

지표면에 근입한 앵커두부처리 사례 연구



민 경 남
(주)세종이엔씨
대표이사
knmin4183@naver.com



안 광 국
충북대학교
토목공학과 교수
akk@chungbuk.ac.kr



배 우 석
(주)나노지오이엔씨
기술연구소장
old1007@hanmail.net

1. 서론

그라운드 앵커가 도입된 지 40여년이 지났음에도 불구하고 국내 실정에 맞는 수압판의 설계방안이 아직 마련되어 있지 않다. 이에 따라 인장력을 받게 되는 앵커구조체에 많은 문제가 발생하고 있으며, 이로 인해 장기적인 안정성 확보를 위한 최적의 앵커시공이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

실제로, 앵커공법이 적용된 여러 현장에서 앵커의 사용연수가 지나지 않았음에도 다양한 문제가 있는 것으로 계속 발표되고 있다. 특히 대부분의 문제가 수압판을 비롯한 앵커두부에 집중되는 것으로 보고되고 있으며(차아름 등, 2009), 최근 수행되고 있는 앵커보강구간의 유지관리와 점검도 앵커두부를 중심으로 이루어지고 있는 것이 현실이다.

본 논문에서는 앵커의 두부에서 발생되고 있는 문제의 원인을 규명하고 개선하기 위하여 기존 콘크리트 수압판의 특징과 문제점을 검토하고, 앵커두부의 개선안에 대해 현장 시공사례를 통해 소개하고자 한다.

2. 수압판의 문제점

수압판은 지표면과 완전한 밀착이 가능할 때 본래의 기능이 발휘된다. 일반적으로 불규칙한 표면에 설치되기 때문에 현장타설로 시공하는 것이 바람직하지만 시공이 매우 까다로워 실제 시공은 매우 적은 상황이며, 대신에 수압판을 미리 만들어서 현장에 설치하는 프리캐스트 공법이 많이 적용되고 있다.

암반사면에서 사용되는 기존 수압구조물, 즉 수압판, 전면판, 격자블럭, 독립수압판의 문제점은 조강시멘트나 몰탈로 지표면과 수압판 사이를 뒤채움 할 때 많이 발생된다. 그 이유는 암반사면 지표면이 굴곡이 심할 경우 뒤채움을 제대로 시행하기가 어렵고 두께를 균질하게 유지하기 어려워 인장시에 균열이 진행되는 경우가 많으며, 그림 1과 같이 수압판 주변에 편칭과 침하가 수반된다.

또한, 그림 2와 같이 앵커축과 수압판이 수직이 되도록 설치되어야 하지만 지표면의 굴곡으로 수직을 유지하기가 어렵게 된다. 이렇게 지표면과 밀착되지 못한 수압판

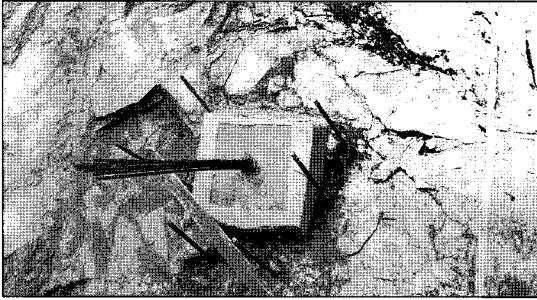


그림 1. 인장중 수압판 파괴

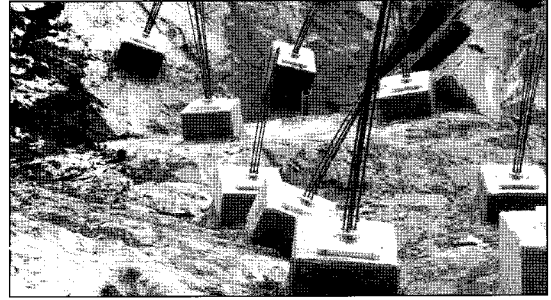


그림 2. 굴곡부의 수압판

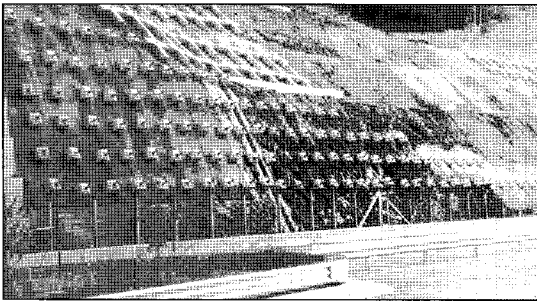


그림 3. 슛크리트 처리

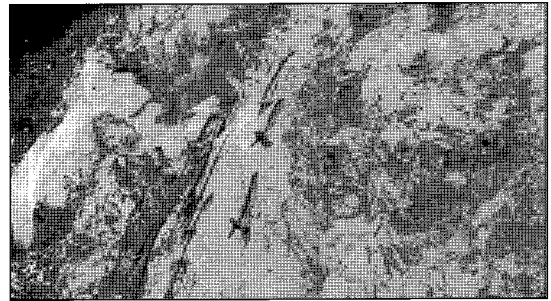


그림 4. 수압판 문제점

은 인장시에 편심이 작용하고 하중이 한쪽으로 집중되어 균열이 빈번하게 발생한다. 암반에 설치된 격자블럭에서는 날개가 꺾이는 현상이 자주 발생하여 슛크리트 타설, 계단식옹벽 등의 추가 공종이 뒤따르기도 한다(그림 3).

그리고, 앵커두부의 수압구조물은 보통 30cm 이상 지표면에 노출되기 때문에 주변 경관을 해치는 단점이 있으며, 미관뿐만이 아니라 상부로부터의 낙석위험과 풍화, 부식에 직접적인 영향을 미치고 유지관리에도 불리하다. 결국 이러한 문제점들은 장기적으로 앵커력 손실로 이어지고 앵커 붕괴로까지 이어지게 된다(그림 4).

3. 앵커두부처리의 개선방법

수압판 방식의 앵커 두부처리는 안정성, 시공성 그리고 미관에 이르기까지 여러 문제에 노출되어 있다. 이러한 점들을 근원적으로 해소하기 위해서는 앵커두부를 지표면에서 일정 깊이를 굴착하여 근입시키는 방안이 해결책

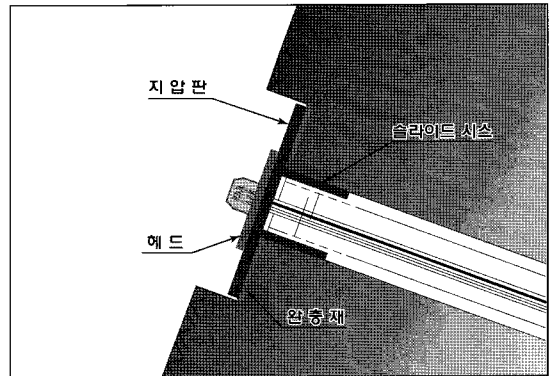


그림 5. 지표면 근입에 의한 앵커두부처리 개요도

이 될 수 있다(그림 5).

앵커두부가 지표면 하부로 근입되면 지반에 완전하게 밀착되므로 구조적으로 가장 안정하게 되며, 또한 수압판 등 불필요한 구조물이 없어지고 지반편침이나 탈락으로 인한 유지관리 문제를 해결할 수 있다. 본 연구에서는 앵커두부의 지표면 근입을 위해 그림 6과 같이 확공비트를 이용한 천공장치를 개발하고 완충재 및 슬라이드 시스를 구비하여 앵커두부의 개선방안을 마련하였다.

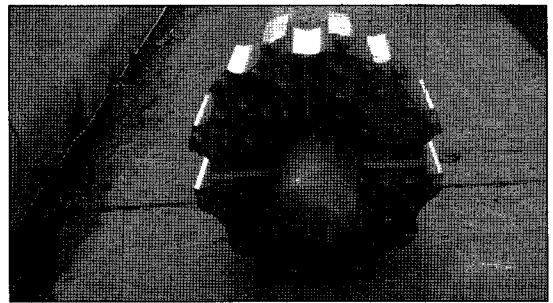


그림 6. 확공비트

표 1. 입력물성치

구분	E(N/m ²)	ν	C(N/m ²)	ϕ (°)	Ws(N/m)
경암	2,000,000	0.20	50	50	2.7
수압판(Con'c)	2,000,000	0.23	-	-	2.5
지압판(Steel)	2,100,000	0.16	-	-	7.8

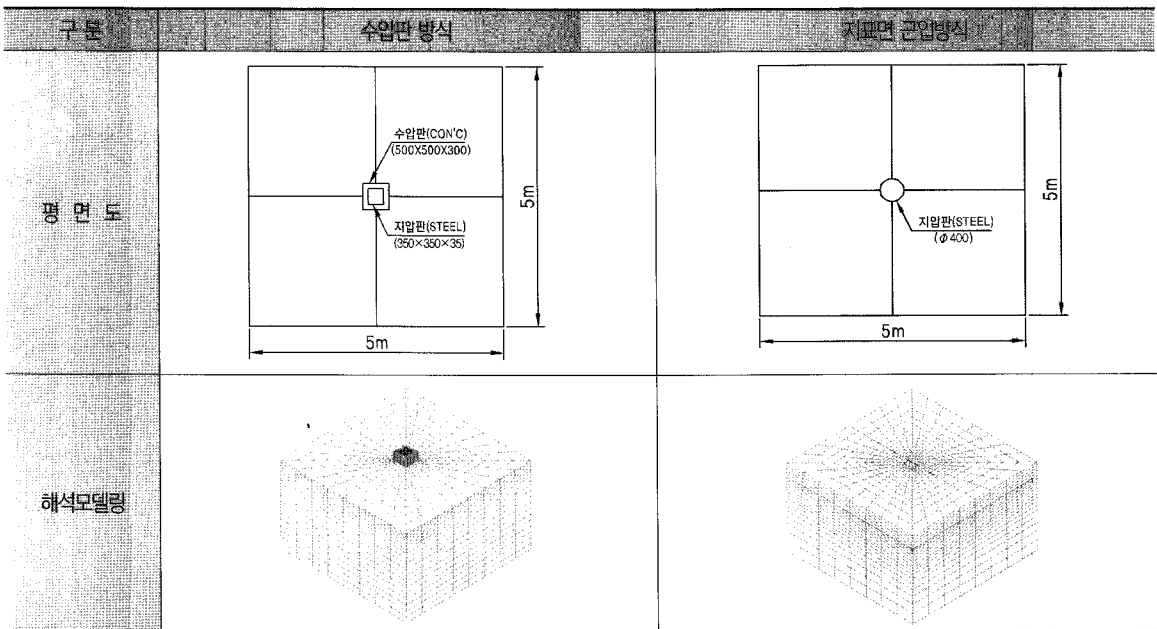


그림 7. 해석조건

4. 적용성검토

4.1 수치해석

지표면 근입방식의 앵커두부처리에 대한 하중조건에 따른 수직변위 및 수직응력 특성을 분석하기 위하여 다음

그림 7과 같이 기존 수압판 방식과 지표면 근입방식에 대하여 유한요소해석프로그램인 Visual FEA/GEO 4.15를 이용하여 3차원 수치해석을 수행하였다.

해석결과 표 1 및 그림 7~10에 나타낸 바와 같이 지표면 근입방식을 적용한 지반의 수직변위는 수압판 방식에

기술기사 2

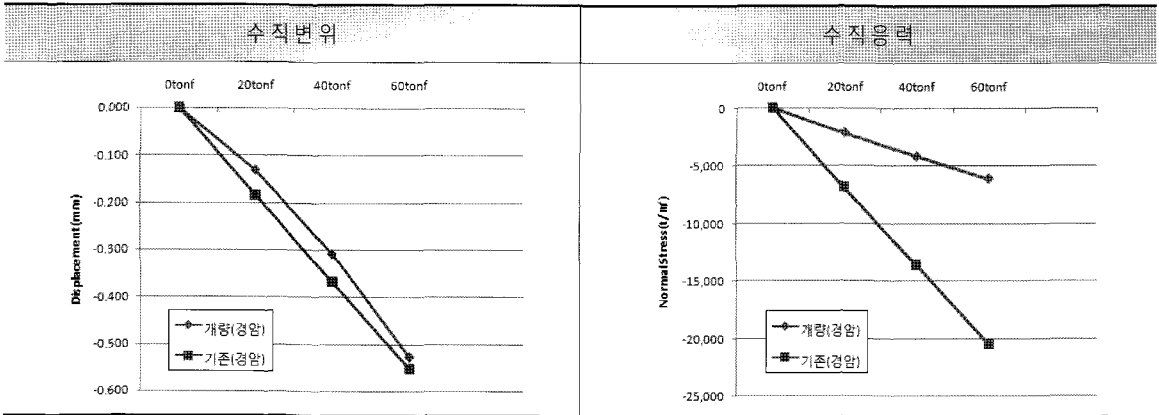


그림 8. 하중에 따른 수직변위 및 수직응력

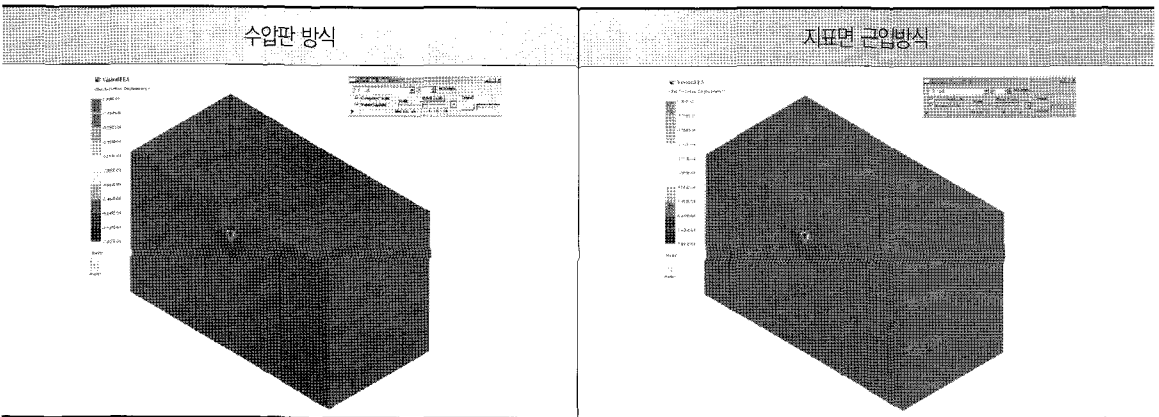


그림 9. 수직변위(Displacement Y) 분포도

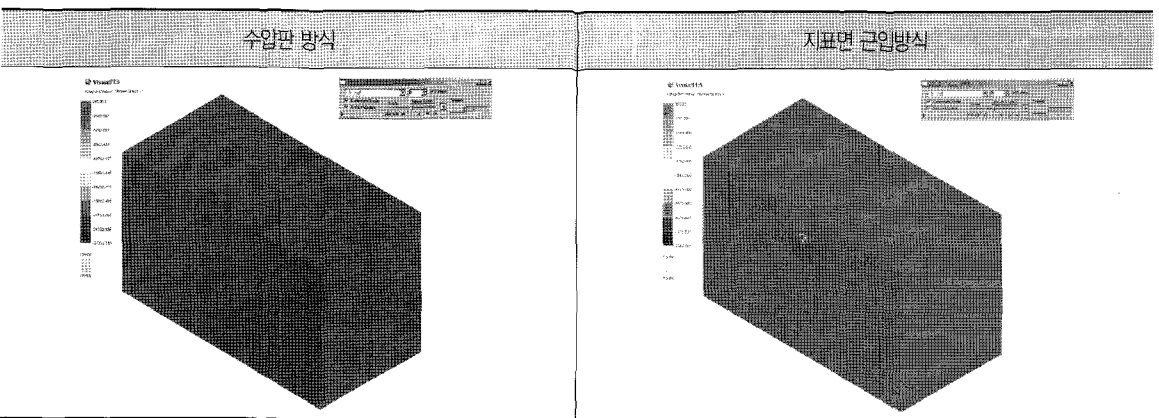


그림 10. 수직응력(Normal Stress Y) 분포도

비해 4.5~29% 정도 변위가 작게 발생하는 것으로 나타났다. 또한, 지표면 근입방식을 적용한 지반의 최대 수직응

력은 수압판 방식에 비해 70% 정도 작게 나타나 응력집중 효과가 크게 감소하는 것으로 평가되었다.

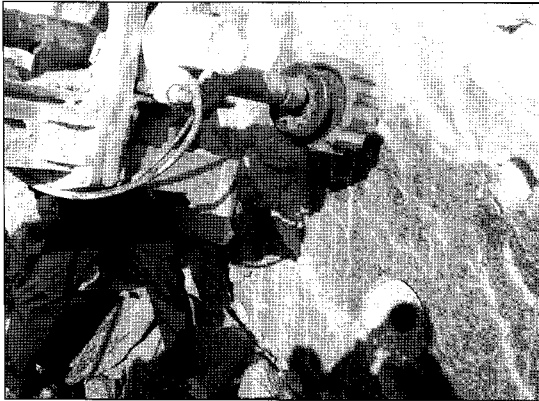


그림 11. 확공비트 경암 천공

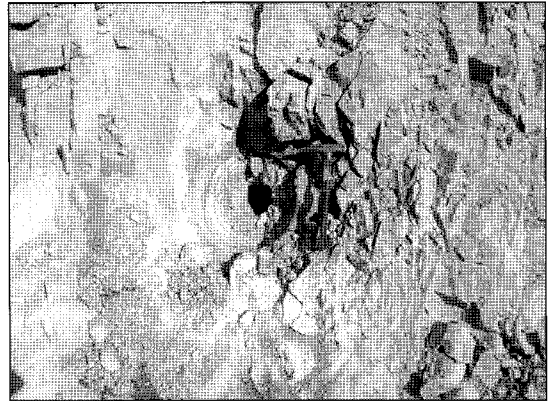


그림 12. 연암파쇄대 확공

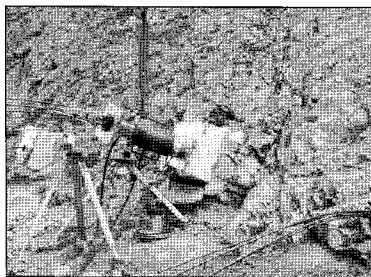


그림 13. 인장에 의한 계측

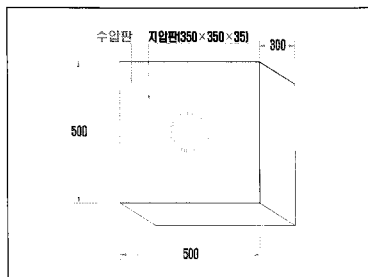


그림 14. 수압판 상세도

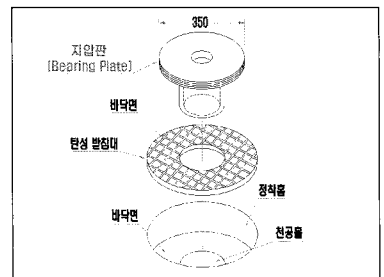


그림 15. 근입 지압판 모식도

단, 본 수치해석에서 수압판 방식의 수압판과 지반과의 접촉면을 균질하다는 가정하에 해석을 수행하였으나, 실제 현장조건에서는 불규칙한 상태를 나타내는 경우가 더 일반적이므로 이 경우에는 응력집중이 더 크게 발생할 수 있으므로 지표면 근입방식의 응력집중 감소효과는 더 클 것으로 판단된다.

4.2 현장시험

현장시험은 화강편마암이 주종을 이루는 충남 공주시 일원의 도로건설공사 중 절취사면을 대상으로 경암과 연암 파쇄대 구간에서 실시하고 확인시험을 수행하였다. 대상 사면의 노출면은 SW 상태이나 심부는 비교적 신선한(F) 상태를 유지하고 있으며, 불연속면 강도는 220~300kgf/cm², RQD는 25~50% 이고 거칠기는 계단형의 완만형으로 JRC 16~18에 해당한다.

시험시공 결과, 경암은 완전한 형상이 형성되었으며, 연암파쇄대에서는 암질의 균열에 의한 표면 탈락이 일부 발생한 것을 확인하였다. 지표면 근입에 의한 표면 근입의 직경은 350mm 이며, 형태는 원형으로 근입 깊이는 250mm 까지 하였다. 확공 속도는 평균 5분이 소요되었고 확공비트를 사용한 지표면 확공과 앵커의 두부처리 결과는 그림 11~12와 같다.

지표면 근입에 의한 앵커두부처리 성능평가를 위하여 인장형 앵커를 설치하고 계측을 실시하였다. 계측은 앵커 인장 시 지반의 변위거동을 수월하게 측정하기 위해 풍화암 사면을 대상으로 하였다.

인장에 의한 계측은 그림 13과 같이 앵커에 인장기를 세팅하고 기존 수압판 방식의 사각블럭과 지표면 근입에 의한 근입 지압판에 LVDT를 설치하여 인장에 의한 밀림을 측정하는 방식으로 수행하였다. 계측은 앵커 그라우팅

기술기사 2

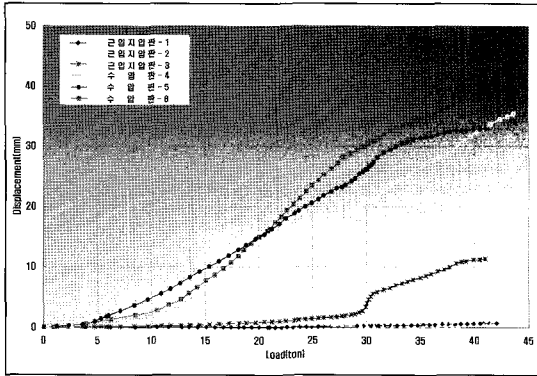


그림 16. 앵커 두부처리 방식에 의한 하중-변위 비교

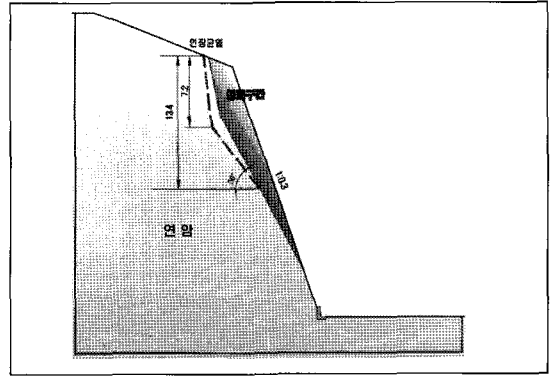


그림 17. 붕괴단면

이 충분히 양생된 후 수행하였으며, 수압판은 철근을 배근하고 뒤채움 방식으로 시공하였다. 측정에 사용된 수압판과 근입 지압판의 상세도는 그림 14~15와 같으며 수량은 각각 3개소로 하였다.

인장하중을 최대 45ton까지 단계적으로 재하한 결과, 약 30ton 부터 수압판 뒤채움부에 균열이 발생하기 시작하였다. 분석결과 그림 16과 같이 기존 수압판의 경우 40ton에서 약 30~40mm의 변위를 보였으며, 지표면 근입에 의한 지압판은 10mm 내외로 기존 수압판 방식보다 변위량이 적게 나타난 것으로 평가되어 수압판의 밀림이나 파괴에 대한 저항성이 확보되는 것으로 나타났다. 그리고, 30ton까지 지표면 근입방식은 탄성거동을 보이는데 비하여 수압판 방식은 비선형거동을 보이고 있다.

이러한 현상은 다음과 같이 해석할 수 있다. 지표면 근입방식은 지면의 굴곡이 없는 상태에서 지압판이 지반에 완전히 밀착하여 밀리는 탄성 거동특성으로 변위가 최소로 발생한 것으로 보인 반면, 수압판은 접지면적은 상대적으로 크지만 지표면과 수압판의 접촉면이 불균질하여 인장하중 작용 시 접촉부가 파괴되면서 밀리거나, 앵커축이 수직을 유지하지 못해 편심이 작용하여 구조물에 균열이 발생하고 이에 따라 변위량이 상대적으로 크게 나타난 것으로 판단된다.

5. 현장적용 사례

현장은 충남 공주시 일원으로 2010년 2월 썩기파괴와 평면파괴가 발생하였다.

암종은 화강편마암으로 엽리방향이 사면경사 방향과 일치하고, 연암으로 구성되었다. 높이는 25m, 연장은 30m이며 붕괴면의 깊이는 2.5m로 상부에 분표균이 위치하였다.

사면은 강우시에 기반암에 존재하는 엽리과 절리면을 따라 우수가 침투하여 붕괴가 발생한 것으로 파악되었고, 추가 붕괴 가능성이 높은 지역이다.

붕괴구간의 단면은 그림 17과 같다.

보강공법은 강력한 긴장력으로 지반활동억제에 유리한 앵커공법을 적용하였다. 일반적으로 붕괴구간의 앵커공법 적용시에는 계단식옹벽을 설치하거나 슛크리트 처리 후 사각블럭을 사용하는 경우가 많은데 이럴 경우 공사비가 상당히 증액되고 공기도 길어지는 단점이 있다. 당 현장에서는 앵커두부처리를 지표면근입지압판으로 적용하여 상기의 문제를 해결하였다. 그림 18은 지표면 근입방식으로 앵커두부처리 시공 후의 전경이다.



그림 18. 지표면에 근입한 앵커두부처리 후 전경

6. 결론

수압판 방식을 이용한 앵커의 두부처리는 구조적으로 매우 불안정하며 시공이 매우 복잡하고 미관에 이르기까지 다양한 문제점에 노출되어 왔다. 본 개선방법과 같이 앵커두부를 지표면에 근입하여 지반에 완전하게 밀착시킨다면 구조적으로 가장 안정하며, 수압판 등 불필요한

구조물이 없어지고 지반편칭이나 탈락으로 인한 유지관리 문제를 근본적으로 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

본 사례 연구에서는 앵커두부의 지표면 근입을 위해 확공비트를 이용한 천공장치와 완충재 및 슬라이드 시스 등 부속장치의 개발을 통하여 앵커두부의 개선안을 제시하였으며, 현장시험시공과 계측을 통해 그 가능성을 평가하였다.

현장적용에 있어서도 급속시공이 필요한 현장에 적용이 우선시되고 경제성에서도 수압구조물이 필요없어 원가절감 효과가 크다. 더불어 슛크리트 같은 추가공종이 수반되지 않아 시공성이 크게 개선되었다.

앞으로 네일링, 락볼트 등 지압판을 사용하는 공법에 적용이 확대될 것으로 기대된다.

감사의 글 :

본 연구는 한국건설교통기술평가원의 2010년 “건설교통R&D정책 인프라사업”으로 수행된 것으로 관계자 여러분께 감사드립니다.

[참고문헌]

1. 차아름, 김보현, 이종우, 장범수, 김태훈, 2009, 그라운드 앵커와 앵커 구조물의 유지관리에 관한 해외사례 연구, 한국지반공학회, 2009 사면안정 학술발표회, pp. 121-129
2. 차아름, 장범수, 김보현, 유동우, 2009, 그라운드 앵커의 수압판 설계 방안의 제안, 한국암반공학회, 2009 학술발표회, pp. 187-193