

주입재료에 따른 Anchor Bar의 인발저항 특성

여규권¹ · 송영석^{2*}

¹삼부토건(주) 기술연구실, ²한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

Pull-out Resistance Characteristics of the Anchor Bar According to the Grouting Material

Geu-Guwen Yea¹ and Young-Suk Song^{2*}

¹R&D Division, Sambu Construction Co., Ltd.

²Geological & Environmental Hazards Division, Korea Inst. Geoscience and Mineral Res.

본 연구에서는 급경사면에 설치되는 여수로를 지탱하기 위한 Anchor bar의 인발저항 특성을 현장실험을 통하여 조사하였다. Anchor bar의 주입재료로 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크를 사용하였으며, 조건별 주입재료의 일축압축강도를 측정하였다. 측정결과 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크는 물시멘트비가 증가함에 따라 일축압축강도가 감소하며, 재령일이 증가함에 따라 일축압축강도가 증가한다. 한편, 동일한 물시멘트비와 재령일을 가질 경우 시멘트 밀크의 일축압축강도가 시멘트 모르타르의 압축강도보다 더 크음을 알 수 있다. 현장에서 Anchor bar의 인발시험시 편심이 작용되지 않도록 하기 위하여 너트형태의 철근 고정커플링을 Anchor bar에 삽입하여 설치장비를 개선시켜 시험을 실시하였다. Anchor bar의 인발시험결과 시멘트 밀크의 경우 강도발현은 재령초기에 크게 발생되는 반면 시멘트 모르타르의 경우 재령일자가 지남에 따라 강도발현이 증가하였다. 따라서 Anchor bar의 신속한 시공을 위해서는 강도발현이 재령초기에 크게 발생되는 시멘트 밀크를 주입재료로 사용하는 것이 바람직하다.

주요어 : Anchor bar, 주입재료, 시멘트 모르타르, 시멘트 밀크, 인발저항력

In this study, the pull out resistance characteristics of an anchor bar to support a spillway installed in a slope are investigated by field tests. The injection materials were a cement mortar and cement milk. Unconfined compression strengths of those materials under several conditions were measured. As the result of compression test, the unconfined compression strengths of the cement mortar and the cement milk have positive proportional relationship with the water-cement ratio. They also have negative proportional relationship with increasing the curing time. In the same condition of water-cement ratio and curing time, the unconfined compression strength of cement milk is larger than that of cement mortar. In order to reduce the eccentricity in anchor bar during pull-out test in the field, the installation apparatus was improved by inserting a nut type of steel fixing coupling into the anchor bar. As the result of the pull-out test, the strength modification of cement milk was increased steeply at the early curing time. However, that of cement mortar was increased gradually with passing the curing time. Therefore, the cement milk has to use as the injection material for a prompt construction of anchor bar because the strength modification of cement milk is occurred at the early curing time.

Key words : anchor bar, injection material, cement mortar, cement milk, pull out strength

서 론

지하수위 아래에 축조되는 구조물은 상향의 정수압인

부력을 받게 되며, 구조물의 용도와 지반특성에 따라 일시적으로 큰 부력을 받을 수도 있다. 이러한 부력에 대하여 저항할 수 있도록 구조물을 시공하는 것이 새로운

*Corresponding author: yssong@kigam.re.kr

문제로 대두되고 있다(Hong et al., 1993; 홍원표 등, 2002). 구조물의 자중이 부력보다 작을 경우 구조물의 안정성에 문제가 발생하게 된다. 이에 대한 대처방안으로는 구조물의 자중을 양압력보다 크게하는 방안, 구조물의 자중과 양압력의 차이만큼 부력저항용 앵커를 설치하는 방안, 기초저면에 배수시설을 설치하여 집수한 후 Pumping하는 Dewatering 시스템 적용 방안, 외벽 및 기초바닥 슬래브에 저항용 키(Key)를 설치하여 되메움 흙과의 마찰력을 이용하는 방안 등이 있다. 이들 방안 가운데 효과가 가장 확실하고 근접시공에 대한 문제를 해결할 수 있는 부력저항용 앵커공법을 많이 적용되고 있다.

이와 같이 앵커를 적용할 경우 가장 중요한 사항은 앵커의 인발특성을 평가하는 것이다. 현재 국내에서 수행된 앵커의 인발특성과 관련된 연구는 압축형 앵커의 인발저항기구(임종철 등, 1998), 헬리컬 앵커의 극한인발력(신방웅 등, 1998) 등과 같이 지반에 설치되는 앵커에 대한 연구와 부착식 앵커의 인발 특성(유성원 등, 2006), 직매형 앵커기초의 인발 특성(장정범 등, 2003; 2004) 등과 같이 콘크리트 구조물에 설치되는 앵커에 대한 연구로 구분되어 진다.

본 연구에서는 급경사면에 설치되는 여수로로 지탱하기 위한 부력저항용 Anchor bar의 인발저항 특성을 살펴보고자 한다. 대상현장은 댐 여수로(spillway) 시공현장으로서 강우나 홍수로 인하여 유량이 과잉으로 유입된 경우 댐의 월류를 방지하기 위하여 여수를 댐 밖으로 방류하기 위한 시설을 공사하는 현장이다. 일반적으로 여수로로 시공하는 경우 급경사면의 원지반과 콘크리트 구조물을 부착하기 위하여 원지반에 Anchor bar를 설치하게 된다. 따라서 Anchor bar의 인발저항 특성은 여수로의 안정성에 매우 중요한 역할을 미치게 된다. 원지반에 천공을 실시하고 Anchor bar를 설치하는 경우 공벽과 Anchor bar사이에 주입재료를 이용하여 충전하게 된다. 이때 주입재료는 원지반과 Anchor bar사이의 부착능력을 증가시켜 Anchor bar의 인발저항력을 증가시키게 된다. 즉, Anchor Bar의 인발저항력은 원지반, 주입재료 및 철근의 상호 부착능력에 의해 좌우된다. 따라서 주입재료에 따른 Anchor bar의 인발저항 특성을 조사하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 주입재료의 종류와 성분에 따른 Anchor Bar의 인발거동 특성을 평가하기 위해 주입재료별 인발시험을 실시한다. 이를 위하여 먼저 다양한 조건을 고려하여 주입재료에 대한 일축압축강도를 측정한다.

이들 결과를 토대로 주입재료와 재령일에 따른 Anchor Bar의 인발시험을 실시하고, 각각의 특성을 고찰하여 보고자 한다.

현장개요

본 연구대상인 대곡댐 현장은 울산광역시 울주군 두동면 천전리 일원에 위치하고 있다. 본 과업의 목적은 낙동강 수질관리개선 대책의 일환으로 울산지역의 깨끗하고 안정된 생활 용수공급을 위하여 추진되었으며, 맑은 물 공급차원에서 당시 농업용수를 식수원으로 사용하고 있는 사연댐을 생활용수 수원으로 전환하고, 신규 취수원으로 대곡댐을 건설하도록 계획하여 시행되었다. 본 대곡댐의 건설은 1994년 3월 실시설계를 시작하여 1999년 4월에 본 공사를 착공해서 2004년 10월에 담수를 시작하였고 2005년 6월 17일 준공을 하였다. 사업효과는 울산지역에 하루 90,000 m³의 맑고 깨끗한 수돗물을 안정적으로 공급하므로서 급수인구를 당초 83만명에서 114만명으로 증대시키며 삶의 질 향상에 기여하게 되었다. 댐형식은 콘크리트표면 차수벽형 석괴댐(CFRD)으로 높이가 52 m이며 길이가 190 m인 중규모의 댐이다. 유역면적은 57.5 km²이며 총 저수량은 28,500,000 m³이다. 본 현장의 여수로 형식은 Fig. 1과 같이 폭이 40 m인 Radial Gate(방사형 갑문) 3문으로 구성되어 있다. 대곡댐 건설은 1994년 3월 실시설계를 시작으로 1999년 4월에 본공사를 착공하여 2004년 10월에 담수를 시작하였고 2005년 6월 17일에 준공을 완료하였다(여규권 등, 2007).

본 지역의 지질특성은 경상계 신라통의 퇴적암류(대구층)와 이를 관입, 또는 분출한 화산암류와 상기 신라통의 제 암층을 관입한 불국사통의 화성암류로 주로 구성되어 있다. 최하부층인 대구층은 언양을 지나는 언양단층 동부 일원에 널리 분포되어 있다. 하부는 암록색, 녹회색 암회색의 사암, 실트스톤, 사질실트스톤, 사질세일 및 세일이 우세하며 조사대상 지역에 해당되는 하부층은 자색의 사질실트스톤, 실트스톤, 사질세일, 세일 등이 우세하며, 녹회색 내지 암회색 및 암녹색회색의 사암, 사질실트스톤, 실트스톤, 사질세일 및 세일 등과 호층을 이루고 있으며, 담회색의 이암이 박층으로 협재되어 있다. 언양단층 서쪽부분을 점하고 있는 화성암류는 경상계 신라통의 안산암질암, 석영안산암류 및 반암류등이 대부분이며, 상기의 퇴적암류와 화산암류를 관입한 불국사통의 화성암류로 구성되었다. 불국사통의 화성암류는

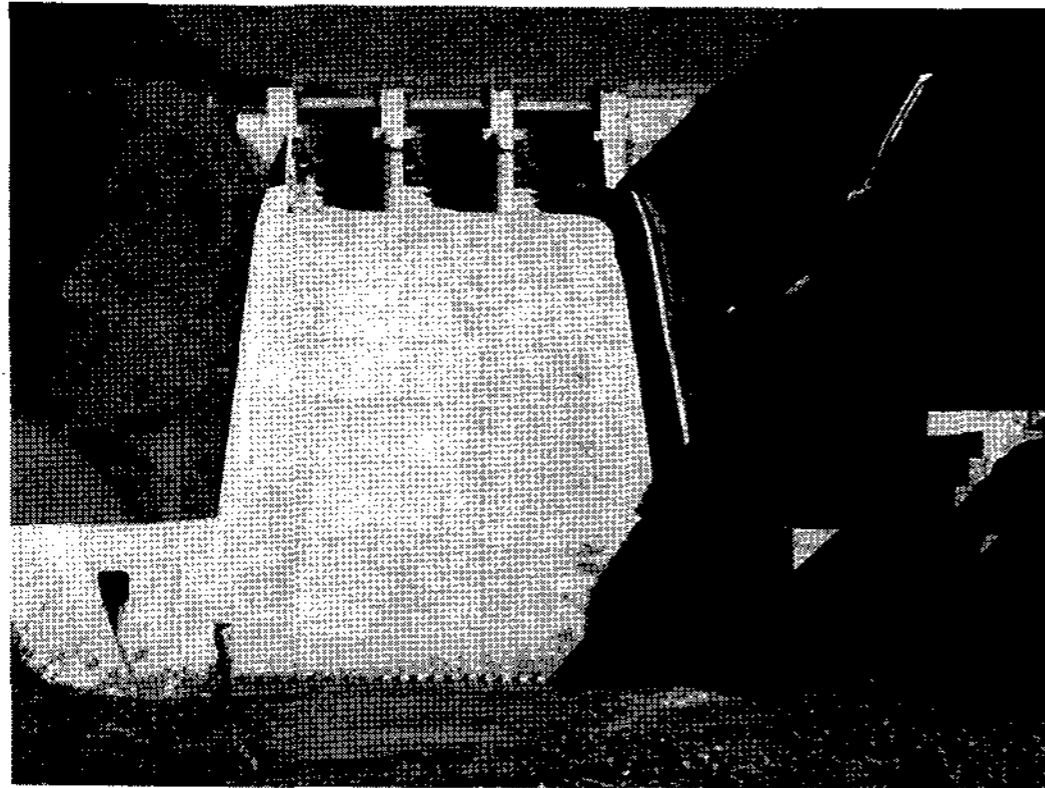


Fig. 1. Over view of spillway after construction work.

주로 화강암(언양 화강암, 흑운모 화강암)이며, 화강섬록암, 반암류 및 맥암 등으로 분포하고 있다(여규권 등, 2007).

주입재료의 일축압축강도

Anchor bar의 경우 사용된 주입재료의 종류에 따라서 경화시간, 앵커강도, 인발저항력, 부착력 등이 크게 달라진다. 대상지역의 Anchor bar에 적용하기 위한 주입재료를 선정하기 위하여 배합조건에 따른 공시체를 제작하여 일축압축시험을 실시하였다. 주입재료에 대한 일축압축강도시험은 KSF 2405 콘크리트 압축강도시험 규정에 따라 수행하였다. Table 1은 주입재료의 일축압축강도를 측정하기 위한 배합조건을 나타낸 것이다. Table에서 보는 바와 같이 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크의 두가지 주입재료에 따라 일축압축시험을 실시하였다. 시

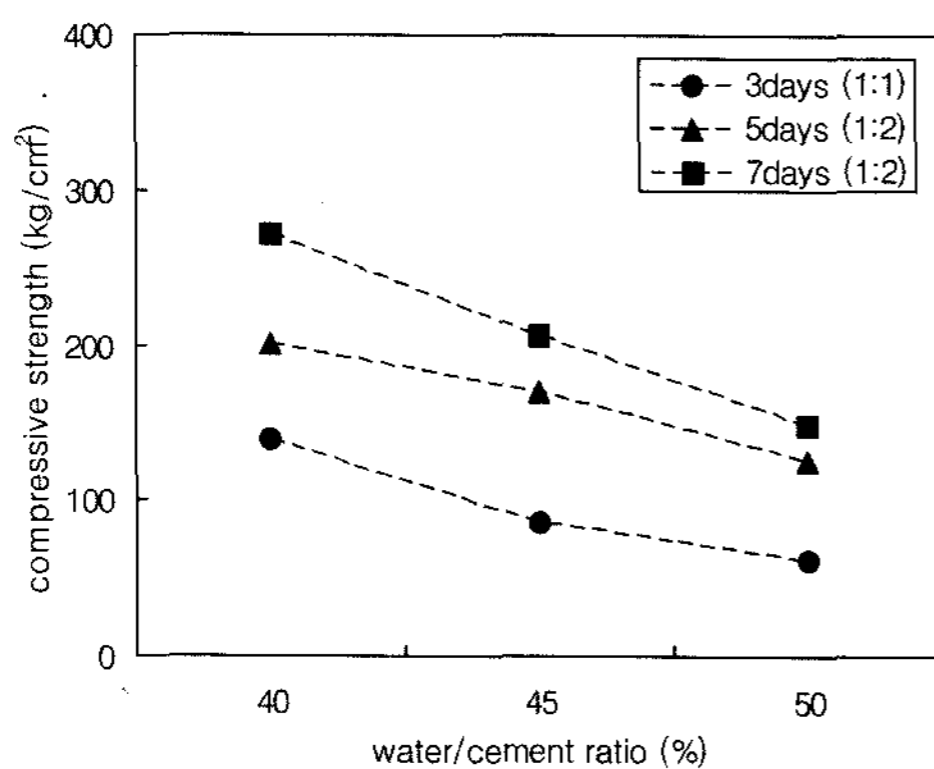
Table 1. Mixing condition of injecting materials.

content	cement : water-cement ratio		curing time (day)
	sand	(%)	
cement mortar	1:1	40	3, 5, 7
	1:2	45	3, 5, 7
	1:2	50	3, 5, 7
cement milk		40	3, 5, 7
		45	3, 5, 7
		50	3, 5, 7

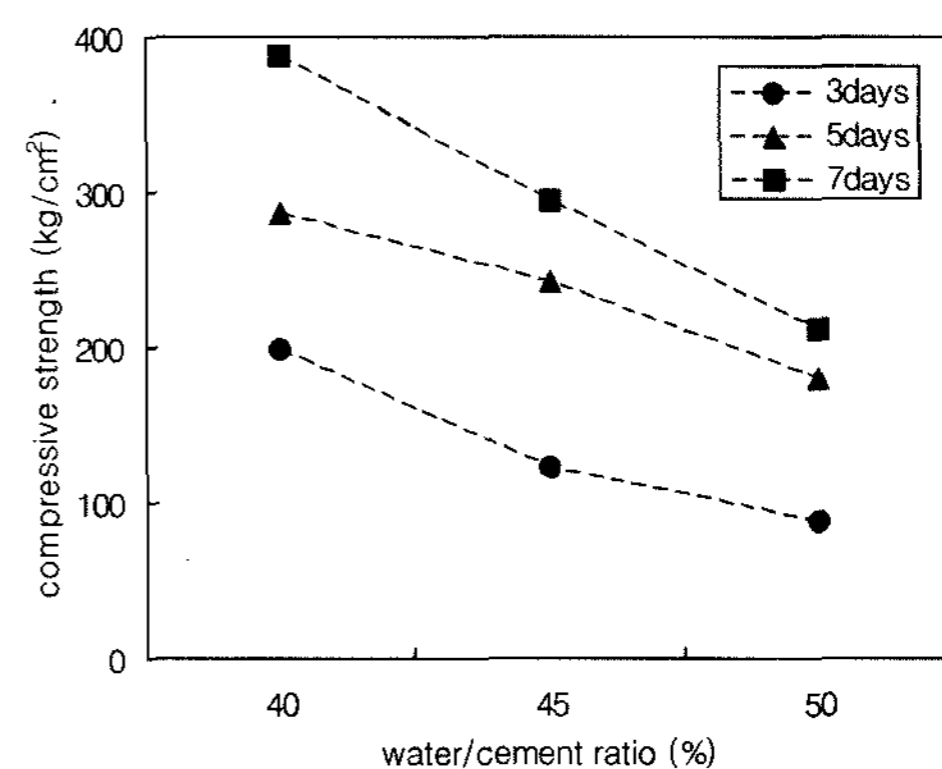
멘트 모르타르의 경우 시멘트와 모래의 배합비(cement : sand)를 1:1과 1:2로 구분하고 물시멘트비(W/C)를 40%, 45% 및 50%로 하여 시험을 실시하였다. 시멘트 밀크의 경우 시멘트 모르타르와 마찬가지로 물시멘트비를 40%, 45% 및 50%로 하여 시험을 실시하였다. 그리고 각각의 경우에 대하여 재령일 3일, 5일 및 7일에 대한 일축압축강도를 측정하였다.

Fig. 2는 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크의 물시멘트비에 따른 일축압축강도를 나타낸 것이다. Fig.에서 보는 바와 같이 물시멘트비가 증가함에 따라 일축압축강도가 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 Fig. 3은 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크의 재령일에 따른 일축압축강도를 나타낸 것이다. Fig.에서 보는 바와 같이 재령일이 증가함에 따라 일축압축강도가 증가하는 것으로 나타났다.

한편, Fig. 4는 물시멘트비가 45%일 경우 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크의 일축압축강도를 서로 비교한 것이다. 시멘트 모르타르는 시멘트와 모래의 배합비(cement : sand)가 1:2인 경우를 대상으로 하였다. Fig.에서 보는 바와 같이 동일한 물시멘트비와 재령일을 갖는

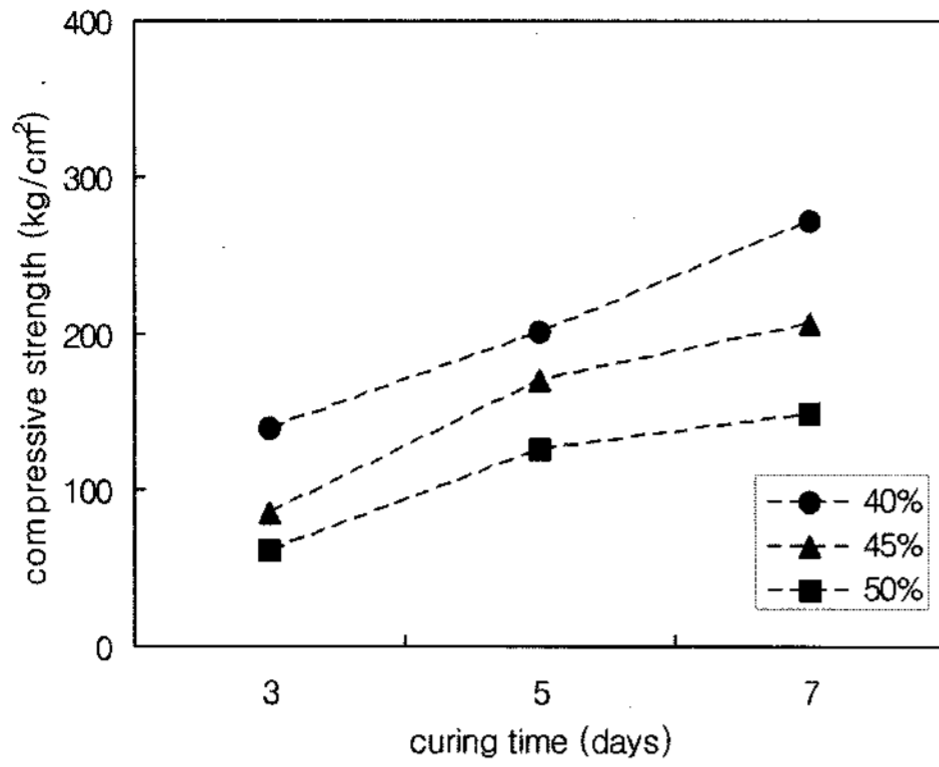


(a) cement mortar

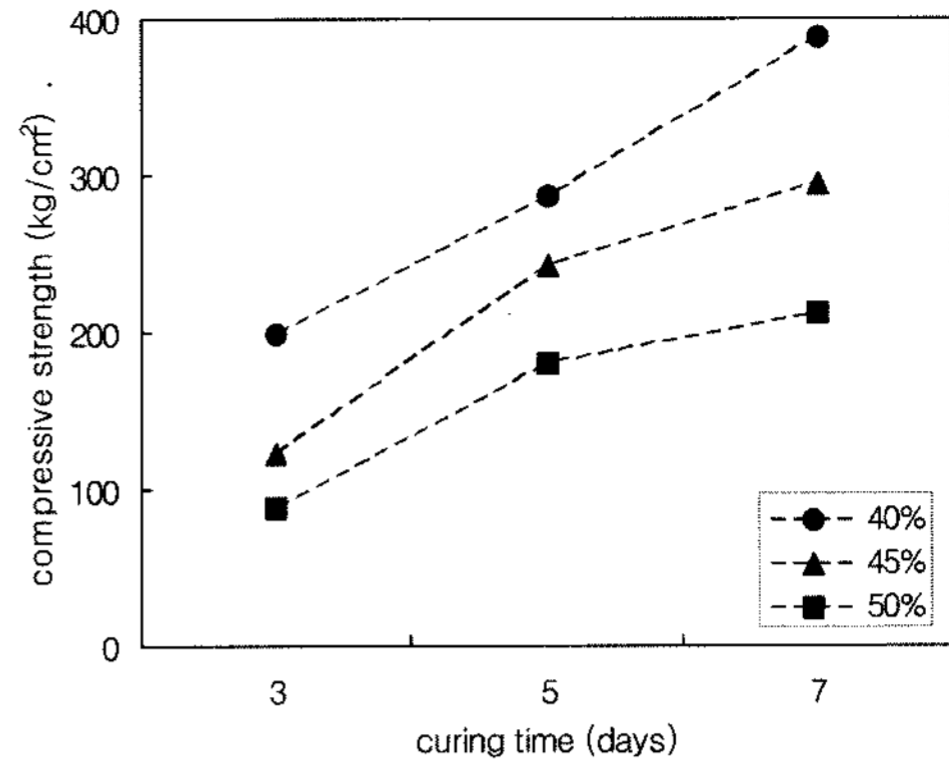


(b) cement milk

Fig. 2. Uniaxial compressive strengths dependent on water-cement ratio.



(a) cement mortar



(b) cement milk

Fig. 3. Uniaxial compressive strengths dependent on curing time.

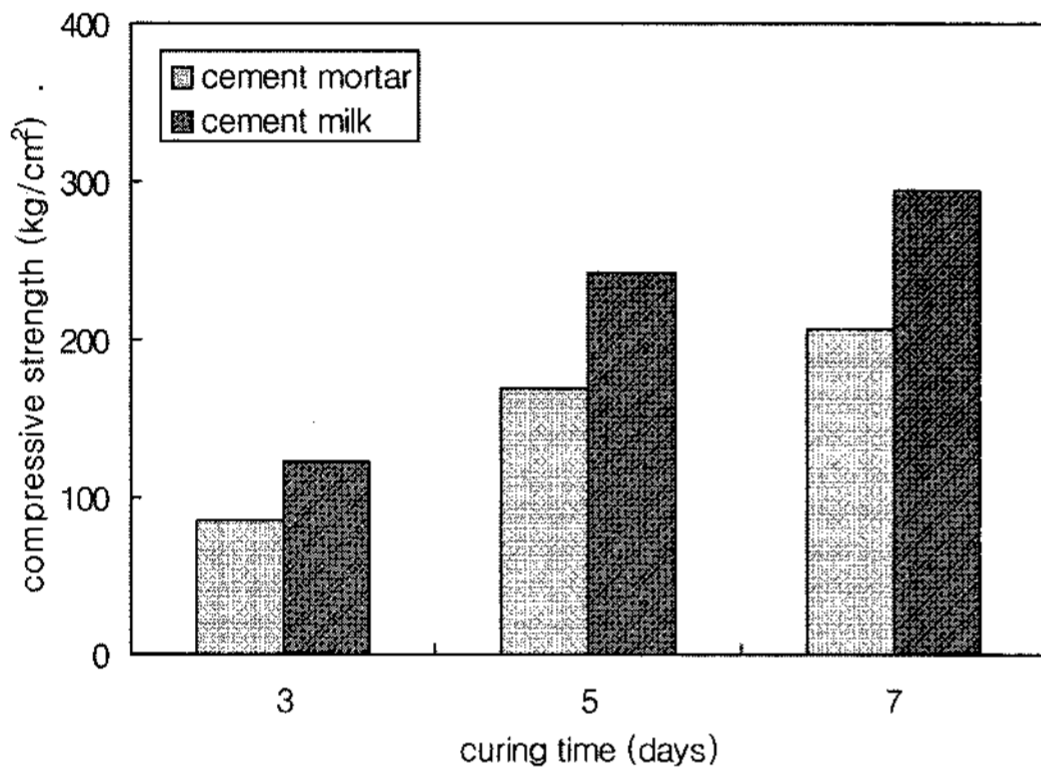


Fig. 4. Comparison of uniaxial compressive strengths between cement mortar and cement milk.

경우 시멘트 밀크의 일축압축강도가 더 큼을 알 수 있다. 따라서 Anchor bar의 원활한 시공을 위하여 시멘트 모르타르 보다는 시멘트 밀크를 사용하는 것이 바람직하다. 그리고 Anchor bar의 시공을 위한 기준 일축압축강도가 130 kg/cm²일 경우 물시멘트비 45%의 시멘트 밀크를 3일 이상 재령하면 기준 일축압축강도를 만족함을 알 수 있다.

Anchor bar의 인발저항 특성

인발시험방법

급경사면에 설치되는 구조물을 지탱하기 위하여 설치되는 Anchor bar의 인발저항 특성을 살펴보기 위하여 대상현장에서 인발시험을 실시하였다. 대상지역의 급경사면은 원지반이 불규칙한 암반면을 가지고 있으므로 Anchor bar의 인발시험을 할 경우 편심이 작용되어 정

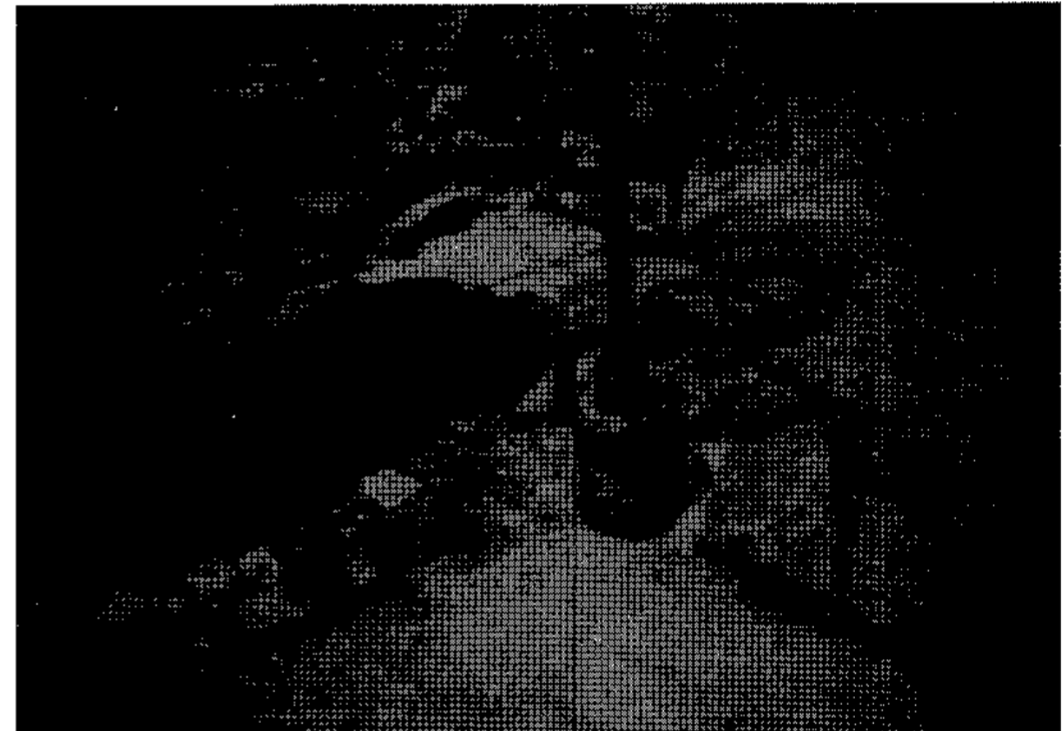


Fig. 5. Installation of the anchor bar using a coupling for fixing steel bar.



Fig. 6. Pull out test of the anchor bar.

확한 시험을 수행하기가 곤란하였다. 따라서 인발시험시 편심이 작용되지 않도록 하기 위하여 일부장비를 개선시켜 시험을 실시하였다. 먼저 주입재료 주입시 인장기가 수평으로 설치되도록 시멘트 모르타르 혹은 시멘트 밀크를 타설하고 너트형태의 철근 고정커플링을 Anchor

Table 2. Condition of pull out test to the anchor bar.

content	cement : sand	water-cement ratio (%)	curing time (day)
cement mortar	1:2	45	3, 5, 7
		50	3, 5, 7
cement milk	1:2	45	3, 5, 7
		50	3, 5, 7

bar에 삽입하여 설치하였다. 그리고 각종 계측장비를 부착하여 인발시험을 실시하였다. Fig. 5는 너트형태의 철근 고정커플링을 Anchor bar에 삽입하여 설치한 모습을 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 6은 Anchor bar의 인발시험을 수행하는 모습을 나타낸 것이다.

이상에서와 같이 편심이 작용되지 않도록 설치방법을 일부 개선하여 Anchor bar의 인발시험을 실시하였다. Table 2는 본 연구에서 수행된 Anchor bar의 인발시험 조건을 나타낸 것이다. Table에서 보는 바와 같이 시멘트 모르타르를 주입재료로 사용하는 경우 시멘트와 모래의 혼합비를 1:2로 하고 물시멘트비를 45%로 하였다. 그리고 시멘트 밀크를 주입재료로 사용하는 경우 물시멘트비를 45% 및 50%로 구분하여 인발시험을 실시하였다.

인발시험결과

대상현장에서 전술한 인발시험방법을 이용하여 주입재료에 따른 Anchor bar의 인발저항력을 측정하였다. Fig. 7은 주입재료의 재령일자에 따른 Anchor bar의 인발저항력을 나타낸 것이다. Fig. 7(a)는 Anchor bar의 주입재료가 시멘트 모르타르인 경우이고, Fig. 7(b)는 Anchor bar의 주입재료가 시멘트 밀크인 경우이다. Fig. 에서 보는 바와 같이 주입재료의 재령일자가 증가함에

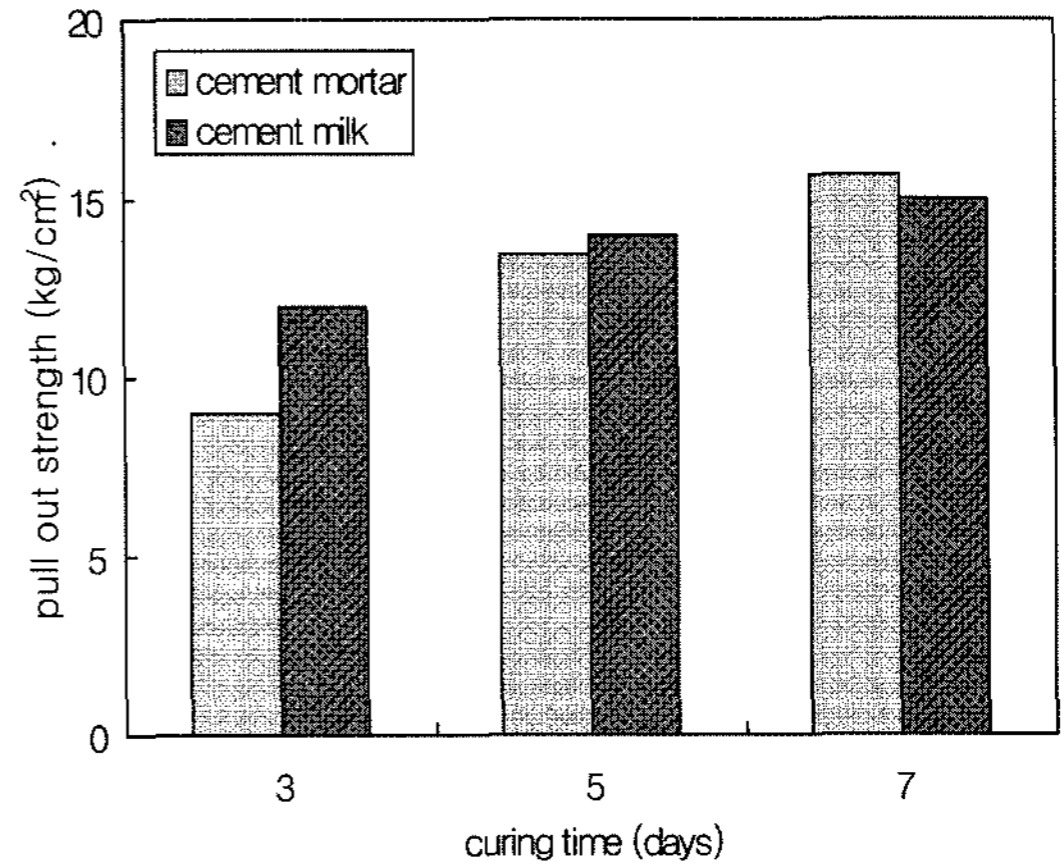


Fig. 8. Comparison of pull out strengths between cement mortar and cement milk.

따라 인발저항력이 증가함을 알 수 있다. 그리고 시멘트 밀크의 경우 물시멘트비가 작을수록 Anchor bar의 인발저항력이 증가함을 알 수 있다. 대상현장의 경우 여수로 구조물의 안정성을 확보하기 위하여 설계시 Anchor bar에 대한 항복인발저항력을 산정한 결과 11.3 t/m²인 것으로 나타났다. Anchor bar의 주입재료로 시멘트와 모래의 혼합비가 1:2인 시멘트 모르타르를 사용하면 재령일이 5일 이상 지나야 설계 인발저항력을 만족하는 것으로 나타났다. 그리고 Anchor bar의 주입재료로 물시멘트비가 45% 및 50%인 시멘트 밀크를 사용하면 물시멘트비가 45%인 경우 재령일이 3일 이상, 물시멘트비가 50%인 경우 재령일이 5일 이상 지나야 설계 인발저항력을 만족하는 것으로 나타났다.

한편, Fig. 8은 물시멘트비가 45%인 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크를 주입재료로 사용한 Anchor bar의 인

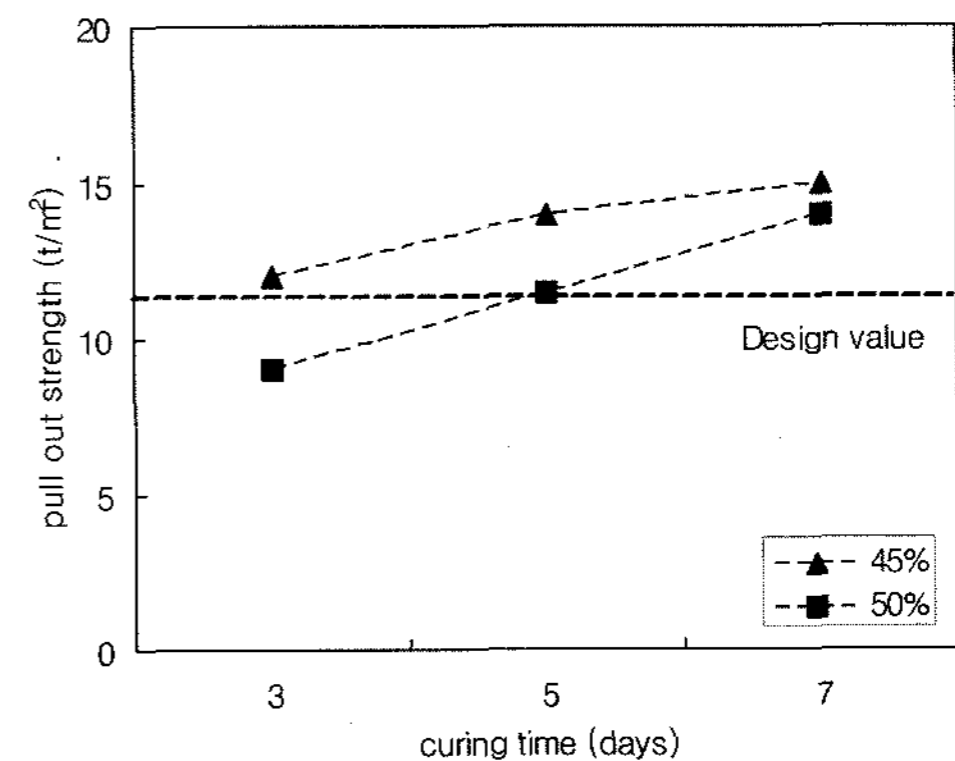
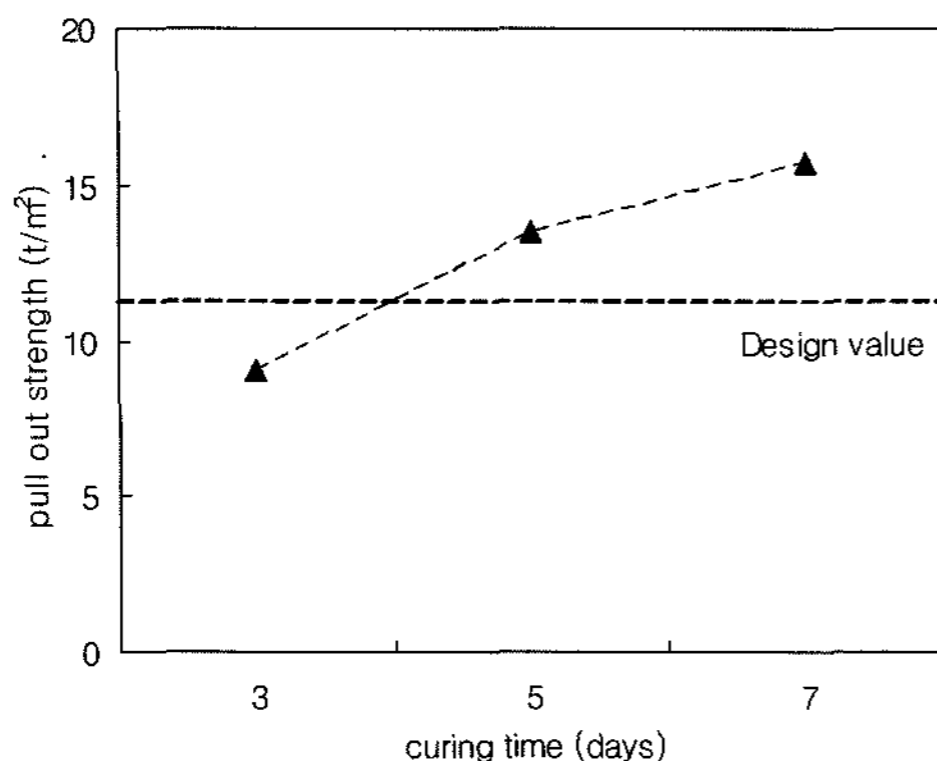


Fig. 7. Pull out strengths of anchor bars dependent on curing time.

발저항력을 서로 비교한 것이다. 시멘트 모르타르는 시멘트와 모래의 배합비(cement : sand)가 1:2인 경우를 대상으로 하였다. Fig.에서 보는 바와 같이 재령일이 5일까지는 시멘트 밀크를 주입재료로 사용한 Anchor bar의 인발저항력이 더 크게 나타나지만 재령일이 7일인 경우에는 시멘트 모르타르를 주입재료로 사용한 Anchor bar의 인발저항력이 더 큰 것으로 나타났다. 즉, 시멘트 밀크의 경우 강도발현은 재령초기에 크게 발생하는 반면 시멘트 모르타르의 경우 재령일자가 지남에 따라 강도발현이 증가함을 알 수 있다. 따라서 Anchor bar의 신속한 시공을 위하여 초기 강도발현을 필요로 하는 경우 시멘트 밀크를 주입재료로 사용하는 것이 바람직함을 알 수 있다.

결 론

본 연구는 급경사면에 설치되는 여수로를 지탱하기 위한 부력저항용 Anchor bar의 인발저항 특성을 현장시험을 통하여 조사하였다. 먼저 Anchor bar의 주입재료에 대한 조건별 일축압축강도를 측정하고 이를 토대로 주입재료와 재령일에 따른 Anchor Bar의 인발시험을 실시하고, Anchor Bar의 인발저항특성을 분석하였다. 이 상과 같이 주입재료에 따른 Anchor Bar의 인발거동 특성을 정리하면 다음과 같다.

1) 주입재료로 사용되는 시멘트 모르타르와 시멘트 밀크는 물시멘트비가 증가함에 따라 일축압축강도가 감소하며, 재령일이 증가함에 따라 일축압축강도가 증가한다. 한편, 동일한 물시멘트비와 재령일을 가질 경우 시멘트 밀크의 일축압축강도가 시멘트 모르타르의 압축강도보다 더 큼을 알 수 있다.

2) Anchor bar의 인발시험시 편심이 작용되지 않도록 하기 위하여 너트형태의 철근 고정커플링을 Anchor bar에 삽입하여 설치장비를 개선시켜 시험을 실시하였다.

3) Anchor bar의 주입재료로 시멘트 모르타르(물시멘트비 45%)를 사용하면 재령일이 5일 이상 지나야 설계 인발저항력을 만족하며, 시멘트 밀크(물시멘트비 45%)를 사용하면 재령일이 3일 이상 지나야 설계 인발저항력을 만족함을 알 수 있다.

4) 시멘트 밀크의 경우 강도발현은 재령초기에 크게 발생하는 반면 시멘트 모르타르의 경우 재령일자가 지남에 따라 강도발현이 증가한다. Anchor bar의 신속한 시공을 위해서는 강도발현이 재령초기에 크게 발생하는 시멘트 밀크를 주입재료로 사용하는 것이 바람직하다.

사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 기본사업인 '지질재해 피해평가기술 및 대응기술 실용화 사업' 과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 신방웅, 이봉직, 오세웅, 이종규, 1998, 지반특성에 따른 헬리컬 앵커의 극한인발력에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제18권 제III-6호, pp.911-920.
- 여규권, 한상현, 이재호, 2007, 콘크리트 표면 차수벽형 석괴담의 Zone-1재료에 대한 다짐 특성, 한국토목섬유학회논문집, 제6권 제2호, pp.9-15.
- 유성원, 정상화, 광기석, 이주형, 2006, 부착식 앵커의 인발특성에 관한 실험적 연구, 대한토목학회논문집, 제26권 제3A호, pp.555-563.
- 임종철, 홍석우, 이태형, 이외득, 1998, 압축형 앵커(SSC 앵커)의 인발저항 기구, 대한토목학회논문집, 제18권 제III-6호, pp.883-898.
- 장정범, 서용표, 이종림, 2003, 직매형 앵커기초의 설계 기준 개선에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제23권 제6A호, pp.1331-1338.
- 장정범, 서용표, 이종림, 2004, 균열을 고려한 직매형 앵커기초의 콘크리트 파괴강도 평가에 관한 연구, 대한토목학회논문집, 제24권 제3A호, pp.647-652.
- 홍원표, 송영석, 고평태, 2002, 부력저항용 영구앵커의 거동, 중앙대학교 기술과학연구소 논문집, 제32집, pp.1-11.
- Hong, W. P., Im, S. B. and Kim, H. T., 1993 Treatment of Groundwater in Excavation Works for the Subway Construction, Proc. of 11th Southeast Asian Geotechnical Conference, Singapore, pp.369-373.

2008년 4월 11일 원고접수, 2008년 6월 16일 게재승인

여규권

삼부토건(주) 기술연구실
100-804 서울시 중구 남창동 삼부빌딩 9-1
Tel: 02-3706-2537
Fax: 02-756-3905
E-mail: moonju@sambu.co.kr

송영석

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부
305-350, 대전광역시 유성구 가정동 30
Tel: 042-868-3035
Fax: 042-861-9723
E-mail: yssong@kigam.re.kr