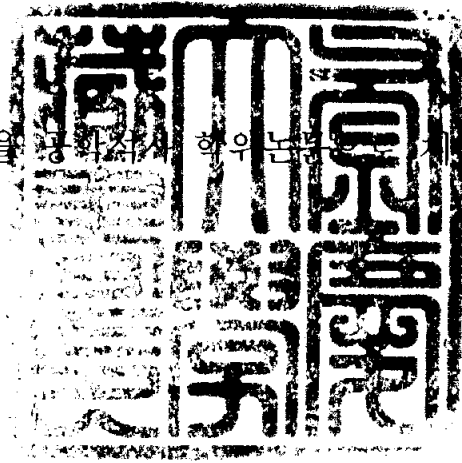


공학석사 학위논문

분쇄골패각의 토성개량 효과에
관한 연구

지도교수 정 두 회

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.



2004년 2월

부경대학교 산업대학원

토목공학과

정진민

정진민의 공학석사 학위논문을 인준함

2003년 12월 11일

주 심 농공학박사 이 영 대



위 원 공학박사 정 진 호



위 원 공학박사 정 두 회



목 차

	page
목 차	i
표 목 차	iii
그림 목 차	iv
사진 목 차	v
Abstract	vi
1. 서 론	1
2. 굴패각의 활용과 특성연구	4
2.1 국내 굴패각 발생현황	4
2.2 굴패각의 재활용 현황	5
2.3 굴패각의 공학적 특성	7
3. 하상 준설토의 공학적 특성	11
3.1 성토재료의 물성 시험	11
3.2 흙의 다짐시험	14
3.3 흙의 전단시험	15
4. 분쇄굴패각 혼합토에 대한 평가시험	16
4.1 다짐시험	16
4.2 일축압축강도시험	19

목 차 (계 속)

4.3 투수시험	29
4.4 CBR 시험	31
5. 결 론	34
6. 참 고 문 헌	36

표 목 차

	page
표 2.1 연도별 굴폐각 발생현황(2001년: 해양수산부)	4
표 2.2 지역별 굴폐각 발생현황(2002년: 해양수산부)	4
표 2.3 굴폐각의 재활용 현황(2002년; 해양수산부)	5
표 2.4 굴폐각의 조성성분(윤, 2001)	7
표 2.5 굴폐각의 단위중량(윤, 2001)	9
표 2.6 굴폐각의 내부마찰각(윤, 2001)	9
표 2.7 굴폐각의 투수계수(cm/sec) (윤, 2001)	9
표 2.8 표준체의 크기	10
표 3.1 준설토의 비중시험과 액·소성 시험결과	13
표 3.2 투수시험 결과	13
표 3.3 흙의 전단시험	15
표 4.1 분쇄굴폐각 혼합비와 분말도에 따른 다짐시험 결과	17
표 4.2 굴폐각을 함유하지 않은 공시체의 일축압축강도시험 결과	19
표 4.3 #30을 통과한 굴폐각 5% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	20
표 4.4 #30을 통과한 굴폐각 10% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	20
표 4.5 #30을 통과한 굴폐각 15% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	21
표 4.6 #30을 통과한 굴폐각 20% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	21
표 4.7 #60을 통과한 굴폐각 5% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	22
표 4.8 #60을 통과한 굴폐각 10% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	22
표 4.9 #60을 통과한 굴폐각 15% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	23
표 4.10 #60을 통과한 굴폐각 20% 함유한 공시체의 일축압축강도시험결과 ...	23
표 4.11 투수시험 성과표	30

그림 목 차

	page
그림 2.1 굴폐각의 입도분포 곡선	10
그림 3.1 하상 준설토의 입도분포	12
그림 3.2 하상 준설토의 다짐시험 결과	14
그림 4.1 분쇄굴폐각 혼합비에 따른 최대건조밀도	18
그림 4.2 분쇄굴폐각 혼합비에 따른 최적함수비	18
그림 4.3 분쇄굴폐각(#30체 통과)을 혼합한 공시체의 일축압축강도 변화	26
그림 4.4 분쇄굴폐각(#60체 통과)을 혼합한 공시체의 일축압축강도 변화	26
그림 4.5 분쇄굴폐각(#30체 통과)을 혼합한 공시체의 파괴변형율의 변화	27
그림 4.6 분쇄굴폐각(#60체 통과)을 혼합한 공시체의 파괴변형율의 변화	27
그림 4.7 분쇄굴폐각(#30체 통과)을 혼합한 공시체의 함수비 변화	28
그림 4.8 분쇄굴폐각(#60체 통과)을 혼합한 공시체의 함수비 변화	28
그림 4.9 분쇄굴폐각 혼합에 따른 투수계수 변화	30
그림 4.10 #60체를 통과한 분쇄굴폐각 10% 첨가한 시료의 팽창량	32
그림 4.11 #60체를 통과한 분쇄굴폐각 15% 첨가한 시료의 팽창량	32
그림 4.12 #60체를 통과한 분쇄굴폐각 20% 첨가한 시료의 팽창량	33
그림 4.13 #60체를 통과한 분쇄굴폐각 첨가한 시료의 수정 CBR	32

사 진 목 차

	page
사진 2.1 경남 진해시 용원 일대에 무단 방치된 굴패각(1)	6
사진 2.2 경남 진해시 용원 일대에 무단 방치된 굴패각(2)	6

Effect of Crushed Oyster-Shell in Soil Improvement

Jin-Min Jung

*Department of Civil Engineering, Graduate School of Industry,
Pukyong National University*

Abstract

This study focuses on the feasibility of oyster shells as an admixture for the improvement of engineering characteristics of soils dredge from a river bed.

Dredged soils have been used for the construction of levees or dikes for economic reasons. These soils are sometimes inadequate for these construction. Oyster shells are illegally abandoned around the coastal area. Since the abandoned oyster shells can contaminate the ground water around the coastal area, they should be treated or recycled.

The main constituent of oyster shell is a calcium carbonate (CaCO_3) which is abundant in limestones. If crushed oyster shells are mixed with dredged soils, a hydration reaction can be expected from an interaction between calcium carbonate and water. The hydration reaction can improve the engineering properties of dredge soils.

Laboratory soil tests such as compaction, unconfined compressive strength, permeability, and CBR tests were performed in order to investigate the feasibility of crushed oyster shells to improve the engineering characteristics of dredged soils. If the finely crushed oyster shells are adequately mixed with poor soils, the engineering properties of those soils can be improved significantly.

Key words; oyster shell, contaminate, dredged soil, calcium carbonate, hydration reaction, laboratory soil test, engineering property

1. 서 론

산업혁명 이후 인류문화는 많은 발전을 거듭해 왔다. 특히 기계문명의 발달은 사람의 노동력을 대신하였고, 노동시간을 단축시켜줌으로서 인간의 삶을 한층 더 편리하게 만들었다. 또한 산업의 발전은 인류에게 생활의 편리함, 여가 생활, 물질적 풍요를 가져다주었으며, 의학의 발전은 인간의 수명을 연장시켜 주었다. 이처럼 산업의 급속한 발전이 인류에게 많은 혜택을 준 반면 여러 분야에서 많은 문제점들이 나타나고 있다.

오늘날 현대사회도 산업화에 따른 많은 문제점들을 가지고 있다. 그 중하나가 바로 굴폐각으로 인한 환경오염 문제이다. 우리나라의 경우 삼면이 바다인 지리적 특수성으로 어업분야도 많이 발전하였는데 과거에는 어업 생산량의 대부분이 해면어업에 의존해왔으나 어족자원의 고갈로 인하여 천해양식산업이 발전하게 되었다.

통계자료에 의하면 천해양식산업에서 생산되는 어패류 중에서 굴이 차지하는 비중이 가장 큰 것으로 나타나고 있으며, 굴양식산업의 부산물인 굴폐각으로 인한 환경오염 문제가 심각하게 대두되고 있는 실정이다.

학계의 보고에 의하면 국내 연안지역의 굴 양식장에서 연간 약 30만 톤의 굴폐각이 발생된다고 알려지고 있으나, 해양수산부의 자료에 의하면 연간 약 18만 톤이 굴 양식장에서 발생된다고 한다. 해양수산부의 조사근거는 어가 및 업체가 수협계통의 조직을 통하여 위판, 공판 등의 절차를 거쳐 출하하는 생산량을 조사한 것이므로 개별적 판매량은 포함되지 않아 실제 생산량은 다소 많아질 것이다.

굴 양식 산업에서 발생하는 많은 양의 굴폐각 중 10%~20% 정도가 비료나, 종패부착용으로 재활용되고 그 나머지는 그대로 방치되거나 무단 투기되어 연안지역의 환경오염이 날로 심각해지고 있는 실정이다.

현재 국내에서도 환경적인 문제를 해소하고 자원을 재활용하는 측면에서

굴패각의 효율적인 활용에 대한 연구가 각종 산학기관에서 활발히 진행되고 있다. 현재까지 진행되고 있는 굴패각 활용방안에 대한 연구동향을 간략하게 살펴보면 굴패각을 이용한 오폐수 처리에 관한 연구, 굴패각을 이용하여 준설토를 매립하는 과정에서 발생하는 중금속 제거에 관한 연구, 굴패각을 이용하여 준설토의 강도를 증진시키는 방안에 대한 연구, 굴패각을 분쇄하여 건설재료로 활용하는 방안에 대한 연구들이 주종을 이루고 있다. 그러나 이러한 굴패각 활용방안은 현재 적체되어 있는 많은 양의 굴패각을 처리할 수 없으므로 굴패각을 대량으로 처리할 수 있는 활용방안을 모색해야 할 필요성이 있다.

현재 국내에서는 매년 반복되는 수재해 방지대책의 일환으로 하천제방 축조공사가 활발하게 진행되고 있다. 제방의 특성상 투수성이 낮고 사면활동에 대한 안정성을 확보하기 위해서 강도가 큰 양질의 토사를 이용해서 제방을 축조하여야 한다. 그러나 대부분의 경우 공사현장 인근에서 양질의 토취장을 확보하기 어렵고 토취장으로부터 현장까지의 운반거리가 멀 경우 공사비가 증가되므로 경제적인 이유로 취득하기가 용이한 하상 준설토를 제방축조 재료로 이용하고 있는 실정이다.

하상 준설토는 대부분 함수비가 높아서 다짐이 어렵고 제방의 안정에 요구되는 전단강도가 낮아서 별도의 안정처리를 하지 않고는 제방축조 재료로 사용하기가 부적합하다. 이와 같이 불량한 하상 준설토를 이용해서 제방을 축조한 경우 강우 시 제방의 함몰, 세굴, 누수 등이 발생한 사례가 많이 있고, 제방이 붕괴되어 많은 재산과 인명피해가 발생한 사례도 있다.

현재 흙의 공학적인 성질을 개선하기 위해 일반적으로 시멘트, 석회석, 아스팔트 등이 혼화제로 많이 사용되고 있다. 이들 혼화제가 흙의 안정처리에 많이 이용되는 것은 다양한 종류의 흙에 적용이 가능하면서도 가격이 저렴할 뿐만 아니라 환경오염에 대한 문제가 없기 때문이다. 이들 외에도 염화칼슘(CaCl_2), 금속분말 등과 같은 다양한 화학재료를 혼화제로 적용한 바가 있으나 이들의 효용성에 대한 신뢰성이 결여되어 많이 사용되지 않는다. 이와

같이 흙의 성질을 개선하는데 여러 종류의 혼화재가 활용되고 있으나, 자원을 재활용하고 환경오염 문제를 해결할 수 있는 자원이 있다면 개발하고 활용되어야 할 것이다.

기존의 연구결과에 의하면 굴패각의 주성분은 탄산칼슘(CaCO_3)으로 석회석의 주성분이며, 분쇄하면 사질토적인 성질은 지닌다. 이러한 굴패각의 기본적인 성질은 하상 준설토의 공학적인 성질을 개선하는데 충분한 가능성이 있다고 판단된다. 하상 준설토는 입도가 비교적 균질한 세립의 저소성의 실트 포함수비가 높아 다짐이 어렵다. 이러한 흙에 함유수가 매우 낮은 굴패각을 분쇄하여 혼합한다면 함유수가 낮아질 것이고, 시간경과에 따른 수화반응이 일어나서 강도가 증가할 것이다.

따라서 본 연구에서는 굴패각을 이용해서 하상 준설토의 물성을 개량하여 제방축조 재료로 활용할 수 있는 가능성을 검토하기 위해서 분쇄한 굴패각과 하상 준설토를 혼합한 흙의 다짐, 강도, 변형 및 투수 특성을 평가하고자 한다. 본 연구의 목적을 달성하기 위해서 #30체와 #60체를 통과한 분쇄 굴패각을 5%, 10%, 15%, 20%의 비로 하상 준설토와 혼합한 시료에 대해서 다짐시험, 강도시험, 투수시험, CBR 시험을 실시하여 분쇄 굴패각의 분말도와 혼합비에 따른 특성을 평가하였다.

2. 굴패각의 활용과 특성연구

2.1 국내 굴패각 발생현황

우리나라는 오래전부터 세계적인 굴 생산국으로 알려지고 있으나 근래에는 굴 양식어가 및 생산량이 다소 감소하고 있는 추세다. 이에 따라 굴패각 발생량도 다소 감소하고 있는 추세이나, 연간 17만톤 이상의 굴패각이 꾸준히 발생하고 있는 실정이다(표 2.1 참조). 그러나 아직까지 경상남도와 전라남도의 남해 연안을 중심으로 굴 양식업이 성행하고 있으며 이에 따라 이들 지역에서 국내 굴패각의 92% 정도가 발생하고 있다(표 2.2 참조). 이와 같이 매년 발생하는 굴패각의 80~90% 정도가 매립 또는 방치되어 연안지역의 환경을 오염시키고 있다.

표 2.1 연도별 굴패각 발생현황 (2001년; 해양수산부)

단위(M/T)

품 종	1995년	1996년	1998년	1999년	2000년	2001년
굴	191,156	185,339	175,926	177,259	177,079	174,117
95년 대비 (감소)	-	3.04%	7.97%	7.27%	7.36%	8.91%

표 2.2 지역별 굴패각 발생현황 (2001년; 해양수산부)

단위(M/T)

구분	계	부산	인천	울산	경기	강원	충남
패각	174,117	5,605	221	-	-	66	8,344
			전북	전남	경북	경남	제주
			-	8,205	-	151,742	-

2.2 굴폐각 재활용 현황

굴폐각은 주로 충청남도, 전라남도와 경상남도 연안에서만 연간 18만 톤 이상 발생되며, 일부 굴 종·채묘용과 비료 원료 등으로 재활용되고 또 일부는 지방자치단체에서 조성한 매립장에 매립되고 있으나 그 나머지는 그 대로 야적되거나 방치되고 있어 굴폐각으로 인한 연안지역의 환경오염이 날로 심각해지고 있다. 이런 문제를 해결하고자 경상남도 통영시에서는 어촌의 정주생활권을 정비하기 위한 사업으로 『굴폐각 집하장』을 2005년까지 사업비 54억을 투입하여 7개소 설치할 계획이지만 근본적인 해결책을 찾지 못하고 있다.

표 2.3 굴폐각의 재활용 현황 (2002년; 해양수산부)

	수량 (톤)	비교
종패부착용	25,000	8.3 %
비 료	2,000	0.7 %
매립·투기	238,000	80 %
방 치	35,000	11 %
계	300,000	100 %

2002년 해양수산부에서 조사한 표 2.2의 자료에 의하면 경우 재활용되는 비율은 10%정도이고 90%이상은 매립·투기되거나 방치되고 있음을 알 수 있다 (사진 2.1, 2.2 참조). 따라서 이러한 굴폐각을 지반개량제로서 활용하고 대체 자원으로 개발한다면 환경적인 문제를 해결 할뿐만 아니라 아울러 자원의 재활용 측면에서 국가적인 이익을 가져다줄 것이다.

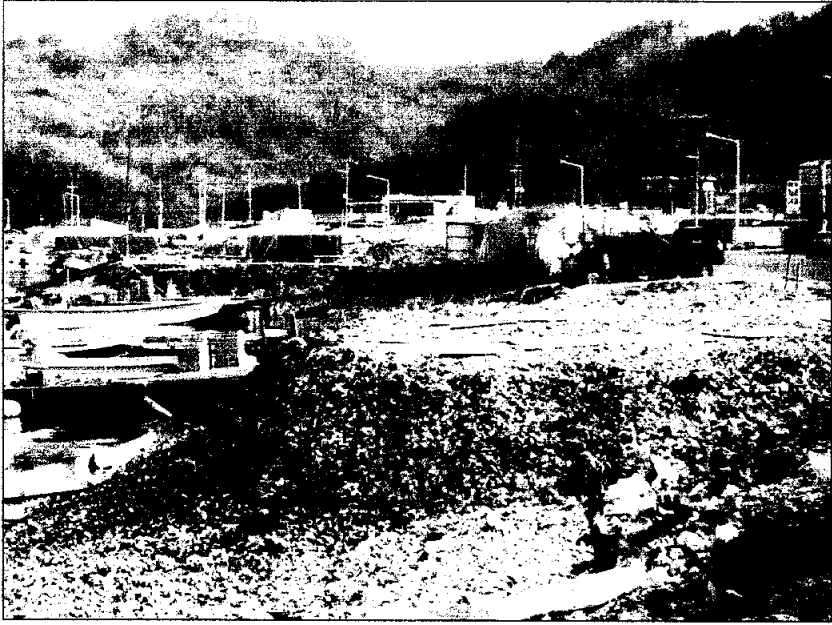


사진 2.1 경남 진해시 용원 일대에 무단 방치된 골패각 (1)



사진 2.2 경남 진해시 용원 일대에 무단 방치된 골패각 (2)

2.3 굴폐각의 공학적 특성

2.3.1 굴폐각의 조성성분

굴폐각의 조성성분에 관한 기존의 연구결과에 의하면 굴폐각을 구성하고 있는 성분에서 탄산칼슘(CaCO_3)이 중량비로 90%이상 함유되어 있는 것으로 나타났다(표 2.4 참조). 굴폐각의 주성분인 탄산칼슘은 석회석의 주성분으로 시멘트 산업에서 유용하게 사용되고 있으므로 굴폐각의 지반개량재료의 활용 전망도 상대적으로 높다.

표 2.4 굴 폐 각 의 조 성 성 분 (윤, 2001)

성분	SiO_2	Al_2O_3	FeO_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	CO_2
(%)	2.00	0.50	0.20	51.06	0.51	0.60	0.58	43.04

2.3.2 굴폐각의 주요 반응원리

굴 폐각의 주성분은 탄산칼슘으로 화학식은 CaCO_3 이다. 탄산칼슘은 자연계에 존재하는 염 중에서 가장 많이 분포하고 있으며, 그 형태도 다양하며, 대리석, 방해석, 선석, 석회석, 백악, 빙주석, 조개껍질, 달걀껍질, 산호 등에 존재한다. 일반적으로 탄산칼슘은 무색의 결정 또는 백색 고체로, 비중은 2.93이며 825°C 에서 분해된다. 탄산칼슘을 가열하면 이산화탄소를 발생하고 생석회를 얻는다. 이 반응은 이산화탄소와 생석회를 공업적으로 얻기 위한 중요한 반응이다.

특히 $\text{CaCO}_3 \Rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ 습 CO_2 , 순수한 물에는 용해하지 않으나,

이산화탄소를 함유하는 물에는 용해하여, 중탄산칼슘을 생성하며 녹는다.

$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \Leftrightarrow Ca(HCO_3)_2$ 또, 탄산칼슘에 산을 작용시키면 이산화탄소를 발생한다. $CaCO_3 + 2HCl \Rightarrow aCl_2 + H_2O + CO_2$ 습 이산화탄소를 함유하는 물이 땅속의 석회석을 만나면 용해하여 공동(空洞)을 만드는데, 이것이 석회석 동굴이며, 이와 같이 용해한 물이 지열 등에 의해서 분해 되어 탄산칼슘이 침전한다. 이 침전이 석회석동굴 속에서 이루어질 때 종유석이나 석순 등을 생성한다고 한다.

탄산칼슘을 실험실에서 얻는 데는 수용성 칼슘염에 탄산알칼리를 작용시키거나, 석회수에 이산화탄소를 통과시킨다. 공업적으로 석회석을 분쇄하여 가루를 만들어 채로 쳐서 가르거나 풍피(공기 중에서 고체입자가 자유 침강할 때 속도의 차이를 이용하여 입자를 크기 또는 비중에 따라 나누는 조작)하여 얻는다. 이것을 중질탄산칼슘이라 한다. 또, 석회유에 이산화탄소를 불어넣어 생기는 침전을 여과, 건조, 미세분쇄 한다. 이것을 경질탄산칼슘이라고 한다. 또, 조개껍질을 습식 분쇄한 것을 호분(胡粉)이라 한다. 탄산칼슘은 값이 싸고, 비중도 크지 않아 공업 분야에 널리 사용된다고 한다. 즉, 석회석, 대리석으로 시멘트의 주원료, 산화칼슘의 원료, 제철, 건축재료 등의 각종 중화제로 사용된다.

2.3.3 굴패각의 물리적 특성

분쇄한 굴패각과 굴패각 원형의 단위중량과 내부마찰각, 투수계수는 표 2.5~2.7에 나타낸 바와 같다. 입자의 크기가 5~35mm 정도로 분쇄된 굴패각의 경우 내부마찰각이나 투수계수의 수치는 일반 사질토의 수치와 비슷하며 비중은 그 크기에 따라 2.35~2.60정도이며 흙보다 상당히 작다. 참고로 탄산칼슘의 비중은 2.71정도이다.

표 2.5 굴패각의 단위중량 (윤, 2001)

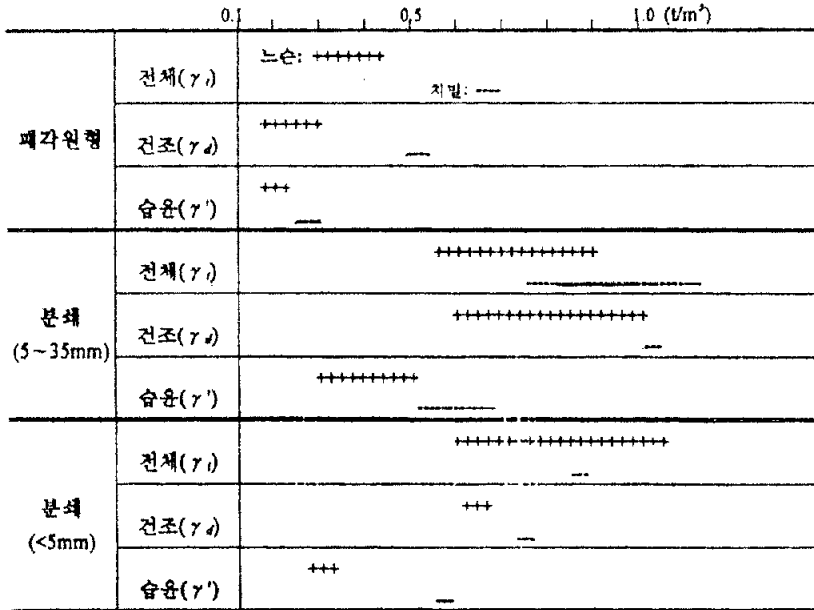


표 2.6 굴패각의 내부마찰각 (윤, 2001)

구분	패각원형	분쇄(5 ~ 35mm)	분쇄(< 5mm)
치밀	20~38°	40~59°	30~53°
느슨	14~25°	20~30°	

표 2.7 굴패각의 투수계수(cm/sec) (윤, 2001)

구분	패각원형	분쇄(5 ~ 35mm)	분쇄(< 5mm)
치밀	10 ¹ ~ 10 ²	10 ⁰ ~ 10 ¹	10 ⁻³ ~ 10 ⁻²
느슨	10 ⁰ ~ 10 ¹	10 ¹ ~ 10 ²	10 ⁻² ~ 10 ⁻¹

굴패각의 경우 패각 원형을 그대로 사용한다면 모래와 비슷한 거동을 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 굴패각이 가지고 있는 탄산칼슘(CaCO_3) 성분의 반응을 효과적으로 활용하기 위해서 굴패각을 분쇄하여야 한다. 본 연구에서는 분쇄한 굴패각을 체가름하여 입도분포시험을 실시하였으며, 입도분석시험 결과에 의하면 분쇄된 굴패각의 크기는 0.106 mm (#140체)에서 2.0 mm (#10체)사이에 분포하여 통일분류법에 따르면 모래의 크기로 분류된다.

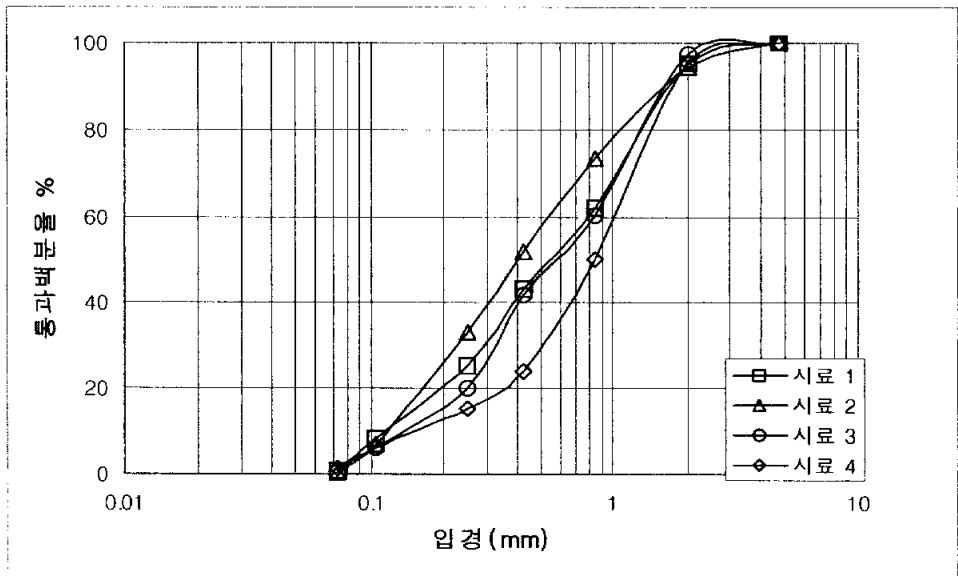


그림 2.1 굴패각의 입도분포 곡선

표 2.8 표준체의 크기

체 번호	#4	#10	#30	#40	#60	#140	#200
체 구멍 크기(mm)	4.75	2.00	0.60	0.425	0.250	0.106	0.075

3. 하상 준설토의 공학적 특성

본 연구에 사용된 하상 준설토는 경상남도 밀양시 하남면 오산 제외지 일대의 하천에서 채취하였다. 하상 준설토의 공학적인 특성을 파악하기 위해서 채취한 시료를 이용해서 흙의 물성시험, 전단강도시험, 다짐시험 및 투수시험을 실시하였으며 시험결과는 다음과 같다.

3.1 성토재료의 물성 실험

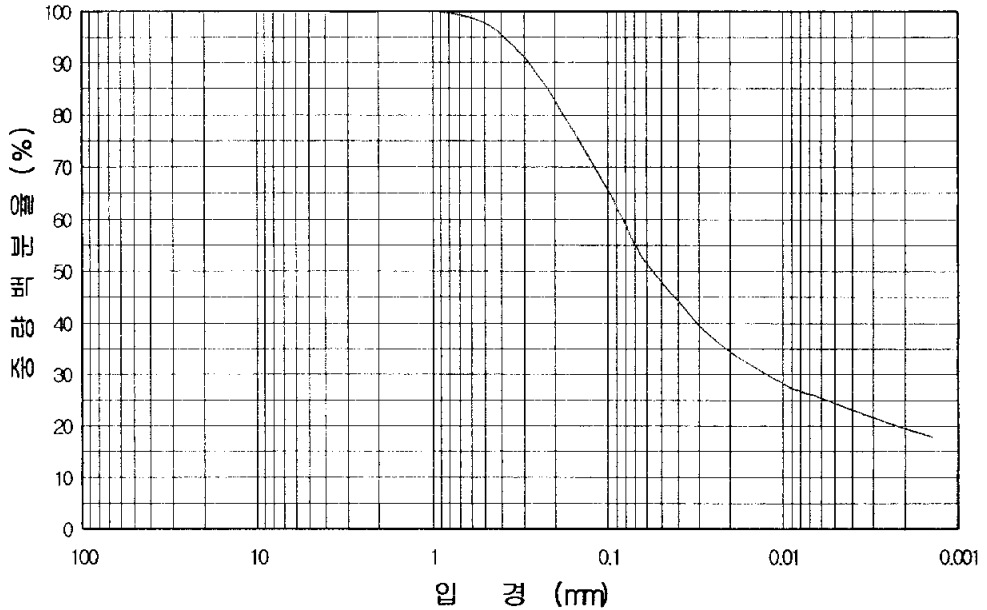
3.1.1 입도시험

하상 준설토의 입도특성을 파악하기 위해 입도분석시험을 실시하였다. 본 실험에 사용된 하상 준설토는 손으로 만져보았을 때 알갱이가 전혀 느껴지지 않을 정도의 세립토이다.

체분석시험 결과 #200체(0.075 mm) 통과백분율이 60.4%가 넘어서 체가름 시험과 비중계분석에 의한 입도분석시험을 병행하였다. 비중계분석 시험은 KS F 규정에 의거하여 시료를 비이커에 넣고 시료가 완전히 침수되도록 증류수에 18시간이상 방치 후 분산제(규산나트륨용액)를 첨가한 후 비중계분석을 수행하였다.

입도분석시험 결과 하상 준설토는 그림 3.1에 나타낸 바와 같이 세립의 모래가 주성분이고 실트와 점토입자가 혼재되어 있다.

흙의 체 분석



Gravel	Sand	Silt	Clay	Colloids
2.0mm 이상	2.0mm이하 ~0.074mm이상	0.074mm이하 ~0.005mm이상	0.005mm이하 ~0.001mm이상	0.001mm 이하

그림 3.1 하상 준설토의 입도분포

3.1.2 성토재료의 비중 및 액·소성 실험

하상 준설토에 대한 물성시험 결과는 표 3.1에 나타낸 바와 같으며, 시료의 자연함수비는 평균 19.6%, 비중은 2.62이고, 비소성(non-plastic)다. 따라서 본 연구에 사용된 하상 준설토는 통일분류법에 의하면 저소성의 실트(ML)로 분류된다.

표 3.1 준설토의 비중시험과 액·소성 시험결과

시험항목	물 성 치
함수비(w_n , %)	19.6
비 중	2.62
액성한계(%)	N. P.
소성한계(%)	N. P.
소성지수(%)	N. P.
통일분류기호	ML

3.1.3 흙의 투수시험 결과

본 연구에 사용한 하상 준설토는 입도시험 결과 세립토로 분류되므로 변수 위투수시험(KS F 2322)에 의해서 투수계수를 평가하였다. 투수시험에 사용한 시료는 최적함수비를 약간 상회하는 습윤 측에서 다짐을 하였으며, 이 때 흙 시료의 함수비는 21.2%이었다. 투수시험 결과에 의하면 표 3.2에 나타낸 바와 같이 다진 하상 준설토의 투수계수는 4.38×10^{-5} cm/sec로 평가되었다.

표 3.2 투수시험결과

비 중 (Gs)	함 수 비 (%)	습 윤 밀 도 (g/cm ³)	건 조 밀 도 (g/cm ³)	투수계수 (cm/sec)
2.62	21.2	1.738	1.434	4.38E-05

3.2 흙의 다짐시험

본 연구에 사용한 흙시료를 채취한 현장은 낙동강 하구지역으로 지하수위가 높아 상대적으로 함수비도 높다. 따라서 자연 상태로는 다짐이 거의 불가능한 재료이다. 본 연구에서는 함수비가 높은 하상 준설토를 공기 건조시킨 후에 A다짐방법(KS F 2322)에 의거하여 다짐시험을 실시하였으며, 하상 준설토에 대한 다짐시험결과인 다짐곡선을 그림 3.2에 나타내었다.

다짐시험 결과 하상 준설토의 최대건조밀도는 1.592 g/cm^3 , 최적함수비는 18.7%로 높게 평가되었다. 이와 같이 최적함수비가 높게 평가된 것은 하상 준설토가 세립분을 많이 함유하고 있기 때문이다.

다 짐 곡 선

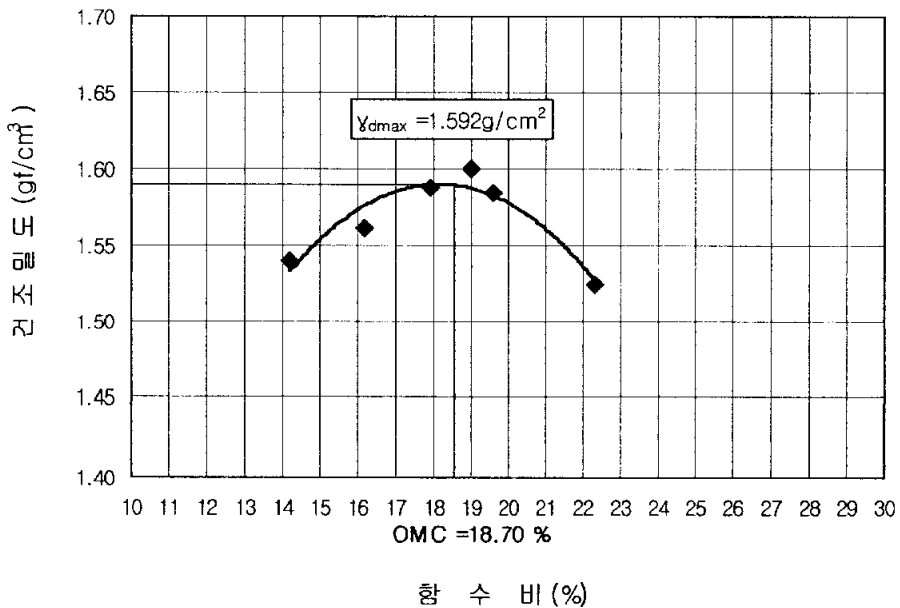


그림 3.2 하상 준설토의 다짐시험 결과

3.3 흙의 전단시험

하상 준설토의 전단강도를 평가하기 위해서 현장에서 채취한 시료를 최적 함수비 근방에서 다진 후 비압밀 비배수 조건에서 직접전단시험을 실시하였으며, 표 3.3에 나타낸 바와 같이 하상 준설토의 내부마찰각은 21.3° , 점착력은 0.148 kgf/cm^2 정도로 평가되었다.

표 3.3 흙의 전단시험

시 험 조 건 : U U		시료상태 : 흐트러진 시료			
전 단 속 도 : 1mm/min		전단방법 : 변 형 제 어			
공 시 체 No	1	2	3	4	
함 수 비 W %	20.9	21.2	21.2	21.2	
습 윤 밀 도 $\gamma_t \text{ g/cm}^3$	1.733	1.734	1.733	1.733	
전단시의 수직응력 $\sigma \text{ kgf/cm}^2$	0.1	0.3	0.5	0.7	
최 대 전 단 력 $\tau_{\max} \text{ kgf/cm}^2$	0.184	0.262	0.325	0.417	
내 부 마 찰 각 ϕ°	21.3				
점 착 력 C kgf/cm^2	0.148				

하상 준설토의 다짐특성, 투수계수, 전단강도를 평가해 본 결과 다짐의 효율을 최대화할 수 있는 최적함수비는 18.7%이고, 최적의 함수비상태에서 다짐을 해야지만 하천공사표준시방서에서 제시하고 있는 투수계수와 강도조건을 만족할 수 있다. 그러나 하상 준설토는 자연함수비가 23~25%로 인위적으로 함수비를 낮추지 않고서는 최적의 다짐조건을 만족시킬 수 없는 상태이다.

4. 분쇄골패각 혼합토에 대한 평가시험

본 연구에서는 분쇄한 골패각을 혼합한 하상 준설토의 특성을 평가하기 위해 다짐시험, 일축압축강도시험, 투수시험 및 CBR 시험을 실시하였다.

시험용 시료는 #30체를 통과하고 #60체에 잔류한 분쇄골패각(이하 #30체 통과한 분쇄골패각)과 #60체를 통과한 분쇄골패각(이하 #60체 통과한 분쇄골패각)을 각각 중량비로 5%, 10%, 15%, 20%로 구분하여 흙 시료와 혼합하여 제작하였다.

4.1 다짐시험

분쇄골패각의 혼합비와 분말도에 따른 혼합토의 다짐특성을 평가하기 위해서 다짐시험을 실시하였다. 본 연구에서는 KS F 2312-91 D-a 수정다짐시험법에 의해서 다짐시험을 수행하였고, 다짐시험용 시료는 현장에서 채취한 하상 준설토를 건조 시킨 후 함수비를 조정하면서 분쇄골패각을 혼합해서 제작하였다. 분쇄골패각과 하상 준설토를 혼합한 시료에 대한 다짐결과인 최대건조밀도와 최적함수비를 표 4.1, 그림 4.1, 그림 4.2에 혼합비와 분말도에 따라 나타내었다.

그림 4.1에 제시한 분쇄골패각 혼합비와 최대건조밀도의 관계에서 보면 분쇄골패각 함유량이 높을수록 혼합토의 최대건조밀도는 다소 감소되는 것으로 나타났다. 이는 골패각의 비중이 흙에 비해서 낮기 때문에 골패각의 함유량이 많을수록 단위밀도가 작게 나타난 것으로 판단된다. 그리고 분말도가 미세한 #60체를 통과한 분쇄골패각을 혼합한 경우 #30체를 통과한 조립의 분쇄골패각을 혼합한 경우에 비해서 다진 혼합토의 최대건조밀도가 다소 높게 나타났다. 이는 분쇄골패각의 분말도가 미세할수록 다짐효율이 우수하다는 것을 의미한다.

그림 4.2는 분쇄골패각 혼합비와 최적함수비와의 관계를 나타낸 것으로 분쇄골패각의 함유량이 높을수록 혼합토의 최적함수비가 다소 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 분쇄골패각의 흡수율이 흙입자에 비해서 높기 때문에 분쇄골패각의 함유량이 많을수록 함수비가 높아지는 것이다. 그리고 분말도가 미세한 #60체를 통과한 분쇄골패각을 혼합한 경우 #30체를 통과한 조립의 분쇄골패각을 혼합한 경우에 비해서 최적함수비가 다소 높게 나타났다. 이는 분쇄골패각의 분말도가 미세할수록 표면적이 높아지기 때문이다.

표 4.1 분쇄골패각 혼합비와 분말도에 따른 다짐시험 결과

	최 대 건 조 밀 도 (g/cm ³)	최 적 함 수 비 (%)
분쇄골패각 무 첨 가	1.730	16.20
#30체를 통과한 분쇄골패각 5% 첨가	1.725	17.00
#30체를 통과한 분쇄골패각 10% 첨가	1.720	16.90
#30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가	1.710	17.22
#30체를 통과한 분쇄골패각 20% 첨가	1.699	17.45
#60체를 통과한 분쇄골패각 5% 첨가	1.725	17.35
#60체를 통과한 분쇄골패각 10% 첨가	1.747	17.40
#60체를 통과한 분쇄골패각 15% 첨가	1.745	17.45
#60체를 통과한 분쇄골패각 20% 첨가	1.740	17.60

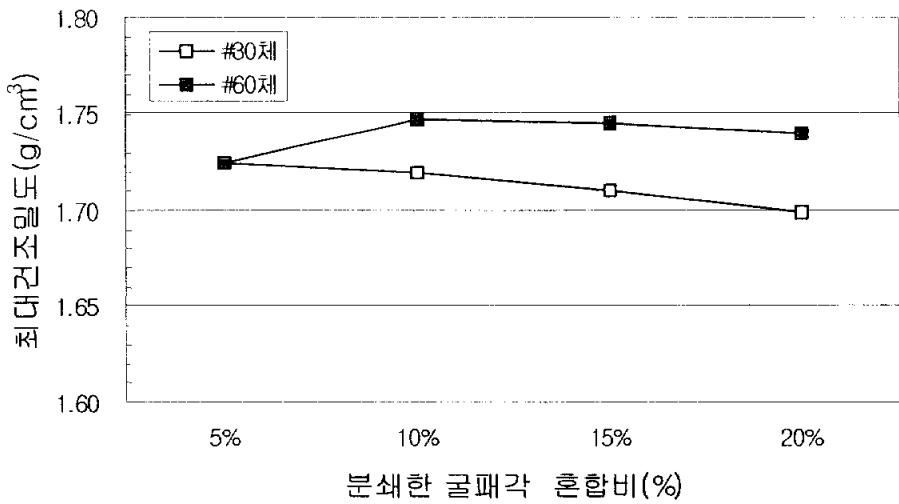


그림 4.1 분쇄골패각 혼합비에 따른 최대건조밀도

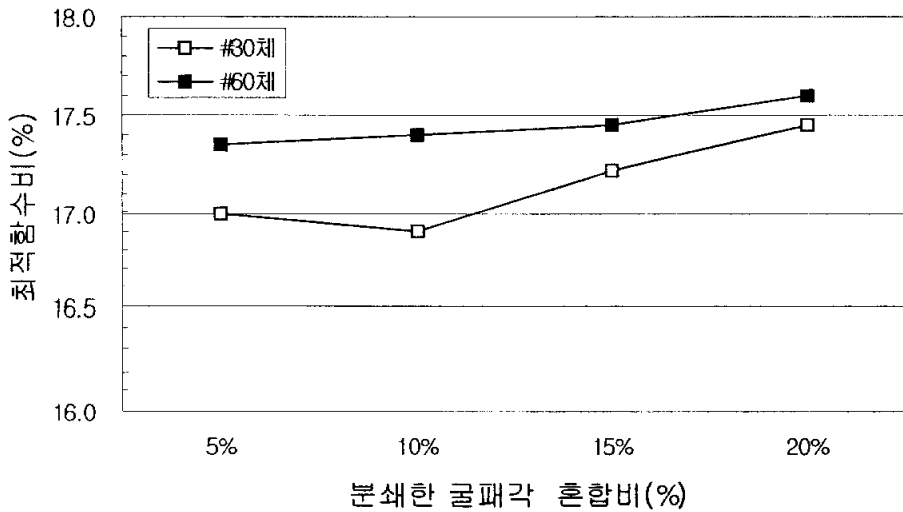


그림 4.2 분쇄골패각 혼합비에 따른 최적함수비

4.2 일축압축강도시험

분쇄골패각의 혼합비와 분말도에 따른 혼합토의 강도특성과 변형특성을 평가하기 위해서 일축압축강도시험을 실시하였다. 본 연구에서는 #30체와 #60체를 통과한 분쇄골패각을 각각 5%, 10%, 15%, 20%의 비율로 하상 준설토와 혼합한 시료를 KS F 2312-91 D-a 수정다짐시험법에 의해서 다져서 공시체를 제작하였다.

또한 양생기간에 따른 강도와 변형특성의 변화를 평가하기 위해서 다짐을 통해서 제작된 공시체는 플라스틱 양생상자 속에 넣고 상대습도 100%, 온도는 20°C가 되도록 유지하면서 1일, 3일, 7일, 21일 동안 습윤 양생시켰다. 정해진 양생기간이 되면, 각각의 경우에 대하여 3개의 시료에 대해서 일축압축시험을 실시하였다. 시험결과는 3개의 공시체에 대한 산술평균값을 구하여 분쇄골패각의 함유량, 분쇄골패각의 분말도, 양생기간에 따라 표 4.2 ~ 표 4.10에 요약·정리하였다.

표 4.2 골패각을 함유하지 않은 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.163	1.121	8.0	8	22.8	22.6	
	1.007		9.0		22.2		
	1.195		7.0		22.9		
3일	1.222	1.209	7.5	7.7	22.0	22.3	
	1.163		7.5		23.0		
	1.242		8.0		21.9		
7일	1.297	1.315	7.5	7.8	20.9	21.1	
	1.312		8.0		21.8		
	1.338		8.0		20.6		
21일	1.941	1.871	7.0	7.7	19.8	19.6	
	1.858		9.0		19.4		
	1.817		7.0		19.6		

표 4.3 #30체 통과한 굴폐각 5% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.156	1.204	8.0	8.0	19.3	19.5	
	1.255		8.0		19.3		
	1.201		8.0		19.8		
3일	1.333	1.364	7.0	7.5	19.0	19.0	
	1.422		7.5		19.0		
	1.339		8.0		19.0		
7일	1.433	1.471	8.0	8.0	19.0	19.2	
	1.483		8.0		19.5		
	1.498		8.0		19.1		
21일	1.492	1.579	7.0	7.7	18.9	18.9	
	1.641		9.0		18.7		
	1.606		7.0		19.1		

표 4.4 #30체 통과한 굴폐각 10% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.194	1.229	4.5	4.8	17.7	17.7	
	1.219		5.0		17.7		
	1.276		5.0		17.7		
3일	1.411	1.368	5.0	4.8	17.9	18.1	
	1.312		5.0		18.2		
	1.382		4.5		18.1		
7일	1.577	1.588	5.0	5.5	17.7	18.2	
	1.659		5.5		18.1		
	1.529		6.0		18.7		
21일	1.582	1.691	7.0	6.5	16.9	17.9	
	1.659		6.5		18.4		
	1.832		6.0		18.3		

표 4.5 #30체 통과한 굴폐각 15% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.238	1.295	4.5	4.7	17.5	17.6	
	1.339		4.5		17.6		
	1.310		5.0		17.8		
3일	1.314	1.300	5.0	4.8	17.7	18.2	
	1.335		4.5		18.7		
	1.254		5.0		18.3		
7일	1.490	1.475	5.0	5.2	18.3	18.9	
	1.484		5.0		18.6		
	1.452		5.5		19.8		
21일	1.480	1.539	5.5	5.3	17.9	17.6	
	1.613		5.5		17.8		
	1.524		5.0		17.0		

표 4.6 #30체 통과한 굴폐각 20% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.094	1.157	5.5	5.7	17.5	17.6	
	1.130		5.5		17.6		
	1.248		6.0		17.8		
3일	1.391	1.352	5.0	5.0	17.7	18.2	
	1.297		4.5		18.7		
	1.370		5.5		18.3		
7일	1.419	1.366	5.5	5.7	18.3	18.9	
	1.332		6.0		18.6		
	1.347		5.5		19.8		
21일	1.358	1.400	5.0	5.2	17.9	17.6	
	1.478		5.5		17.8		
	1.339		5.0		17.0		

표 4.7 #60체 통과한 굵개각 5% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.119	1.164	11.0	11.5	20.6	20.7	
	1.160		11.5		20.9		
	1.216		12.0		20.7		
3일	1.148	1.182	11.0	11.2	21.3	21.3	
	1.204		12.0		21.4		
	1.196		10.5		21.3		
7일	1.219	1.261	10.5	10.8	20.4	20.5	
	1.263		11.0		20.4		
	1.303		11.0		20.6		
21일	1.619	1.707	11.0	11.0	19.8	19.9	
	1.769		11.5		19.9		
	1.735		10.5		20.0		

표 4.8 #60체 통과한 굵개각 10% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.222	1.263	11.5	12.0	20.0	20.7	
	1.314		11.5		20.6		
	1.252		13.0		21.6		
3일	1.716	1.665	11.5	11.2	20.5	20.7	
	1.650		12.0		20.8		
	1.630		10.0		20.7		
7일	1.931	1.950	11.0	11.2	20.6	20.6	
	2.031		11.5		20.5		
	1.888		11.0		20.7		
21일	2.387	2.286	12.0	11.5	20.2	20.1	
	2.250		11.5		20.0		
	2.224		11.2		20.1		

표 4.9 #60체 통과한 굴폐각 15% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	1.904	1.860	13.5	12.2	19.1	19.6	
	1.858		12.0		19.3		
	1.818		11.0		20.3		
3일	2.326	2.116	10.5	10.0	19.6	20.0	
	1.920		10.5		20.6		
	2.103		9.0		19.7		
7일	2.151	2.217	9.5	9.3	20.0	20.4	
	2.239		8.5		20.3		
	2.263		10		20.9		
21일	2.929	2.800	10	9.2	20.0	19.7	
	2.790		9.5		19.6		
	2.683		8.0		19.5		

표 4.10 #60체 통과한 굴폐각 20% 함유한 공시체의 일축압축강도시험 결과

양생 기간	일축압축강도 (kg/cm ²)		파괴변형율(%)		함수비(%)		비 고
	시 료	평 균	시 료	평 균	시 료	평 균	
1일	2.205	2.227	6.0	6.7	18.9	19.1	
	2.109		7.0		19.4		
	2.369		7.0		18.9		
3일	2.369	2.323	7.0	7.3	19.2	19.2	
	2.117		6.5		19.0		
	2.423		8.0		19.5		
7일	2.768	2.751	8.5	7.8	20.0	19.3	
	2.568		7.5		19.5		
	2.918		7.5		18.4		
21일	2.933	2.922	8.5	8.0	18.1	18.3	
	2.833		7.5		18.4		
	3.004		8.0		18.5		

분쇄굴폐각과 하상 준설토를 혼합한 공시체의 일축압축강도를 살펴보면 그림 4.3에 나타난 바와 같이 #30체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합한 경우 양생시간이 경과할수록 일축압축강도가 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 그리고 분쇄굴폐각을 함유하지 않은 공시체에 비해서 양생기간 7일까지는 일축압축강도가 다소 크게 나타났으나, 양생기간 21일이 경과한 후에는 오히려 작게 나타났다. 이는 그림 4.5에 나타난 각 공시체의 함수비의 변화를 살펴보면 분쇄굴폐각을 함유하지 않은 공시체의 경우 21일 양생 후에 함수비가 크게 감소된 반면에 분쇄굴폐각을 혼합한 공시체의 경우 함수비의 변화가 그다지 크지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 그리고 #30체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합한 경우 분쇄굴폐각 함유량이 10%일 때 혼합토의 강도증가가 가장 큰 것으로 나타났다.

그림 4.4에 나타난 바와 같이 #60체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합한 공시체의 경우에도 양생기간이 경과할수록 일축압축강도가 증가하는 것으로 나타났으나, #30체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합한 공시체에 비해서 증가 폭이 훨씬 더 큰 것으로 나타났다. 그리고 #60체를 통과한 분쇄굴폐각 함유량이 5%인 공시체를 제외하면 분쇄굴폐각을 함유하지 않은 공시체에 비해서 전 양생기간에 걸쳐서 일축압축강도가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한 각 양생기간에 대해서 #60체를 통과한 분쇄굴폐각 함유량이 높을수록 강도증가는 큰 것으로 나타났다.

양생기간에 따른 함수비 변화를 나타낸 그림 4.5와 그림 4.6을 비교해보면 양생기간 21일이 경과한 후에는 #60체를 통과한 미세한 분쇄굴폐각을 함유한 혼합토의 경우 #30체를 통과한 조립의 분쇄굴폐각을 함유한 혼합토에 비해서 함수비가 크게 감소된 것으로 보아 미세한 분쇄굴폐각을 함유한 혼합토의 강도증가는 굴폐각 분말의 수화반응에 기인한 것으로 판단된다. 이는 역으로 #30체를 통과한 조립의 분쇄굴폐각을 함유한 혼합토에서는 상대적으로 수화반응이 미소하게 발생한다는 것을 의미한다.

제방과 같은 흙구조물의 경우 구조물이 안정성을 확보하기 위해서는 강도 조건 뿐 만 아니라 변형에 대한 저항성도 갖추어야 한다. 그림 4.7에 나타낸 바와 같이 #30체를 통과한 조립의 분쇄골패각을 함유한 혼합토의 경우 분쇄골패각 함유량이 10%이상인 공시체의 파괴변형율은 분쇄골패각을 함유하지 않은 공시체와 5% 함유한 공시체에 비해서 2%이상 낮게 나타났다. 그러나 그림 4.8에 나타낸 #60체를 통과한 미세한 분쇄골패각을 5%, 10%, 15% 함유한 혼합토의 파괴변형율은 분쇄골패각을 함유하지 않은 공시체에 비해서 크게 나타났으나, #60체를 통과한 미세한 분쇄골패각을 20% 함유한 공시체의 파괴변형율은 분쇄골패각을 함유하지 않은 공시체에 비해서 작거나 유사하게 나타났다.

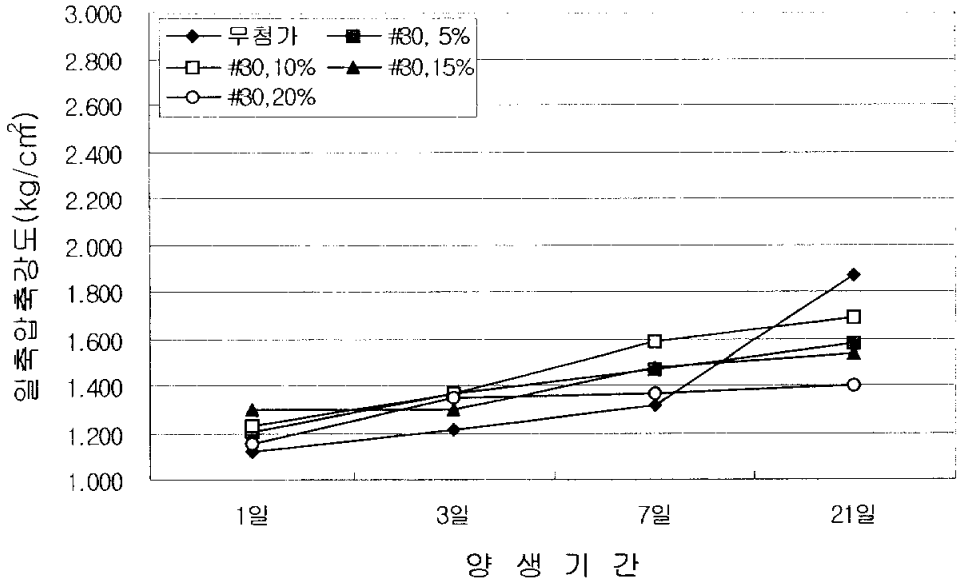


그림 4.3 분쇄골패각(#30체 통과)을 혼합한 공시체의 일축압축강도 변화

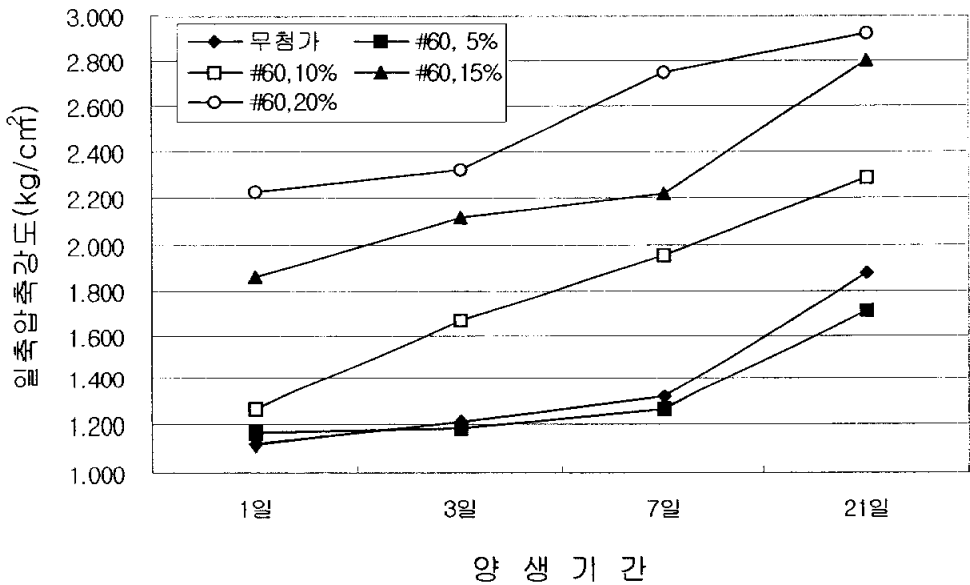


그림 4.4 분쇄골패각(#60체 통과)을 혼합한 공시체의 일축압축강도 변화

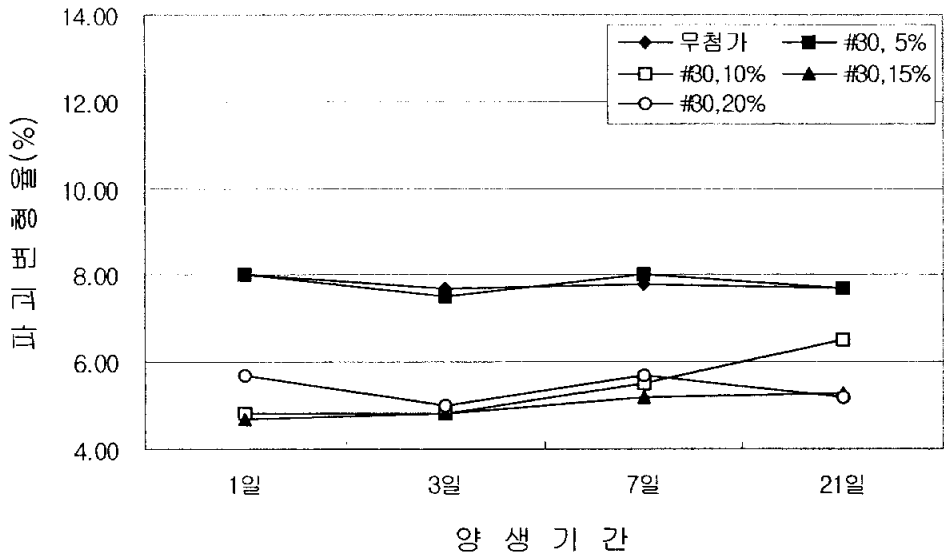


그림 4.5 분쇄골패각(#30체 통과)을 혼합한 공시체의 파괴변형률 변화

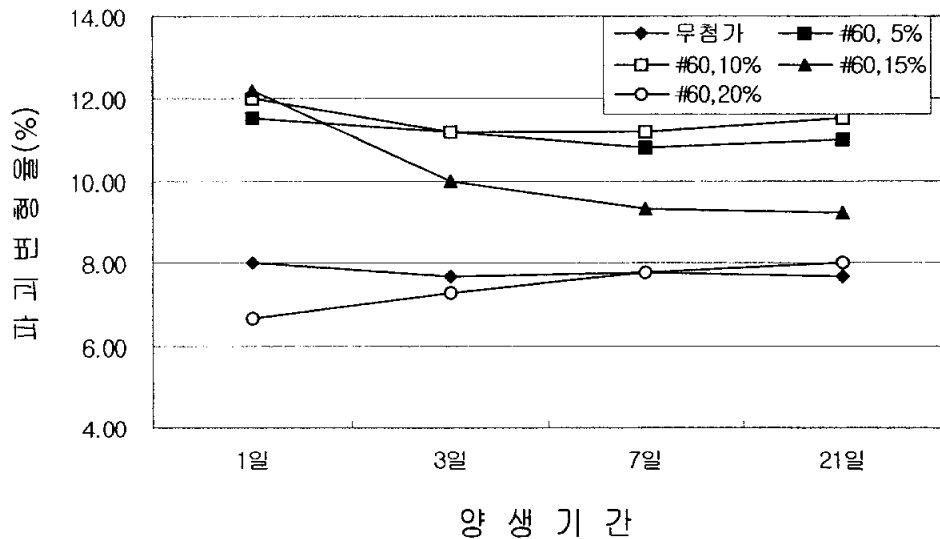


그림 4.6 분쇄골패각(#60체 통과)을 혼합한 공시체의 파괴변형률 변화

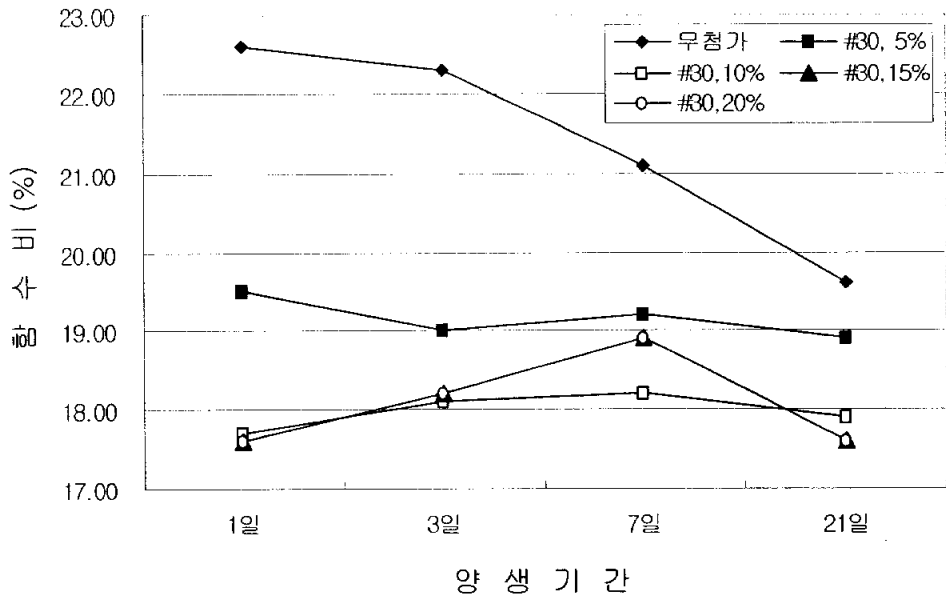


그림 4.7 분쇄골패각(#30체 통과)을 혼합한 공시체의 함수비 변화

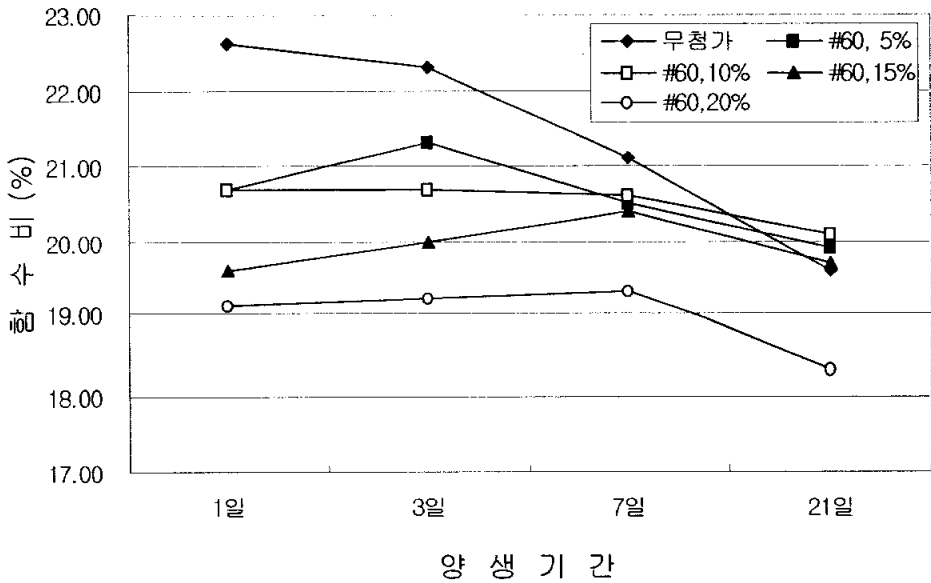


그림 4.8 분쇄골패각(#60체 통과)을 혼합한 공시체의 함수비 변화

4.3 투수시험

분쇄굴폐각의 혼합비와 분말도에 따른 혼합토의 투수특성을 평가하기 위해서 변수위투수시험(KS F 2322)을 실시하였다. 본 연구에서는 #30체와 #60체를 통과한 분쇄굴폐각을 각각 5%, 10%, 15%, 20%의 비율로 하상 준설토와 혼합한 시료를 KS F 2312-91 D-a 수정다짐시험법에 의해서 다져서 투수시험용 공시체를 제작하였다.

하천공사표준시방서에는 제방쌓기 재료에 “제방쌓기 흙의 투수계수(k , cm/sec)는 파이핑 현상에 대하여 제체의 안전성과 크기에 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 제방쌓기에 적합한 양질토의 투수계수는 10^{-3} cm/sec 정도이며, 투수계수가 10^{-7} cm/sec이하인 불투수성 흙이나 투수계수가 너무 큰 경우는 양질의 피복토와 혼용하거나 제방단면의 일부를 피복하는 등 여러 가지 제체의 구조적 안전에 필요한 조치를 취해야 한다.” 라고 규정하고 있다. 본 연구에서 수행한 분쇄굴폐각 혼합토에 대한 투수시험 결과를 나타낸 표 4.11과 그림 4.9에 의하면 하상 준설토에 분쇄굴폐각을 적정하게 혼합해서 다지면 하천공사표준시방서에서 제시하고 있는 투수계수의 기준을 만족시킬 수 있음을 알 수 있다.

분쇄굴폐각의 분말도가 투수계수에 미치는 영향을 살펴보면 그림 4.9에 나타낸 바와 같이 분쇄굴폐각의 함유량이 높을수록 혼합토의 투수계수는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 #60체를 통과한 미세한 분쇄굴폐각을 혼합한 경우 #30체를 통과한 조립의 굴폐각을 혼합한 경우에 비해서 투수계수가 더 작게 나타났고, 분쇄굴폐각 함유량에 따른 투수계수 감소효과가 더 큰 것으로 나타났다. 이는 미세한 분쇄굴폐각의 입자가 흙 입자 사이의 간극을 효율적으로 충전하였기 때문인 것으로 판단된다.

표 4.11 투수시험 성과표

시료	투수계수(cm/sec)	평균함수비(%)
#30번 통과 굴패각 5%	3.78E-05	19.2
#30번 통과 10%	3.45E-05	19.0
#30번 통과 15%	3.26E-05	18.8
#30번 통과 20%	3.18E-05	18.7
#60번 통과 5%	2.96E-05	18.7
#60번 통과 10%	2.42E-05	18.6
#60번 통과 15%	1.54E-05	18.6
#60번 통과 20%	1.04E-05	18.4

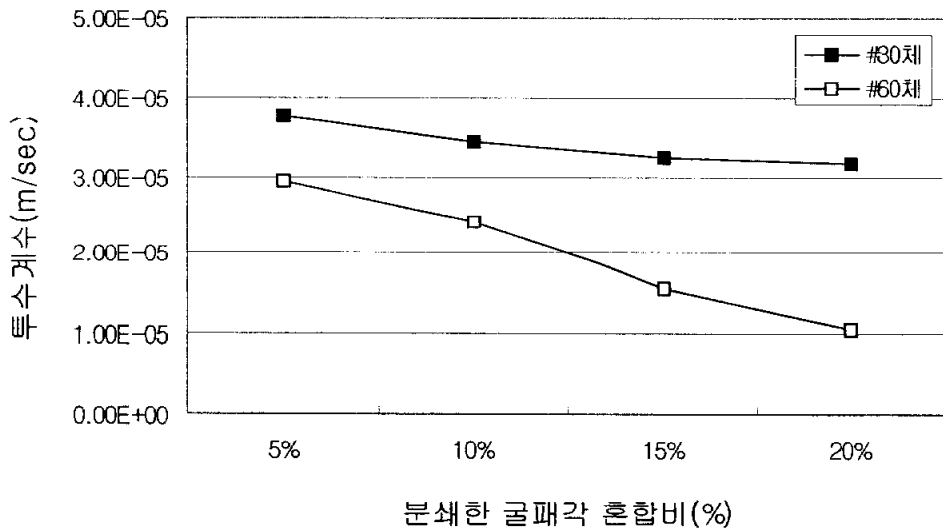


그림 4.9 분쇄굴패각 혼합에 따른 투수계수 변화

4.4 CBR 시험

분쇄골패각 혼합토의 지지력을 평가하기 위해서 CBR시험을 실시하였다. 본 연구에서는 분쇄골패각 혼합토에 대한 일축압축강도시험 결과를 토대로 강도 증대 효과가 더 우수한 것으로 나타난 #60체를 통과한 분쇄골패각을 하상준설토와 10%, 15%, 20%의 비율로 혼합해서 CBR시험을 실시하였다.

그림 4.10 ~ 그림 4.12에 나타난 96시간(4일) 수침 후 분쇄골패각의 함유량에 따른 시료의 팽창량 변화를 살펴보면, 분쇄골패각 함유량이 10%, 15%일 때는 15회 다짐 시 최대 팽창량이 각각 0.102mm, 0.100mm로 미소하게 나타났으나, 분쇄골패각 함유량이 20%일 때는 15회 다짐 시에 최소 0.690mm, 55회 다짐 시에는 최대 0.690mm로 분쇄골패각 함유량이 10%, 15%인 시료에 비해서 상대적으로 매우 크게 나타났다. 이는 미세한 분쇄골패각 함유량이 많을수록 표면적이 커서 물을 흡수하는 능력이 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. 이는 분쇄골패각 함유량이 과도하면 흙의 팽창으로 인하여 흙구조물의 안정성에 문제가 발생할 수 있다는 것을 의미한다.

그림 4.13에 나타난 분쇄골패각 혼합토의 수정 CBR값의 변화를 살펴보면, 분쇄골패각을 첨가하면 하상 준설토의 지지력이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 분쇄골패각 함유량이 15%까지는 수정 CBR값이 증가하여 최대 17.8%이나, 함유량이 15%를 초과하게 되면 지지력 증가 효과가 경감되는 것으로 나타났다. 이는 전술한 바와 같이 미세한 분쇄골패각 함유량이 높을수록 흡수량이 증가해서 흙의 팽창량이 크기 때문인 것으로 판단된다.

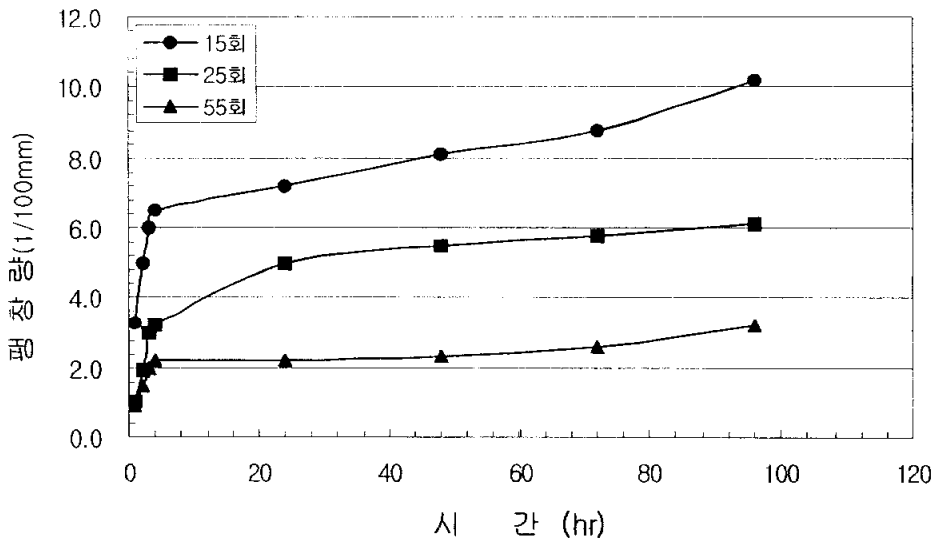


그림 4.10 #60체를 통과한 분쇄골폐각 10% 첨가한 시료의 팽창량

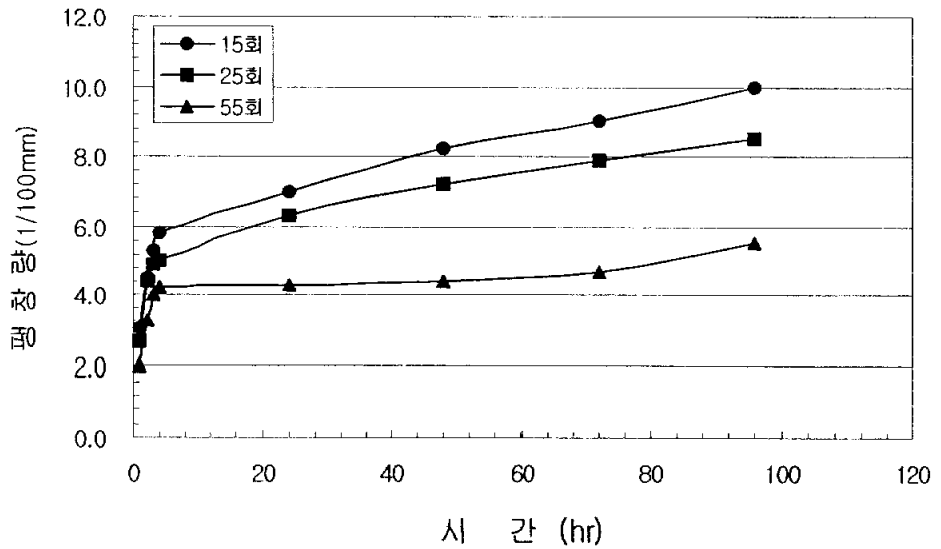


그림 4.11 #60체를 통과한 분쇄골폐각 15% 첨가한 시료의 팽창량

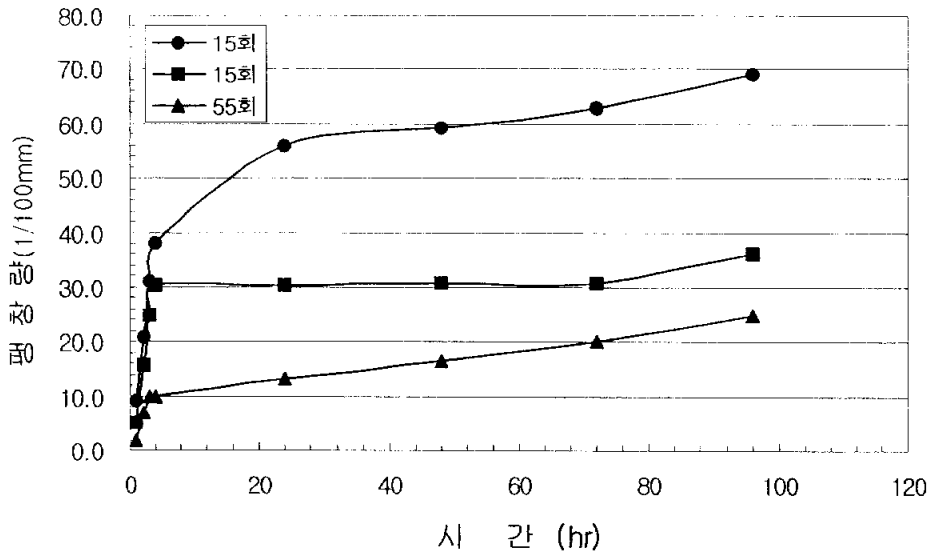


그림 4.12 #60체를 통과한 분쇄골패각 20% 첨가한 시료의 팽창량

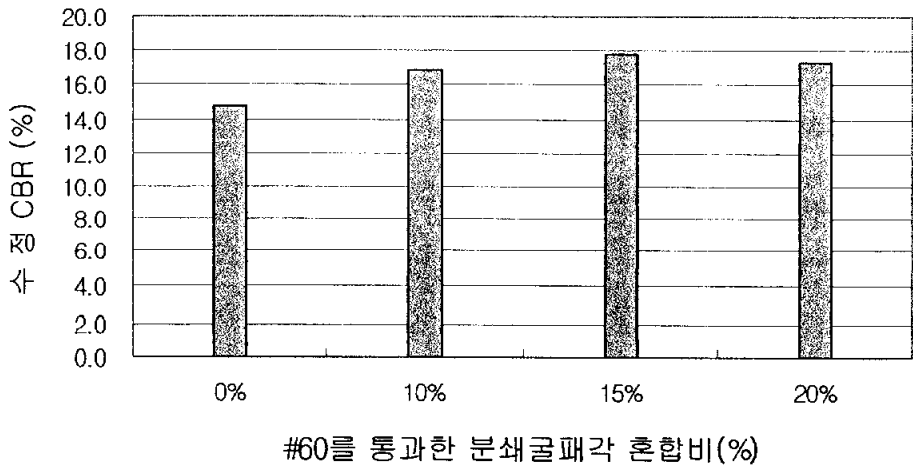


그림 4.13 #60체 통과한 분쇄골패각을 첨가한 시료의 수정 CBR

5. 결 론

분쇄굴폐각을 하상 준설토와 혼합한 후 흙의 물성개량효과에 대한 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 분쇄굴폐각 함유량이 높을수록 혼합토의 최대건조밀도는 다소 감소하였으며, 분쇄굴폐각의 입도가 미세할수록 다짐효율이 우수하다. 분쇄굴폐각의 함유량이 높을수록 최적함수비가 다소 증가하였으며, 분쇄굴폐각의 입자가 미세할수록 최적함수비가 높아지는 경향이 있다.

2) 분쇄한 굴폐각을 혼합할 경우 일반적으로 양생시간이 경과할수록 일축압축강도는 점차적으로 증가한다. #30체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합하면 굴폐각을 함유하지 않은 공시체에 비해서 일축압축강도가 증가하지만 21일 양생 후의 강도는 오히려 낮았다. #60체를 통과한 분쇄한 굴폐각을 혼합하면 양생시간이 경과할수록 굴폐각을 혼합하지 않은 공시체보다 일축압축강도가 크게 증가하였다.

3) #30체를 통과한 분쇄굴폐각 보다 입자가 미세한 #60체를 통과한 분쇄굴폐각에서 수화반응의 효과가 더 효율적으로 나타났다.

4) 변형에 대한 저항성은 #30체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합한 했을 때 더 크게 나타났다.

5) #30체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합할 때 보다 #60체를 통과한 분쇄굴폐각을 혼합했을 때 투수계수가 더 크게 감소하였다.

6) 미세한 분쇄굴폐각 함유량이 높을수록 표면적에 의한 수분흡수력이 커져서 과도하게 혼합하면 흙이 팽창하게 된다.

7) #60체를 통과한 미세한 분쇄굴폐각을 혼합하면 하상 준설토에 비해 지지력은 증가하지만 굴폐각 함유량이 15%를 초과하게 되면 흙이 팽창하여 지지력 증대효과가 감소되는 것으로 나타났다.

6. 참고 문헌

- 1) 윤길림 외 3인, (2001), 대한토목학회 학술발표회 논문집 『굴폐각 혼합토의 강도특성에 관한 연구』 pp. 1~4
- 2) 어석홍 외 4인, (2001), 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 『콘크리트용 골재로써 굴폐각의 활용성에 관한 실험적 연구』 pp. 507~512.
- 3) 이기호 외 1인, (2001), 대한토목학회 논문집, 『굴폐각 혼합토의 압밀 및 투수특성』 pp. 375~384.
- 4) 윤길림 외 3인, (2001), 대한토목학회 논문집, 『폐각재활용을 위한 공학적 특성 연구』 pp. 421~431.
- 5) 양은익 외 2인, (2001), 대한토목학회 논문집, 『굴폐각을 혼합한 콘크리트의 역학적 특성조사』 pp. 773~784.
- 6) 이기호 외 1명, (2001), 한국지반공학회 논문집, 『굴폐각을 포함한 혼합토의 전단 변형 특성평가를 위한 균질화법』 pp. 183~190.
- 7) 윤길림 외 5명, (2001), 한국지반공학회 논문집, 『굴폐각을 혼입한 모르타르 혼합 토의 강도특성연구』 pp. 51~60.
- 8) 어석홍 외 2명, (2001), 콘크리트학회 논문집, 『콘크리트용 골재로써 굴폐각의 활용』 pp. 540~548.
- 9) 김영수 외 3명, (2002), 대한토목학회 학술발표회, 『Ko 압밀실험에 의한 굴폐각 혼합토의 비배수 전단강도 특성』 pp. 243~247.
- 10) 신은철 외 2인, (2002), 대한토목학회 학술발표회 한국건설비전 2025, 『굴폐각 충전 지오텍스타 케비언의 지지력에 관한 연구』 pp. 428~431.
- 11) 조운용 외 3인, (2002), 대한토목학회 학술발표회 한국건설비전 2025, 『굴폐각을 이용한 준설토의 지반 개량효과에 관한 연구』 pp. 428~431.
- 12) 윤현석 외 2명, (2002), 한국지반공학회 논문집, 『에틸벤젠에 의한 굴폐각 혼합공시체의 압축강도 변화 특성』 pp. 103~116.

- 13) 박상규 외 3인, (2003), 대한토목학회 논문집, 『굴패각을 혼합한 시멘트 혼합체의 압축강도특성 연구』 pp. 129~138.
- 14) 양은익 외 3인, (2003), 콘크리트학회 논문집, 『굴패각을 잔골재로 대체 사용한 콘크리트의 장기성능 평가』 pp. 280~287.
- 15) 서정학 외 3인, (2003), 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 『굴패각을 이용한 준설토의 토양 개량 및 중금속제거 효과에 관한연구』 pp. 3590~3594.
- 16) 윤길림 외 3명, (2003), 대한토목학회 정기학술대회 논문집, 『파쇄 굴패각의 역학적 특성에 관한 연구』 pp. 4017~4022.
- 17) 윤현석 외 2명, (2003), 한국지반공학회 학술발표회 논문집, 『혼합토의 압밀 특성』 pp. 211~216.
- 18) 이기호 외 2명, (2003), 한국지반공학회 학술발표회 논문집, 『플라이애쉬와 굴패각을 이용한 중금속 이온의 흡착특성에 관한 연구』 pp. 629~634.
- 19) 박준범 외 2인, (2003), 한국지반공학회 논문집, 『굴패각(Oyster Shell)의 지반공학 분야에서의 활용』 pp. 10~17.
- 20) 해양수산부, (2003), 어업생산국 내부자료
- 21) 통계청, (2003), 어업생산 통계자료
- 22) 통계청, (2003), 어업생산 통계자료
- 23) 오영인 외 2인, (2001), 대한토목학회 논문집, 『폐석고를 활용한 성토매립지반의 지반 공학적 특성 및 환경적 영향분석』, 제 21권, pp. 19~22.
- 24) 김영탁, (2001), 대한토목학회 논문집, 『굴패각 벽돌의 품질 특성에 관한 실험적 연구』 pp. 3~4.
- 25) 한국해양연구소, (2000), 『준설토 재활용 방안 연구』, pp. 1~193.
- 26) 해양수산부 “해양수산통계연보” 2002.
- 27) KS F 2302~ KS F 2322, 한국산업규격

- 28) Baker, C.N, (1954), "Flexible of soil cement as a function of degree of mixing", HBR Bulletin 98
- 29) Clare, K.E. and Farrar, M.O.(1956), "The use of cement of different finess in soil cement mixtures," Magazine of concrete research, Vol. 8, No. 24m pp. 137~144.
- 30) 서희정 외 2명, (1996), 한국물환경학회 논문집, 『굴폐각을 여재로 이용한 침적생물막법과 활성슬러지법의 비교연구』 pp. 79~82.
- 31) 문병현 외 3명, (1997), 한국환경과학회 논문집, 『굴폐각을 담체로 사용한 침적고정 생물막공법 및 예측』 pp. 671~672.
- 32) 박경원 외 3명, (1996), 한국환경과학회 학술발표 초록집, 『키토산과 굴폐각을 이용한 하수중의 질소 및 인 제거』 pp. 49.

감사의 글

잠시 눈을 감고 지나온 길들을 뒤돌아봅니다.

(30분 명상)

인생에 있어 배움이란 과연 무엇인가? 무엇을 위해서, 무엇을 얻고자 그렇게 배움을 원하였는가? 문덕 시인 박두진의 “3월1일의 하늘”에서 하나의 시구가 떠오릅니다. 저 풋대위에 매달려 마냥 펄럭이는 깃발은 어디를 가고자 저렇게 몸부림치고 쳐왔던가?

저 자신도 어디에서 어떤 위치에서 무엇을 원하기에 이 시간과 공간을 같이 해야만 하는지 새삼 느껴봅니다.

부푼 꿈과 용기를 안고 학업을 시작한지 만3년, 졸업을 앞두고 보람과 허전함이 제 주위를 맴돌고 있습니다. 학부시절 성적 하나 하나에 웃고 울던 지난 모습들을 생각하니 대견스럽기도 하지만 우습기도 하네요. 아마 세월 탓인가 봅니다. 아무튼 내일이면 논문을 마무리 하게 됩니다. 이렇게 무사히 논문을 완성할 수 있도록 도와주신 분들께 이 글을 빌어 감사의 말씀을 드립니다.

우선 학부에서 대학원까지 음양으로 보살펴주신 정두회 교수님께 먼저 감사의 말씀을 드립니다. 어느 수필에서 나오는 아낌없이 주는 나무의 덕처럼 이곳저곳 가리지 않으시고 이런 친구 저런 친구 가리지 않고 항상 같은 모습으로 제 자들에게 사랑을 베풀어 오신 교수님께 깊은 감사의 말씀을 한 번 더 전해드리면서 교수님에 대한 마음 영원토록 간직하겠습니다.

또 이렇게 많은 시간과 경비를 요구하는 시험논문을 쓸 수 있도록 도와주신 김성수 사장님을 비롯하여 직원들께 진심으로 감사드립니다. 직장생활과 학교생활의 어려움을 알고계신 사장님께서 시간적으로 경제적으로 도와주셨기에 이렇게 논문을 완성할 수 있게 되었습니다. 항상 건강하시고 가정에 평화와 행복이 깃드시길 바랍니다. 또 직접 시험에 동참한 친구 영진이와 후배 준호에

게 감사의 말을 전한다. 많은 시간을 늦은 밤까지 남아 시험하면서 아마 굴패각 분진과 먼지 많이 마셨을 거다. 정말 미안하고 고맙다. 너희들이 도와주지 않았더라면 어떻게 혼자 시험할 수 있었겠니? 몇 달 동안 아무불평 없이 내 곁에 있었던 네가 보고 싶구나. 우리우정 영원히 변치말자.

그리고 새벽에 들어오는 이 못난 아들 보면서 걱정하시던 어머님 얼굴이 떠오릅니다. 그동안 논문 핑계로 집안일 못 도와드려 너무 죄송합니다. 아버님 어머님, 지켜봐 주세요. 불타오르는 젊음과 꺼지지 않는 용기를 무기삼아 인생에 도전장을 던져보겠습니다. 반드시 기필코 성공하겠습니다.

아침 연구실에 있는 후배 도영, 재환, 희준, 땀(Tam)에게 감사의 말을 전한다. 자료정리 도와준다고 귀찮게 했구나. 미안. 기억할게.

새해에는 주위 모든 분들께 행운이 찾아오길 기원하며.....

정진민

부 록

1. 다짐 시험 결과
2. 일축압축시험 결과
3. 투수 시험 결과
4. CBR 시험 결과
5. 시험 사진

1. 다 짐 시험 결과

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/6

Project

굴 패 각 재 활 용

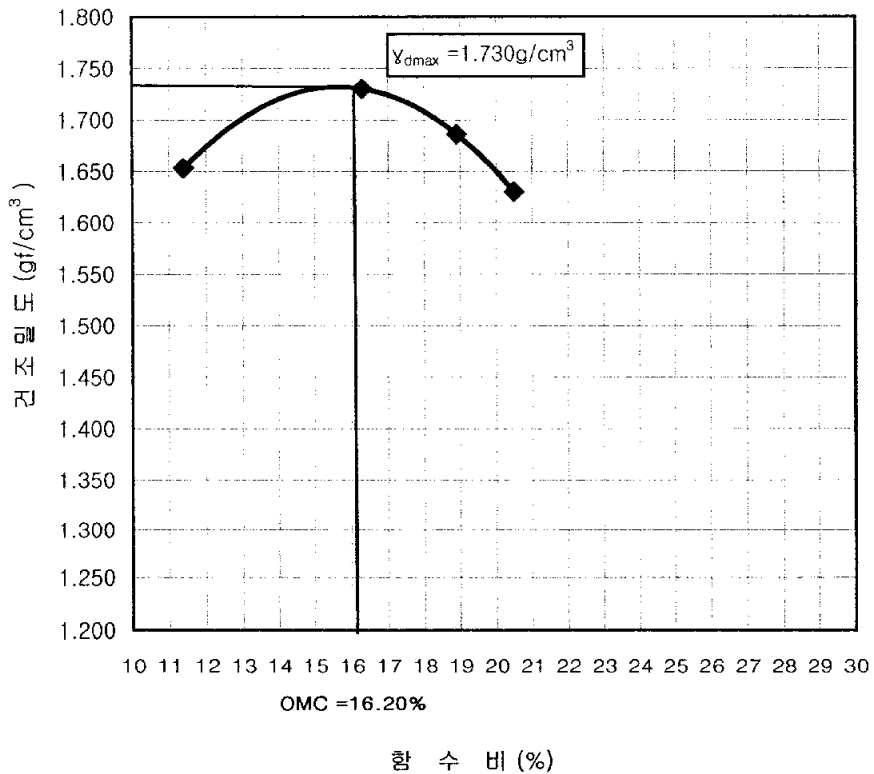
Soil Type

굴 패 각 무 첨 가

Sample or Specimen No.

Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	11.40	16.30	18.90	20.50
Dry Density (gf/cm ³)	1.653	1.730	1.686	1.630

다 짐 곡 선



Remark: These results are limited by the summited soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/8

Project

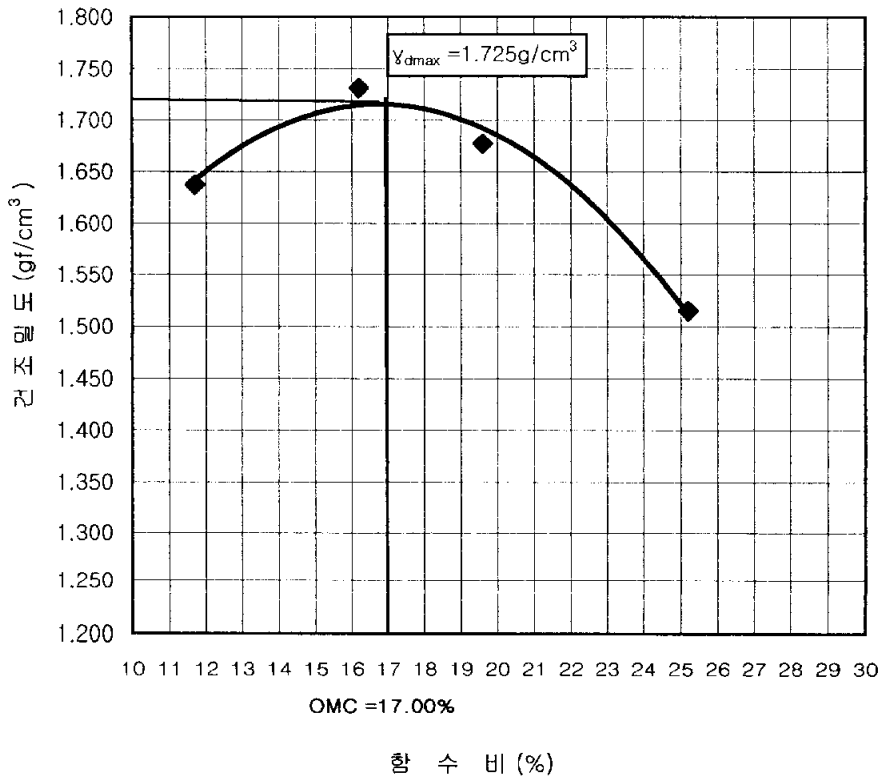
골패각 재활용

Soil Type

#30체를 통과한 골패각 5%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	11.70	16.20	19.60	25.20
Dry Density (gf/cm ³)	1.637	1.731	1.677	1.515

다짐곡선



Remark: These results are limited by the summited soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/8

Project

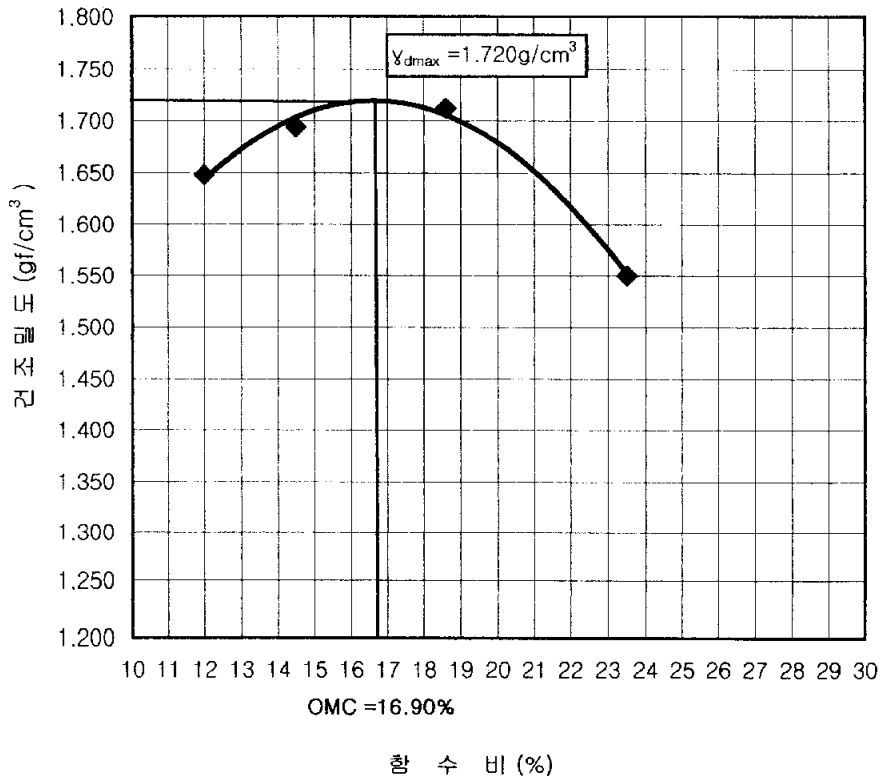
골패각 재활용

Soil Type

#30체를 통과한 골패각 10%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.00	14.50	18.60	23.50
Dry Density (gf/cm ³)	1.648	1.694	1.712	1.550

다 점 곡 선



Remark: These results are limited by the submitted soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/10

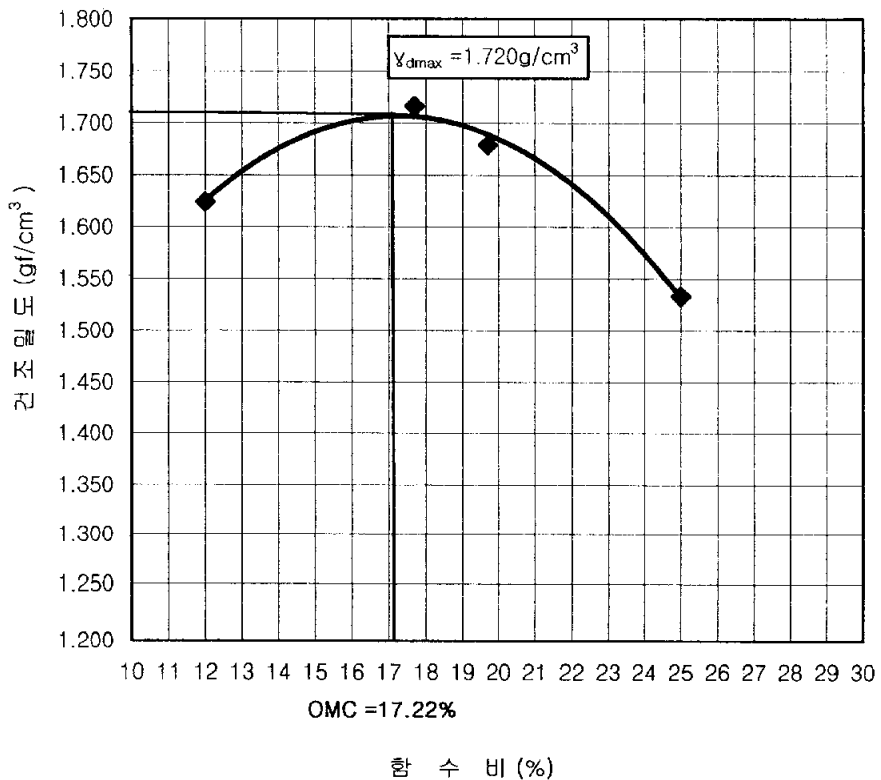
Project
Soil Type

굴패각 재 활용
#30체를 통과한 굴패각 15%첨가

Sample or Specimen No.:

Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.00	17.70	19.70	25.00
Dry Density (gf/cm ³)	1.624	1.716	1.679	1.533

다 점 곡 선



Remark: These results are limited by the submitted soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/10

Project

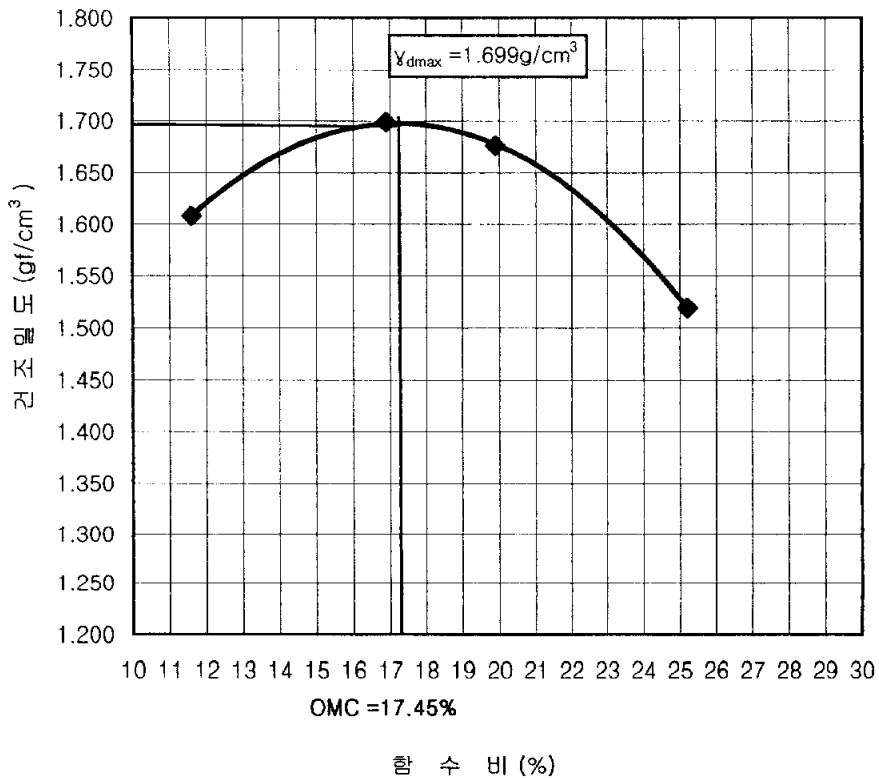
굴패각 재 활용

Soil Type

#30체를 통과한 굴패각 20%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	11.60	16.90	19.90	25.20
Dry Density (gf/cm ³)	1.608	1.699	1.676	1.519

다짐 곡선



Remark: These results are limited by the summited soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/10

Project

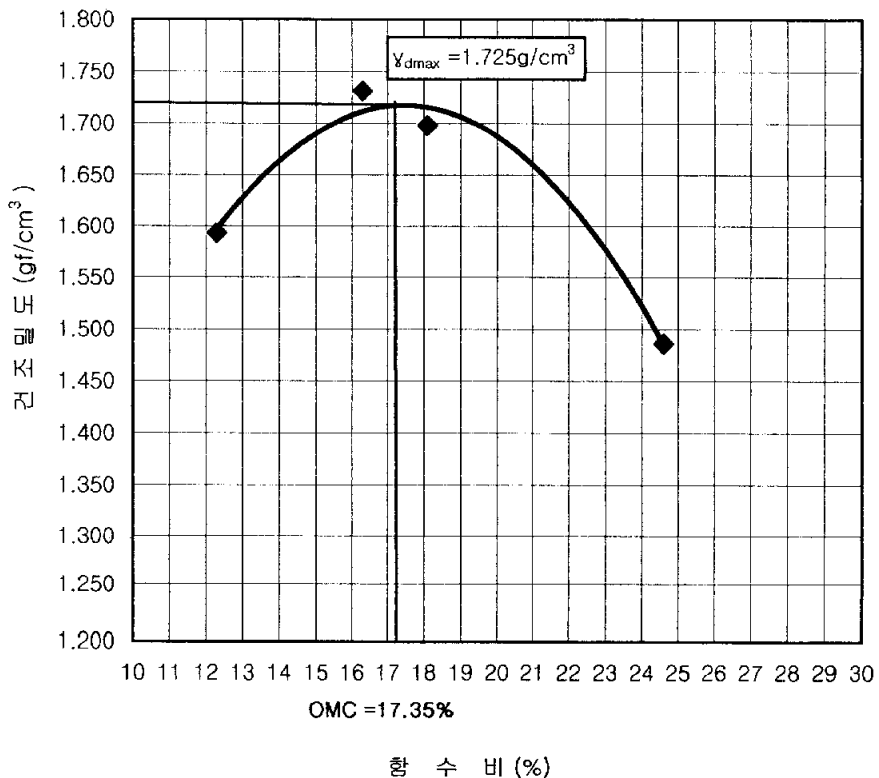
굴패각 재활용

Soil Type

#60체를 통과한 굴패각 5%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.30	16.30	18.10	24.60
Dry Density (gf/cm ³)	1.593	1.731	1.698	1.486

다 점 곡 선



Remark: These results are limited by the summited soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/6

Project

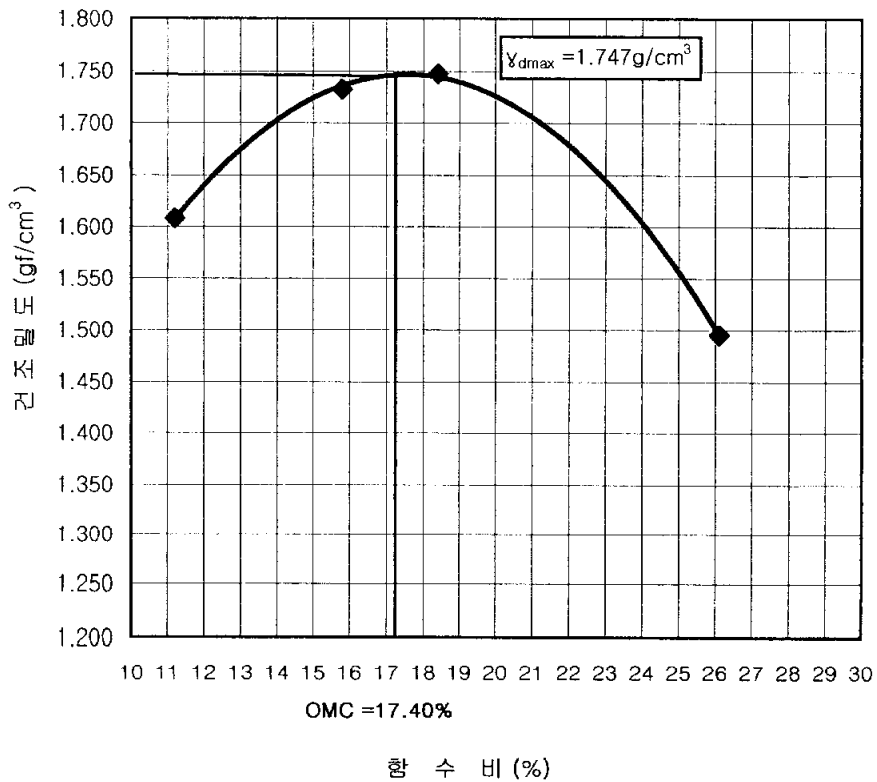
굴패각 재 활용

Soil Type

#60체를 통과한 굴패각 10%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	11.20	15.80	18.40	26.10
Dry Density (gf/cm ³)	1.608	1.732	1.747	1.495

다 점 곡 선



Remark: These results are limited by the summited soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/7

Project

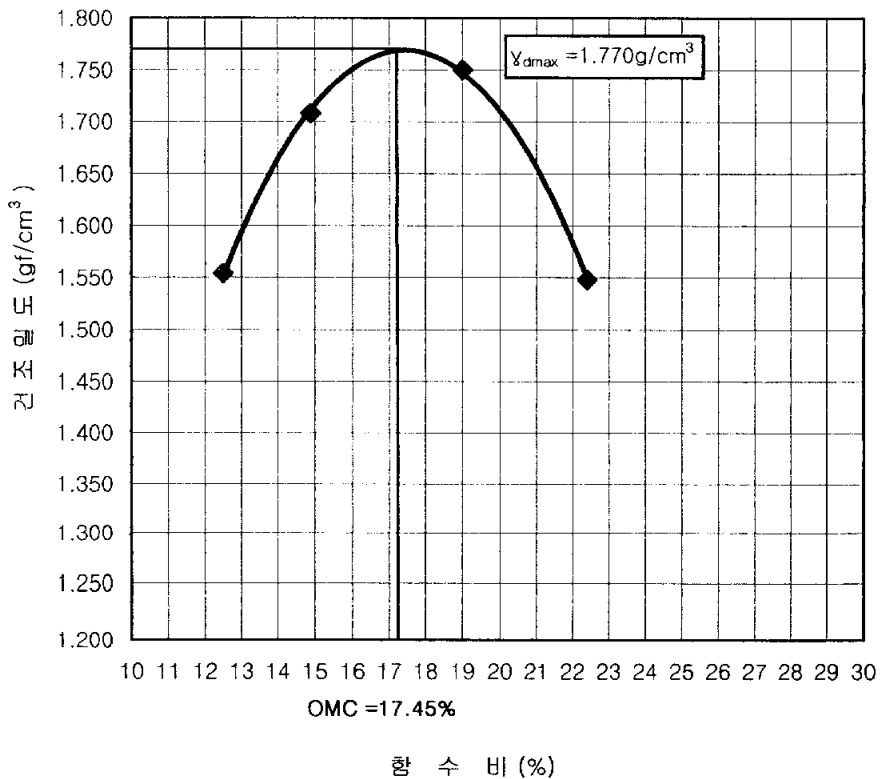
굴 패 각 재 활 용

Soil Type

#60체를 통과한 굴패각 15%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.50	14.90	19.00	22.40
Dry Density (gf/cm ³)	1.554	1.708	1.750	1.548

다 짐 곡 선



Remark: These results are limited by the summited soils

COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/10/7

Project

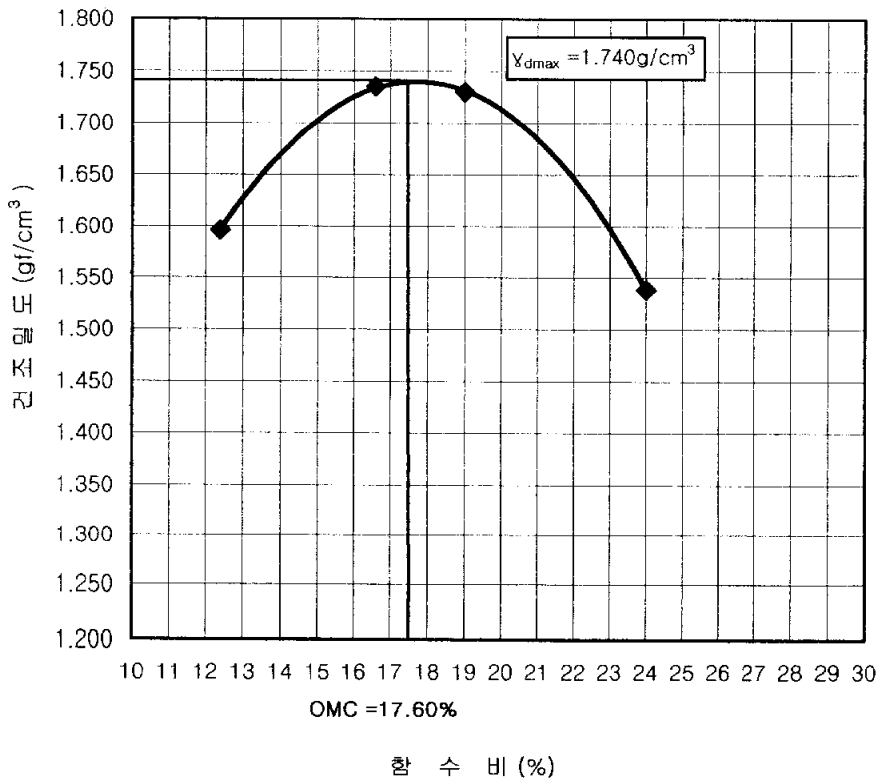
굴패각 재 활용

Soil Type

#60체를 통과한 굴패각 20%첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.40	16.60	19.00	24.00
Dry Density (gf/cm ³)	1.596	1.735	1.730	1.538

다짐 곡선



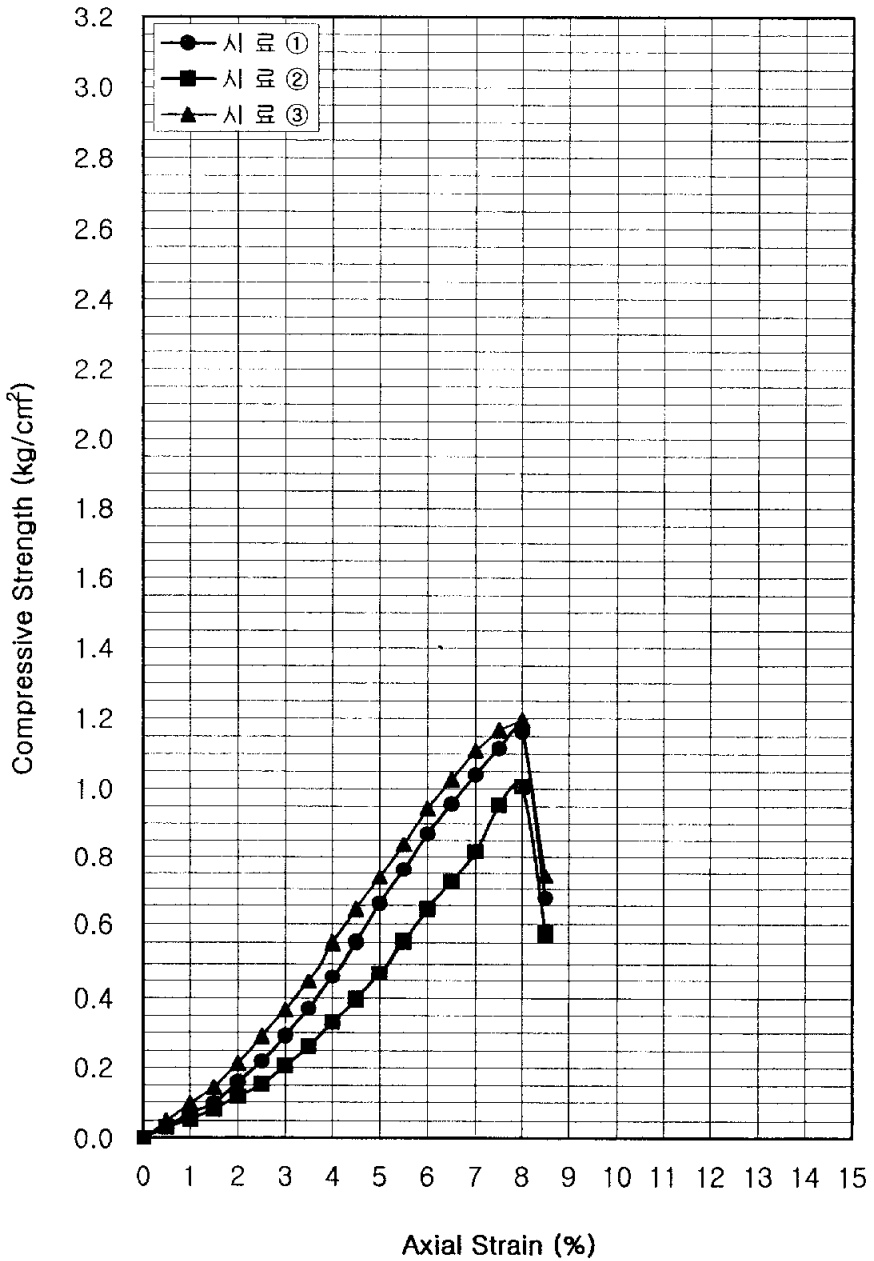
Remark: These results are limited by the summited soils

2. 일축압축강도시험 결과

PROJECT : 분쇄한 골패각 무첨가 양생 1일 일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ①		시료 ②		시료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	3.0	0.032	2.9	0.031	4.5	0.048
1.0	1.00	6.5	0.070	5.0	0.053	8.9	0.095
1.5	1.50	9.1	0.097	7.6	0.081	13.5	0.144
2.0	2.00	15.0	0.159	11.0	0.116	20.0	0.212
2.5	2.50	20.7	0.218	14.5	0.153	27.5	0.290
3.0	3.00	27.8	0.291	19.5	0.204	35.0	0.367
3.5	3.50	35.6	0.371	25.0	0.261	43.0	0.448
4.0	4.00	44.5	0.461	31.8	0.330	53.0	0.550
4.5	4.50	53.5	0.552	38.4	0.396	62.0	0.640
5.0	5.00	64.0	0.657	46.0	0.472	71.8	0.737
5.5	5.50	74.5	0.761	54.2	0.553	82.0	0.837
6.0	6.00	85.6	0.869	63.0	0.640	93.0	0.944
6.5	6.50	94.8	0.957	71.6	0.723	101.6	1.026
7.0	7.00	103.5	1.040	81.2	0.816	110.4	1.109
7.5	7.50	111.6	1.115	95.4	0.953	116.8	1.167
8.0	8.00	117.0	1.163	101.3	1.007	120.2	1.195
8.5	8.50	68.0	0.672	58.0	0.573	75.0	0.741
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU _{max}	qur=	1.163	qur=	1.007	qur=	1.195

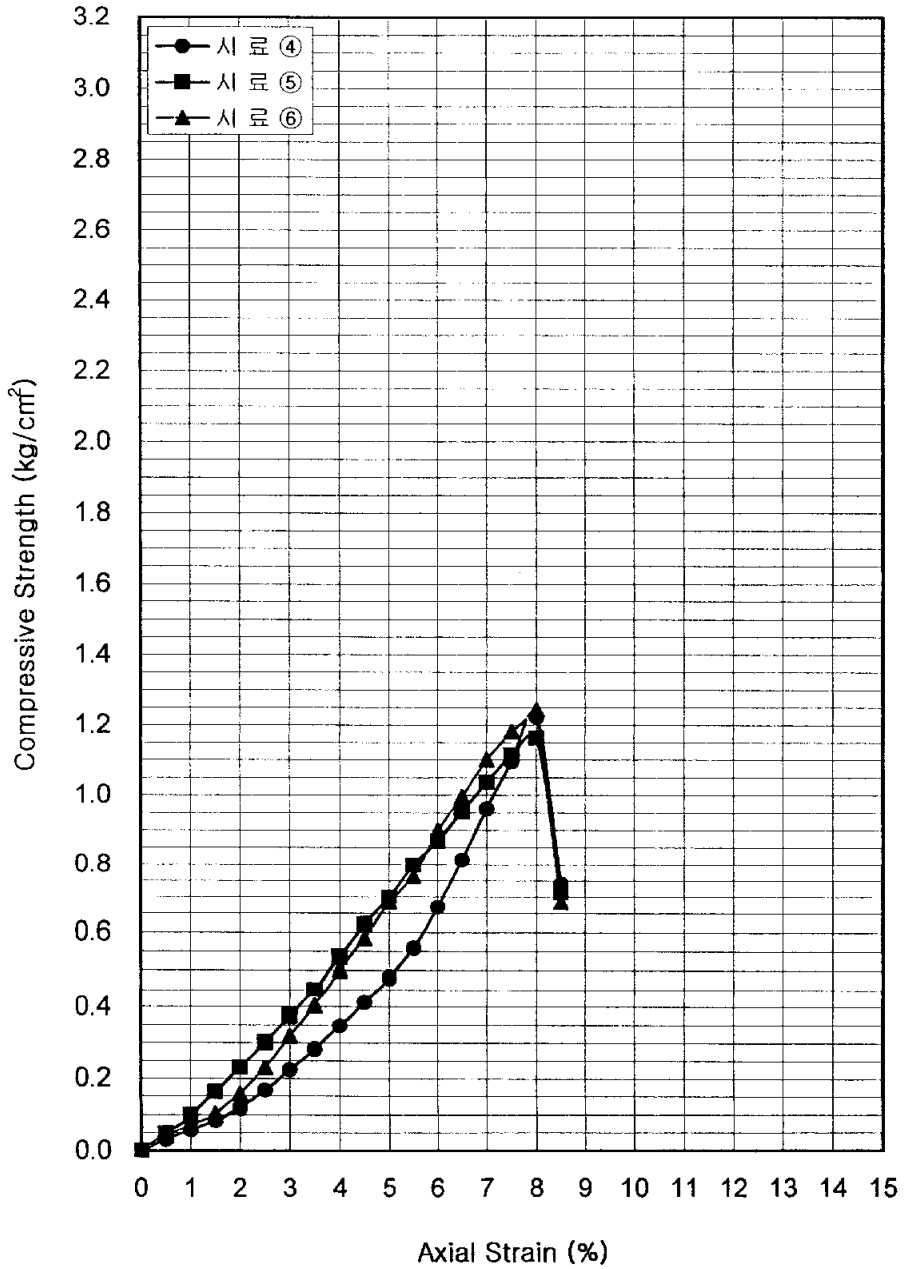
PROJECT : 분쇄한 굴패각 무첨가 양생 1일 일축압축강도



PROJECT : 분쇄한 골패각 무첨가 양생 3일 일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ④		시료 ⑤		시료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	3.0	0.032	4.6	0.049	3.9	0.042
1.0	1.00	5.5	0.059	9.0	0.096	6.8	0.073
1.5	1.50	8.0	0.085	15.2	0.162	9.5	0.101
2.0	2.00	11.1	0.118	21.8	0.231	14.8	0.157
2.5	2.50	15.8	0.166	28.5	0.300	21.9	0.231
3.0	3.00	21.4	0.224	35.8	0.375	30.4	0.319
3.5	3.50	27.1	0.282	43.2	0.450	38.8	0.404
4.0	4.00	33.5	0.347	51.6	0.535	48.5	0.503
4.5	4.50	40.0	0.413	60.2	0.621	56.7	0.585
5.0	5.00	47.0	0.482	68.2	0.700	66.5	0.682
5.5	5.50	54.6	0.557	78.2	0.798	74.7	0.763
6.0	6.00	65.8	0.668	85.5	0.868	88.5	0.899
6.5	6.50	80.5	0.813	94.3	0.952	98.7	0.997
7.0	7.00	95.6	0.960	103.2	1.037	109.6	1.101
7.5	7.50	109.7	1.096	111.5	1.114	118.2	1.181
8.0	8.00	123.0	1.222	117.0	1.163	125.0	1.242
8.5	8.50	75.0	0.741	72.0	0.712	69.0	0.682
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu_{max}		qur=	1.222	qur=	1.163	qur=	1.242

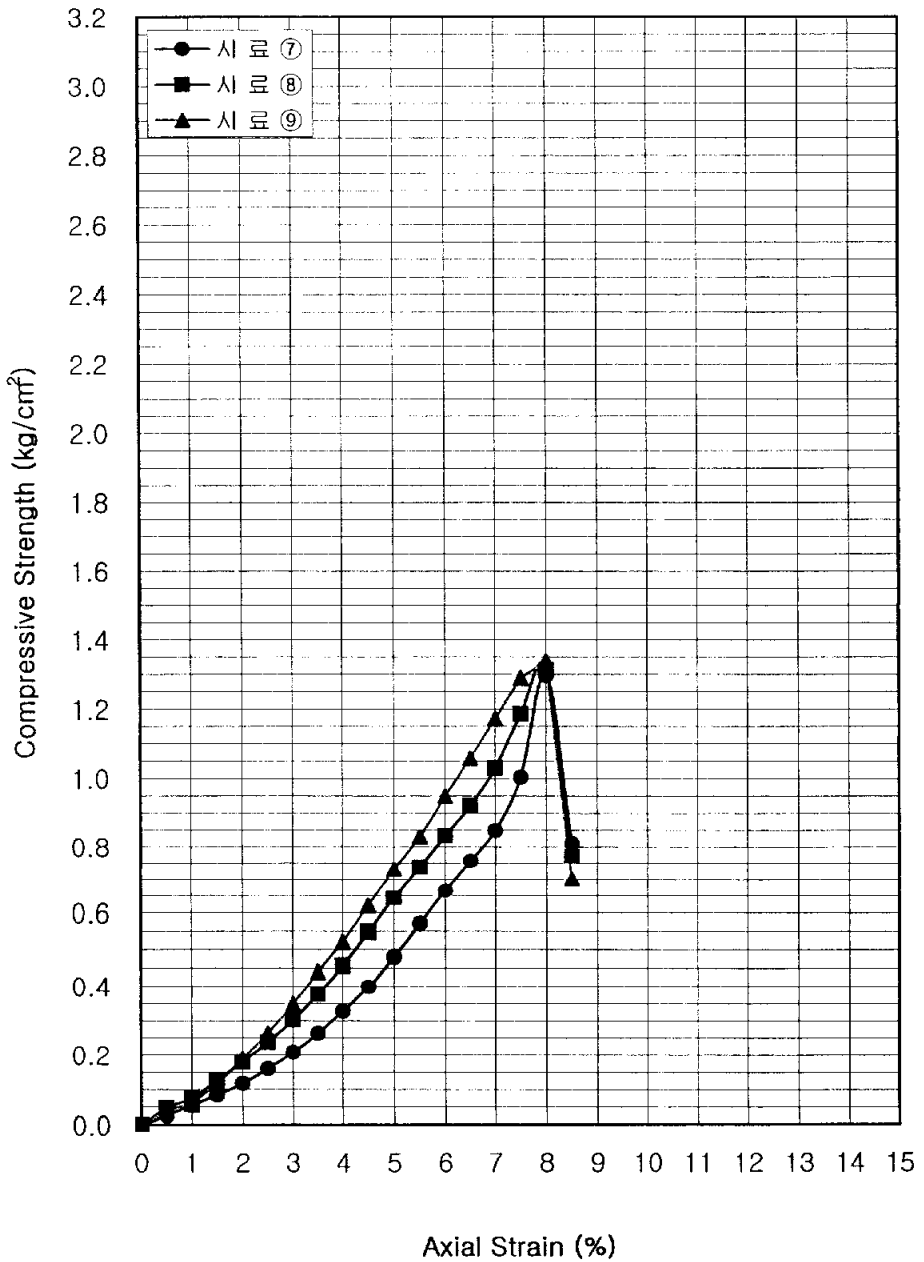
PROJECT : 분쇄한 굴패각 무첨가 양생 3일 일축압축강도



PROJECT : 분쇄한 골패각 무침가 양생 7일 일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑦		시료 ⑧		시료 ⑨	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	2.5	0.027	4.2	0.045	3.8	0.041
1.0	1.00	5.0	0.053	7.0	0.075	5.3	0.057
1.5	1.50	7.8	0.083	11.8	0.126	11.0	0.117
2.0	2.00	11.1	0.118	17.0	0.180	17.9	0.189
2.5	2.50	15.2	0.160	22.5	0.237	25.0	0.263
3.0	3.00	19.8	0.207	28.8	0.302	33.2	0.348
3.5	3.50	25.2	0.263	36.2	0.377	42.2	0.440
4.0	4.00	31.6	0.328	44.0	0.456	50.2	0.521
4.5	4.50	38.6	0.398	53.0	0.547	60.1	0.620
5.0	5.00	46.8	0.480	62.5	0.641	71.2	0.731
5.5	5.50	55.8	0.570	72.3	0.738	81.2	0.829
6.0	6.00	65.5	0.665	82.0	0.833	93.5	0.949
6.5	6.50	75.0	0.758	91.3	0.922	104.8	1.058
7.0	7.00	84.5	0.849	102.5	1.030	116.6	1.171
7.5	7.50	100.5	1.004	118.6	1.185	129.0	1.289
8.0	8.00	130.5	1.297	132.0	1.312	134.6	1.338
8.5	8.50	82.0	0.810	78.0	0.771	71.0	0.702
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qur=	1.297	qur=	1.312	qur=	1.338

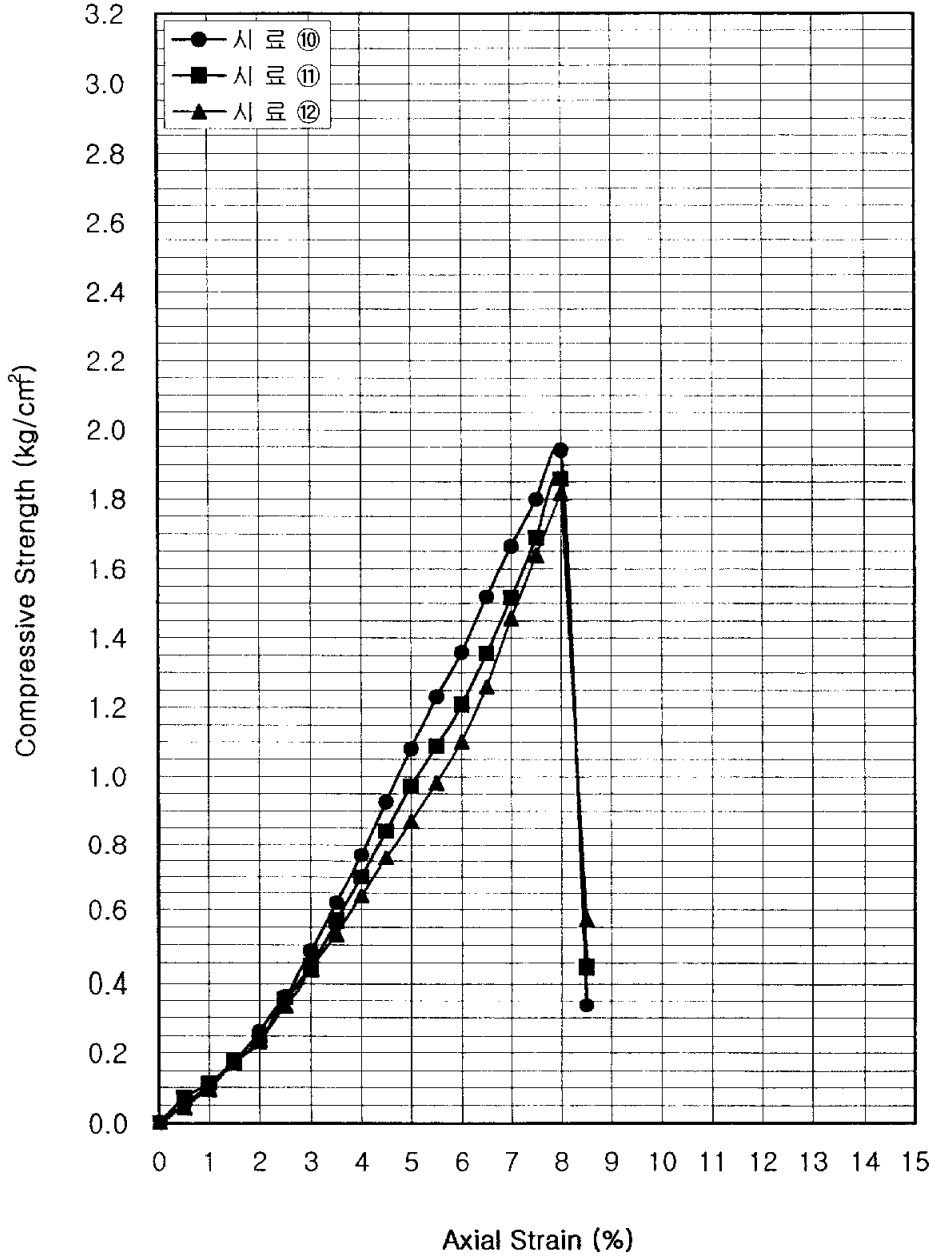
PROJECT : 분쇄한 골패각 무첨가 양생 7일 일축압축강도



PROJECT : 분쇄한 굴패각 무첨가 양생 21일 일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ⑩		시 료 ⑪		시 료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	4.8	0.052	6.5	0.070	4.1	0.044
1.0	1.00	9.8	0.105	10.5	0.112	8.8	0.094
1.5	1.50	16.2	0.172	16.4	0.174	16.5	0.176
2.0	2.00	24.8	0.263	21.8	0.231	22.4	0.237
2.5	2.50	34.7	0.365	34.0	0.358	31.6	0.333
3.0	3.00	46.0	0.482	42.1	0.441	41.6	0.436
3.5	3.50	59.5	0.620	54.4	0.567	50.8	0.530
4.0	4.00	74.0	0.767	67.5	0.700	61.7	0.640
4.5	4.50	89.8	0.926	81.4	0.840	73.6	0.759
5.0	5.00	105.3	1.081	94.7	0.972	84.7	0.869
5.5	5.50	120.5	1.230	106.6	1.088	96.2	0.982
6.0	6.00	133.8	1.359	119.0	1.208	108.4	1.101
6.5	6.50	150.4	1.519	134.2	1.355	124.6	1.258
7.0	7.00	165.6	1.664	150.9	1.516	145.0	1.457
7.5	7.50	180.0	1.799	169.0	1.689	164.0	1.639
8.0	8.00	195.3	1.941	187.0	1.858	182.8	1.817
8.5	8.50	34.0	0.336	44.5	0.440	58.0	0.573
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu_{max}		qur=	1.941	qur=	1.858	qur=	1.817

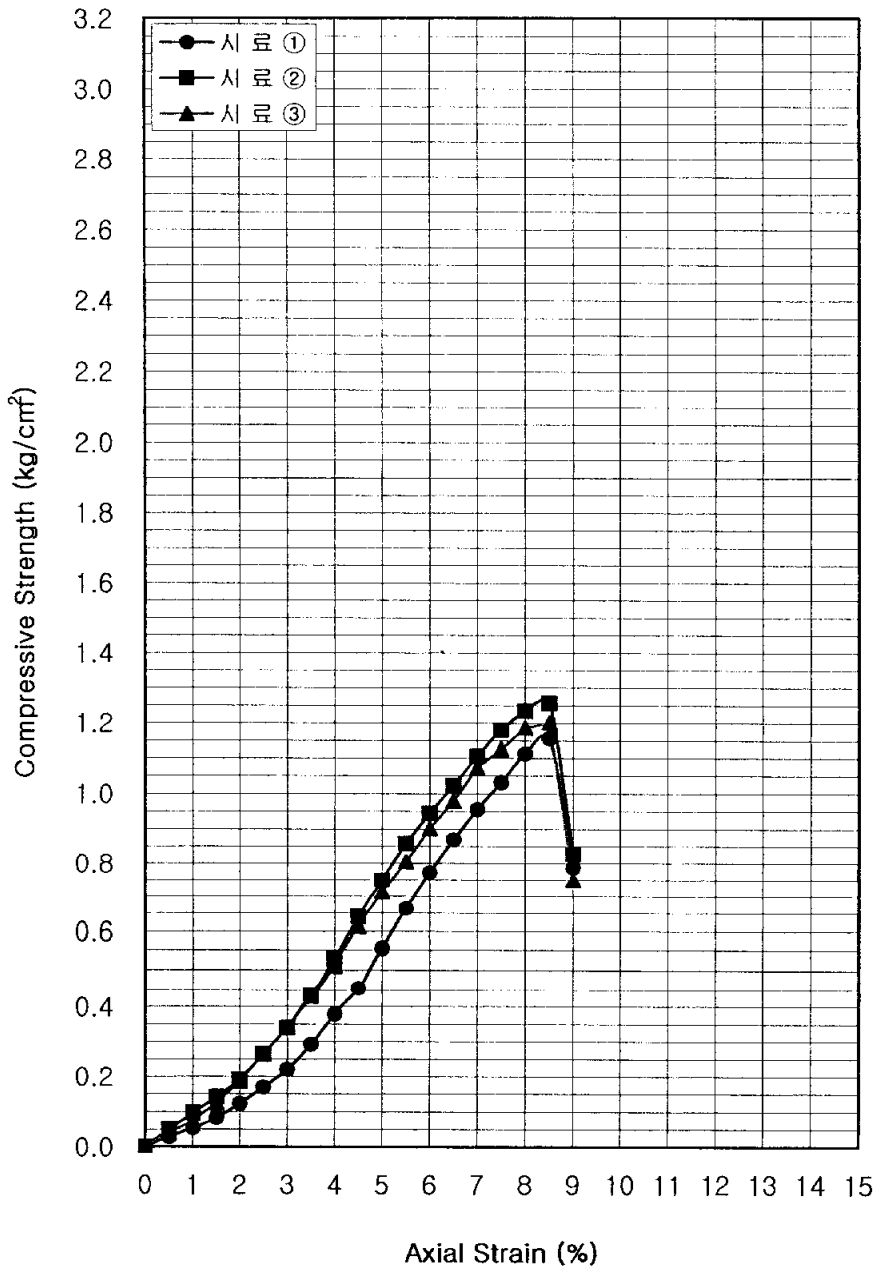
PROJECT : 분쇄한 굴패각 무첨가 양생 21일 일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	2.6	0.028	4.7	0.051	3.7	0.040
1.0	1.00	5.0	0.053	9.0	0.096	7.0	0.075
1.5	1.50	7.8	0.083	13.2	0.140	11.7	0.124
2.0	2.00	11.5	0.122	18.1	0.192	17.6	0.186
2.5	2.50	16.0	0.169	25.0	0.263	25.0	0.263
3.0	3.00	21.0	0.220	32.5	0.341	32.4	0.339
3.5	3.50	28.0	0.292	41.8	0.436	41.0	0.427
4.0	4.00	36.5	0.379	50.8	0.527	49.5	0.513
4.5	4.50	44.0	0.454	62.0	0.640	59.6	0.615
5.0	5.00	54.0	0.554	73.0	0.749	69.5	0.713
5.5	5.50	65.0	0.664	84.0	0.857	78.8	0.804
6.0	6.00	76.0	0.772	93.0	0.944	88.7	0.901
6.5	6.50	86.0	0.869	101.2	1.022	96.9	0.979
7.0	7.00	95.0	0.954	110.0	1.105	106.8	1.073
7.5	7.50	103.2	1.031	118.0	1.179	112.6	1.125
8.0	8.00	112.0	1.113	124.2	1.234	119.3	1.186
8.5	8.50	117.0	1.156	127.0	1.255	121.5	1.201
9.0	9.00	80.0	0.786	84.0	0.826	76.2	0.749
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	qu_{max}	qur=	1.156	qur=	1.255	qur=	1.201

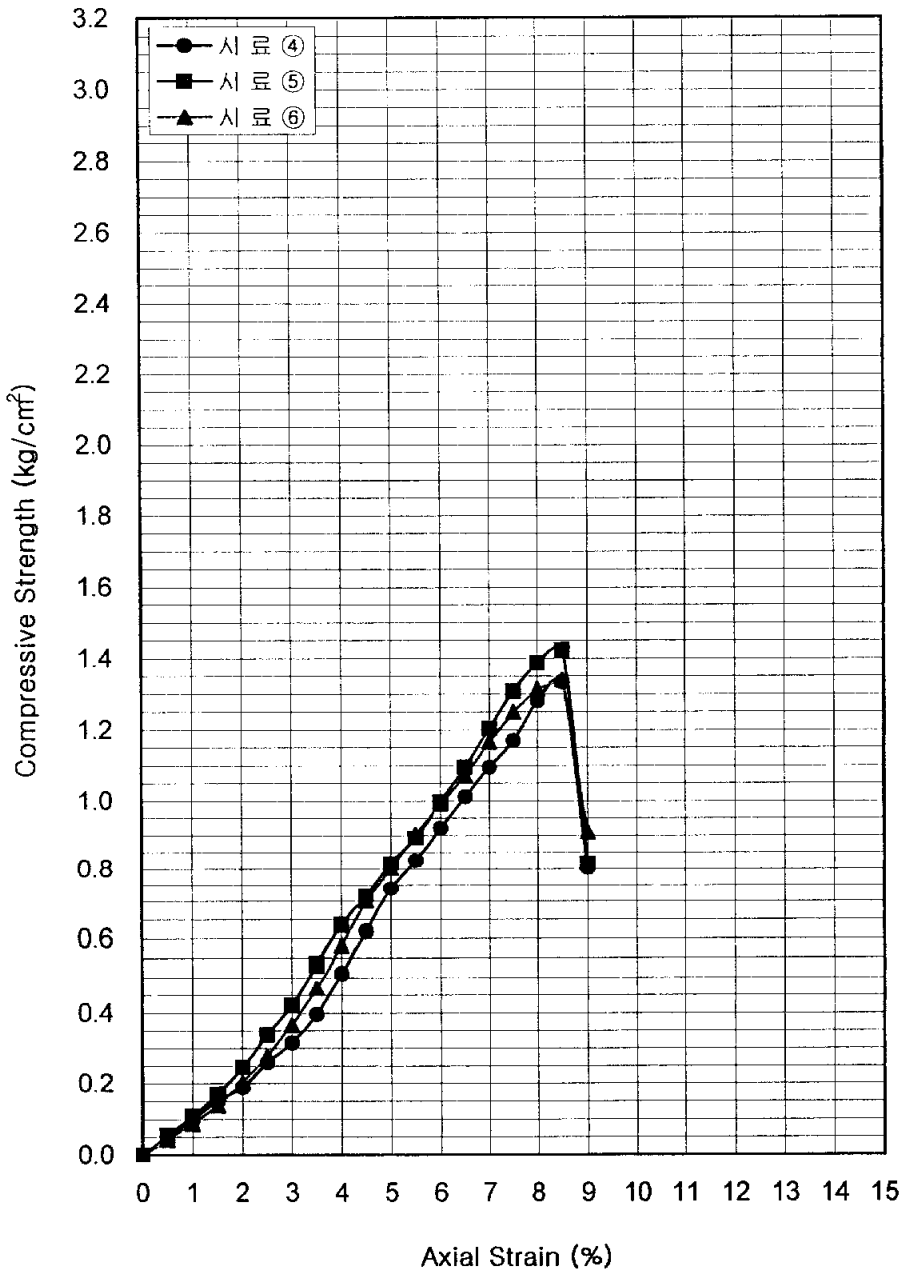
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	4.6	0.049	5.1	0.055	4.0	0.043
1.0	1.00	9.3	0.099	10.2	0.109	8.1	0.087
1.5	1.50	14.3	0.152	15.9	0.169	13.1	0.139
2.0	2.00	17.8	0.188	23.2	0.246	19.1	0.202
2.5	2.50	24.7	0.260	32.0	0.337	26.5	0.279
3.0	3.00	30.0	0.314	40.2	0.421	34.8	0.365
3.5	3.50	38.0	0.396	51.2	0.534	45.0	0.469
4.0	4.00	49.2	0.510	61.3	0.636	56.0	0.581
4.5	4.50	60.0	0.619	69.5	0.717	67.9	0.700
5.0	5.00	72.0	0.739	79.6	0.817	78.0	0.800
5.5	5.50	80.8	0.825	87.4	0.892	88.5	0.903
6.0	6.00	90.7	0.921	98.2	0.997	97.6	0.991
6.5	6.50	100.1	1.011	108.5	1.096	106.0	1.071
7.0	7.00	109.0	1.095	119.8	1.204	116.0	1.165
7.5	7.50	117.0	1.169	130.8	1.307	125.0	1.249
8.0	8.00	128.8	1.280	139.6	1.387	132.2	1.314
8.5	8.50	134.9	1.333	143.9	1.422	135.5	1.339
9.0	9.00	81.6	0.802	83.0	0.816	92.5	0.909
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qur=	1.333	qur=	1.422	qur=	1.339

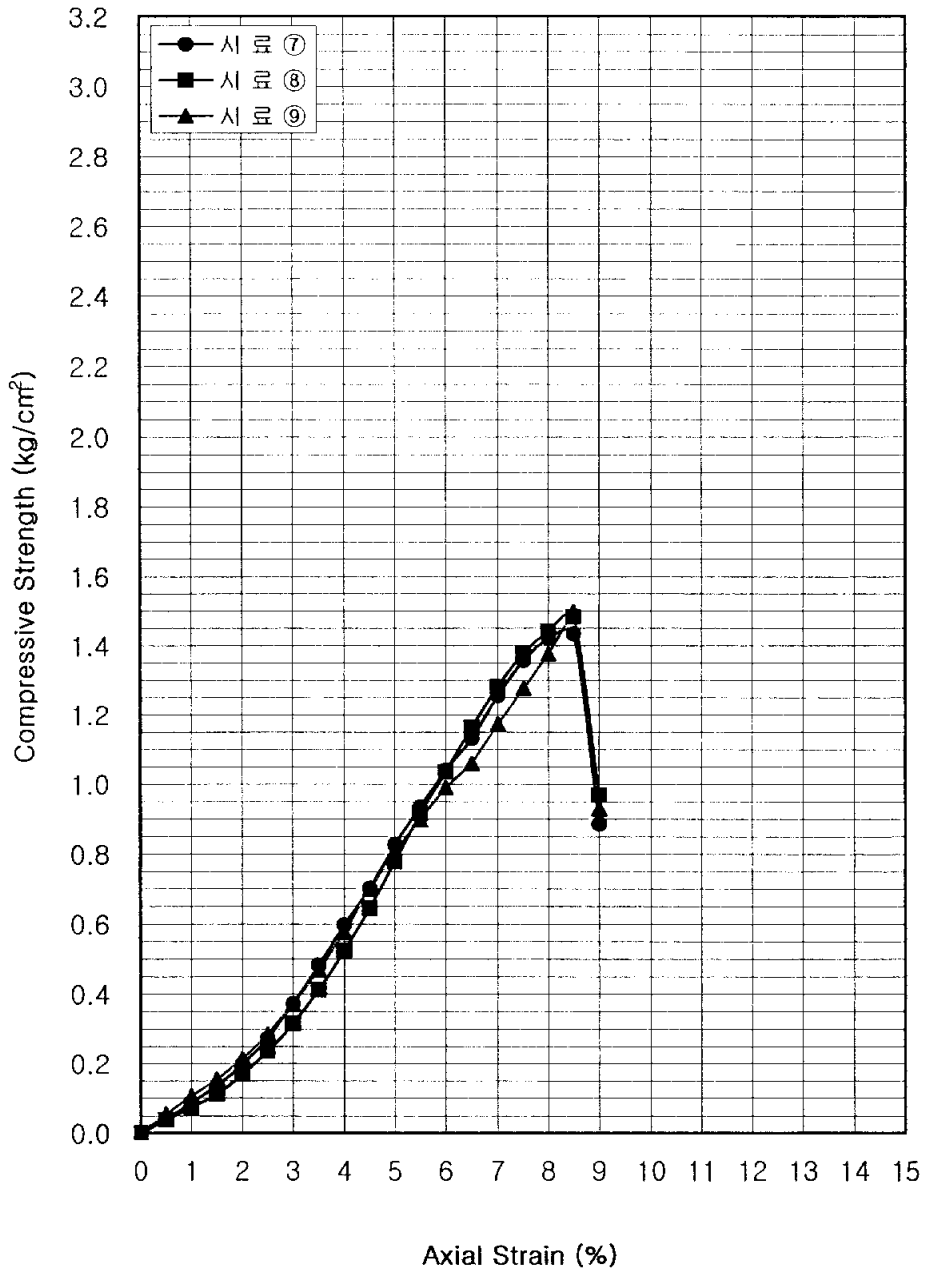
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각 5%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑦		시료 ⑧		시료 ⑨	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	3.8	0.041	3.6	0.039	5.1	0.055
1.0	1.00	8.1	0.087	6.9	0.074	9.8	0.105
1.5	1.50	12.8	0.136	10.4	0.111	14.5	0.154
2.0	2.00	18.7	0.198	15.9	0.168	20.2	0.214
2.5	2.50	26.0	0.274	22.3	0.235	27.0	0.284
3.0	3.00	35.5	0.372	30.0	0.314	35.4	0.371
3.5	3.50	46.3	0.483	39.5	0.412	45.0	0.469
4.0	4.00	57.6	0.597	50.5	0.524	55.6	0.577
4.5	4.50	68.1	0.703	62.5	0.645	67.8	0.699
5.0	5.00	80.6	0.827	75.8	0.778	78.5	0.806
5.5	5.50	91.6	0.935	89.7	0.916	88.1	0.899
6.0	6.00	102.5	1.041	102.0	1.036	97.5	0.990
6.5	6.50	112.0	1.131	115.2	1.164	104.8	1.058
7.0	7.00	125.0	1.256	127.5	1.281	116.7	1.172
7.5	7.50	135.7	1.356	138.0	1.379	127.8	1.277
8.0	8.00	143.0	1.421	145.0	1.441	138.5	1.376
8.5	8.50	145.0	1.433	150.0	1.483	151.6	1.498
9.0	9.00	90.2	0.887	98.5	0.968	94.5	0.929
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$q_{u_{max}}$		qur=	1.433	qur=	1.483	qur=	1.498

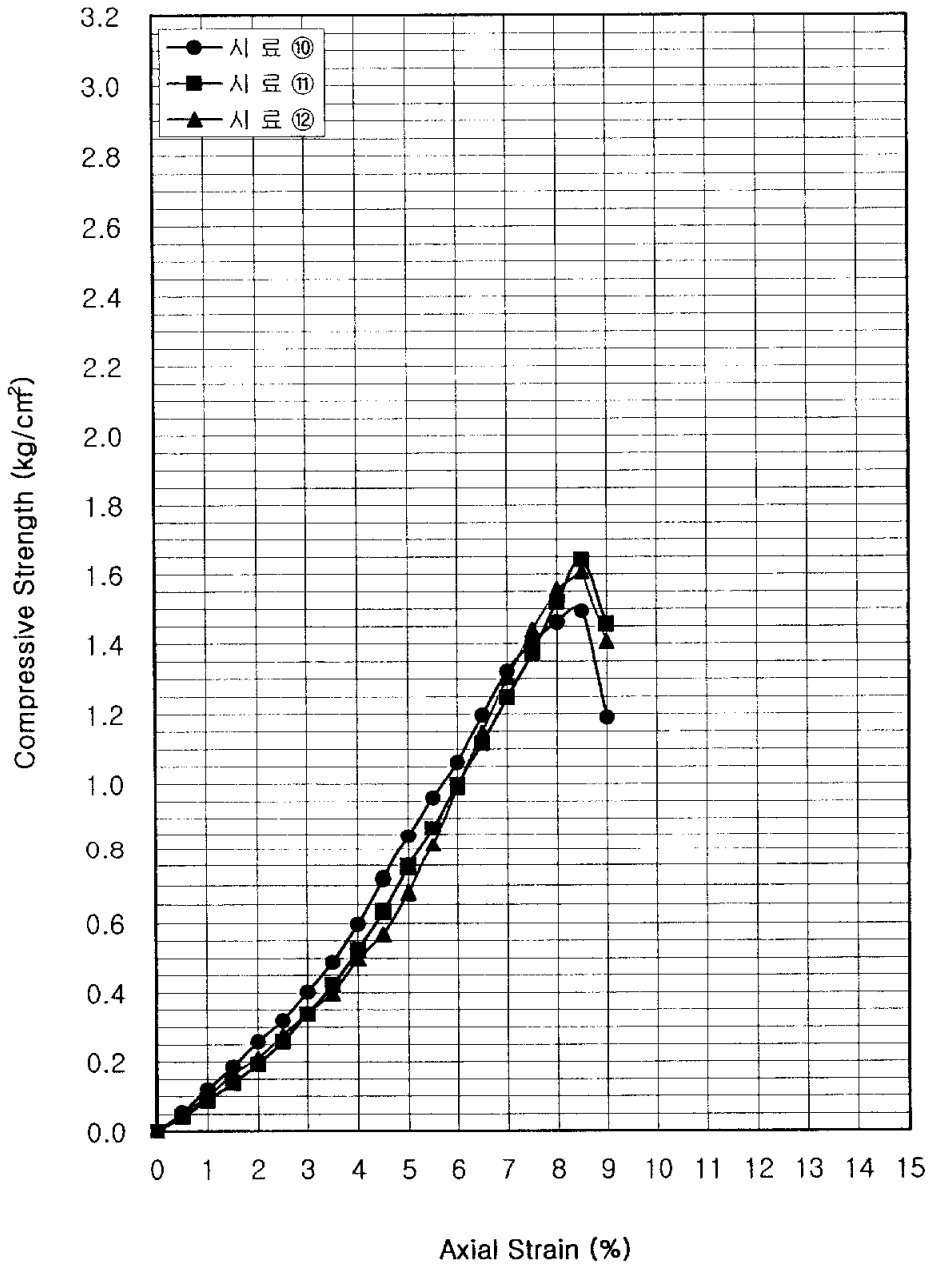
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골때각 5%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ⑩		시 료 ⑪		시 료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	5.0	0.054	4.0	0.043	4.5	0.048
1.0	1.00	11.2	0.120	8.2	0.088	9.1	0.097
1.5	1.50	17.3	0.184	13.0	0.138	15.6	0.166
2.0	2.00	24.3	0.257	18.2	0.193	19.8	0.210
2.5	2.50	30.2	0.318	24.5	0.258	26.2	0.276
3.0	3.00	38.4	0.402	32.2	0.337	32.4	0.339
3.5	3.50	46.8	0.488	40.5	0.422	38.0	0.396
4.0	4.00	57.5	0.596	50.4	0.523	48.0	0.498
4.5	4.50	69.4	0.716	61.2	0.631	55.0	0.567
5.0	5.00	82.2	0.844	72.8	0.747	66.3	0.680
5.5	5.50	94.0	0.960	85.0	0.868	79.6	0.813
6.0	6.00	104.5	1.061	98.2	0.997	97.5	0.990
6.5	6.50	118.4	1.196	110.5	1.116	113.5	1.146
7.0	7.00	131.5	1.321	124.0	1.246	129.8	1.304
7.5	7.50	140.6	1.405	137.5	1.374	144.0	1.439
8.0	8.00	147.0	1.461	152.8	1.519	156.5	1.555
8.5	8.50	151.0	1.492	166.0	1.641	162.5	1.606
9.0	9.00	121.0	1.189	148.0	1.455	143.0	1.406
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qur=	1.492	qur=	1.641	qur=	1.606

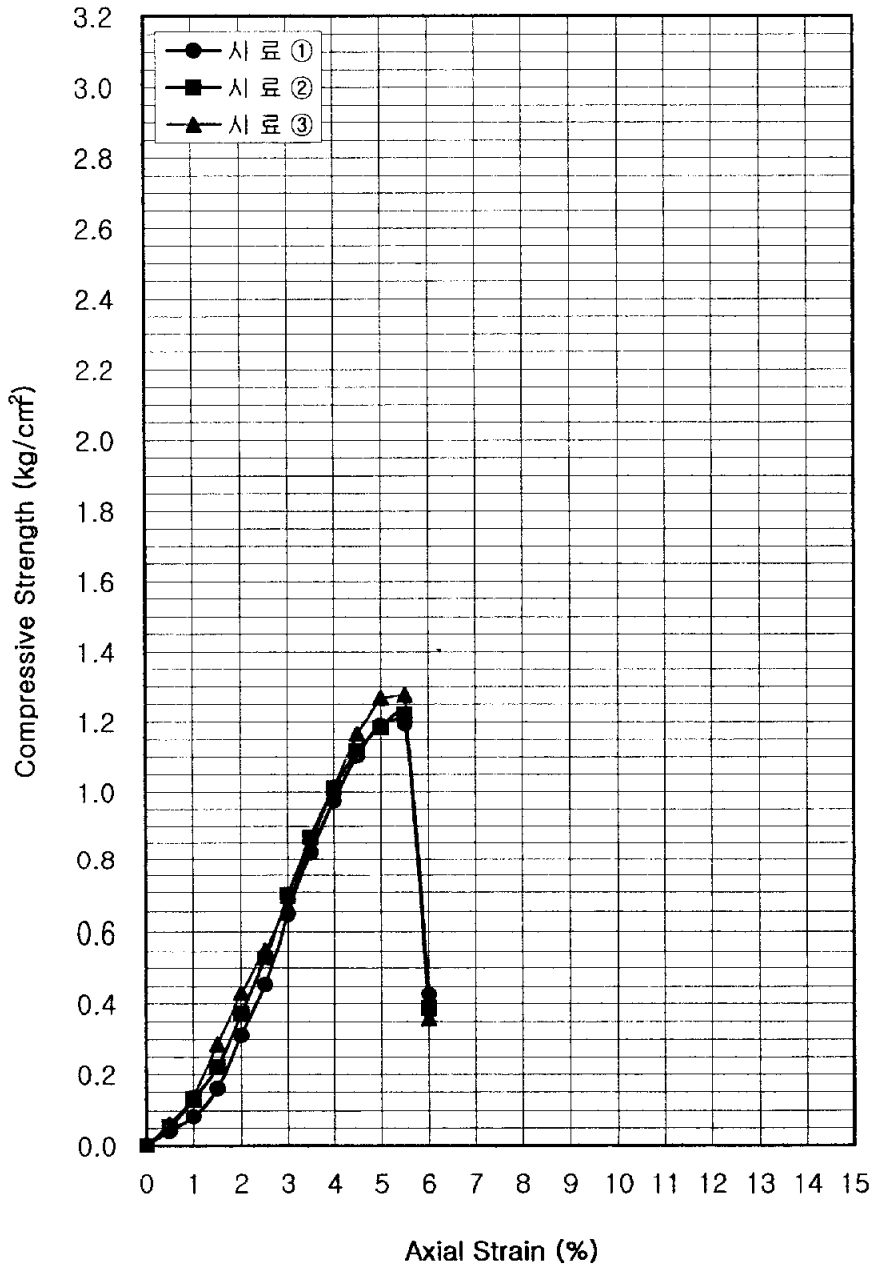
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골퍼각 5%첨가 양생21일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	3.9	0.042	5.0	0.054	5.7	0.061
1.0	1.00	7.8	0.083	12.2	0.130	12.6	0.135
1.5	1.50	15.0	0.160	20.8	0.221	26.9	0.286
2.0	2.00	29.4	0.311	35.0	0.371	40.6	0.430
2.5	2.50	43.2	0.455	50.2	0.529	52.7	0.555
3.0	3.00	61.4	0.643	66.0	0.692	63.4	0.664
3.5	3.50	78.4	0.817	83.0	0.865	81.0	0.844
4.0	4.00	94.0	0.975	97.5	1.011	97.9	1.015
4.5	4.50	107.0	1.104	108.2	1.116	113.0	1.166
5.0	5.00	116.0	1.190	115.3	1.183	123.5	1.267
5.5	5.50	117.0	1.194	119.4	1.219	125.0	1.276
6.0	6.00	42.0	0.426	38.0	0.386	35.4	0.359
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	qu_{max}	qur=	1.194	qur=	1.219	qur=	1.276

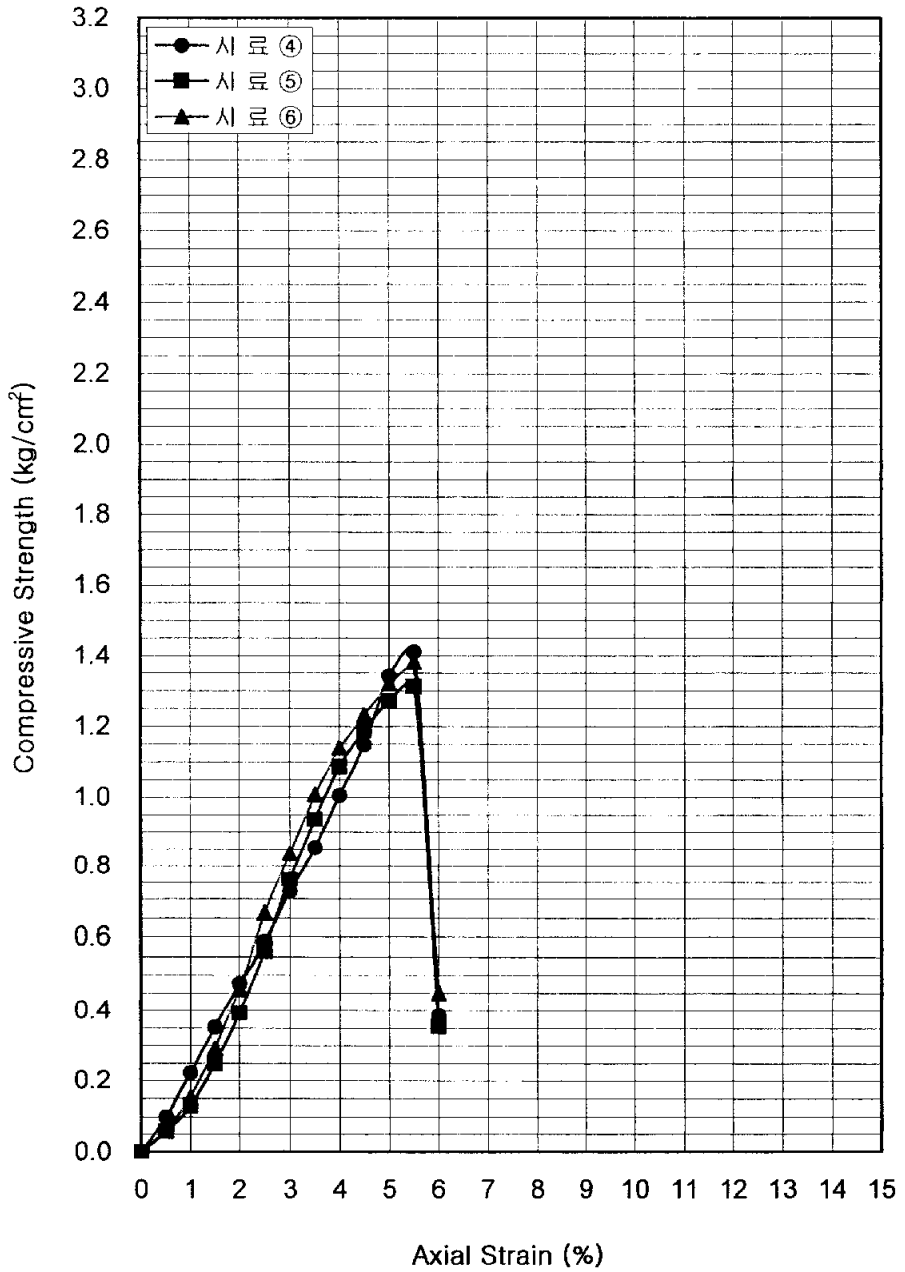
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	9.2	0.099	5.4	0.058	5.7	0.061
1.0	1.00	20.8	0.222	12.2	0.130	14.1	0.151
1.5	1.50	33.2	0.353	23.4	0.249	27.4	0.292
2.0	2.00	44.9	0.475	37.1	0.393	43.5	0.460
2.5	2.50	55.7	0.587	53.9	0.568	63.0	0.664
3.0	3.00	68.9	0.722	72.4	0.759	79.8	0.836
3.5	3.50	81.9	0.854	89.8	0.936	96.7	1.008
4.0	4.00	97.0	1.006	104.7	1.086	109.8	1.139
4.5	4.50	111.2	1.147	115.2	1.188	119.4	1.232
5.0	5.00	130.7	1.341	123.8	1.270	128.7	1.321
5.5	5.50	138.2	1.411	128.5	1.312	135.4	1.382
6.0	6.00	37.9	0.385	35.0	0.355	44.2	0.449
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu_{max}		qur=	1.411	qur=	1.312	qur=	1.382

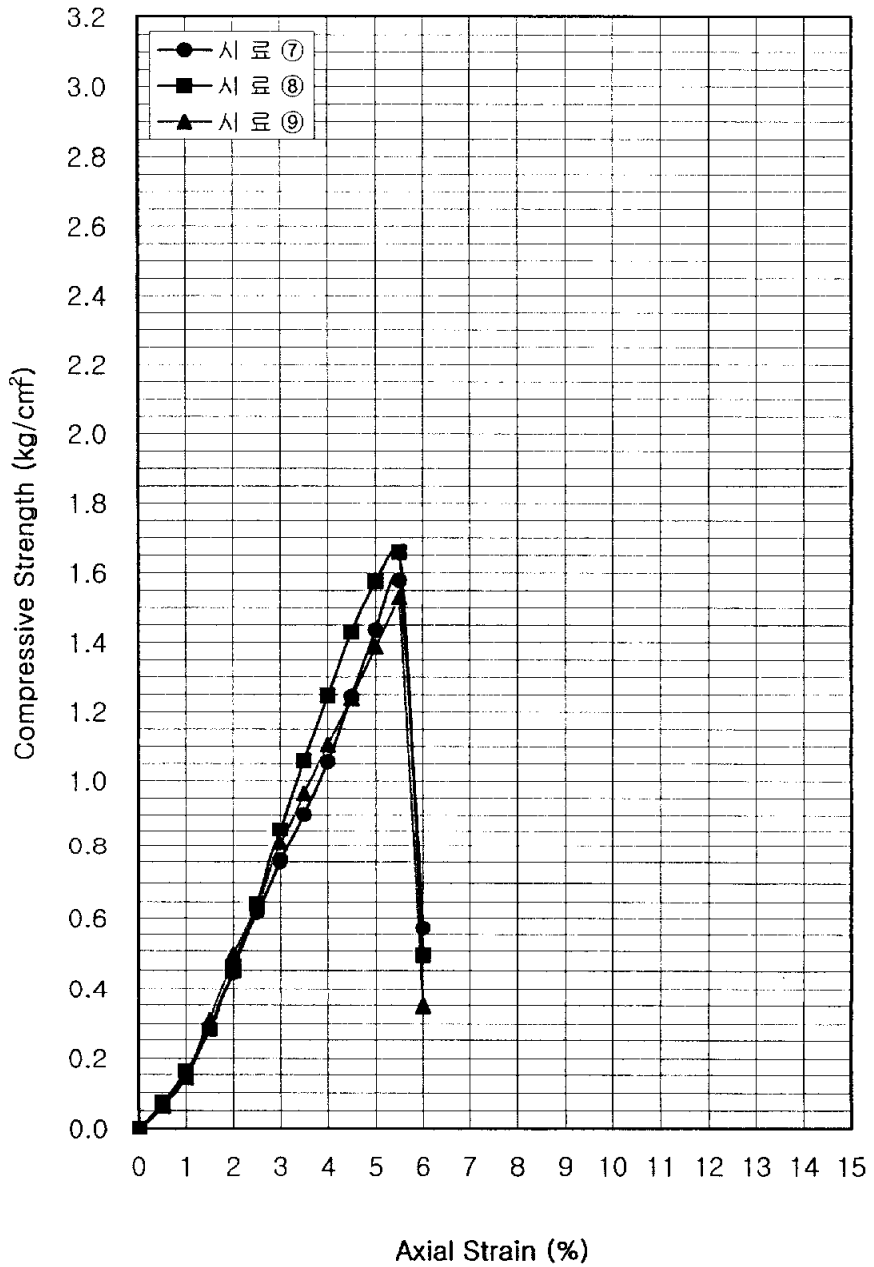
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각
10%첨가 양생 7일 일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑦		시료 ⑧		시료 ⑨	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	5.9	0.063	6.6	0.071	6.0	0.064
1.0	1.00	13.5	0.144	15.0	0.160	13.5	0.144
1.5	1.50	27.2	0.289	26.4	0.281	29.2	0.311
2.0	2.00	42.5	0.450	42.9	0.454	46.2	0.489
2.5	2.50	58.4	0.615	61.0	0.642	60.2	0.634
3.0	3.00	71.9	0.753	81.5	0.854	76.9	0.806
3.5	3.50	86.5	0.902	101.5	1.058	92.4	0.963
4.0	4.00	101.8	1.056	120.2	1.246	106.5	1.104
4.5	4.50	120.5	1.243	138.6	1.430	120.1	1.239
5.0	5.00	139.8	1.435	153.4	1.574	135.1	1.386
5.5	5.50	154.5	1.577	162.5	1.659	149.8	1.529
6.0	6.00	56.0	0.569	48.0	0.487	34.5	0.350
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$q_{u_{max}}$		$q_{ur} =$	1.577	$q_{ur} =$	1.659	$q_{ur} =$	1.529

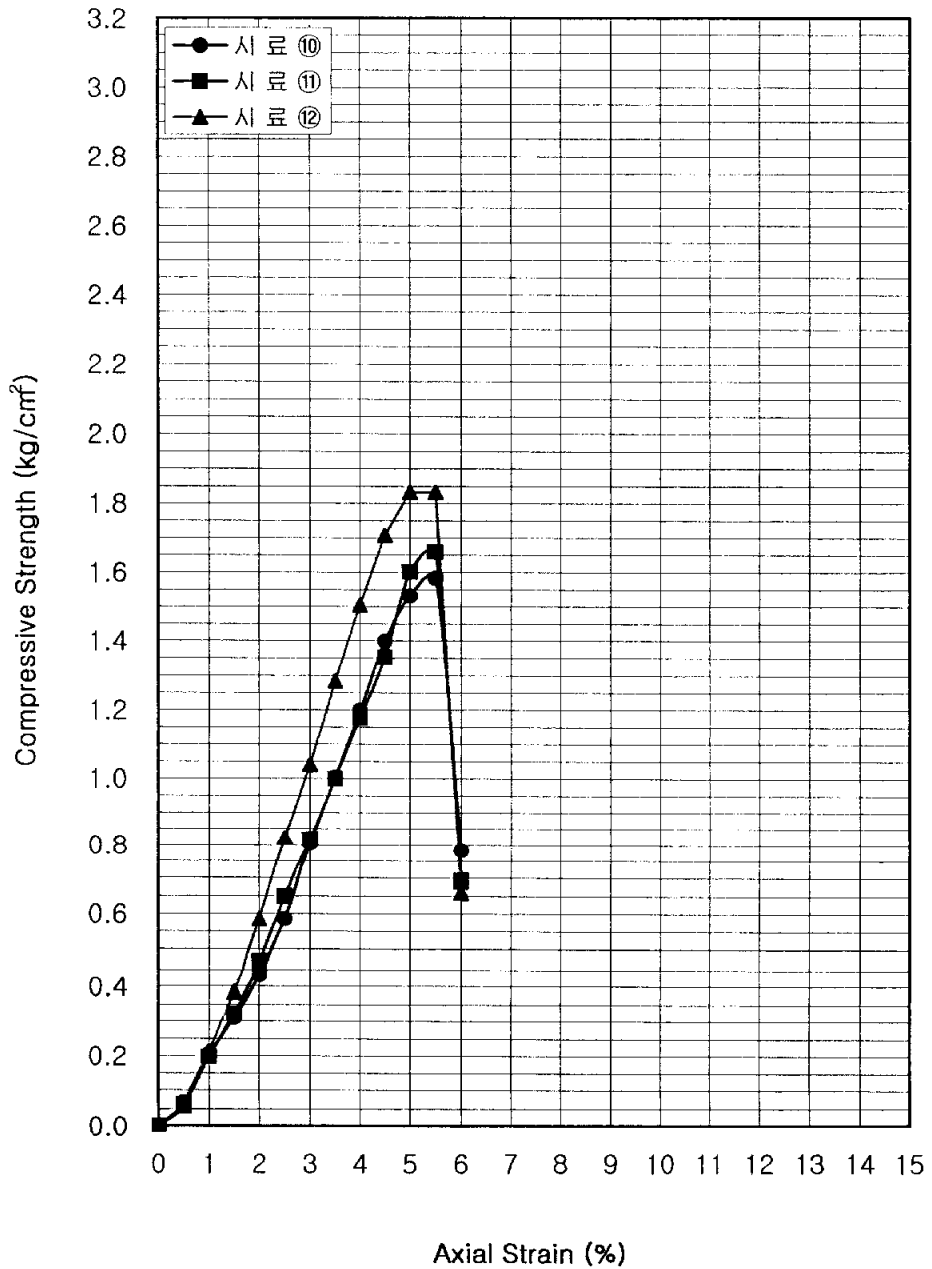
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각
10%첨가 양생 7일 일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각 10%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ⑩		시 료 ⑪		시 료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	5.9	0.063	5.4	0.058	5.7	0.061
1.0	1.00	19.2	0.205	18.5	0.198	20.0	0.214
1.5	1.50	29.0	0.309	30.4	0.323	36.0	0.383
2.0	2.00	40.8	0.432	44.0	0.466	55.2	0.584
2.5	2.50	55.5	0.585	61.5	0.648	78.0	0.822
3.0	3.00	76.8	0.805	78.0	0.817	99.2	1.039
3.5	3.50	96.2	1.003	95.8	0.999	123.1	1.283
4.0	4.00	115.5	1.198	113.5	1.177	145.0	1.504
4.5	4.50	135.5	1.398	131.0	1.351	165.5	1.707
5.0	5.00	149.2	1.531	156.0	1.601	178.5	1.832
5.5	5.50	155.0	1.582	162.5	1.659	179.5	1.832
6.0	6.00	77.0	0.782	68.0	0.690	65.0	0.660
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qur=	1.582	qur=	1.659	qur=	1.832

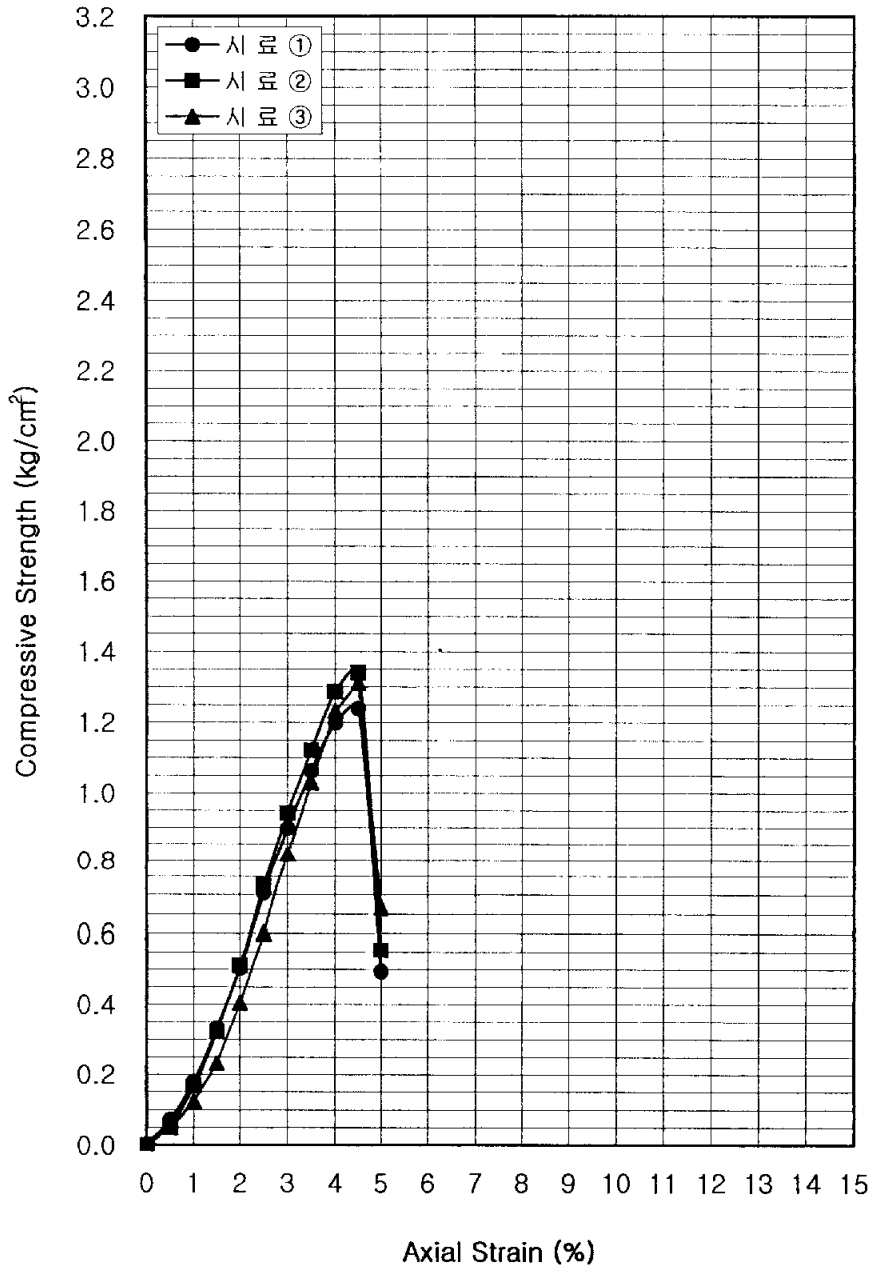
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생21일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	6.8	0.073	5.1	0.055	4.6	0.049
1.0	1.00	16.8	0.180	15.5	0.166	11.4	0.122
1.5	1.50	31.2	0.332	30.2	0.321	21.8	0.232
2.0	2.00	47.5	0.503	48.2	0.510	38.0	0.402
2.5	2.50	67.0	0.706	68.8	0.725	57.1	0.601
3.0	3.00	85.5	0.896	89.8	0.941	78.0	0.817
3.5	3.50	102.0	1.063	107.5	1.121	98.8	1.030
4.0	4.00	115.5	1.198	124.0	1.286	118.8	1.232
4.5	4.50	120.0	1.238	129.8	1.339	127.0	1.310
5.0	5.00	48.0	0.493	54.0	0.554	65.0	0.667
5.5	5.50						
6.0	6.00						
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qur=	1.238	qur=	1.339	qur=	1.310

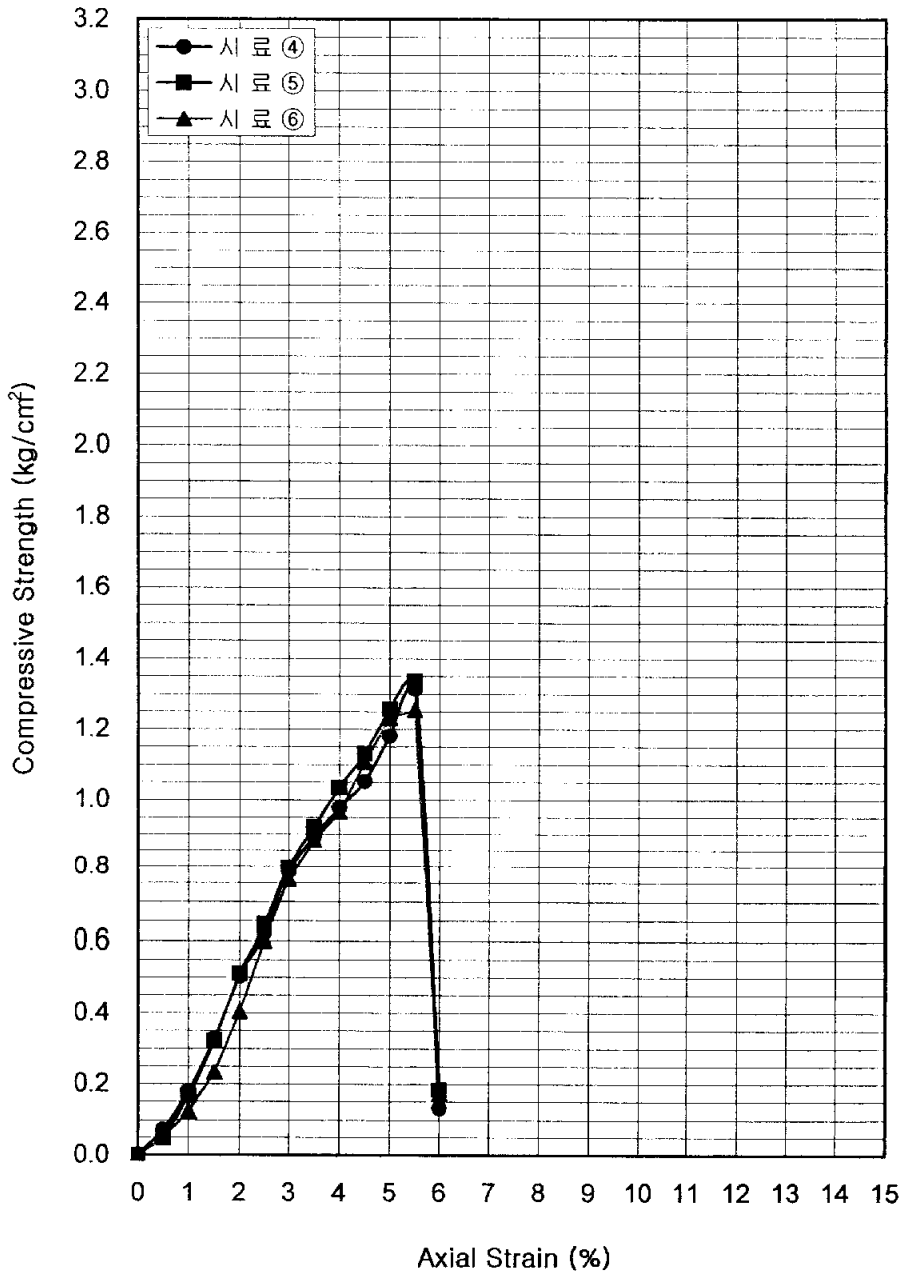
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	6.8	0.073	5.1	0.055	4.6	0.049
1.0	1.00	16.8	0.180	15.5	0.166	11.4	0.122
1.5	1.50	30.8	0.328	30.2	0.321	21.8	0.232
2.0	2.00	47.5	0.503	48.2	0.510	38.0	0.402
2.5	2.50	58.9	0.620	60.8	0.640	57.1	0.601
3.0	3.00	74.8	0.784	76.2	0.798	72.4	0.759
3.5	3.50	85.5	0.891	88.4	0.921	84.4	0.880
4.0	4.00	94.3	0.978	99.8	1.035	93.0	0.964
4.5	4.50	102.0	1.052	109.5	1.130	107.3	1.107
5.0	5.00	115.0	1.180	122.4	1.256	120.0	1.231
5.5	5.50	128.7	1.314	130.8	1.335	122.8	1.254
6.0	6.00	13.0	0.132	18.0	0.183	17.0	0.173
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$q_{u_{max}}$		qur=	1.314	qur=	1.335	qur=	1.254

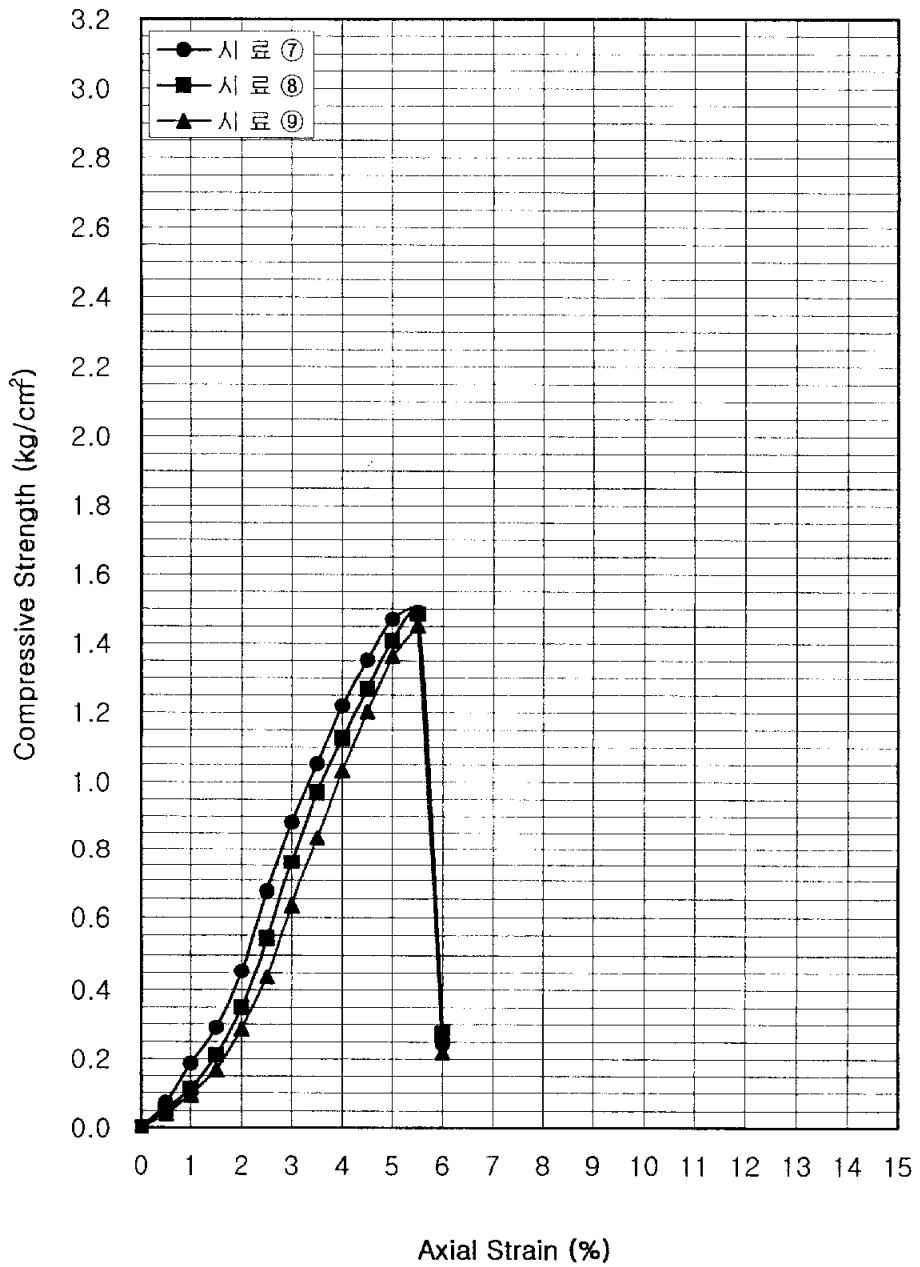
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ㉚		시료 ㉛		시료 ㉜	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	6.6	0.071	4.8	0.052	3.8	0.041
1.0	1.00	17.4	0.186	10.6	0.113	8.8	0.094
1.5	1.50	27.3	0.290	19.9	0.212	15.6	0.166
2.0	2.00	43.0	0.455	33.0	0.349	27.0	0.286
2.5	2.50	63.5	0.669	51.5	0.542	41.5	0.437
3.0	3.00	84.2	0.882	72.3	0.758	60.3	0.632
3.5	3.50	100.9	1.052	93.0	0.969	80.0	0.834
4.0	4.00	117.6	1.220	108.4	1.124	99.6	1.033
4.5	4.50	131.0	1.351	122.9	1.268	116.5	1.202
5.0	5.00	143.2	1.470	137.2	1.408	132.8	1.363
5.5	5.50	146.0	1.490	145.4	1.484	142.2	1.452
6.0	6.00	24.0	0.244	27.0	0.274	21.5	0.218
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$q_{u_{max}}$		qur=	1.490	qur=	1.484	qur=	1.452

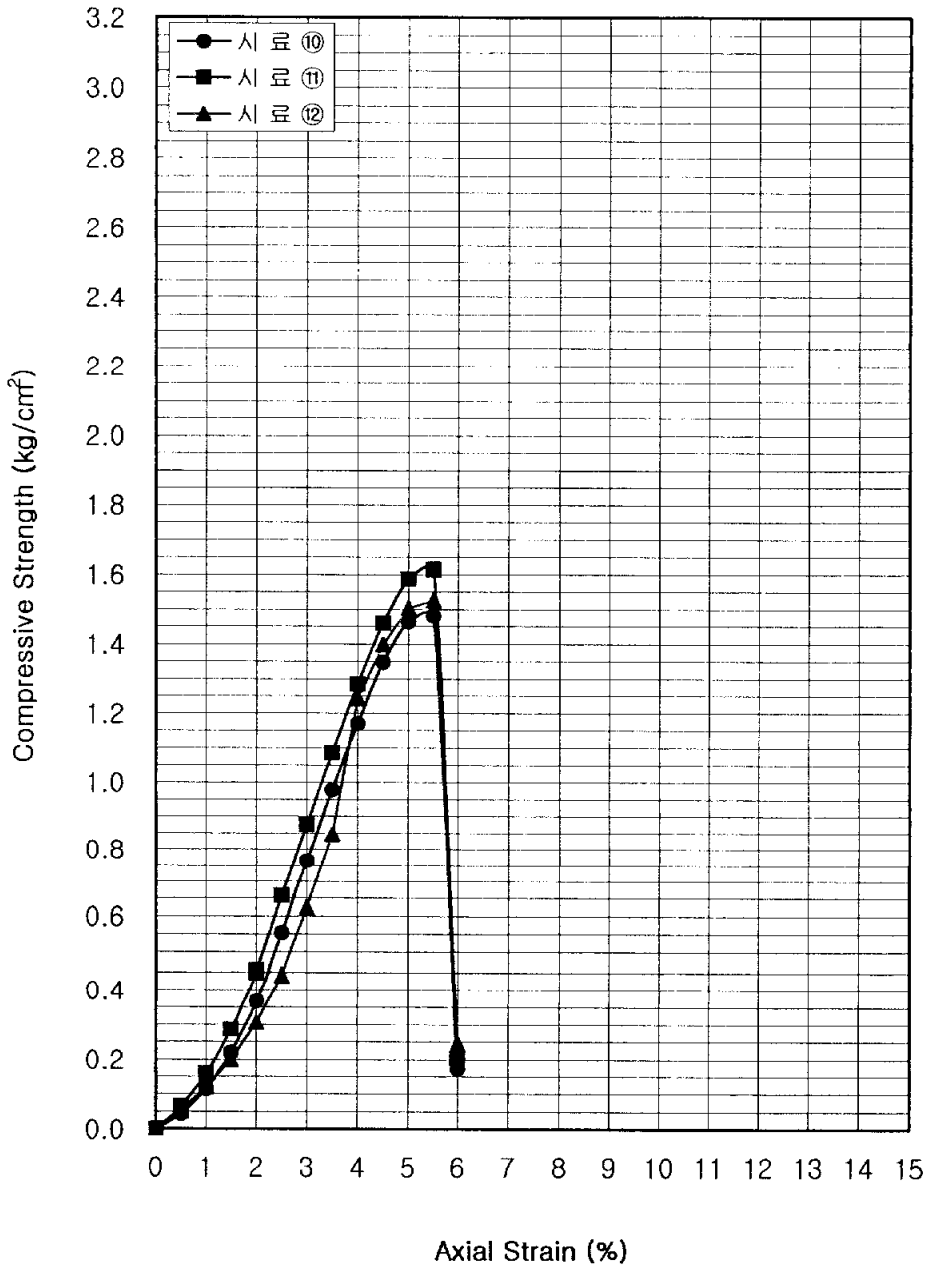
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각 15%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ⑩		시 료 ⑪		시 료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	4.1	0.044	6.0	0.064	4.9	0.053
1.0	1.00	10.6	0.113	14.8	0.158	11.2	0.120
1.5	1.50	20.6	0.219	26.8	0.285	18.6	0.198
2.0	2.00	34.6	0.366	42.5	0.450	28.9	0.306
2.5	2.50	52.5	0.553	62.4	0.657	41.8	0.440
3.0	3.00	73.0	0.765	83.5	0.875	59.4	0.622
3.5	3.50	93.7	0.977	104.0	1.084	81.0	0.844
4.0	4.00	112.8	1.170	123.8	1.284	119.8	1.242
4.5	4.50	130.5	1.346	141.5	1.460	135.5	1.398
5.0	5.00	142.5	1.462	154.5	1.585	146.5	1.503
5.5	5.50	145.0	1.480	158.0	1.613	149.3	1.524
6.0	6.00	17.0	0.173	20.0	0.203	24.0	0.244
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$q_{u_{max}}$		q _{ur} =	1.480	q _{ur} =	1.613	q _{ur} =	1.524

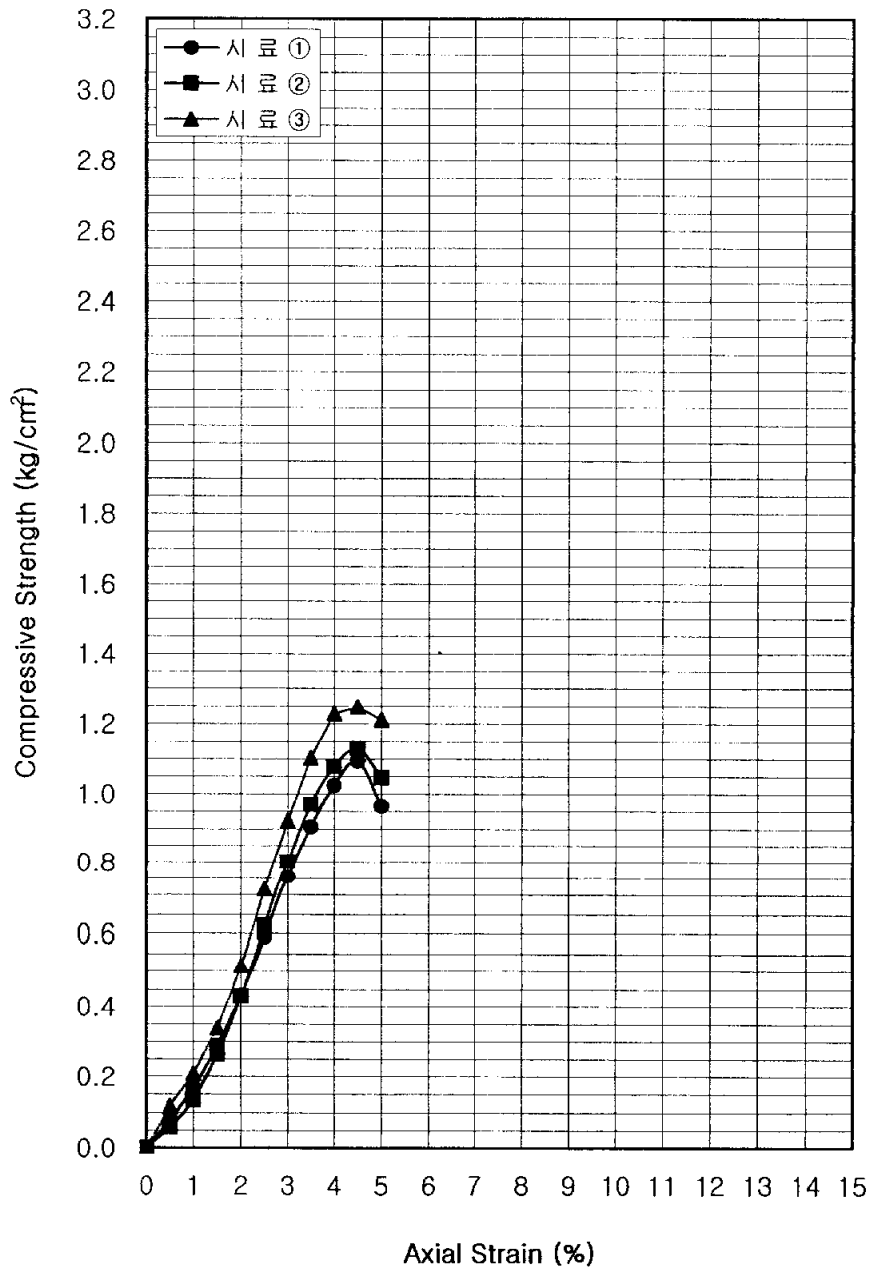
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생21일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각 20%침가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	7.5	0.081	5.5	0.059	10.8	0.116
1.0	1.00	15.5	0.166	12.6	0.135	19.4	0.207
1.5	1.50	27.1	0.288	24.8	0.264	31.8	0.338
2.0	2.00	40.8	0.432	40.5	0.429	48.5	0.513
2.5	2.50	56.2	0.592	58.9	0.620	68.0	0.716
3.0	3.00	72.0	0.754	76.5	0.802	88.0	0.922
3.5	3.50	86.8	0.905	93.0	0.969	105.8	1.103
4.0	4.00	98.8	1.025	104.0	1.078	118.5	1.229
4.5	4.50	106.0	1.094	109.5	1.130	121.0	1.248
5.0	5.00	94.0	0.965	102.0	1.047	118.0	1.211
5.5	5.50						
6.0	6.00						
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	qu_{max}	qur=	1.094	qur=	1.130	qur=	1.248

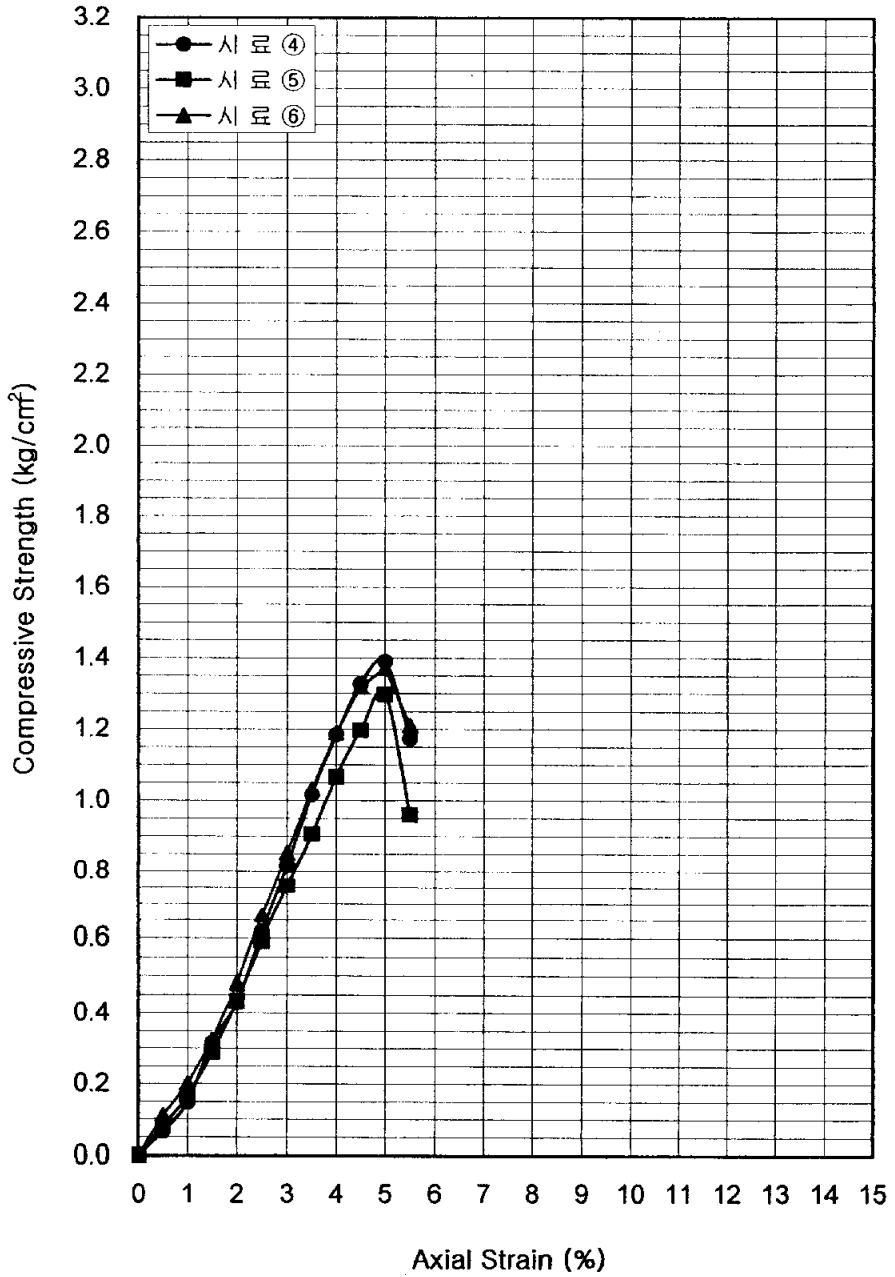
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	6.1	0.066	7.5	0.081	10.3	0.111
1.0	1.00	13.8	0.148	15.5	0.166	18.7	0.200
1.5	1.50	29.8	0.317	27.1	0.288	30.5	0.325
2.0	2.00	40.5	0.429	40.8	0.432	45.5	0.482
2.5	2.50	58.5	0.616	56.2	0.592	63.0	0.664
3.0	3.00	77.8	0.815	72.0	0.754	81.3	0.852
3.5	3.50	97.5	1.016	86.8	0.905	99.0	1.032
4.0	4.00	114.2	1.184	102.8	1.066	114.8	1.190
4.5	4.50	128.5	1.326	116.0	1.197	127.8	1.318
5.0	5.00	135.5	1.391	126.4	1.297	133.5	1.370
5.5	5.50	115.0	1.174	94.0	0.960	118.5	1.210
6.0	6.00						
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
QU _{max}		qur=	1.391	qur=	1.297	qur=	1.370

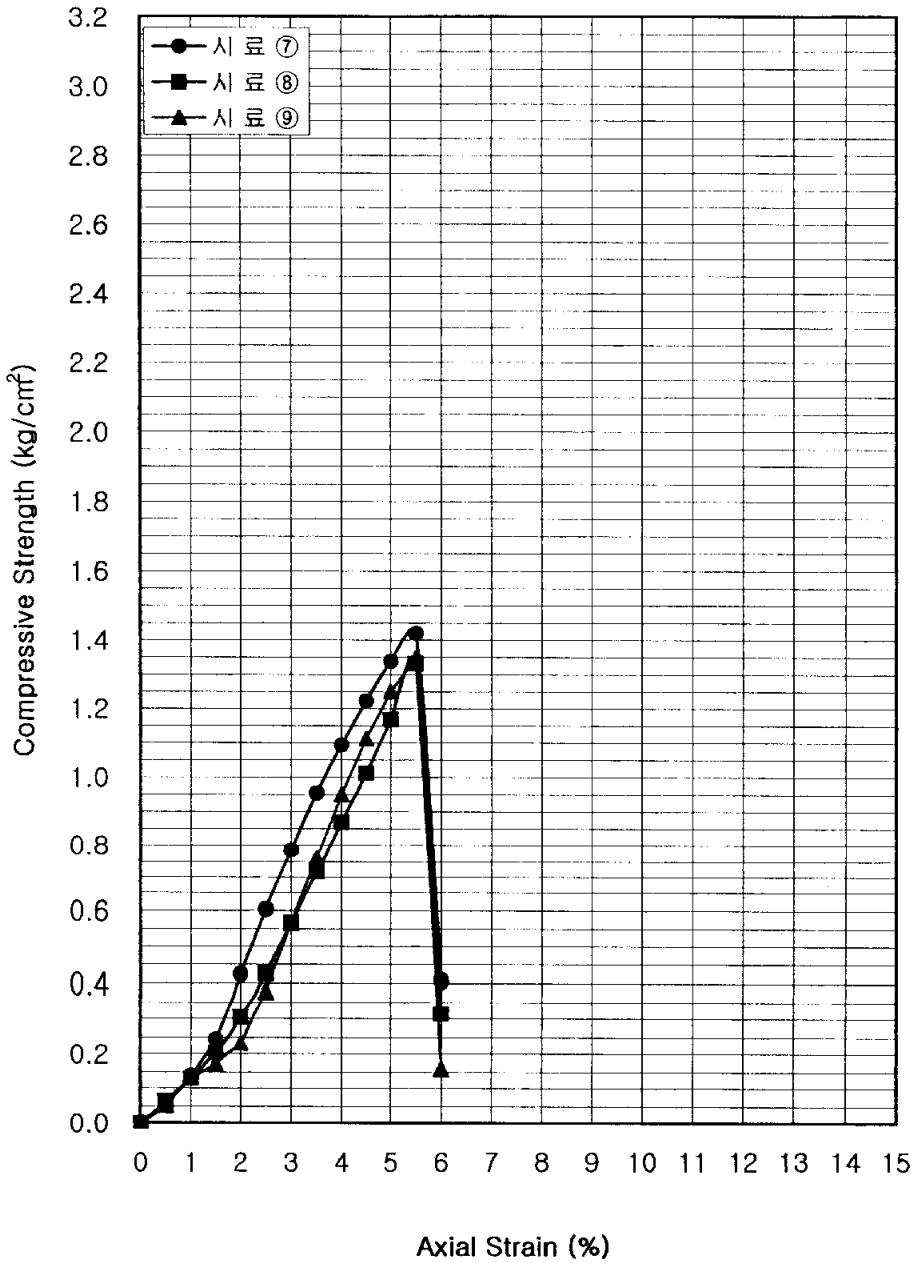
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑦		시료 ⑧		시료 ⑨	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	4.9	0.053	5.7	0.061	4.8	0.052
1.0	1.00	13.0	0.139	12.1	0.129	12.3	0.132
1.5	1.50	22.9	0.244	19.1	0.203	16.1	0.171
2.0	2.00	40.0	0.423	28.8	0.305	21.8	0.231
2.5	2.50	57.3	0.603	40.4	0.425	36.1	0.380
3.0	3.00	75.0	0.786	54.0	0.566	54.0	0.566
3.5	3.50	91.5	0.954	68.5	0.714	73.0	0.761
4.0	4.00	105.5	1.094	83.7	0.868	91.5	0.949
4.5	4.50	118.5	1.222	98.0	1.011	107.8	1.112
5.0	5.00	130.4	1.338	113.8	1.168	121.8	1.250
5.5	5.50	139.0	1.419	130.5	1.332	132.0	1.347
6.0	6.00	40.0	0.406	31.0	0.315	15.5	0.157
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	qu _{max}	qur=	1.419	qur=	1.332	qur=	1.347

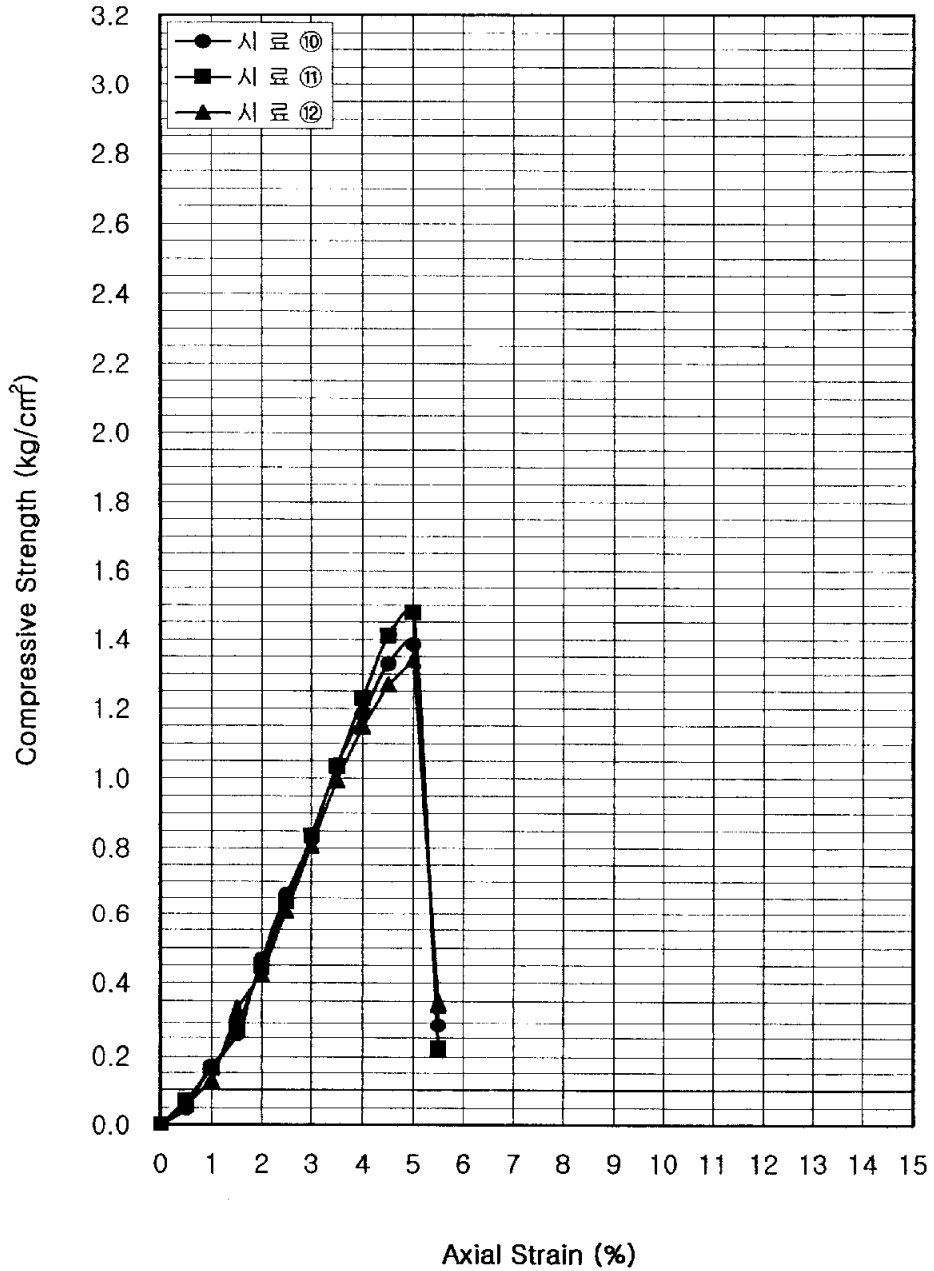
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑩		시료 ⑪		시료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	4.5	0.048	6.6	0.071	5.5	0.059
1.0	1.00	16.0	0.171	15.2	0.163	11.8	0.126
1.5	1.50	24.5	0.261	27.0	0.287	31.0	0.330
2.0	2.00	44.0	0.466	42.0	0.445	39.8	0.421
2.5	2.50	62.8	0.661	60.5	0.637	57.5	0.606
3.0	3.00	78.8	0.826	79.8	0.836	77.0	0.807
3.5	3.50	99.5	1.037	99.2	1.034	95.3	0.993
4.0	4.00	114.0	1.182	118.5	1.229	110.7	1.148
4.5	4.50	128.8	1.329	136.7	1.410	123.0	1.269
5.0	5.00	135.0	1.385	144.0	1.478	130.5	1.339
5.5	5.50	28.5	0.291	21.5	0.219	34.0	0.347
6.0	6.00						
6.5	6.50						
7.0	7.00						
7.5	7.50						
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu_{max}		qur=	1.385	qur=	1.478	qur=	1.339

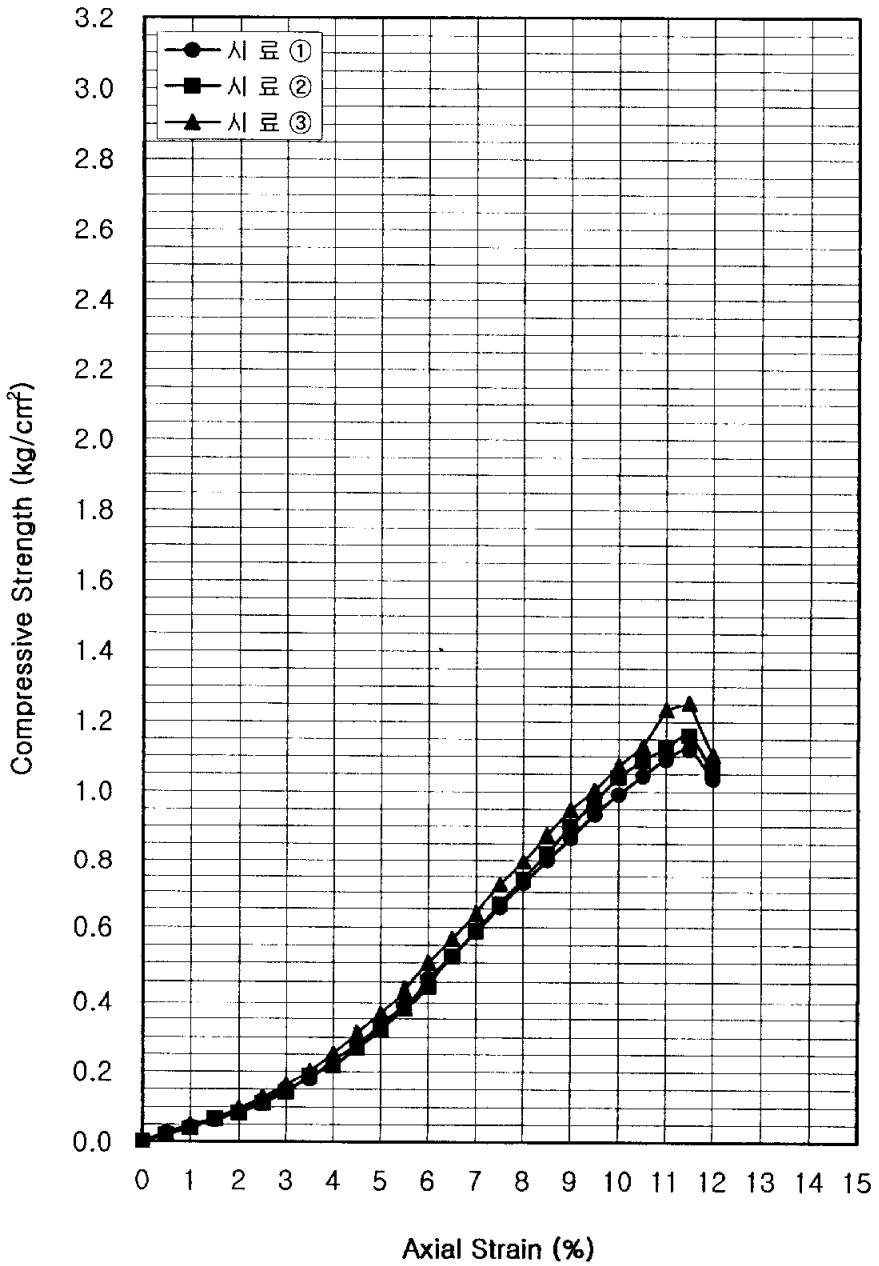
PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20%침가 양생21일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골파각 5%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.00	0.000
0.5	0.50	2.4	0.026	1.8	0.019	2.60	0.028
1.0	1.00	4.1	0.044	3.6	0.038	4.60	0.049
1.5	1.50	5.8	0.062	6.2	0.066	6.40	0.068
2.0	2.00	8.2	0.087	7.8	0.083	9.10	0.096
2.5	2.50	11.1	0.117	10.5	0.111	12.10	0.127
3.0	3.00	14.5	0.152	13.5	0.141	15.60	0.163
3.5	3.50	17.2	0.179	18.0	0.188	19.30	0.201
4.0	4.00	22.5	0.233	21.0	0.218	24.30	0.252
4.5	4.50	27.0	0.279	26.0	0.268	30.10	0.311
5.0	5.00	32.7	0.336	31.3	0.321	35.60	0.365
5.5	5.50	38.1	0.389	37.0	0.378	42.30	0.432
6.0	6.00	44.8	0.455	43.8	0.445	49.30	0.501
6.5	6.50	51.3	0.518	51.2	0.517	56.20	0.568
7.0	7.00	58.5	0.588	58.6	0.589	63.40	0.637
7.5	7.50	65.6	0.655	66.4	0.663	72.60	0.725
8.0	8.00	73.0	0.725	74.7	0.742	80.10	0.796
8.5	8.50	80.8	0.799	83.0	0.820	88.40	0.874
9.0	9.00	88.0	0.865	91.5	0.899	96.40	0.948
9.5	9.50	95.5	0.934	99.3	0.971	102.60	1.003
10.0	10.00	102.0	0.992	107.0	1.040	110.30	1.072
10.5	10.50	108.0	1.044	112.5	1.088	116.70	1.128
11.0	11.00	113.5	1.091	116.9	1.124	128.40	1.234
11.5	11.50	117.0	1.119	121.3	1.160	131.00	1.252
12.0	12.00	109.0	1.036	111.0	1.055	116.00	1.103
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
QU _{max}		qur=	1.119	qur=	1.160	qur=	1.252

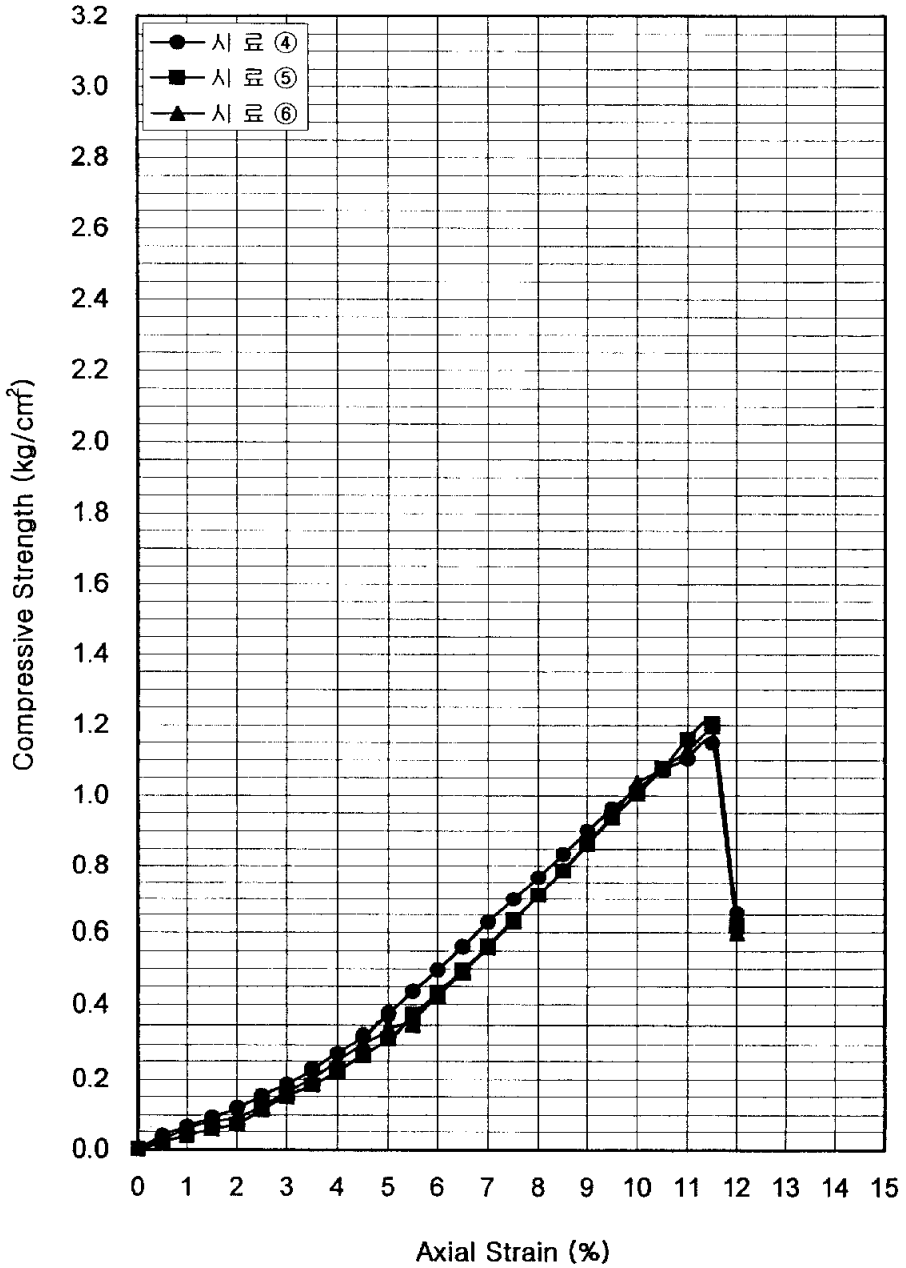
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ④		시료 ⑤		시료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	3.6	0.039	1.8	0.019	2.5	0.027
1.0	1.00	6.2	0.066	3.7	0.040	5.6	0.060
1.5	1.50	8.7	0.093	5.4	0.057	7.6	0.081
2.0	2.00	11.2	0.119	6.9	0.073	8.6	0.091
2.5	2.50	14.4	0.152	10.9	0.115	11.8	0.124
3.0	3.00	17.8	0.187	14.3	0.150	15.3	0.160
3.5	3.50	21.9	0.228	17.6	0.183	19.6	0.204
4.0	4.00	26.3	0.273	21.6	0.224	24.0	0.249
4.5	4.50	31.4	0.324	25.8	0.266	29.3	0.302
5.0	5.00	36.6	0.376	30.8	0.316	33.5	0.344
5.5	5.50	42.8	0.437	36.3	0.371	35.0	0.357
6.0	6.00	48.9	0.497	42.5	0.432	41.7	0.423
6.5	6.50	55.6	0.562	49.0	0.495	48.5	0.490
7.0	7.00	62.5	0.628	56.0	0.563	55.8	0.561
7.5	7.50	69.8	0.697	63.5	0.634	63.0	0.629
8.0	8.00	77.0	0.765	71.5	0.711	71.5	0.711
8.5	8.50	84.4	0.834	79.5	0.786	79.8	0.789
9.0	9.00	91.5	0.899	87.8	0.863	88.2	0.867
9.5	9.50	98.5	0.963	95.9	0.938	96.2	0.940
10.0	10.00	104.8	1.019	103.5	1.006	106.6	1.036
10.5	10.50	110.8	1.071	111.3	1.076	111.5	1.078
11.0	11.00	114.9	1.105	120.6	1.159	117.2	1.127
11.5	11.50	120.1	1.148	125.9	1.204	125.1	1.196
12.0	12.00	69.0	0.656	65.0	0.618	63.0	0.599
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$q_{u_{max}}$		$q_{ur} =$	1.148	$q_{ur} =$	1.204	$q_{ur} =$	1.196

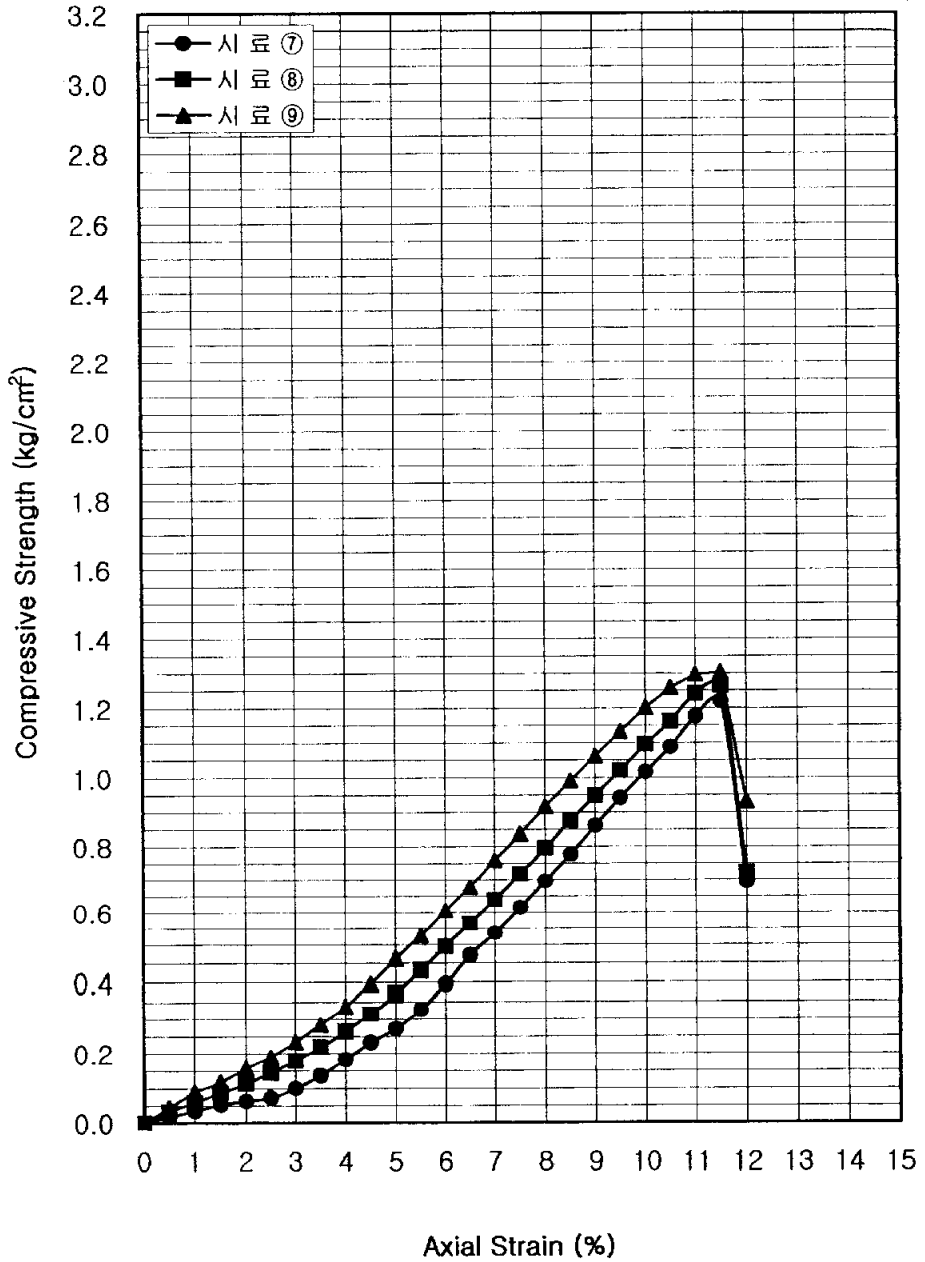
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ㉚		시 료 ㉛		시 료 ㉜	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	1.6	0.017	3.1	0.033	4.1	0.044
1.0	1.00	3.2	0.034	5.5	0.059	8.3	0.089
1.5	1.50	4.9	0.052	8.1	0.086	11.1	0.118
2.0	2.00	5.9	0.062	10.8	0.114	14.8	0.157
2.5	2.50	6.8	0.072	13.8	0.145	18.1	0.191
3.0	3.00	9.6	0.101	17.1	0.179	22.4	0.235
3.5	3.50	13.1	0.137	21.0	0.219	27.1	0.283
4.0	4.00	17.6	0.183	25.4	0.263	32.4	0.336
4.5	4.50	22.5	0.232	30.6	0.316	38.2	0.394
5.0	5.00	26.5	0.272	36.0	0.369	45.0	0.462
5.5	5.50	32.2	0.329	42.2	0.431	51.6	0.527
6.0	6.00	38.8	0.394	48.9	0.497	59.5	0.604
6.5	6.50	46.6	0.471	56.0	0.566	67.0	0.677
7.0	7.00	53.3	0.535	63.6	0.639	75.5	0.758
7.5	7.50	61.5	0.615	71.8	0.717	83.8	0.837
8.0	8.00	70.0	0.696	80.1	0.796	92.3	0.917
8.5	8.50	78.5	0.776	88.6	0.876	100.2	0.990
9.0	9.00	87.6	0.861	96.5	0.949	108.0	1.062
9.5	9.50	96.3	0.941	104.3	1.020	115.8	1.132
10.0	10.00	104.5	1.016	112.6	1.095	123.5	1.201
10.5	10.50	112.5	1.088	120.1	1.161	130.1	1.258
11.0	11.00	122.2	1.175	129.1	1.241	134.8	1.296
11.5	11.50	127.5	1.219	132.1	1.263	136.3	1.303
12.0	12.00	73.0	0.694	76.0	0.722	98.0	0.932
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qu _r =	1.219	qu _r =	1.263	qu _r =	1.303

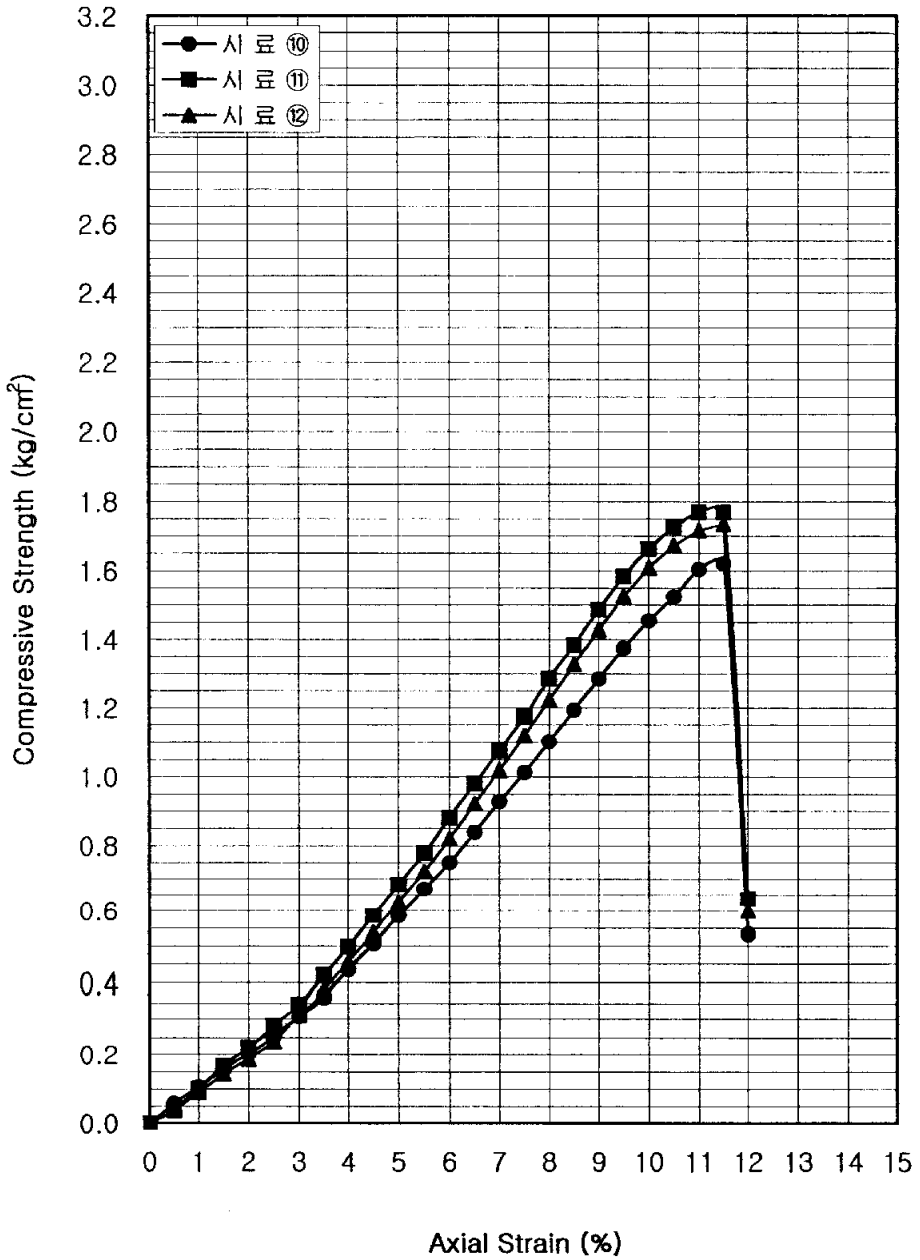
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ⑩		시 료 ⑪		시 료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	5.4	0.058	3.6	0.039	3.4	0.037
1.0	1.00	10.0	0.107	9.5	0.102	8.4	0.090
1.5	1.50	14.8	0.157	15.6	0.166	13.6	0.145
2.0	2.00	19.0	0.201	20.8	0.220	17.5	0.185
2.5	2.50	24.0	0.253	26.5	0.279	22.6	0.238
3.0	3.00	29.2	0.306	32.9	0.345	29.6	0.310
3.5	3.50	35.1	0.366	40.1	0.418	36.6	0.382
4.0	4.00	41.8	0.433	48.0	0.498	43.9	0.455
4.5	4.50	49.1	0.507	56.8	0.586	52.0	0.536
5.0	5.00	57.0	0.585	66.5	0.682	61.1	0.627
5.5	5.50	65.5	0.669	76.2	0.778	70.8	0.723
6.0	6.00	73.8	0.749	86.7	0.880	80.8	0.820
6.5	6.50	83.0	0.838	97.0	0.980	91.2	0.921
7.0	7.00	92.3	0.927	107.0	1.075	101.4	1.019
7.5	7.50	101.3	1.012	117.5	1.174	112.0	1.119
8.0	8.00	110.8	1.101	129.3	1.285	123.0	1.222
8.5	8.50	120.7	1.193	140.0	1.384	134.3	1.327
9.0	9.00	130.6	1.284	151.2	1.486	145.2	1.427
9.5	9.50	140.6	1.375	162.0	1.584	156.0	1.525
10.0	10.00	149.6	1.454	171.0	1.662	165.5	1.609
10.5	10.50	157.6	1.524	178.5	1.726	173.0	1.673
11.0	11.00	166.8	1.604	184.0	1.769	178.5	1.716
11.5	11.50	169.4	1.619	185.0	1.769	181.5	1.735
12.0	12.00	56.0	0.532	67.0	0.637	63.0	0.599
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
QU _{max}		qur=	1.619	qur=	1.769	qur=	1.735

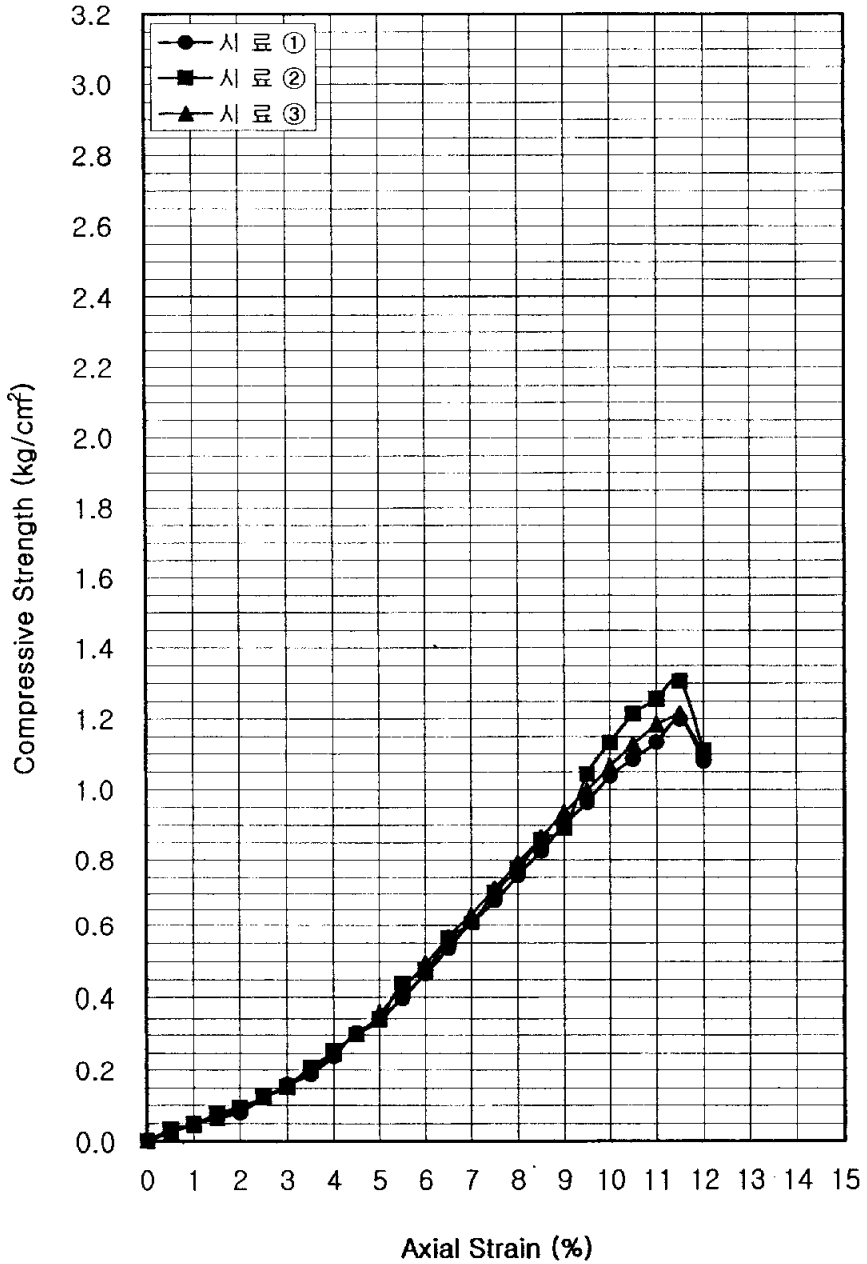
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5%첨가 양생21일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	2.8	0.030	3.1	0.033	2.2	0.024
1.0	1.00	4.5	0.048	4.5	0.048	4.2	0.045
1.5	1.50	6.1	0.065	7.3	0.078	6.0	0.064
2.0	2.00	7.5	0.079	8.9	0.094	8.9	0.094
2.5	2.50	11.6	0.122	11.9	0.125	11.8	0.124
3.0	3.00	15.1	0.158	14.6	0.153	15.2	0.159
3.5	3.50	17.9	0.187	20.1	0.210	19.1	0.199
4.0	4.00	23.2	0.241	24.5	0.254	24.0	0.249
4.5	4.50	30.0	0.309	29.2	0.301	29.2	0.301
5.0	5.00	33.7	0.346	33.6	0.345	35.0	0.359
5.5	5.50	39.1	0.399	42.9	0.438	41.5	0.424
6.0	6.00	45.9	0.466	46.8	0.475	48.7	0.495
6.5	6.50	53.2	0.537	55.6	0.562	56.0	0.566
7.0	7.00	60.3	0.606	60.4	0.607	63.2	0.635
7.5	7.50	67.8	0.677	70.5	0.704	71.8	0.717
8.0	8.00	75.9	0.754	77.9	0.774	79.7	0.792
8.5	8.50	83.5	0.825	86.7	0.857	87.5	0.865
9.0	9.00	91.6	0.900	90.5	0.890	95.3	0.937
9.5	9.50	98.6	0.964	106.7	1.043	102.0	0.997
10.0	10.00	106.8	1.038	116.4	1.132	109.6	1.066
10.5	10.50	112.3	1.086	125.6	1.214	116.7	1.128
11.0	11.00	117.9	1.133	130.6	1.256	123.2	1.184
11.5	11.50	125.4	1.199	136.5	1.305	127.2	1.216
12.0	12.00	113.6	1.080	116.8	1.110	116.0	1.103
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
QU _{max}		qur=	1.199	qur=	1.305	qur=	1.216

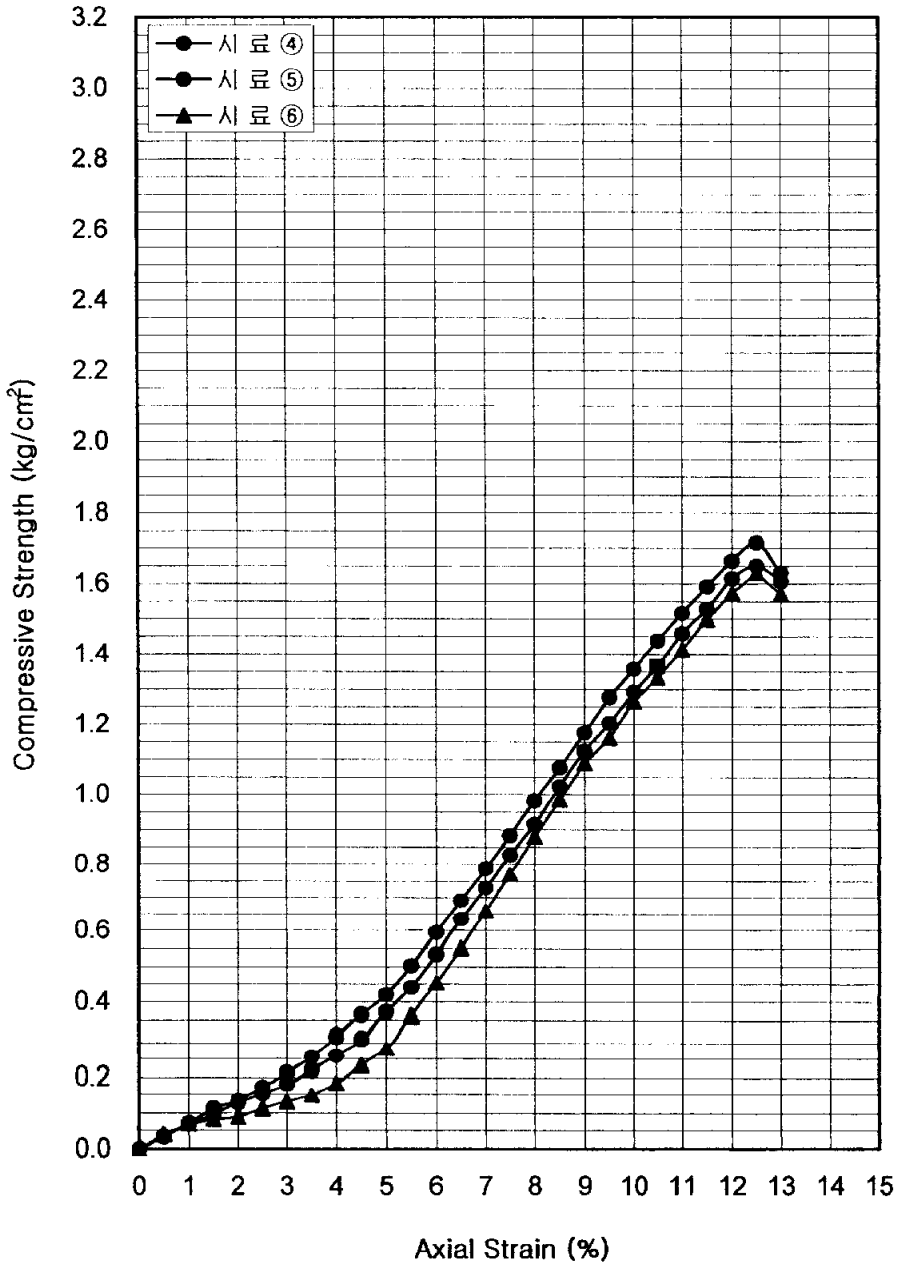
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골폐각 10%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	3.2	0.034	3.1	0.033	3.8	0.041
1.0	1.00	6.8	0.073	6.2	0.066	6.4	0.068
1.5	1.50	10.4	0.111	9.1	0.097	7.8	0.083
2.0	2.00	12.5	0.132	11.9	0.126	8.4	0.089
2.5	2.50	16.4	0.173	14.4	0.152	10.6	0.112
3.0	3.00	20.1	0.211	17.2	0.180	12.4	0.130
3.5	3.50	24.5	0.255	21.0	0.219	14.2	0.148
4.0	4.00	30.4	0.315	25.0	0.259	17.6	0.183
4.5	4.50	35.4	0.365	29.8	0.307	22.5	0.232
5.0	5.00	40.8	0.419	36.2	0.371	27.4	0.281
5.5	5.50	49.2	0.502	43.1	0.440	35.5	0.362
6.0	6.00	58.5	0.594	52.6	0.534	44.6	0.453
6.5	6.50	68.4	0.691	62.7	0.633	54.5	0.550
7.0	7.00	78.3	0.787	72.6	0.729	65.5	0.658
7.5	7.50	88.3	0.882	82.6	0.825	77.0	0.769
8.0	8.00	98.8	0.982	92.0	0.914	88.4	0.879
8.5	8.50	108.8	1.075	103.5	1.023	99.6	0.984
9.0	9.00	119.6	1.176	114.3	1.124	110.8	1.089
9.5	9.50	130.6	1.277	123.1	1.203	118.7	1.160
10.0	10.00	139.6	1.357	132.9	1.292	130.2	1.266
10.5	10.50	148.7	1.438	141.2	1.365	137.8	1.332
11.0	11.00	157.7	1.516	151.7	1.458	146.9	1.412
11.5	11.50	166.5	1.592	159.8	1.528	156.7	1.498
12.0	12.00	175.0	1.664	169.8	1.614	165.5	1.573
12.5	12.50	181.5	1.716	174.6	1.650	172.5	1.630
13.0	13.00	173.5	1.631	171.0	1.607	167.0	1.569
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qu _r =	1.716	qu _r =	1.650	qu _r =	1.630

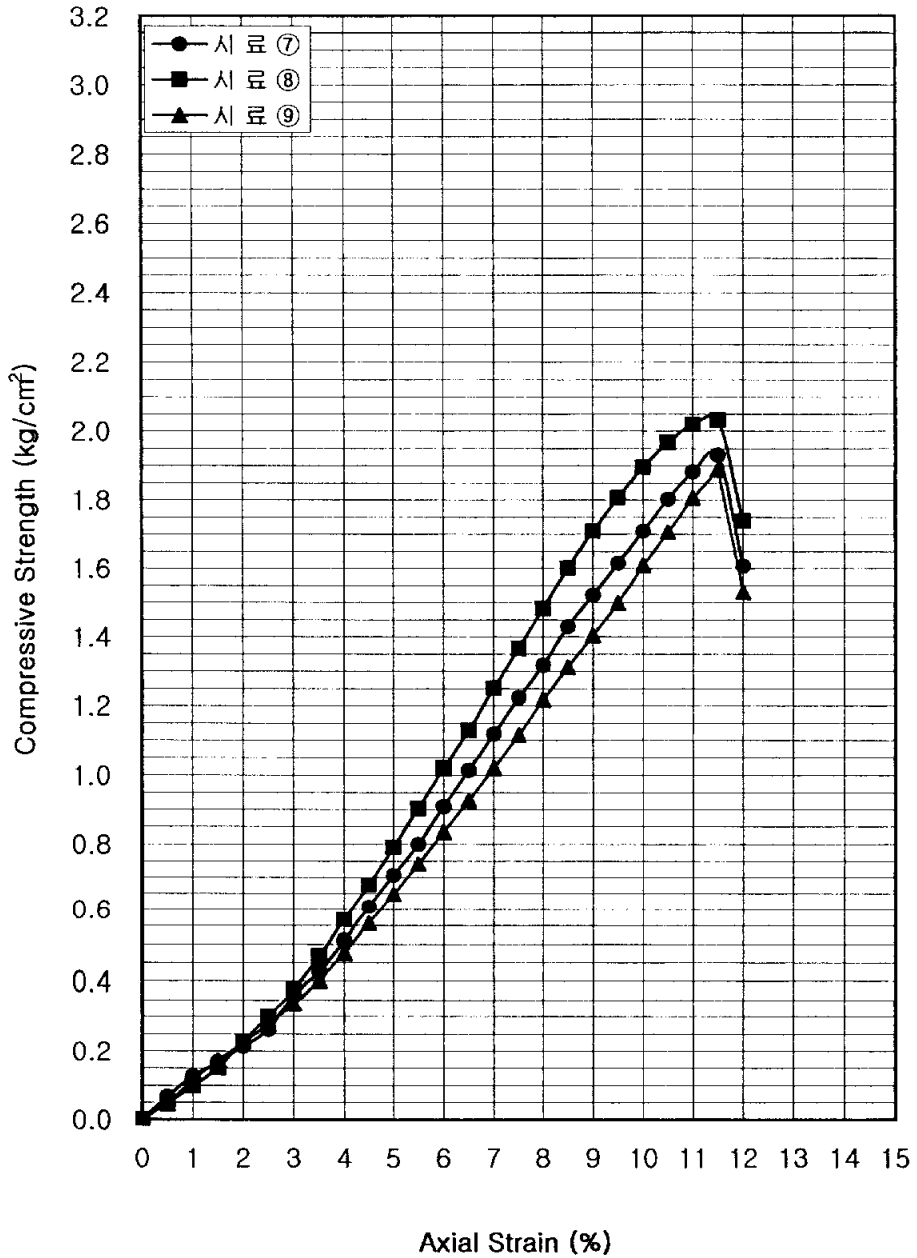
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ㉚		시 료 ㉛		시 료 ㉜	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	6.3	0.068	4.4	0.047	4.2	0.045
1.0	1.00	11.8	0.126	9.1	0.097	10.9	0.117
1.5	1.50	15.8	0.168	14.2	0.151	16.2	0.172
2.0	2.00	20.1	0.213	21.6	0.229	21.4	0.227
2.5	2.50	25.0	0.263	28.5	0.300	26.3	0.277
3.0	3.00	34.6	0.363	36.1	0.378	32.2	0.337
3.5	3.50	40.8	0.425	44.8	0.467	38.6	0.402
4.0	4.00	49.1	0.509	54.8	0.568	46.0	0.477
4.5	4.50	58.9	0.608	65.5	0.676	54.1	0.558
5.0	5.00	68.8	0.706	77.0	0.790	63.0	0.647
5.5	5.50	78.2	0.798	88.4	0.902	72.5	0.740
6.0	6.00	89.5	0.909	100.3	1.018	82.2	0.835
6.5	6.50	100.3	1.013	111.8	1.129	91.8	0.927
7.0	7.00	111.3	1.118	124.5	1.251	101.5	1.020
7.5	7.50	122.4	1.223	136.7	1.366	111.6	1.115
8.0	8.00	132.5	1.317	149.2	1.483	122.4	1.216
8.5	8.50	144.6	1.429	162.0	1.601	132.7	1.312
9.0	9.00	154.8	1.522	173.8	1.708	142.8	1.404
9.5	9.50	165.2	1.615	184.8	1.807	153.3	1.499
10.0	10.00	175.8	1.709	195.0	1.896	165.4	1.608
10.5	10.50	186.4	1.802	203.5	1.967	176.5	1.706
11.0	11.00	195.8	1.882	210.0	2.019	187.8	1.805
11.5	11.50	202.0	1.931	212.5	2.031	197.5	1.888
12.0	12.00	169.0	1.606	183.0	1.740	160.9	1.530
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	qu _{max}	qu _r =	1.931	qu _r =	2.031	qu _r =	1.888

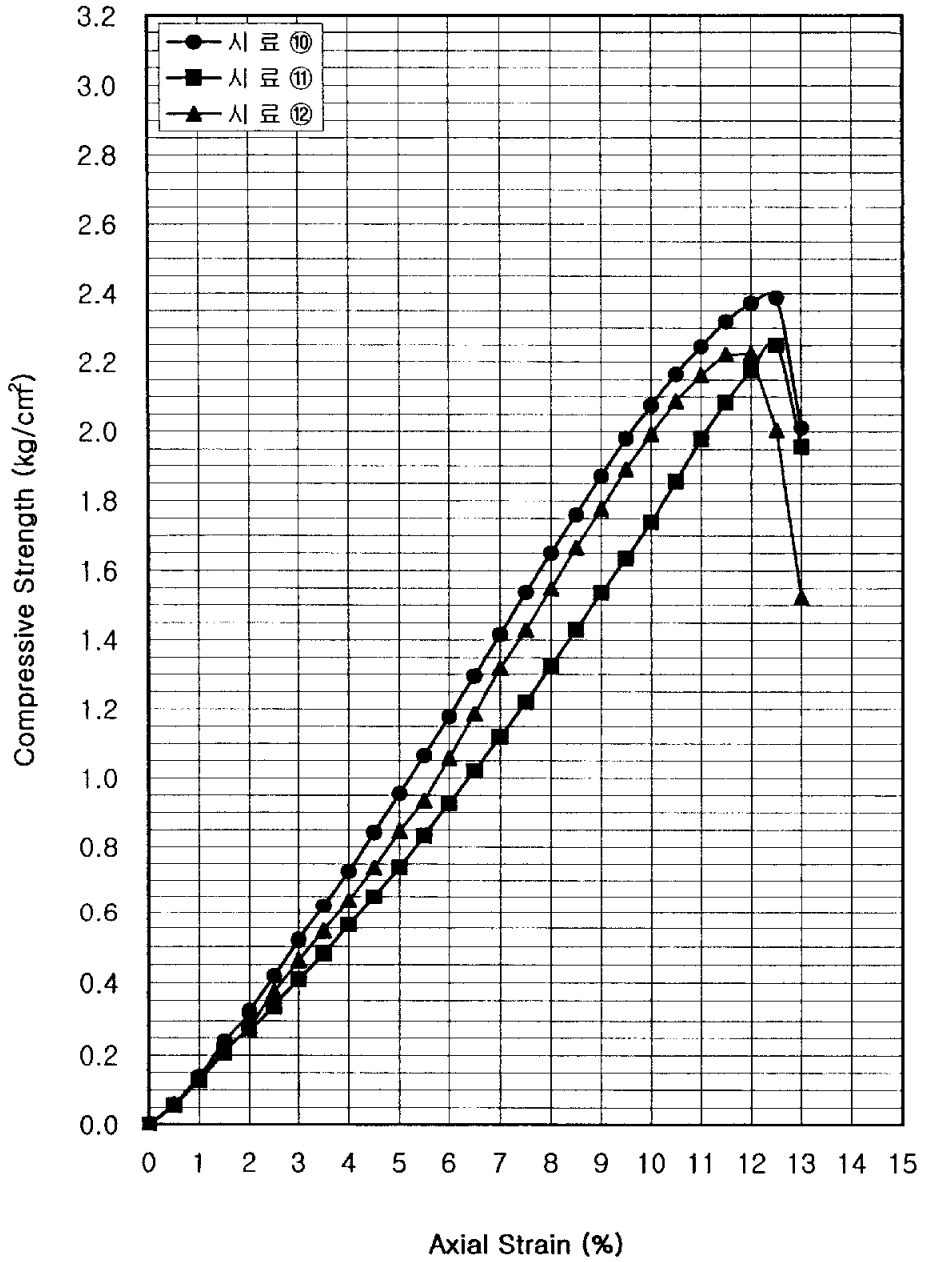
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생21일
 일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑩		시료 ⑪		시료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	5.3	0.057	5.1	0.055	5.5	0.059
1.0	1.00	13.0	0.139	12.1	0.129	12.0	0.128
1.5	1.50	22.5	0.239	20.1	0.214	19.5	0.207
2.0	2.00	30.4	0.322	26.0	0.275	26.8	0.284
2.5	2.50	39.7	0.418	32.1	0.338	35.5	0.374
3.0	3.00	49.4	0.518	39.0	0.409	44.1	0.462
3.5	3.50	59.5	0.620	46.1	0.481	52.1	0.543
4.0	4.00	70.1	0.727	54.0	0.560	61.4	0.637
4.5	4.50	81.6	0.842	63.0	0.650	71.6	0.739
5.0	5.00	93.0	0.954	72.1	0.740	82.5	0.847
5.5	5.50	104.3	1.065	81.5	0.832	91.5	0.934
6.0	6.00	116.0	1.178	91.3	0.927	104.1	1.057
6.5	6.50	128.3	1.296	101.0	1.020	117.4	1.186
7.0	7.00	140.8	1.414	111.4	1.119	131.2	1.318
7.5	7.50	153.8	1.537	122.0	1.219	143.0	1.429
8.0	8.00	166.0	1.650	133.3	1.325	155.9	1.549
8.5	8.50	178.0	1.759	144.6	1.429	168.5	1.665
9.0	9.00	190.3	1.871	156.3	1.536	180.8	1.777
9.5	9.50	202.5	1.980	167.2	1.635	193.4	1.891
10.0	10.00	213.5	2.076	178.8	1.738	205.0	1.993
10.5	10.50	224.0	2.166	192.0	1.856	216.0	2.088
11.0	11.00	233.6	2.246	205.8	1.979	225.1	2.164
11.5	11.50	242.5	2.318	218.0	2.084	232.5	2.223
12.0	12.00	249.5	2.372	229.0	2.177	234.0	2.224
12.5	12.50	252.5	2.387	238.0	2.250	212.0	2.004
13.0	13.00	214.0	2.011	208.1	1.956	162.0	1.522
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU _{max}	qur=	2.387	qur=	2.250	qur=	2.224

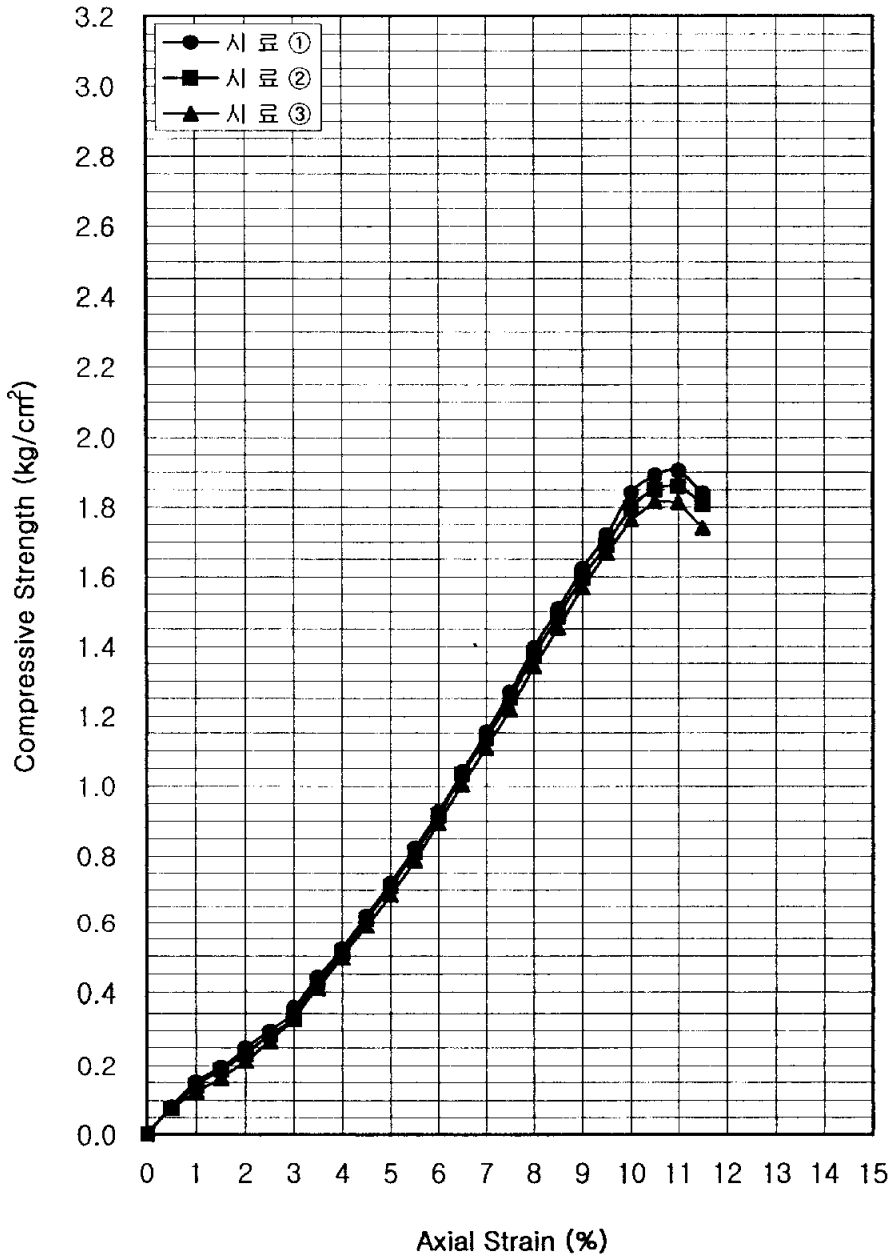
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10%첨가 양생21일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	7.5	0.081	7.1	0.076	7.3	0.078
1.0	1.00	14.1	0.151	13.3	0.142	11.6	0.124
1.5	1.50	18.4	0.196	17.5	0.186	15.2	0.162
2.0	2.00	23.4	0.248	22.1	0.234	20.2	0.214
2.5	2.50	28.6	0.301	27.1	0.285	25.5	0.269
3.0	3.00	34.1	0.357	32.6	0.342	32.0	0.335
3.5	3.50	42.3	0.441	41.0	0.427	39.5	0.412
4.0	4.00	50.1	0.520	49.0	0.508	47.8	0.496
4.5	4.50	60.3	0.622	59.1	0.610	57.0	0.588
5.0	5.00	70.3	0.721	69.3	0.711	66.7	0.684
5.5	5.50	80.6	0.823	79.4	0.811	77.0	0.786
6.0	6.00	91.2	0.926	90.2	0.916	88.1	0.895
6.5	6.50	103.0	1.040	102.3	1.033	99.5	1.005
7.0	7.00	114.9	1.154	113.1	1.136	110.3	1.108
7.5	7.50	127.0	1.269	125.2	1.251	122.0	1.219
8.0	8.00	140.4	1.395	138.2	1.373	135.0	1.342
8.5	8.50	152.5	1.507	150.3	1.486	147.0	1.453
9.0	9.00	165.0	1.622	162.4	1.596	159.5	1.568
9.5	9.50	176.0	1.721	173.0	1.691	170.6	1.668
10.0	10.00	189.4	1.841	185.0	1.799	181.4	1.764
10.5	10.50	195.6	1.891	191.4	1.850	188.0	1.818
11.0	11.00	198.0	1.904	193.4	1.859	188.8	1.815
11.5	11.50	192.5	1.840	189.2	1.809	182.0	1.740
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU _{max}	qur=	1.904	qur=	1.859	qur=	1.818

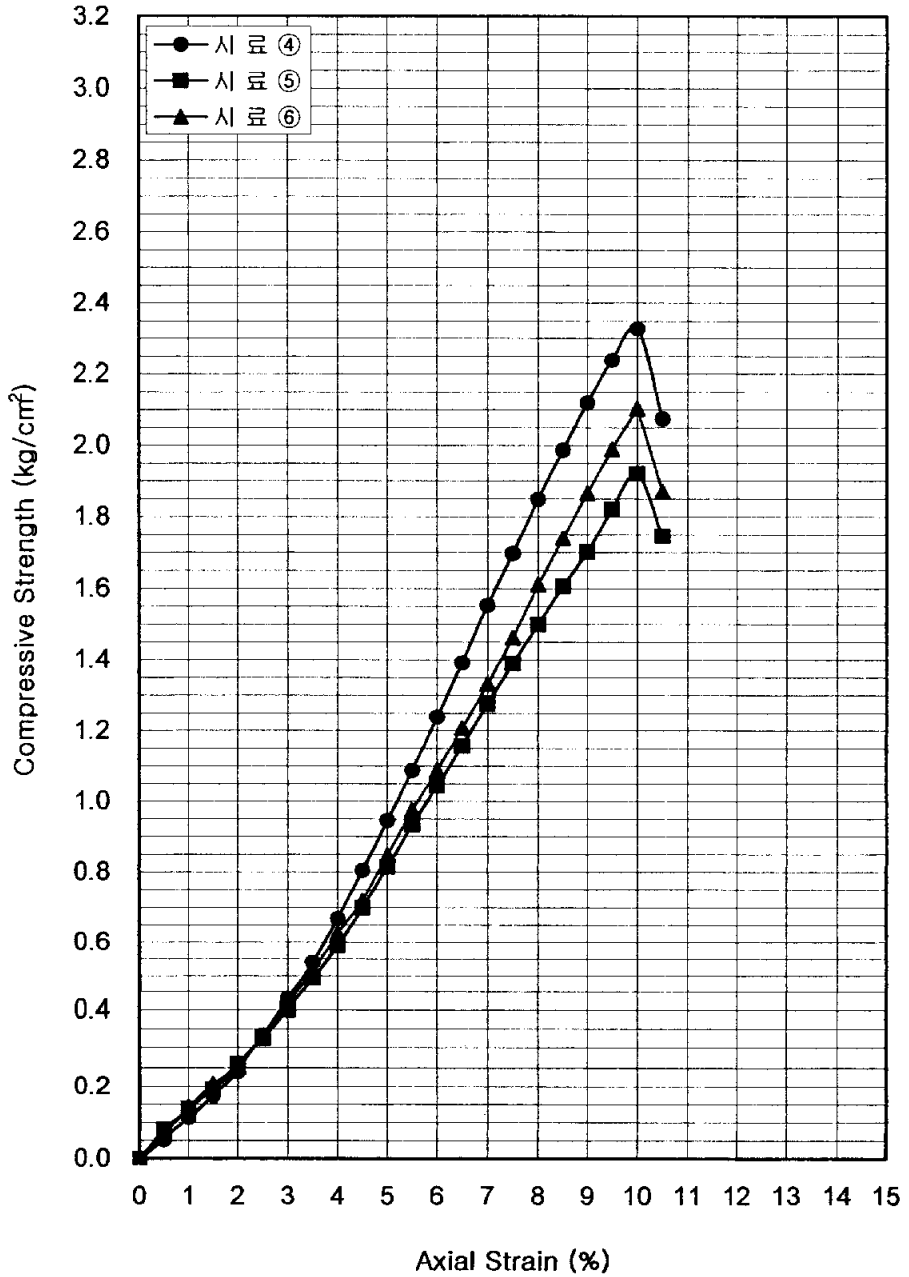
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	5.0	0.054	7.4	0.080	6.3	0.068
1.0	1.00	10.5	0.112	12.8	0.137	13.1	0.140
1.5	1.50	16.3	0.173	18.1	0.193	19.6	0.209
2.0	2.00	23.0	0.243	24.0	0.254	24.2	0.256
2.5	2.50	31.5	0.332	30.8	0.324	31.1	0.328
3.0	3.00	41.0	0.430	38.2	0.400	39.7	0.416
3.5	3.50	51.8	0.540	47.0	0.490	49.2	0.513
4.0	4.00	64.5	0.669	56.8	0.589	60.4	0.626
4.5	4.50	78.0	0.805	67.8	0.699	69.7	0.719
5.0	5.00	92.1	0.945	79.4	0.815	82.6	0.848
5.5	5.50	106.5	1.087	91.3	0.932	95.5	0.975
6.0	6.00	122.0	1.239	102.8	1.044	107.2	1.089
6.5	6.50	137.7	1.391	114.5	1.156	119.5	1.207
7.0	7.00	154.5	1.552	127.0	1.276	132.5	1.331
7.5	7.50	169.8	1.697	139.0	1.389	146.2	1.461
8.0	8.00	186.0	1.848	150.8	1.499	162.0	1.610
8.5	8.50	201.0	1.987	162.5	1.606	176.0	1.740
9.0	9.00	215.5	2.118	173.0	1.701	189.8	1.866
9.5	9.50	229.0	2.239	186.2	1.820	203.5	1.989
10.0	10.00	239.3	2.326	197.5	1.920	216.3	2.103
10.5	10.50	214.5	2.074	180.5	1.745	193.4	1.870
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
QU_{max}		qur=	2.326	qur=	1.920	qur=	2.103

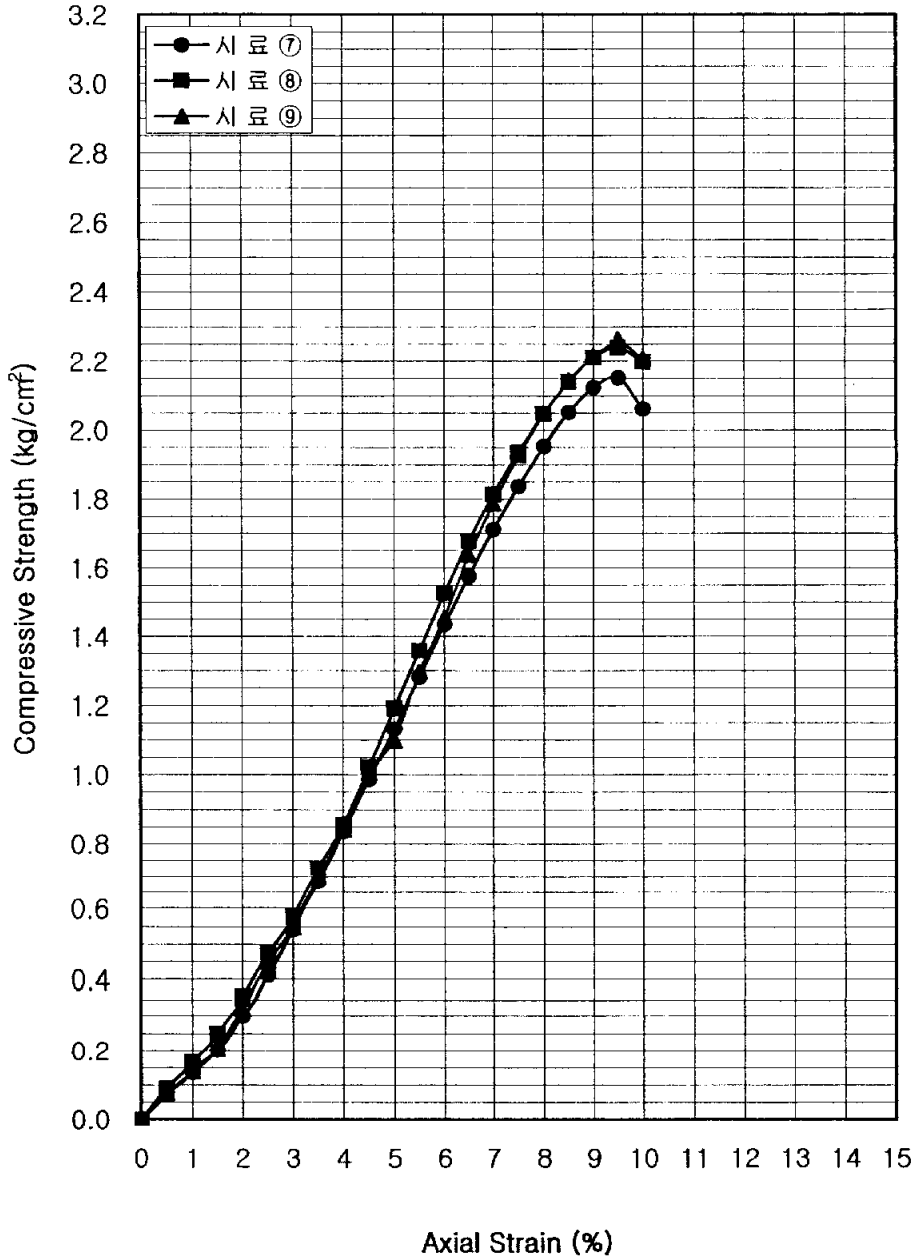
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑦		시료 ⑧		시료 ⑨	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	6.5	0.070	8.4	0.090	7.0	0.075
1.0	1.00	12.8	0.137	15.5	0.166	13.2	0.141
1.5	1.50	18.9	0.201	23.2	0.247	19.0	0.202
2.0	2.00	28.1	0.297	33.3	0.353	30.5	0.323
2.5	2.50	39.0	0.411	45.0	0.474	42.5	0.448
3.0	3.00	51.8	0.543	55.1	0.577	52.4	0.549
3.5	3.50	65.5	0.683	69.6	0.726	66.6	0.694
4.0	4.00	80.5	0.835	82.5	0.856	81.2	0.842
4.5	4.50	95.6	0.986	99.0	1.021	97.4	1.005
5.0	5.00	110.2	1.131	116.0	1.190	107.0	1.098
5.5	5.50	125.5	1.281	133.0	1.358	127.0	1.296
6.0	6.00	141.2	1.434	150.3	1.526	143.3	1.455
6.5	6.50	155.9	1.575	166.0	1.677	162.0	1.636
7.0	7.00	170.3	1.711	180.5	1.813	177.8	1.786
7.5	7.50	183.8	1.837	193.7	1.935	193.0	1.928
8.0	8.00	196.5	1.953	206.0	2.047	206.0	2.047
8.5	8.50	207.5	2.051	216.5	2.140	217.0	2.145
9.0	9.00	216.0	2.123	224.8	2.210	225.4	2.216
9.5	9.50	220.0	2.151	229.0	2.239	231.5	2.263
10.0	10.00	212.0	2.061	226.0	2.197	227.0	2.207
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
$Q_{U_{max}}$		qur=	2.151	qur=	2.239	qur=	2.263

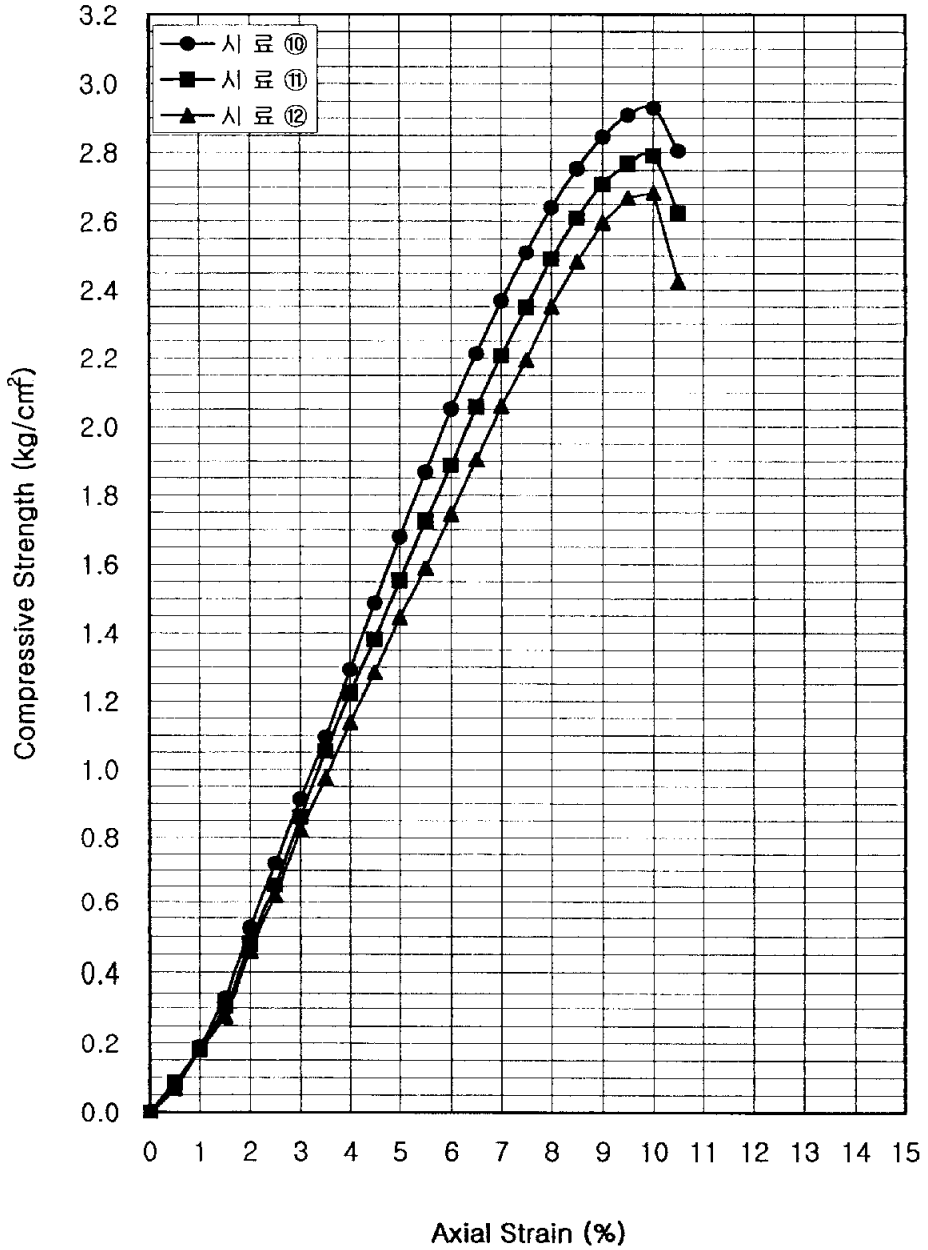
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골파각 15%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑩		시료 ⑪		시료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0	0.000	0	0.000	0	0.000
0.5	0.50	6.5	0.070	8	0.086	6.4	0.069
1.0	1.00	17.9	0.191	17.1	0.183	16.8	0.180
1.5	1.50	31.4	0.334	28.6	0.304	26.1	0.278
2.0	2.00	49.2	0.521	45.2	0.478	43.3	0.458
2.5	2.50	68.5	0.721	62	0.653	58.7	0.618
3.0	3.00	87.1	0.913	82.1	0.860	78.4	0.821
3.5	3.50	105	1.095	101	1.053	93.4	0.974
4.0	4.00	124.6	1.292	118	1.224	109.7	1.138
4.5	4.50	144	1.486	133.8	1.380	124.4	1.283
5.0	5.00	163.6	1.679	151.3	1.553	140.8	1.445
5.5	5.50	182.8	1.866	168.8	1.723	155.6	1.588
6.0	6.00	202	2.051	185.8	1.887	171.9	1.745
6.5	6.50	219	2.212	203.6	2.056	188.4	1.903
7.0	7.00	235.6	2.367	219.6	2.206	205	2.059
7.5	7.50	251	2.508	235	2.348	219.5	2.193
8.0	8.00	265.6	2.640	250.6	2.490	236.5	2.350
8.5	8.50	278.5	2.753	264	2.609	251.2	2.483
9.0	9.00	289.5	2.846	275.5	2.708	264	2.595
9.5	9.50	297.5	2.908	283	2.767	273	2.669
10.0	10.00	301.3	2.929	287	2.790	276	2.683
10.5	10.50	290	2.804	271.3	2.623	250.7	2.424
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU _{max}	qur=	2.929	qur=	2.790	qur=	2.683

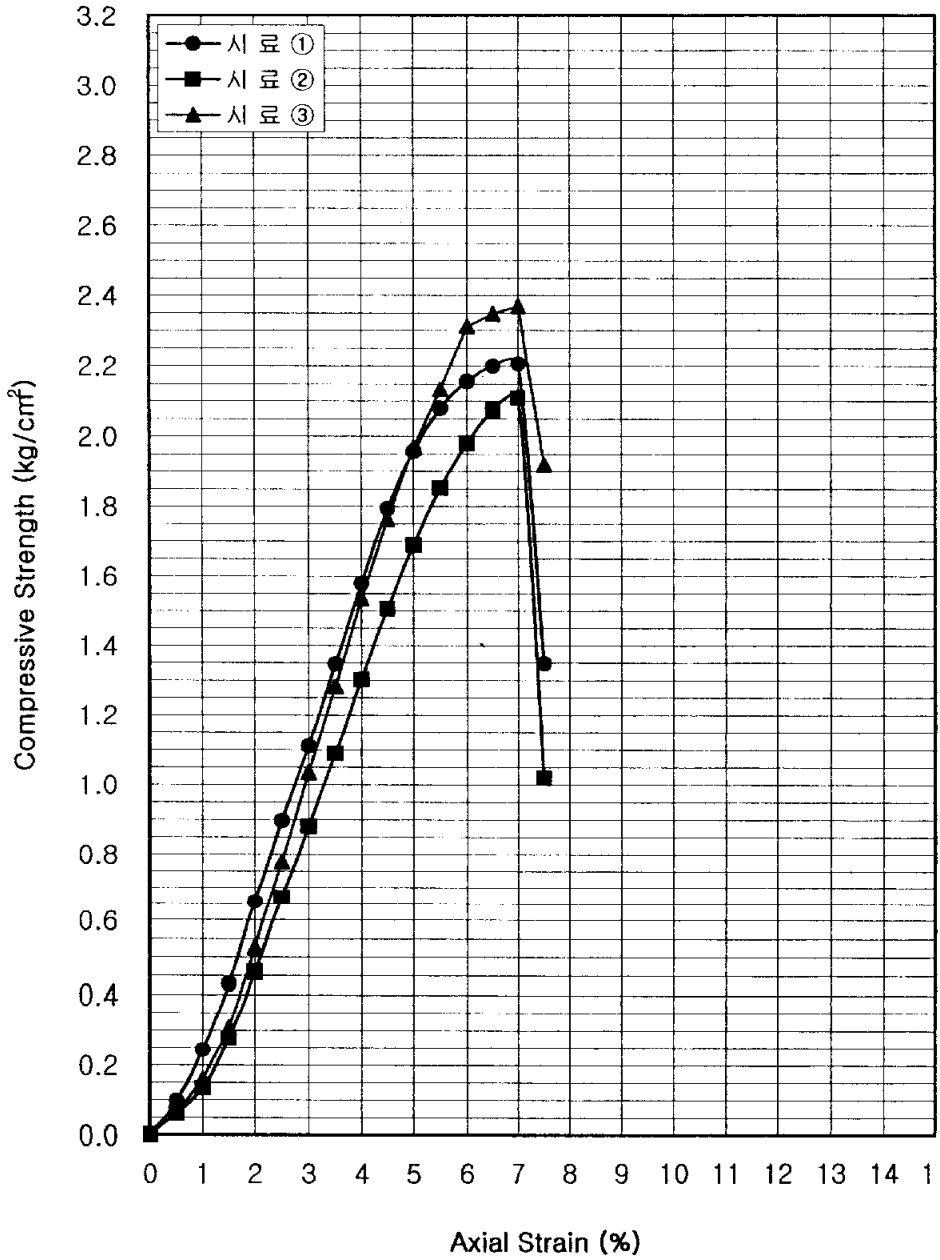
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15%첨가 양생21일
 일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생1일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ①		시 료 ②		시 료 ③	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	9.0	0.097	5.9	0.063	5.7	0.061
1.0	1.00	22.8	0.244	12.5	0.134	15.0	0.160
1.5	1.50	40.2	0.428	26.1	0.278	28.8	0.306
2.0	2.00	62.0	0.656	43.4	0.459	49.6	0.525
2.5	2.50	85.1	0.896	63.5	0.669	73.8	0.777
3.0	3.00	106.0	1.111	84.0	0.880	98.7	1.034
3.5	3.50	129.2	1.347	104.5	1.089	123.0	1.282
4.0	4.00	152.3	1.579	125.5	1.301	148.0	1.535
4.5	4.50	173.9	1.794	145.9	1.505	170.9	1.763
5.0	5.00	190.7	1.957	164.6	1.689	191.8	1.968
5.5	5.50	203.8	2.080	181.5	1.853	209.0	2.133
6.0	6.00	212.4	2.157	195.0	1.980	227.7	2.312
6.5	6.50	217.7	2.199	205.3	2.074	232.5	2.348
7.0	7.00	219.5	2.205	209.9	2.109	235.8	2.369
7.5	7.50	134.9	1.348	102.0	1.019	192.0	1.918
8.0	8.00						
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
qu _{max}		qu _r =	2.205	qu _r =	2.109	qu _r =	2.369

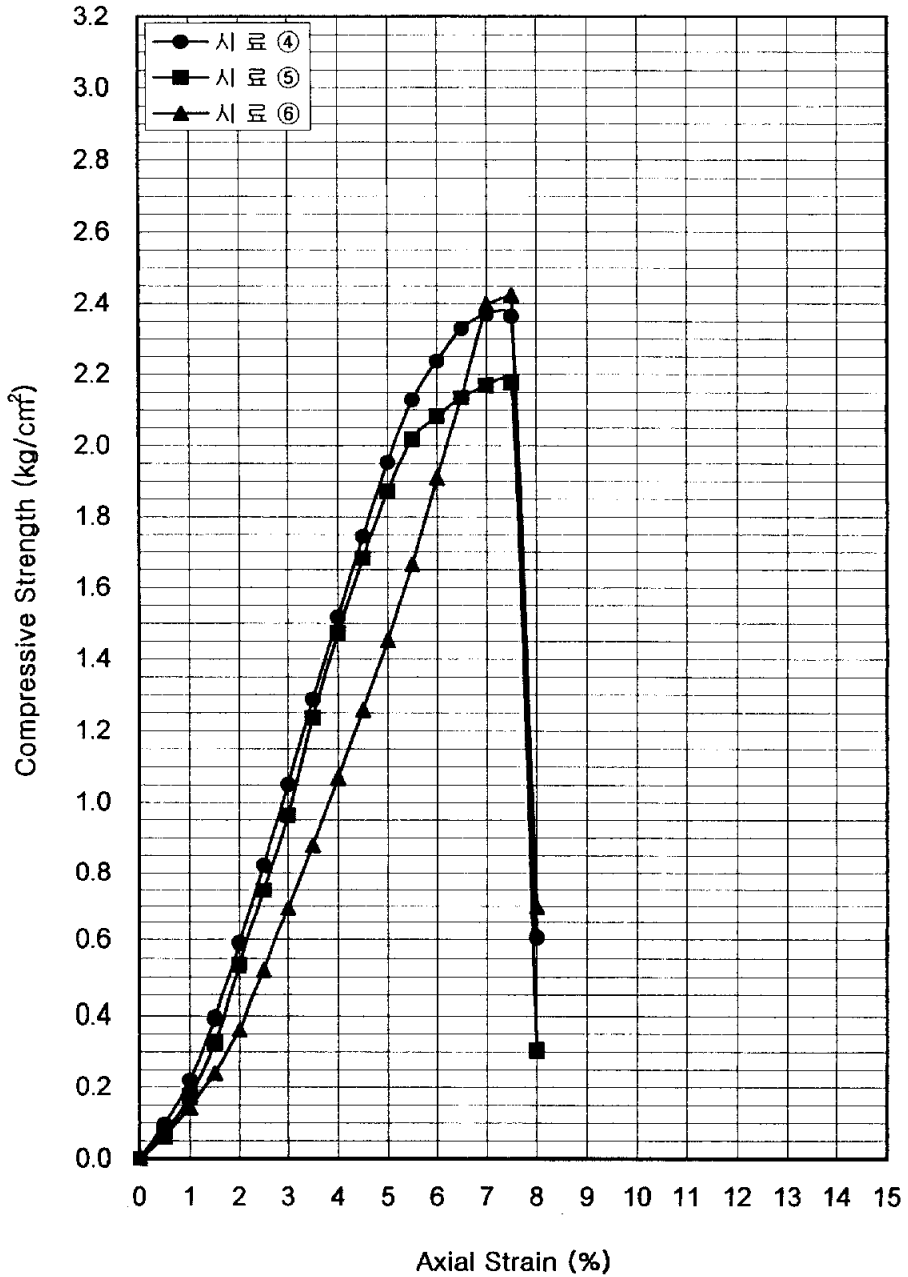
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생1일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생3일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ④		시 료 ⑤		시 료 ⑥	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	9.0	0.097	6.9	0.074	5.7	0.061
1.0	1.00	20.5	0.219	16.3	0.174	13.4	0.143
1.5	1.50	36.9	0.393	30.4	0.323	22.5	0.239
2.0	2.00	55.8	0.591	50.2	0.531	34.1	0.361
2.5	2.50	78.0	0.822	71.0	0.748	49.3	0.519
3.0	3.00	100.2	1.050	91.8	0.962	66.1	0.693
3.5	3.50	123.5	1.287	118.5	1.235	84.3	0.879
4.0	4.00	146.3	1.517	142.0	1.473	103.0	1.068
4.5	4.50	169.0	1.743	163.0	1.682	122.0	1.259
5.0	5.00	190.2	1.952	182.3	1.871	141.6	1.453
5.5	5.50	208.5	2.128	197.5	2.016	163.0	1.664
6.0	6.00	220.3	2.237	205.0	2.082	188.0	1.909
6.5	6.50	230.6	2.329	211.3	2.134	211.5	2.136
7.0	7.00	235.8	2.369	215.9	2.169	238.6	2.397
7.5	7.50	236.5	2.363	217.9	2.177	242.5	2.423
8.0	8.00	60.9	0.605	30.5	0.303	70.0	0.696
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU _{max}	qur=	2.369	qur=	2.177	qur=	2.423

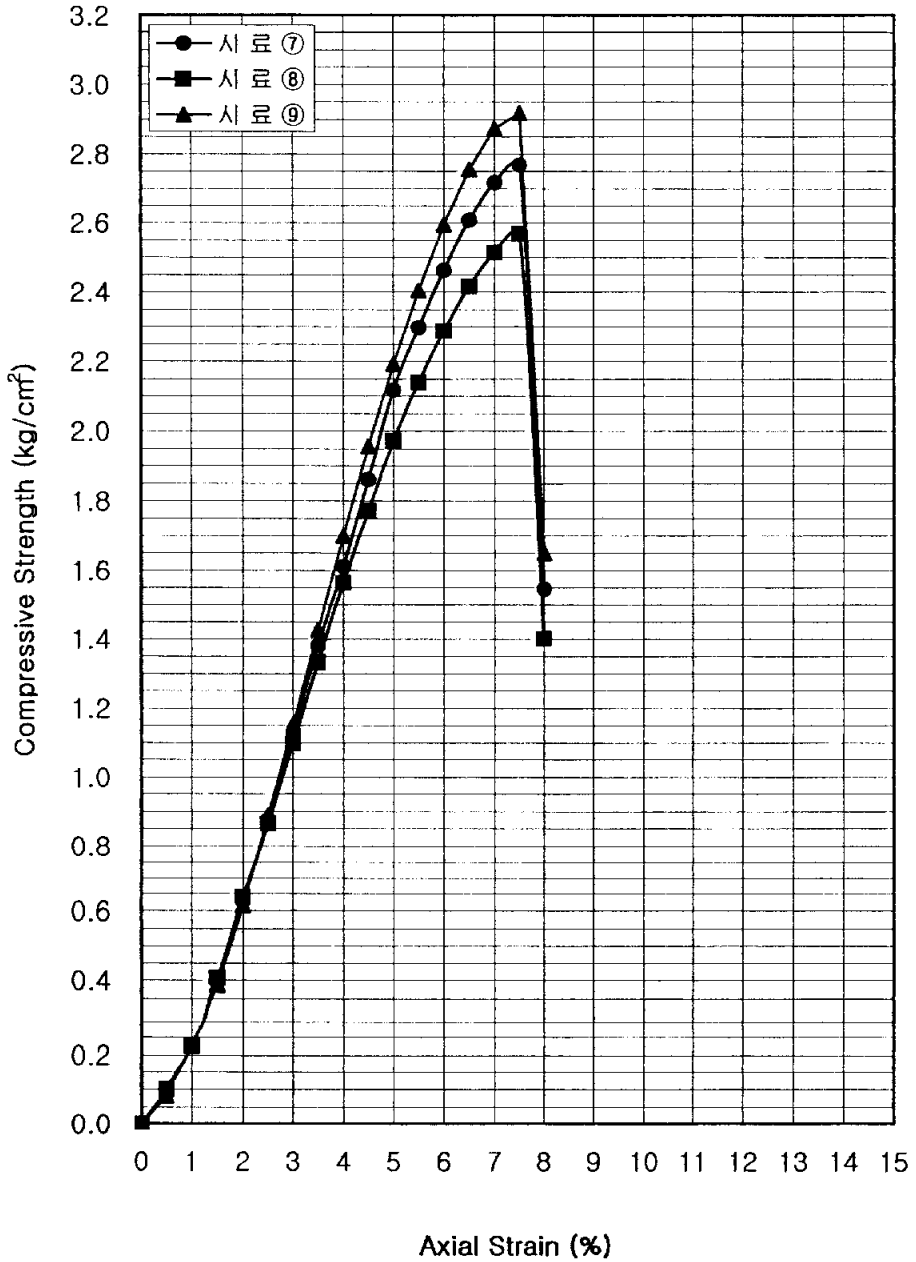
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골파각 20%첨가 양생3일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생7일
일축압축강도

Time	Axial St.	시 료 ㉚		시 료 ㉛		시 료 ㉜	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	8.5	0.091	9.3	0.100	7.7	0.083
1.0	1.00	21.2	0.227	21.1	0.226	21.3	0.228
1.5	1.50	37.2	0.396	38.2	0.406	36.3	0.386
2.0	2.00	59.1	0.626	60.6	0.642	58.0	0.614
2.5	2.50	83.0	0.874	82.0	0.864	84.6	0.891
3.0	3.00	107.8	1.130	104.6	1.096	110.0	1.153
3.5	3.50	132.5	1.381	127.8	1.332	136.8	1.426
4.0	4.00	155.3	1.610	150.7	1.563	163.8	1.699
4.5	4.50	180.4	1.861	171.6	1.770	189.7	1.957
5.0	5.00	206.3	2.117	192.1	1.971	213.6	2.192
5.5	5.50	225.1	2.298	209.6	2.140	235.5	2.404
6.0	6.00	242.5	2.462	225.3	2.288	255.5	2.594
6.5	6.50	258.2	2.608	239.2	2.416	272.8	2.755
7.0	7.00	270.5	2.717	250.3	2.515	286.0	2.873
7.5	7.50	277.0	2.768	257.0	2.568	292.0	2.918
8.0	8.00	155.5	1.545	141.0	1.401	166.0	1.650
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU _{max}	qur=	2.768	qur=	2.568	qur=	2.918

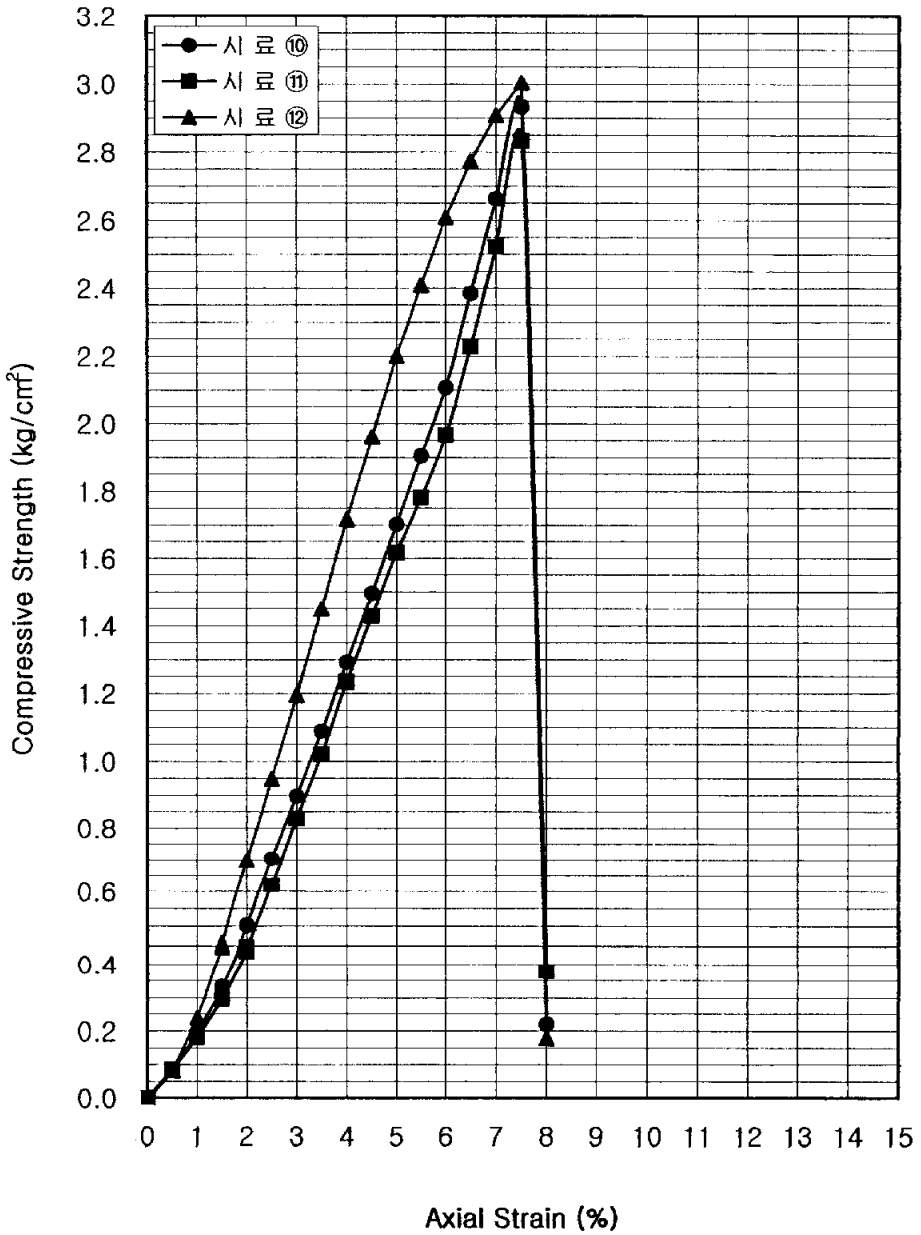
PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생7일
일축압축강도



PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생21일
일축압축강도

Time	Axial St.	시료 ⑩		시료 ⑪		시료 ⑫	
		Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.	Dial R.	Comp. Str.
0.0	0.00	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0	0.000
0.5	0.50	7.6	0.082	8.0	0.086	7.6	0.082
1.0	1.00	18.2	0.195	16.9	0.181	22.2	0.237
1.5	1.50	31.1	0.331	27.8	0.296	42.6	0.453
2.0	2.00	47.5	0.503	41.6	0.440	66.0	0.699
2.5	2.50	66.8	0.704	58.8	0.619	90.0	0.948
3.0	3.00	85.5	0.896	79.0	0.828	114.0	1.195
3.5	3.50	104.4	1.088	97.8	1.019	139.0	1.449
4.0	4.00	124.6	1.292	119.0	1.234	165.5	1.716
4.5	4.50	145.0	1.496	138.5	1.429	190.0	1.960
5.0	5.00	165.8	1.701	157.5	1.616	214.4	2.200
5.5	5.50	186.6	1.905	174.4	1.780	235.9	2.408
6.0	6.00	207.5	2.107	193.5	1.965	256.8	2.608
6.5	6.50	236.0	2.384	220.6	2.228	274.5	2.773
7.0	7.00	265.0	2.662	251.0	2.522	289.6	2.909
7.5	7.50	293.5	2.933	283.5	2.833	300.6	3.004
8.0	8.00	22.0	0.219	38.0	0.378	18.0	0.179
8.5	8.50						
9.0	9.00						
9.5	9.50						
10.0	10.00						
10.5	10.50						
11.0	11.00						
11.5	11.50						
12.0	12.00						
12.5	12.50						
13.0	13.00						
13.5	13.50						
14.0	14.00						
14.5	14.50						
15.0	15.00						
	QU_{max}	qur=	2.933	qur=	2.833	qur=	3.004

PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20%첨가 양생21일
일축압축강도



3. 투수 시험 결과

PROJECT : 분쇄골패각을 무첨가한 투수시험

흙의 투수시험표 (변수위)					
시료명	무첨가	시험일		2003-10-10	
시료상태	교란상태	몰드 + 시료중량	g	5418	
입자의 비중 (Gs)	공란	몰드 중량	g	3668	
유리관의 직경 d	cm	0.5	시료 중량	g	1750
유리관의 단면적 a	cm ²	0.2	습윤 밀도 Yt	g/cm ³	1.738
투수 직경 d	cm	10	함수비	%	21.2
투수 면적 A	cm ²	78.5	건조 밀도 Yd	g/cm ³	1.434
시료 길이 L	cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공란
시료 체적 V	cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공란
측정 번호		1	2	함수비(%)	
시험 착수 시각 t ₁		0	0	공란	
시험 완료 시각 t ₂		338	394	WW	58.36
측정 시간 t ₂ -t ₁	sec	338	394	DW	51.08
t ₁ 에서의 수위 h ₁	cm	169.8	169.8	TW	16.48
t ₂ 에서의 수위 h ₂	cm	104.5	98.2	Ww	7.28
h ₁ / h ₂		1.62	1.73	Ws	34.6
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)		0.21	0.24	ω	21.04
aL	cm ³	2.57	2.57		공란
② aL/A	cm ³	3.27E-02	3.27E-02	WW	65.81
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		6.80E-03	5.84E-03	DW	56.99
K _T = ①×②×③	cm/sec	4.69E-05	4.54E-05	TW	15.57
T	°C	17	17	Ww	8.82
μ _T / μ ₁₅		0.950	0.950	Ws	41.42
k _{15°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	4.45E-05	4.31E-05	ω	21.29
평균치		4.38E-05		평균함수비(%)	21.17

PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각 5% 첨가 투수시험

흙의 투수 시험 표 (변수 위)				
시 료 명	#30, 5%첨가	시 형 일		2003-10-10
시 료 상 태	교란상태	몰 드 + 시료중량	g	5374
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	몰 드 중 량	g	3668
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1706
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.694
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	19.0
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.424
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e {Gs/Yd}-1}		공 란
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S {(Gs×ω)/e} %		공 란
측 정 번 호	1	2		함 수 비(%)
시 험 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란
시 험 완 료 시각 t ₂	486	492	WW	59.36
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	486	492	DW	52.32
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	15.98
t ₂ 에서의 수위 h ₂	94.2	92.8	Ww	7.04
h ₁ / h ₂	1.80	1.83	Ws	36.34
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.26	0.26	ω	19.37
aL	cm ³	2.57		공 란
② aL/A	cm ³	3.27E-02	WW	50.3
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		4.73E-03	DW	44.98
K _T = ①×②×③	cm/sec	3.96E-05	TW	16.35
T	°C	17	Ww	5.32
μ _T / μ ₁₅		0.950	Ws	28.63
k _{15°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	3.76E-05	ω	18.58
평 균 치		3.78E-05	평균함수비(%)	18.98

PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골파각 10% 첨가 투수시험

흙의 투수시험표 (변수위)				
시 료 명	#30,10%첨가	시 험 일		2003-10-10
시 료 상 태	교란상태	물 드 + 시료중량	g	5379
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	물 드 중 량	g	3668
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1711
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습 윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.699
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	19.0
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.428
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공 란
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란
측 정 번 호	1	2	함 수 비(%)	
시 험 착 수 시각 t ₁	0	0	공 란	
시 험 완 료 시각 t ₂	497	496	WW	50.46
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	497	496	DW	44.83
t ₁ 에서의 수위 h ₁	cm	169.8	TW	15.2
t ₂ 에서의 수위 h ₂	cm	95.6	Ww	5.63
h ₁ / h ₂		1.78	Ws	29.63
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)		0.25	ω	19.00
aL	cm ³	2.57		공 란
② aL/A	cm ³	3.27E-02	WW	59.2
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		4.63E-03	DW	52.21
K _T = ①×②×③	cm/sec	3.77E-05	TW	15.42
T	°C	17	Ww	6.99
μ _T / μ ₁₅		0.950	Ws	36.79
k _{15 °C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	3.59E-05	ω	19.00
평 균 치	3.45E-05		평균함수비(%)	19.00

PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 15% 첨가 투수시험

흙의 투수 시험표 (변수위)				
시 료 명	#30,15%첨가	시 험 일		2003-10-10
시 료 상 태	교란상태	몰 드 + 시료중량	g	5388
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	몰 드 중 량	g	3668
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1720
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습 윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.708
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	18.8
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.438
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1	공 란
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란
측 정 번 호	1	2		함 수 비(%)
시 험 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란
시 험 완 료 시각 t ₂	497	505	WW	58.36
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	497	505	DW	51.69
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	16.48
t ₂ 에서의 수위 h ₂	100.5	100.2	Ww	6.67
h ₁ / h ₂	1.69	1.69	Ws	35.21
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.23	0.23	ω	18.94
aL	cm ³	2.57		공 란
② aL/A	cm ³	3.27E-02	WW	65.81
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		4.63E-03	DW	57.89
K _T = ①×②×③	cm/sec	3.45E-05	TW	15.57
T	°C	17	Ww	7.92
μ _T / μ ₁₅		0.950	Ws	42.32
k _{15°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	3.27E-05	ω	18.71
평 균 치		3.26E-05	평균함수비(%)	18.83

PROJECT : #30체를 통과한 분쇄골패각 20% 첨가 투수시험

흙의 투수 시험 표 (변수 위)					
시 료 명	#30,20%첨가	시 형 일		2003-10-10	
시 료 상 태	교란상태	물 드 + 시료중량	g	5374	
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	물 드 중 량	g	3668	
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1706	
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습 윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.694	
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	19.0	
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.424	
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공 란	
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란	
측 정 번 호	1	2		함 수 비(%)	
시 험 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란	
시 험 완 료 시각 t ₂	486	492	WW	59.36	
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	486	492	DW	52.32	
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	15.98	
t ₂ 에서의 수위 h ₂	94.2	92.8	Ww	7.04	
h ₁ / h ₂	1.80	1.83	Ws	36.34	
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.26	0.26	ω	19.37	
aL	cm ³	2.57	2.57	공 란	
② aL/A	cm ³	3.27E-02	3.27E-02	WW	50.3
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		4.73E-03	4.67E-03	DW	44.98
K _T = ①×②×③	cm/sec	3.96E-05	4.01E-05	TW	16.35
T	°C	17	17	Ww	5.32
μ _T / μ ₁₅		0.950	0.950	Ws	28.63
k ₁₅ ^{°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	3.76E-05	3.81E-05	ω	18.58
평 균 치	3.78E-05		평균함수비(%)	18.98	

PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 5% 첨가 투수시험

흙의 투수 시험 표 (변수위)					
시 료 명	#60, 5%첨가	시 형 일		2003-10-10	
시 료 상 태	교란상태	몰 드 + 시료중량	g	5391	
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	몰 드 중 량	g	3668	
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1723	
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습 윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.711	
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	18.7	
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.441	
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공 란	
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란	
측 정 번 호	1	2		함 수 비(%)	
시 형 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란	
시 형 완 료 시각 t ₂	603	594	WW	59.83	
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	603	594	DW	52.59	
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	14.02	
t ₂ 에서의 수위 h ₂	97.1	94.9	Ww	7.24	
h ₁ / h ₂	1.75	1.79	Ws	38.57	
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.24	0.25	ω	18.77	
aL	cm ³	2.57	2.57	공 란	
② aL/A	cm ³	3.27E-02	3.27E-02	WW	53.77
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		3.81E-03	3.87E-03	DW	47.73
K _T = ①×②×③	cm/sec	3.03E-05	3.20E-05	TW	15.42
T	°C	17	17	Ww	6.04
μ _T / μ ₁₅		0.950	0.950	Ws	32.31
k ₁₅ ^{°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	2.87E-05	3.04E-05	ω	18.69
평 균 차	2.96E-05		평균함수비(%)	18.73	

PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 10% 첨가 투수시험

흙의 투수 시험표 (변수위)					
시 료 명	#60,10%첨가	시 형 일		2003-10-10	
시 료 상 태	교란상태	물 드 + 시료중량	g	5376	
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	물 드 중 량	g	3668	
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1708	
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습윤 밀도 Yt	g/cm ³	1.696	
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	18.6	
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.430	
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공 란	
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란	
측 정 번 호	1	2		함 수 비(%)	
시 형 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란	
시 형 완 료 시각 t ₂	608	600	WW	58.83	
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	608	600	DW	52.03	
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	15.02	
t ₂ 에서의 수위 h ₂	106.1	105.9	Ww	6.8	
h ₁ / h ₂	1.60	1.60	Ws	37.01	
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.20	0.21	ω	18.37	
aL	cm ³	2.57	2.57	공 란	
② aL/A	cm ³	3.27E-02	3.27E-02	WW	53.27
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		3.78E-03	3.83E-03	DW	47.35
K _T = ①×②×③	cm/sec	2.53E-05	2.57E-05	TW	15.26
T	°C	17	17	Ww	5.92
μ _T / μ ₁₅		0.950	0.950	Ws	32.09
k _{15°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	2.40E-05	2.44E-05	ω	18.45
평 균 치	2.42E-05		평균함수비(%)	18.41	

PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 15% 첨가 투수시험

흙의 투수 시험표 (변수위)					
시 료 명	#60,15%첨가	시 형 일		2003-10-10	
시 료 상 태	교란상태	울 드 + 시료중량	g	5374	
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	울 드 중 량	g	3668	
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1706	
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습 윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.694	
투 수 직 경 d cm	10	함 수 비	%	18.6	
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.428	
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공 란	
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란	
측 정 번 호	1	2		함 수 비(%)	
시 형 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란	
시 형 완 료 시각 t ₂	612	601	WW	59.46	
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	612	601	DW	52.53	
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	15.52	
t ₂ 에서의 수위 h ₂	129.6	121.9	Ww	6.93	
h ₁ / h ₂	1.31	1.39	Ws	37.01	
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.12	0.14	ω	18.72	
aL	cm ³	2.57	2.57	공 란	
② aL/A	cm ³	3.27E-02	3.27E-02	WW	50.27
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)		3.76E-03	3.83E-03	DW	44.94
K _T = ①×②×③	cm/sec	1.44E-05	1.80E-05	TW	15.95
T	°C	17	17	Ww	5.33
μ _T / μ ₁₅		0.950	0.950	Ws	28.99
k _{15°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T	cm/sec	1.37E-05	1.71E-05	ω	18.39
평 균 치	1.54E-05		평균함수비(%)	18.56	

PROJECT : #60체를 통과한 분쇄골패각 20% 첨가 투수시험

흙의 투수시험표 (변수위)				
시 료 명	#60,20%첨가	시 험 일		2003-10-10
시 료 상 태	교란상태	물 드 + 시료중량	g	5359
입 자 의 비 중 (Gs)	공 란	물 드 중 량	g	3668
유리관의 직 경 d cm	0.5	시 료 중 량	g	1691
유리관의 단면적 a cm ²	0.2	습 윤 밀 도 Yt	g/cm ³	1.679
투 수 직 경 d cm	10	황 수 비	%	18.4
투 수 면 적 A cm ²	78.5	건 조 밀 도 Yd	g/cm ³	1.418
시 료 길 이 L cm	12.83	공극비 e	{Gs/Yd}-1}	공 란
시 료 체 적 V cm ³	1007.2	포화도 S	{(Gs×ω)/e} %	공 란
측 정 번 호	1	2		황 수 비(%)
시 험 착 수 시각 t ₁	0	0		공 란
시 험 완 료 시각 t ₂	634	638	WW	60.23
측 정 시 간 t ₂ -t ₁	634	638	DW	53.27
t ₁ 에서의 수위 h ₁	169.8	169.8	TW	15.52
t ₂ 에서의 수위 h ₂	136.9	137.5	Ww	6.96
h ₁ / h ₂	1.24	1.23	Ws	37.75
① Log ₁₀ (h ₁ / h ₂)	0.09	0.09	ω	18.44
aL cm ³	2.57	2.57		공 란
② aL/A cm ³	3.27E-02	3.27E-02	WW	50.37
③ 2.3/(t ₂ -t ₁)	3.63E-03	3.61E-03	DW	45.02
K _T = ①×②×③ cm/sec	1.11E-05	1.08E-05	TW	15.95
T °C	17	17	Ww	5.35
μ _T / μ ₁₅	0.950	0.950	Ws	29.07
k _{15°C} =(μ _T /μ ₁₅)×K _T cm/sec	1.05E-05	1.03E-05	ω	18.40
평 균 치	1.04E-05		평균황수비(%)	18.42

4. CBR 시험 결과

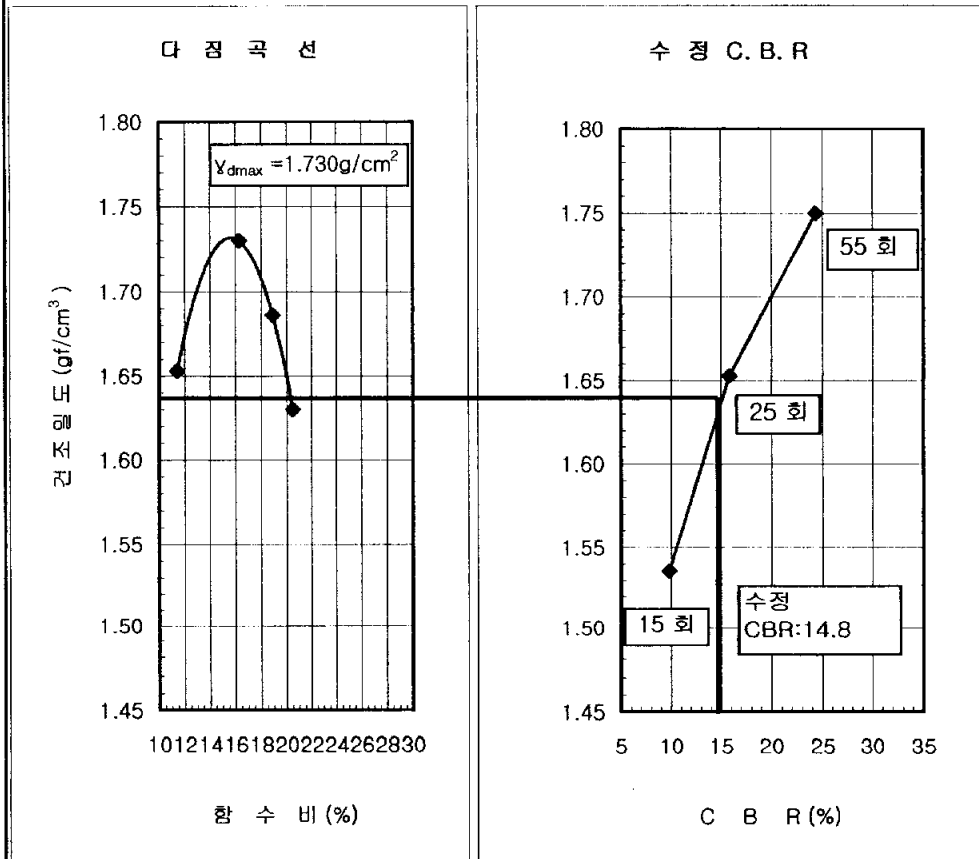
COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/11/6

Project
Soil Type

수정 CBR
분쇄한 골패각 무첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	11.40	16.30	18.90	20.50
Dry Density (gf/cm ³)	1.653	1.730	1.686	1.630



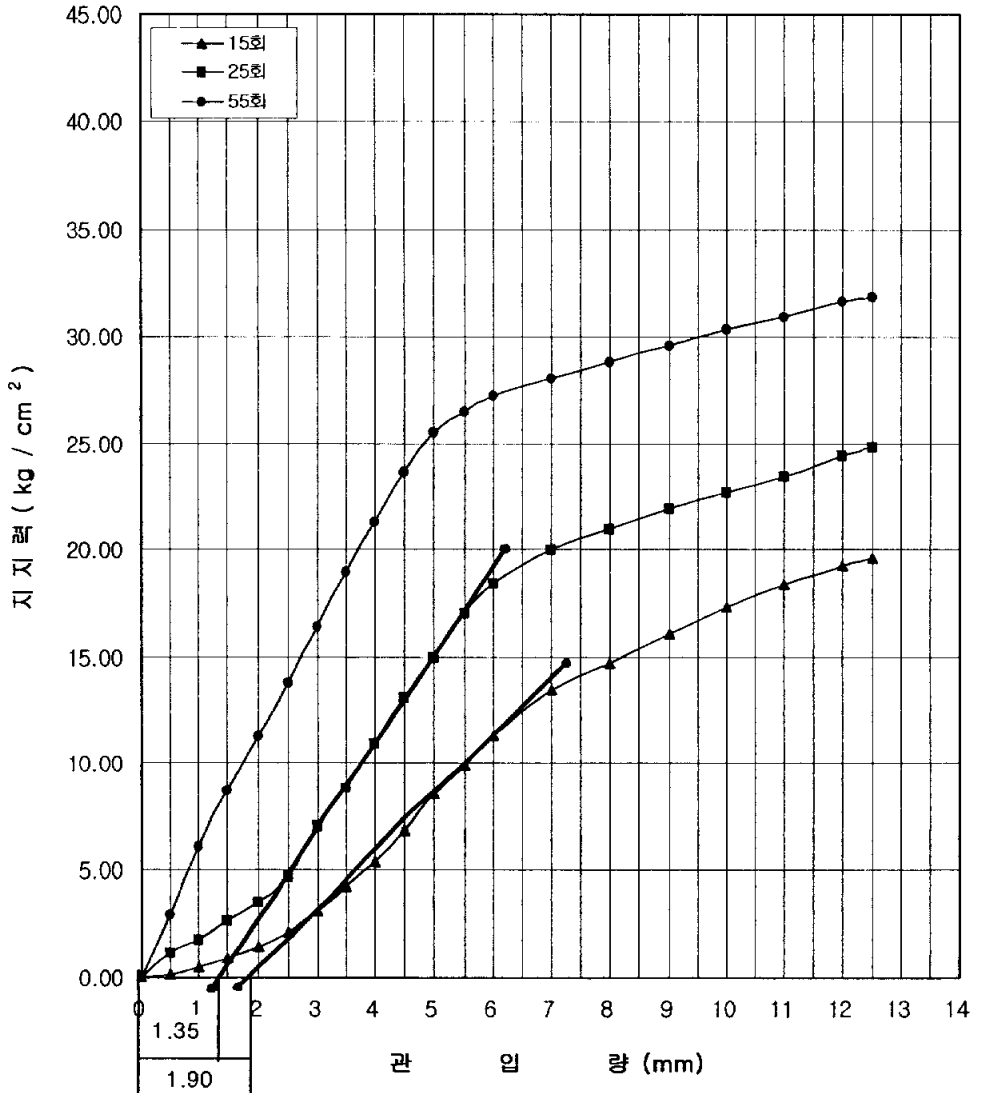
Remark: These results are limited by the summited soils

PROJECT : #60을 통과한 분쇄골패각 10% 첨가 CBR

관 입 량 과 지 지 력 관 계(하중계 계수1kg/눈금)						
관 입 량 y, mm	15 회		25 회		55 회	
	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)
0.0	1.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.5	0.2	0.15	1.6	1.16	4.1	2.98
1.0	0.7	0.51	2.5	1.82	8.3	6.03
1.5	1.2	0.87	3.7	2.69	11.9	8.64
2.0	2.0	1.45	4.9	3.56	15.6	11.33
2.5	2.9	2.11	6.5	4.72	19.0	13.80
3.0	4.3	3.12	9.5	6.90	22.6	16.41
3.5	5.9	4.28	12.1	8.79	26.1	18.96
4.0	7.3	5.30	15.1	10.97	29.4	21.35
4.5	9.2	6.68	18.1	13.15	32.6	23.68
5.0	11.6	8.42	20.6	14.96	35.2	25.56
5.5	13.6	9.88	23.5	17.07	36.5	26.51
6.0	15.6	11.33	25.4	18.45	37.5	27.24
7.0	18.5	13.44	27.6	20.04	38.7	28.11
8.0	20.2	14.67	28.9	20.99	39.7	28.83
9.0	22.1	16.05	30.2	21.93	40.8	29.63
10.0	23.9	17.36	31.3	22.73	41.8	30.36
11.0	25.3	18.37	32.3	23.46	42.6	30.94
12.0	26.5	19.25	33.6	24.40	43.6	31.67
12.5	27.0	19.61	2.0	24.84	43.9	31.88

Project : #60번을 통과한 분쇄골파각 10%첨가에 대한 지지력

관 입 량 - 지 지 력



COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/11/6

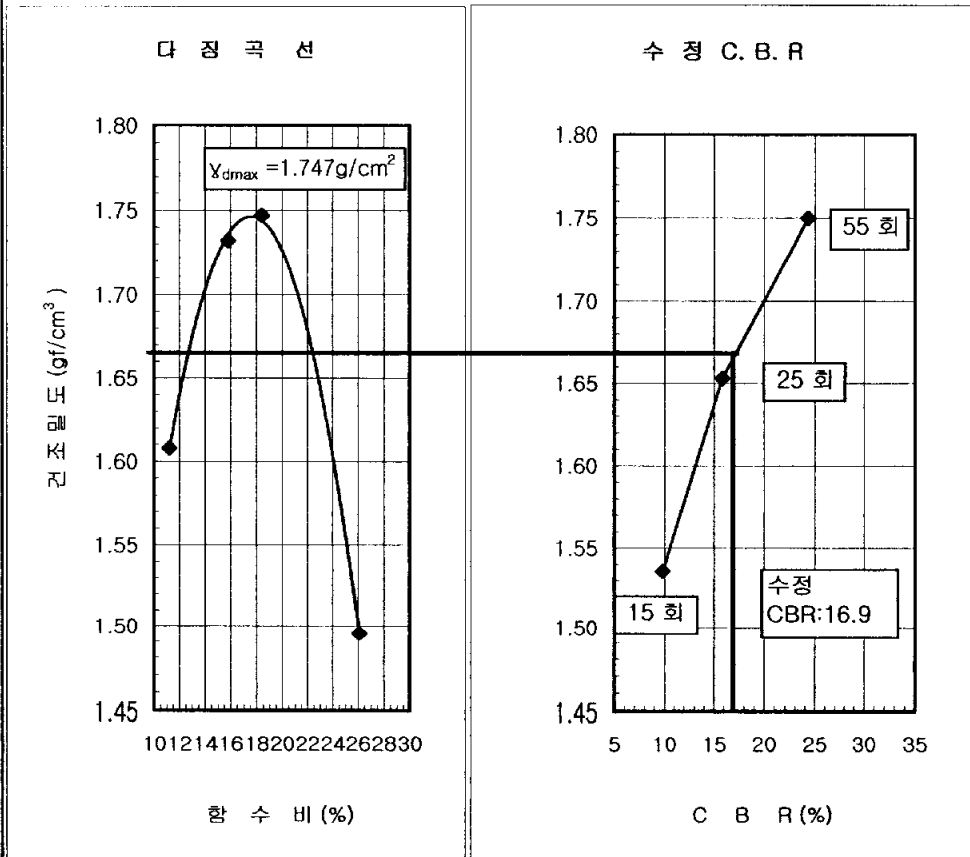
Project

수정 CBR

Soil Type

#60을 통과한 골패각 10% 첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	11.20	15.80	18.40	26.10
Dry Density (gf/cm ³)	1.608	1.732	1.747	1.495



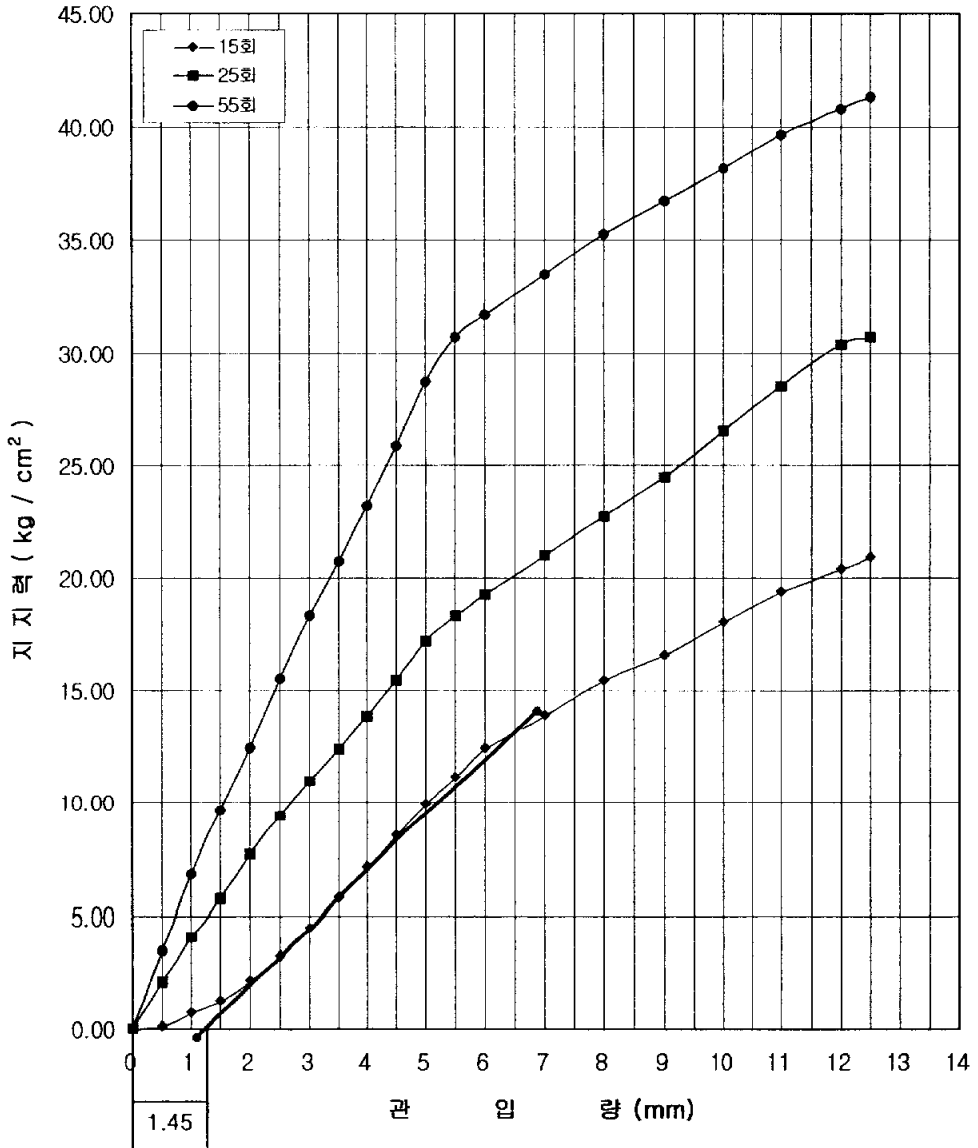
Remark: These results are limited by the summited soils

PROJECT : #60을 통과한 분쇄골패각 15% 첨가 CBR

관 입 량 과 지 지 력 관 계(하중계 계수1kg/눈금)						
관 입 량 y, mm	15 회		25 회		55 회	
	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)
0.0	0.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.5	0.2	0.15	2.8	2.03	4.8	3.49
1.0	1.0	0.73	5.6	4.07	9.2	6.68
1.5	1.7	1.23	7.6	5.66	13.2	9.59
2.0	2.9	2.11	10.4	7.55	17.2	12.49
2.5	4.5	3.27	12.8	9.30	21.4	15.54
3.0	6.2	4.50	15.1	10.97	25.3	18.37
3.5	8.1	5.74	17.1	12.42	28.6	20.77
4.0	9.7	7.04	18.9	13.87	31.9	23.17
4.5	11.5	8.35	21.3	15.47	35.2	25.86
5.0	13.6	9.88	23.7	17.21	39.5	28.69
5.5	15.1	11.18	25.3	18.37	42.3	30.72
6.0	17.2	12.49	26.5	19.25	43.7	31.74
7.0	19.2	13.94	28.9	20.99	45.9	33.48
8.0	21.3	15.47	31.3	22.73	48.6	35.30
9.0	22.9	16.63	33.7	24.48	50.6	36.75
10.0	24.9	18.08	36.5	26.51	52.6	38.20
11.0	26.7	19.39	39.3	28.54	54.6	39.65
12.0	28.1	20.41	41.8	30.36	56.2	40.82
12.5	28.8	20.92	42.3	30.72	56.9	41.32

Project : #60번을 통과한 분쇄골패각 15%첨가에 대한 지지력

관 입 량 - 지지력



COMPACTION TEST (Type D)

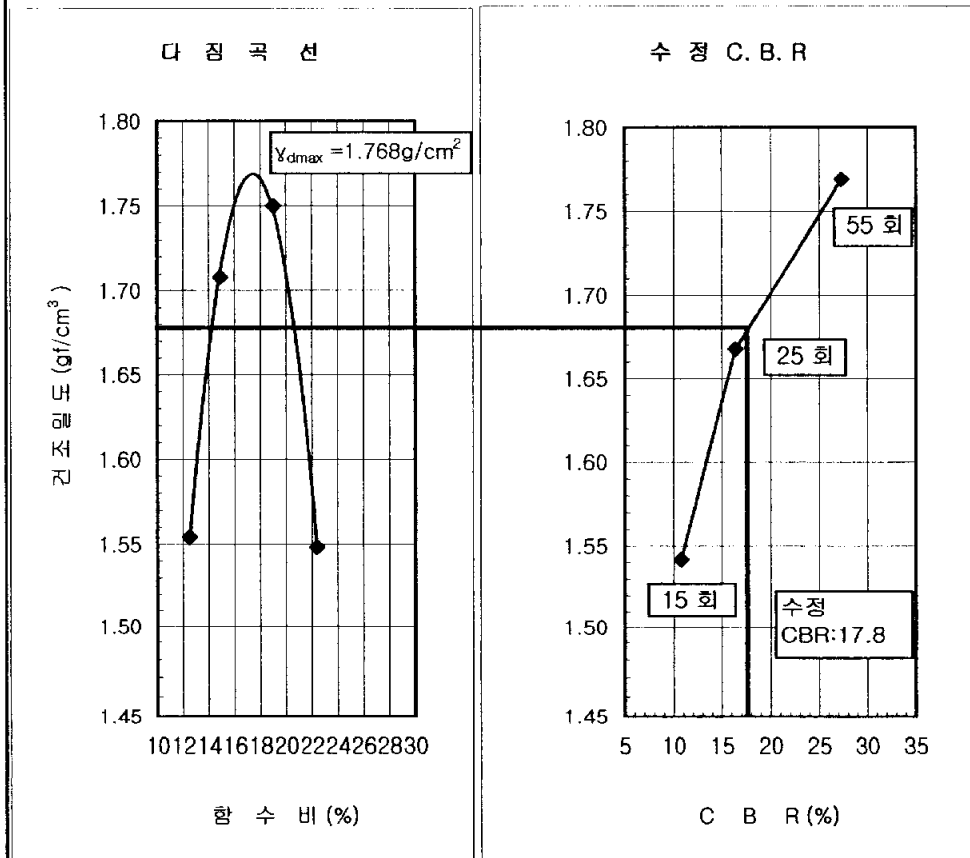
Date 2003/11/6

Project
Soil Type

수정 CBR

#60을 통과한 골짜각 15% 첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.50	14.90	19.00	22.40
Dry Density (gf/cm ³)	1.554	1.708	1.750	1.548



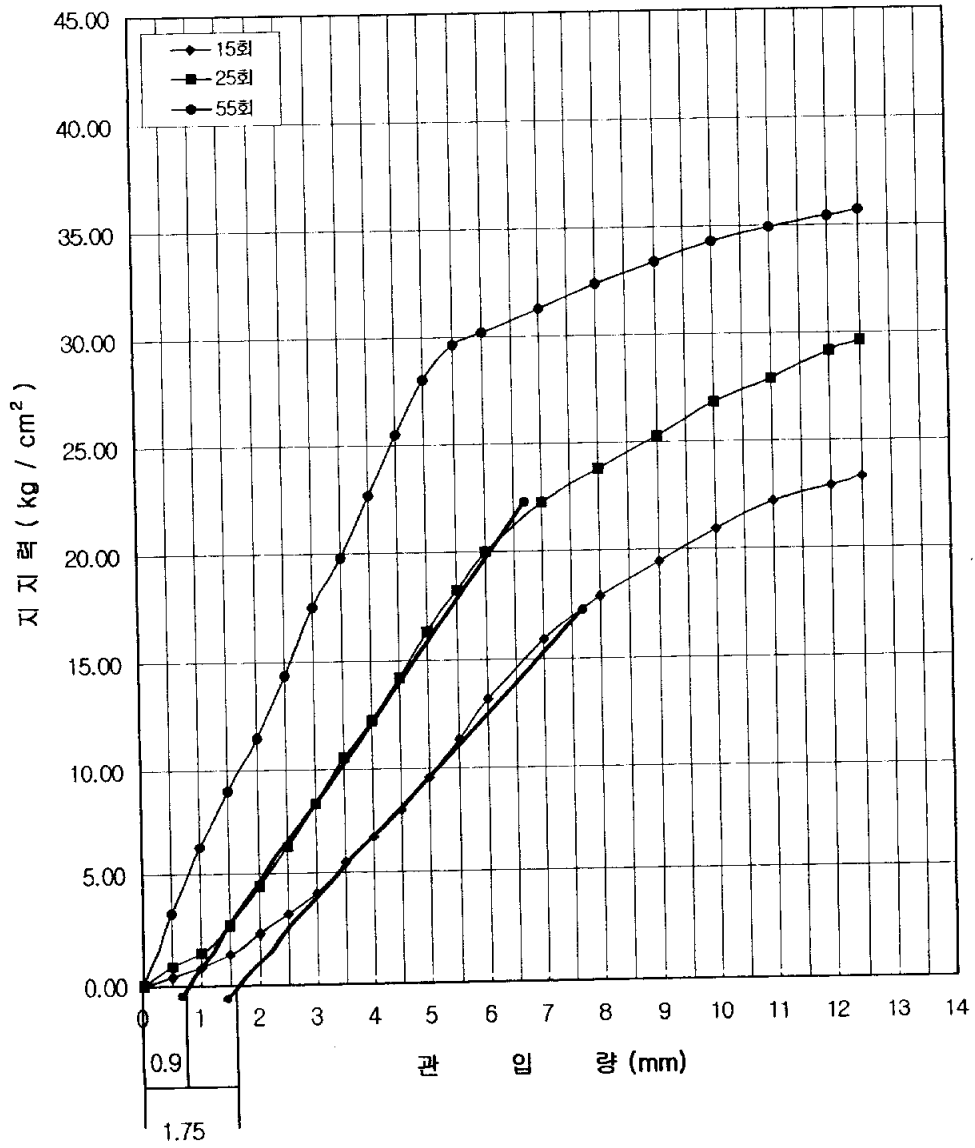
Remark: These results are limited by the summited soils

PROJECT : #60을 통과한 굴패각 20% 첨가 CBR

관 입 량 과 지 지 력 관 계(하중계 계수1kg/눈금)						
관 입 량 y, mm	15 회		25 회		55 회	
	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)	하중(P,kg)	지지력, q (kg/cm ²)
0.0	1.0	0.00	0.0	0.00	0.0	0.00
0.5	0.5	0.36	1.2	0.87	4.4	3.20
1.0	1.1	0.80	2.1	1.53	8.5	6.17
1.5	2.0	1.45	3.4	2.61	12.4	9.01
2.0	3.1	2.25	6.1	4.43	15.8	11.48
2.5	4.3	3.12	8.5	6.17	19.8	14.38
3.0	5.6	4.07	11.5	8.35	24.1	17.50
3.5	7.5	5.45	14.5	10.53	27.2	19.75
4.0	9.2	6.68	16.9	12.27	31.2	22.66
4.5	11.1	8.06	19.6	14.23	35.1	25.49
5.0	13.2	9.59	22.5	16.34	38.6	28.03
5.5	15.6	11.33	25.1	18.23	40.8	29.63
6.0	18.1	13.15	27.5	19.97	41.6	30.21
7.0	21.9	15.91	30.6	22.22	43.1	31.30
8.0	24.6	17.87	32.8	23.82	44.6	32.39
9.0	26.8	19.46	34.8	25.27	46.0	33.41
10.0	28.8	20.92	36.9	26.80	47.2	34.28
11.0	30.5	22.15	38.4	27.89	48.1	34.93
12.0	31.5	22.88	40.1	29.12	48.8	35.44
12.5	32.1	23.31	40.8	29.63	49.2	35.73

Project : #60번을 통과한 분쇄골패각 20%첨가에 대한 지지력

관 입 량 - 지지력



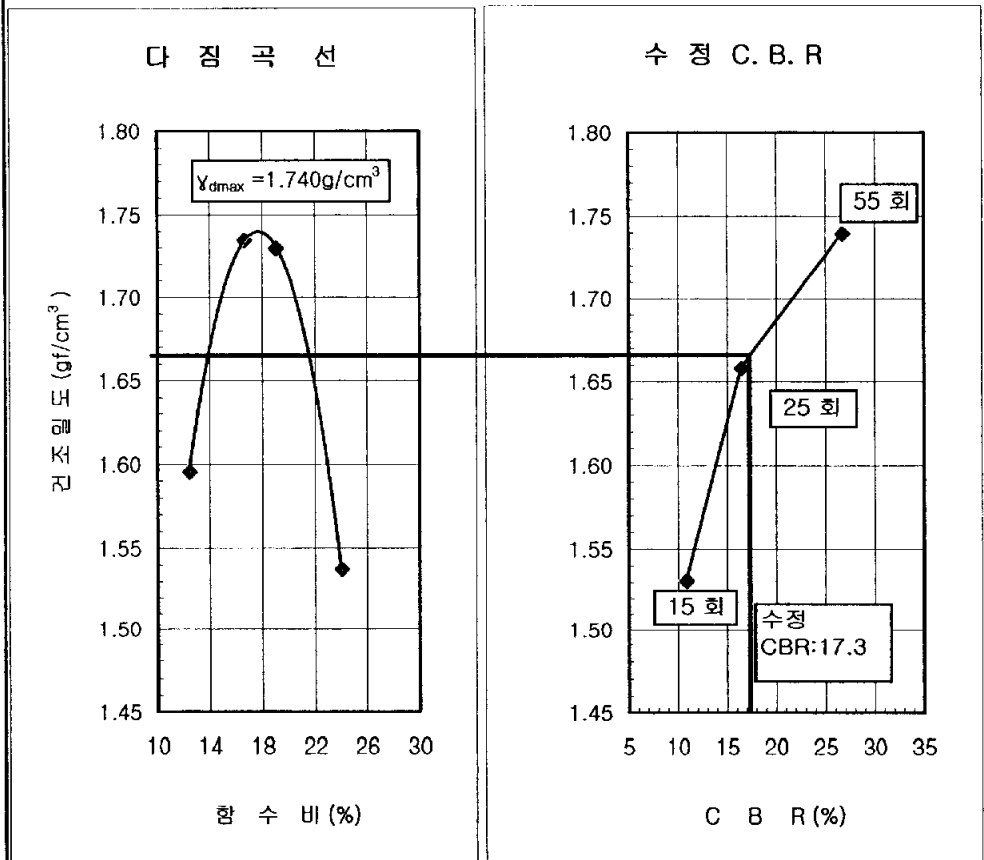
COMPACTION TEST (Type D)

Date 2003/11/6

Project
Soil Type

수정 CBR
#60을 통과한 분쇄골퍼락 20% 첨가

Sample or Specimen No.				
Trial No.	1	2	3	4
Average Wc (%)	12.40	16.60	19.00	24.00
Dry Density (gf/cm ³)	1.596	1.735	1.730	1.538



Remark: These results are limited by the summited soils

5. 시 험 사 진

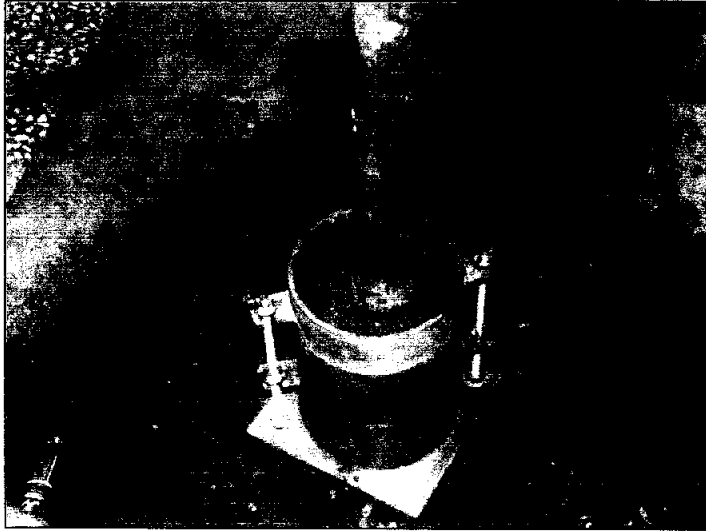


사진 1. 다 짐 시험



사진 2. 분쇄한 굴뚝각 혼합한 후 가수



사진 3. 분쇄골패각 혼합 후 몰드제작

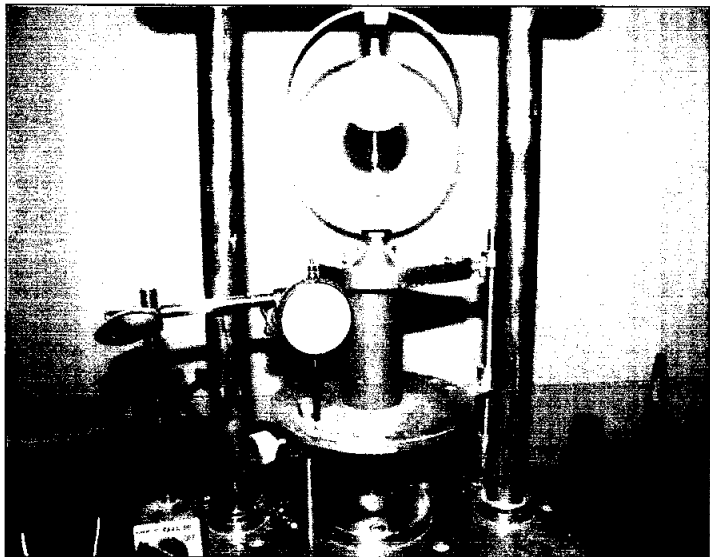


사진 4. 일축압축강도 시험

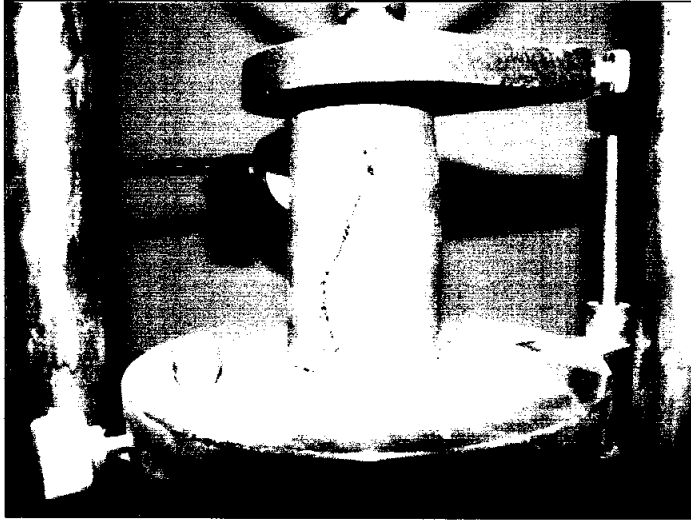


사진 5. 일축압축강도 시험

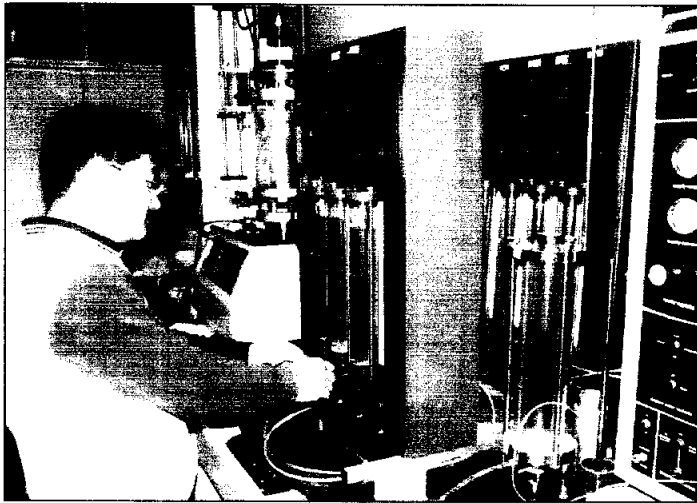


사진 6. 투수 시험

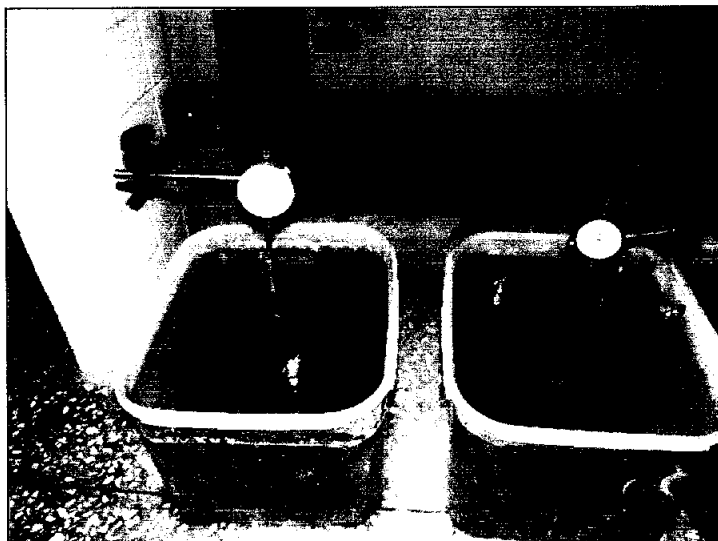


사진 7. CBR 시험몰드 수침 후



사진 8. CBR 시험몰드 96시간 수침 후 관입시험