

폐탄매립층의 흙막이공사에서 CGP-앵커 시공사례연구

Study on CGP-Anchor of Open-Cuts in Abandoned Coal Fill Deposit

천병식*, 양형철**

Chun, Byung-Sik · Yang, Hyung-Chil

Abstract

The object of this study is to determine the application of friction and ground stress type CGP(Compaction Grouting Pack)-anchor in retaining wall construction on the soft ground by executing in the fill deposit with abandoned coal. In this study the effect of CGP-anchors as retaining wall anchor on the soft ground anchor was evaluated through measuring displacement according to tensile strength by acting tensile strength after equipping CGP-anchors. From the field tests results, CGP-anchor was determined to be considerably effective as retaining wall anchor on the soft ground by showing that the maximum displacement was 60mm and the elastic displacement was within 50mm by 53ton tensile strength.

1. 서론

강원도 ○○지구 폐탄매립층을 통과하는 도로 확·포장공사 현장내의 역T형 옹벽구조물 시공을 위한 가시설 흙막이공사용 어스앵커는 마찰형 앵커로 설계되었다. 설계된 마찰형 앵커에 대한 시험시공 및 확인시험결과 인장력 20ton/공에서 전면파괴에 의한 정착불능상태가 발생하여, 정착장을 설계 정착장의 2배로 하여 재시공후 확인시험을 실시하였으나 정착불능상태가 재차 발생하였다. 이와 같이 발생한 정착불능상태의 원인을 검토한 결과 마찰형 앵커의 정착장이 인위적인 다짐없이 매립, 성토된 지층에 위치함으로 인해 앵커부착용 주입재의 유실이 과다하여, 앵커체 주변과의 마찰저항이 미달된 것으로 추정하였다.

따라서 앵커부착용 주입재의 유실을 방지하고 확실한 정착구근을 형성하여 인장하중에 저항할 수 있는 마찰형과 지압형의 복합형인 Compaction Grouting Pack - Anchor (이하 CGP-앵커)를 적용하였다. 적용결과로부터 CGP-앵커의 하중-변위 거동을 파악하여 연약지반의 흙막이공사용 어스앵커로 적용을 위한 기초자료를 확보하고자 한다.

2. CGP-앵커공법

2.1 개요

CGP-앵커는 마찰형 어스앵커와 비교하여 정착장구간에 팽창성 팩 및 정착체를 사용하는 점과 주입재로서 저슬럼프의 시멘트물탈을 사용하는 점이 다르며, 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 팩 내에 물탈을 압밀주입하여 실시하므로 정착 지반의 공극이 크거나 용수가 있는 경우에도 주입재의 유실없이 정착구근의 형성이 가능하다.
- ② 정착부 하단에 정착체를 설치함으로써 인장에 의한 인장재의 늘어남에 동시에, 정착부의 자유

* 정회원 한양대학교 토목공학과 교수

** 한양대학교 대학원 박사과정

장측부터 인장재와 정착부간의 부착강도가 진행성 열화가 되어 전면파괴에 이르는 것을 방지할 수 있다.

③ 앵커직경이 큰 반면 정착장이 짧기 때문에 정착장내 응력분포가 균등분포에 가까우며, 따라서 국부적인 응력집중에 의한 진행성 파괴의 위험을 감소시킬 수 있다.

2.2 CGP-앵커의 설계

2.2.1 정착체의 소요매설심도

건조한 연약한 지층인 경우 정착체의 소요매설심도는 L.Hobst⁽¹⁾의 식으로 검토한다.

$$\sigma_r = \sigma_{rk} \cdot \frac{\nu}{(1-\nu)}$$

$$h_r = \sqrt{\frac{3m_k \cdot P}{\pi \cdot \sigma_r \cdot \text{tg}^2 \phi}} + 1 \quad (1)$$

열상 앵커배치에서 앵커간격 l 이 $l < \sqrt{\frac{12P}{\pi \cdot \sigma_r}}$ 일 때에는

$$h'_r = \frac{l}{2\text{tg} \cdot \phi} + \frac{B + \sqrt{B^2 - \frac{l^2 \cdot \sigma_r^2}{\text{tg}^2 \phi}}}{2l \cdot \sigma_r} \quad (2)$$

$$B = \frac{l^2 \cdot \sigma_r}{2\text{tg} \cdot \phi} + 2 \cos \phi \left(\frac{m_k \cdot P - l^2 \cdot \pi \cdot \sigma_r}{l^2} \right)$$

여기서, P : 설계앵커력 (kg) ν : 흙의 포아송비
 l : 앵커간격 (m) ϕ : 흙의 내부마찰각
 σ_{kr} : 극한하중한계(kg/m²) m_k : 안전율(=3~5)
 σ_r : σ_{kr} 의 영향을 받는 정착체 위의 토괴가 측벽에 작용하는 응력(kg/m²)

2.2.2 정착장

CGP-앵커의 정착장(l_B)⁽²⁾은 그림 1과 식 (3)을 사용하여 계산한다.

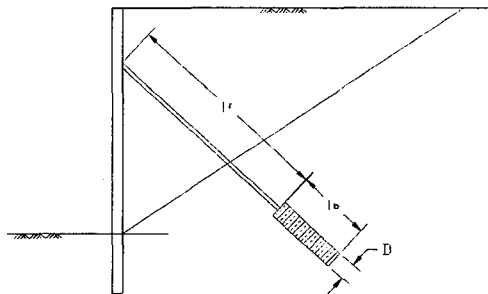


그림 1. 앵커의 매설단면

$$F_{SA} \cdot T \leq \tau_e \cdot \pi \cdot (D \cdot l_b) + q \cdot s \quad (3)$$

2.3.2 앵커체의 표준 조립도

그림 4는 CGP-앵커체의 표준조립상태를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 정착장 구간에 팽창성 팩 및 정착체를 사용한다.

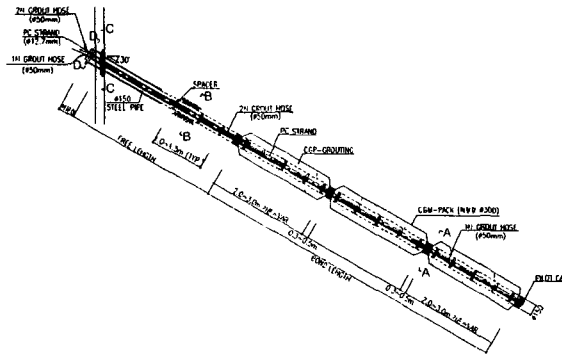


그림 4. CGP-앵커의 표준조립도

3. 시험시공

3.1 지반의 특성

지반조사 결과⁽³⁾는 표 4와 같고, 각 지층별로 특성을 요약하면 다음과 같다.

표 4. 지반조사결과

공 번	매 립 층			연 압 (m)
	층후 (m)	분류	N-치	
BH-1	16.5	GM	7~50이상	16.5이하
BH-2	2.8	BOULDER	50 이상	16.3이하
	13.5	GM	19~50이상	
BH-3	3.0	BOULDER	50 이상	12.8이하
	9.8	GM	18~50이상	

(1) 매립층

본 층은 탄광지대에서 폐탄을 매립하여 형성된 지층으로 BH-2, BH-3 위치는 상부 2.8~3.0m 두께로 호박돌 섞인 전석층이 분포하며 하부는 9.8~13.5m 두께로 모래섞인 자갈층으로 분류되는 폐탄층이 분포하고 있다. BH-1 위치에서 지표면하 16.5m까지 폐탄으로 매립된 지층이다.

본 층에서 실시할 예정이었던 투수시험은 매립시 인위적인 다짐작업 없이 매립된 지층으로 느슨하고 공극이 많아 천공수 전망이 누수로 현장투수시험이 불가능하였다.

본 층에서 실시한 표준관입시험결과 N치는 7~50회 이상이나 구성성분이 자갈층으로 샘플러 슈에 굵은 입径의 자갈이 위치할 경우 매우 큰 값을 나타낼 수 있으므로 전체적으로 N치는 10회 정도의 느슨한 층으로 판단된다.

(2) 연암층

매립층 하부에 분포하는 기반암층으로 심하게 풍화된 상태로 확인되며 균열과 절리가 발달되어 코아 회수율이 저조한 상태로 확인되고 있다.

3.2 현장시험시공

폐탄 매립지역에 CGP-앵커를 시공하였을 때⁽⁴⁾의 자유장, 정착장길이에 따른 앵커체 주면과 지반과의 마찰저항을 고찰할 목적으로 5공 시행을 각 열 1단에서 표 5와 같은 사양으로 시공하였다.

표 5. 시험용 앵커체의 사양

공 번	설계하중(ton)	자유장(m)	정착장(m)	여유장(m)	계	P.C STRAND (ϕ 12.7mm)
39-1	45	6.0	9.0	1.5	16.5	5EA
40-1	45	6.5	5.0	1.5	13.0	5EA
41-1	45	9.0	6.0	1.5	16.5	5EA
42-1	45	9.0	6.0	1.5	16.5	5EA
43-1	45	9.0	6.0	1.5	16.5	5EA

3.3 시험결과분석

(1) 앵커체와 지반과의 마찰저항

시험공의 잭킹하중은 65ton으로 확인되었으며 폐탄 매립지역의 마찰저항(τ)은 $\tau = Pa/\pi \cdot d \cdot l$ 에서 계산한 결과의 평균값은 $\tau = 1.118 \text{kg/cm}^2$ 이었다.

(2) 앵커의 사양

흙막이 공사에서 CGP-앵커를 적용하기 위하여 앵커체 주면마찰저항과 정착체의 소요 매설 심도를 검토한 후 표 6. 과 같이 결정, 본 시공을 시행키로 결정하였다.

표 6. CGP-앵커의 사양

TYPE	설계 하중 (ton)	설치 각도 ($^{\circ}$)	잭킹 하중 (ton)	CGP-앵커체				
				자유장(m)	정착장(m)	여유장(m)	계 (m)	
A	1단	40	30	53	4.0	6.5	1.5	12.0
B	1단	40	30	53	5.0	6.5	1.5	13.0
	2단	40	30	53	4.0	6.5	1.5	12.0
C	1단	40	30	53	7.0	6.5	1.5	15.0
	2단	40	30	53	6.0	6.5	1.5	14.0
	3단	40	30	53	5.0	6.5	1.5	13.0
D	1단	40	30	53	8.0	6.5	1.5	16.0
	2단	40	30	53	7.0	6.5	1.5	15.0
	3단	40	30	53	6.0	6.5	1.5	14.0
	4단	40	30	53	5.0	6.5	1.5	13.0
E	1단	40	30	53	9.0	6.5	1.5	17.0
	2단	40	30	53	8.0	6.5	1.5	16.0
	3단	40	30	53	7.0	6.5	1.5	15.0
	4단	40	30	53	6.0	6.5	1.5	14.0
	5단	40	30	53	5.0	6.5	1.5	13.0

4. 흠막이공사에서 CGP-앵커 시공결과 및 분석

4.1 시 공

흠막이 공사용으로 CGP-앵커를 418공 시공하였다. 사진 1~9는 공정별 시공사진이며, 사진 7은 앵커시공 후 응력시공을 시행하고 있는 상황을 보여주고 있는 것이다.



사진 1. 착공전 현장전경



사진 2. 플랜트전경



사진 3. 케이싱천공



사진 4. 앵커체조립



사진 5. 앵커체삽입



사진 6. 물받받입주입(정착장)



사진 7. 수압판 설치

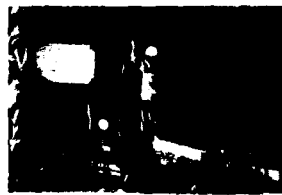


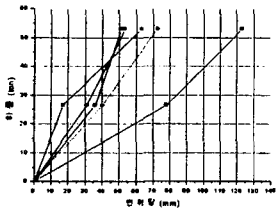
사진 8. 앵커체잭킹



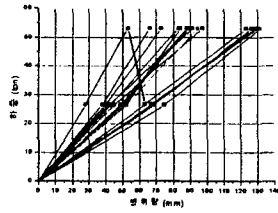
사진 9. CGP-앵커 시공후 전경

4.2 시공결과 및 분석

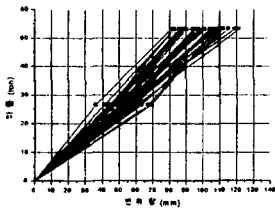
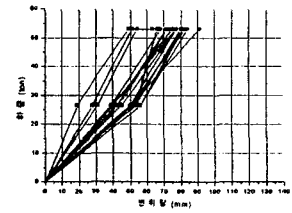
- (1) 잭킹하중이 26.5ton일 때의 변위량을 정착장지반의 소성변위량으로 고려하여 잭킹재의 탄성 변위량 범위에 포함시키지 않았고, 잭킹하중이 53ton일 때 초기 변위량과 재하시간 5분 경과 후의 변위량이 탄성변위량내에서 일치하지 않을 경우 추가로 5분간 재하하여 변위량을 측정하였다. 추가 5분간 재하시에도 변위발생시에는 재시공하였으며, 총 재시공수량은 17공이다.
- (2) 그림 6은 잭킹하중에 대한 변위량의 변화곡선을 나타낸 것이다.



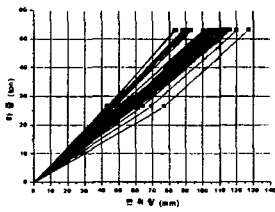
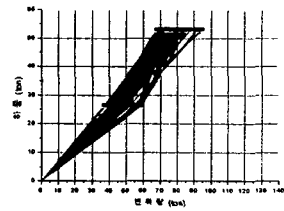
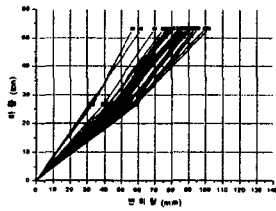
앵커형식 (A) - 1단 설치



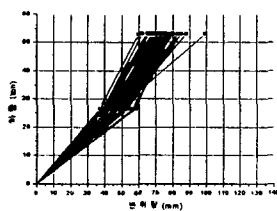
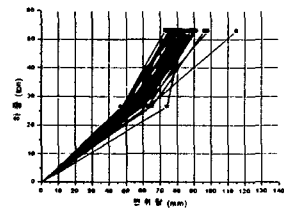
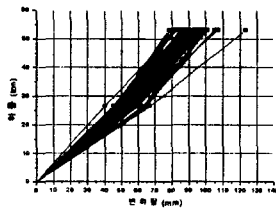
앵커형식 (B) - 2단 설치



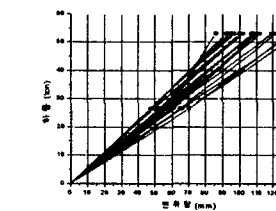
앵커형식 (C) - 3단 설치



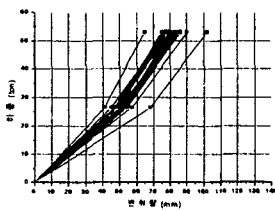
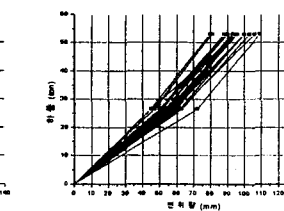
앵커형식 (D) - 4단 설치



앵커형식 (D) - 4단 설치



앵커형식 (E) - 5단 설치



앵커형식 (E) - 5단 설치

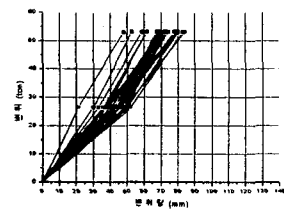
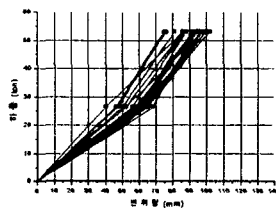


그림 6. 잭킹하중에 대한 변위량의 변화곡선

그림 6의 결과에서 1차 잭킹(25ton/공)시에는 변위량이 크게 나타났다가 2차 잭킹(53ton/공)이후에는 5분간 재하시 변위량에 변화는 발생하지 않은 것으로 나타났다.

CGP-앵커의 정착장 위치에 따라 소성변위량의 발생 범위는 17mm~78mm로 큰 차이를 보이거나 시공상의 오차를 고려하면 최대 60mm 이내로 추정할 수 있으며 탄성변위는 50mm 이내임을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

다짐없이 매립된 폐탄매립층의 흙막이공사용 어스앵커로 1998년 2월경에 적용시공된 복합형앵커인 CGP-앵커의 시공결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 다짐없이 매립된 폐탄매립층에서 복합형앵커는 짧은 정착장으로 앵커잭킹하중에 저항한 것으로 확인할 수 있었다.
- (2) 1차 잭킹(25ton/공)시에는 변위량의 범위는 17mm~78mm이내였으며 2차잭킹(53ton/공) 이후 변위량의 범위는 51~135mm로 나타났다. 이는 시공상의 오차가 포함된 것으로 판단되며, 시공성의 오차를 고려하면 추정 소성변위는 최대 60mm이내였고, 탄성변위는 50mm이내임을 확인할 수 있었다.
- (3) 2차 잭킹(53ton/공) 초기의 변위량과 5분간 재하후의 변위량을 비교 검측한 결과 변위량이 일치하여 소성변위가 추가로 발생치 않음을 확인할 수 있었다.
- (4) 본 시공사례에 의하면, 하중-변위곡선에서 변위량허용범위내에 있는 복합앵커(CGP-앵커)는 연약지반의 흙막이공사용 앵커로서 적용이 양호한 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. L.Hobst and J.Zajic, "Anchoring in Rock and soil", Developments in Geotechnical Engineering", Vol. 33, Elsevier Scientific Pub. Co, New York, 1983, pp.60~88.
2. Yamada Kunimichu, "土留め アンカ工法", 理工図書(株), 1982. 7. 25, pp.139~148.
3. 김충규, "황지-장성간 도로 확·포장공사 용벽구간 토질조사보고서", (주) 경인엔지니어링, 1998. 1, pp.10~13.
4. 태백시, "황지-장성간 도로 확·포장공사 수조 및 수리계산서", 1997. 1, pp.1525~1887.