

Auto back 인장장치를 이용한 제거식 앵커의 적용성

Application of Removable Ground Anchor Using Auto back Equipment

이 송* 이 성 원** 박 상 국*** 김 사 동****
Lee, Song Lee, Sung-Won Park, Sang-Kook Kim, Sa-Dong

Abstract

It is growing the application of the removal ground anchor with tension force for earth retaining constructions in the downtown. Nowadays, we can find the compression dispersion anchor on many site. But, it is occur some problems in behavior of anchors because of impossible to tense p.c strand uniformly with existing equipment due to different length of p.c strand. So we tried to tense each p.c strand uniformly with auto back equipment in-situ test. This study compared and analyzed apply to elastic theory in-situ test results of an existing equipment with those of auto back equipment. As a result of the test, It has been proved that differences of tension force in the existing equipment increases with increasing the number of p.c strand. This can cause an ultimate failure of the concentrated p.c strand and a shear failure of ground. So it has been proved that auto back equipment is necessary.

요 지

도심지의 흙막이 공사에서 앵커의 인장력에 의해 굴착면을 지지하는 제거식 그라운드 앵커의 사용성이 중시되고 있다. 현재 현장에서 주로 이용되고 있는 압축분산형 앵커는 강선의 길이가 달라 기존 인장장치로 긴장력 도입시 일정한 긴장력을 취할 수 없어 앵커 거동에 문제점을 야기하고 있다. 따라서 Auto back 인장장치를 사용하여, 각 강선에 일정한 긴장력의 도입을 시도하는 현장실험을 실시하였다. 본 연구는 기존 인장장치와 Auto back 인장장치의 현장실험에 따른 실험결과치를, 탄성론에 의거하여 계산된 이론치와 비교 분석하였다. 그 결과 기존 인장장치는 강선의 수가 증가할수록 긴장력 차이가 더 증가하고 있음이 확인되었다. 이는 하중이 집중된 강선의 극한파괴와 지반의 전단파괴를 야기할 수 있다. 따라서 Auto back 인장장치에 의한 긴장이 이루어져 강선에 긴장력을 균등 분배해야 한다.

Keywords : Removal ground anchor, Auto back equipment, Compression dispersion anchor

핵심 용어 : 제거식 그라운드 앵커, Auto back 인장 장치, 압축 분산형 앵커

* 서울시립대학교 토목공학과 교수

** 서울시립대학교 토목공학과

*** (주)주춧돌 ENG 대표이사

**** (주)젬트로 ENG

E-mail : sxcircle@hotmail.com 02-2210-2515

•본 논문에 대한 토의를 2004년 12월 31일까지 학회로 보내주시면 2005년 4월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서론

건설기술의 발달로 도심지의 건설공사는 대형화되고 있고 이에 따라 굴착공사의 지지기구로, 대지 경계선 침범 및 지반환경문제 등의 문제점이 보완된 제거식 앵커의 사용이 일반화되고 있는 실정이다. 앵커는 여러 개의 고강도 강재를 인장하여 인장력을 지반에 전달하여 굴착벽체를 지지하는 기구이다. 따라서 인장방식의 차에 따른 강재의 인장력은 설계인장력 결정에 매우 중요하다. 종래에 주로 이용되고 있는 인장방식은 Center hole 인장방식으로, 이를 이용 시 각각의 강재에 작용되는 인장력 차에 의한 앵커체의 과단으로 안전사고가 발생하는 문제점이 종종 발생하였다.

본 연구의 목적은 Center hole 인장방식과 Auto back 인장방식을 구분 비교하고 각 방식에 의한 강선의 인장력 차를 규명하여 설계 및 시공의 안전성과 효율성을 증진시키는데 있다. 이를 위해 5개소의 현장에서, Center hole 인장방식과 Auto back 인장방식으로 인장력을 준 후 이를 계측하여 비교분석하였다.

현장시험 분석 결과, Auto back 인장장치는 균등한 긴장력을 갖는 반면에 기존 인장장치는 불균등한 긴장력을 보였다.

2. 이론적 배경

2.1 압축 분산형 앵커의 연구 동향 및 배경

그라운드 앵커에 대한 연구는 국내외적으로 그리 활발하지 않다. 국내에서는 인발시험을 통한 인발특성이나 그라우트 강도에 관한 연구 등을 통하여 앵커체의 거동을 밝히려는 연구가 일부 있었고, 국외적으로도 그라운드 앵커에 대한 연구가 많지 않은 실정이다. 따라서 원론적인 이론이 아직까지 명확히 정립되어 있지 않은 실정이다. 특히 압축 분산형 앵커의 연구는 국내외적으로 미비한 상태이나 최근 국내 연구 성과로 압축 집중형 앵커의 경우에 파쇄대나 연약지반 등의 주변마찰저항치가 약한 지반에서는 앵커체의 인장력이



Fig. 1 압축 분산형 앵커체

크지 않다는 연구결과가 발표되었다. 이의 원인으로 하중이 집중된 앵커는 그라우트가 파괴되기 전에 지반과 그라우트의 파괴 또는 미끄럼이 먼저 발생할 수 있고, 하중집중이 선단부에 발생하게 되며 하중집중구간이 대상 지반의 극한 인발력을 상회하게 될 우려가 있기 때문이다. 앵커의 하중 분포를 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다.

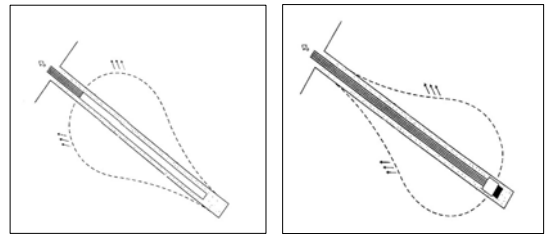


Fig. 2 인장형 앵커의 지반에서의 하중분포 Fig. 3 압축 집중형 앵커의 지반에서의 하중분포

인장형 앵커와 압축 집중형 앵커의 문제점을 해결할 수 있는 방법은 첫째 정착지반과 그라우트체의 극단적인 하중 집중이 일어나지 않아야 하며 둘째로 강선과 그라우트가 부착력으로만 하중이 전이되지 않도록 해야 하며 셋째로 모든 지반 조건 따라 허용 앵커력을 적용하기가 용이한 앵커라야 한다.

결국 하중 분산을 통해 하중 집중을 막고 강선의 자유부에 그라우트의 구속이 없어 부착에 의한 하중 손실이 작으며 극한 인발력이 작은 지반에도 작용성이 뛰어난 압축 분산형 앵커가 이러한 단점을 보완한 보다 합리적이고 경제적인 앵커라 할 수 있다.

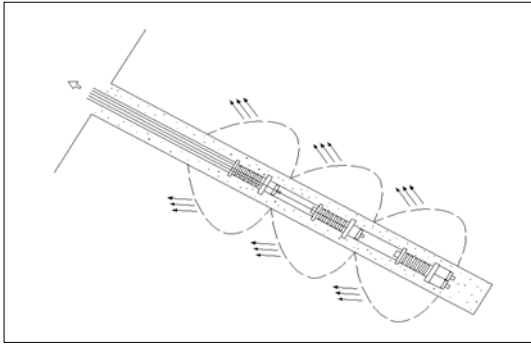


Fig. 4 압축 분산형 앵커의 지반에서의 하중분포

아직도 압축 분산형 앵커의 우수성을 검증하기 위해 많은 연구가 다방면에 걸쳐 이루어지고 있다. 그러나 압축 분산형 앵커의 강선 길이차로 인한 긴장력의 불균등 분배에 대한 연구는 국내외적으로 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 인장력의 균등한 분배와 불균등한 분배에 대한 검토를 현장실험을 통하여 정량적으로 해석하고자 한다.

2.2 압축 분산형 제거식 앵커의 종류

2.2.1 U턴 제거식 앵커

내부에 Grease를 칠한 폴리에틸렌으로 피복된 강선을 U턴형 내하체에 둘러 형성한 앵커를 U턴 제거식 앵커라 한다.



Fig. 5 U 제거식 앵커

등 공법은 협소한 공간에서는 적용하기가 힘들다. 그리고 장비에 의해 뽑힌 강선은 모두 휘어져 강선으로서의 재활용이 거의 불가능하다.

그러나 U턴 제거식 앵커는 긴장력을 선단 끝에서만 받는 압축형 앵커가 아니고 일정한 간격을 두고 떨어져 있는 내하체에서 긴장력을 분산하여 받는 압축 분산형 앵커로 지반에 대한 안전성이 우수한 앵커이다.

2.2.2 일자형 SPEED 제거식 앵커

SPEED형 제거식 앵커는 일자형 제거식 앵커로 하나의 몸체에서 하나의 강선이 물려 있고 몸체 내부는 그림과 같이 스프링과 웨지로 구성되어 있다.

SPEED형 제거식 앵커는 U-turn 제거식 앵커의 단점을 보완한 제거식 앵커로 강선 제거시 크레인 같은 장



Fig. 6 SPEED ! 앵커 체결 상태



Fig. 7 SPEED 제거식 앵커의 제거 순서

비 사용없이 인력으로도 제거가 가능하고 강선에 무리한 충격이나 변형 없이 거의 본 모습 그대로 회수가 가능하기 때문에 다른 앵커에서 재사용이 가능하며 시공이 용이하고 지반이 받는 전단응력을 최소화 할 수 있어 지반 적용성이 우수하고 안전성이 크다.

2.3 Auto back 인장장치

Auto back 인장장치는 다수의 강선을 인장하는 경우 동일한 길이의 늘임량으로 인장하는 기존 방식과 달리 길이나 처짐량이 각각 다른 강선에 동일한 긴장력을 주기 위해 각각 다른 늘임량을 주는 인장 장치를 말한다.

Auto back 인장장치는 각 강선마다 개개의 실린더를 가지고 있어 실린더의 각 이동량이 달라지는 반면에, 기존 인장장치는 중앙에 하나의 실린더로 구성되어 있어 실린더의 이동량 만큼을 각 강선이 같은 늘임량으로 가지게 된다.

Fig. 8은 기존 인장장치를 단순화 하여 나타낸 그림이다. 그림에서 강선 C는 시공이나 제작 과정 중 나타나게 되는 강선의 처짐량을 보이고 있다. 이 상태의 강선을 기존 인장장치로 인장을 실시하면 일정한 길이 L만큼 각각 강선을 긴장시킨다. 그러면 강선 C가 A보다 더 작은 긴장력을 받게 된다.

이와 달리 Fig. 9에서와 같이 Auto back 인장장치를



Fig. 8 기존 인장 장치의 단순 도식화

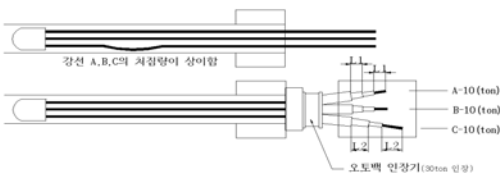


Fig. 9 Auto back 긴장 장치의 단순 도식화

사용하여 인장을 실시하면 처짐량이 상대적으로 많은 강선 C에서의 신장량은 다른 강선에 비해 커지고 강선 A, B, C가 동등한 긴장력을 가지게 된다. 즉 Auto back 인장장치는 모든 강선에 동등하게 긴장력을 분산시켜 한 강선에 힘이 집중되는 것을 방지하고 편심이나 자체 모멘트 등을 방지하여 앵커의 안전성과 효율성을 증대시킬 수 있는 것이다.

3. Auto back 인장장치와 기존 인장장치의 비교 시험 및 분석

시험은 기존 인장장치와 Auto back 인장장치를 시험하여 두 시험 군을 비교분석하였다. 시험에 사용된 그라운드 앵커는 SPEED형 압축 분산형 제거식 앵커를 사용하였다.

3.1 현장 위치 시험 방법

현장 시험을 실시한 공사 현장의 위치는 다음과 같다. 시험방법은, 시험용 앵커체를 삽입하고 그라우팅하여 1주 이상을 양생하였다. 인장은 기존 인장 장치인 Center hole과 Auto back 인장장치로 실시하였고 긴장응력은 200kgf/cm²와 400kgf/cm²로 실시하여 각각의 강선에 부과된 응력을 측정하였다.

Table 1 시험 현장

현장 NO.	현장 공사명	지정하중
A 현장	서울 ○○ 아파트 신축공사	200kgf/cm ² 400kgf/cm ²
B 현장	서울 ○○ 재개발 아파트 공사	200kgf/cm ² 400kgf/cm ²
C 현장	○○ 복원 건설공사	200kgf/cm ²
D 현장	○○ 동부간선도로 확·장공사	400kgf/cm ²
E 현장	서울 ○ 도심재개발공사	400kgf/cm ²

3.2 현장 시험 결과

현장 시험을 통한 계측 결과를 아래에 나타내었다. 여기서 지정하중은 Center hole인 경우 단면적이 86.54cm²인 실린더에 작용된 응력이고 Auto back인

경우 단면적이 75.36cm²인 총 실린더에 작용된 응력을 나타낸 것이다. 그리고 계측치는 Center hole인 경우 단면적이 21.20cm²인 계측실린더에 걸린 각 강선의 응력이고 Auto back인 경우 단면적이 18.84cm²인 하나의 실린더에 걸린 각 강선의 응력을 나타낸 것이다. 따라서, 각각의 계측치에 각 실린더의 단면적을 곱하여 톤(t)으로 표현하였다.

Table 2 A 1장 시험 결과치

지정 하중	강선 No.	계측치(kgf/cm ²)		계측치(tonf)	
		center hole	auto back	center hole	auto back
200kgf/cm ²	1	180	200	3.82	3.77
	2	70	200	1.48	3.77
	3	210	200	4.45	3.77
	4	260	200	5.51	3.77
400kgf/cm ²	1	380	400	8.06	7.54
	2	300	400	6.36	7.54
	3	410	390	8.69	7.35
	4	370	400	7.84	7.54

Table 3 B 현장 시험 결과치

지정 하중	강선 No.	계측치(kgf/cm ²)		계측치(tonf)	
		center hole	auto back	center hole	auto back
200kgf/cm ²	1	220	200	4.66	3.77
	2	210	200	4.45	3.77
	3	70	200	1.48	3.77
	4	200	200	4.24	3.77
400kgf/cm ²	1	400	400	8.48	7.54
	2	420	400	8.90	7.54
	3	310	400	6.57	7.54
	4	380	400	8.06	7.54

Table 4 C, D, E 현장 시험 결과치

현장	지정 하중	강선 No.	계측치(kgf/cm ²)		계측치(tonf)	
			center hole	auto back	center hole	auto back
C 현장	200kgf/cm ²	1	230	200	4.88	3.77
		2	190	200	4.03	3.77
		3	170	200	3.60	3.77
		4	200	200	4.24	3.77
D 현장	400kgf/cm ²	1	410	400	8.69	7.54
		2	380	400	8.06	7.54
		3	330	400	7.00	7.54
		4	340	390	7.21	7.54
E 현장	400kgf/cm ²	1	320	400	6.78	7.54
		2	290	400	6.15	7.54
		3	400	400	8.48	7.54
		4	390	400	8.27	7.54

A, B 현장의 각 강선의 응력 계측 결과를 살펴보면 Auto back 인장 장치는 거의 같은 하중을 받는 반면에 기존 인장 장치는 많은 차이를 보이고 있다.

C, D, E 현장의 결과치는 다음과 같다.

3.3 Center hole 긴장력 차의 분석

압축 분산형 앵커에서 응력 오차의 원인은 강선의 시공 중 부적절한 삽입에 의한 처짐이나 강선의 고장 제작 시 미세한 단면적 차이나 품질 차이에 의해 일어날 수 있다. 그러나 무엇보다도 이론적으로 해석이 가능한 가장 큰 원인으로는 길이 차로 인한 오차라고 할 수 있다. 이를 뒤받침 할 수 있는 식을 신장량으로 표현하여 다음과 같이 설명하였다.

$$\delta = \frac{FL}{EA} \quad (1)$$

이 식에서 모든 강선의 탄성 계수 E와 단면적 A가 같고 center hole 인장 장치에서 신장량(δ), 즉 늘임량이 같다면 인장력은 길이에 반비례하게 된다. 압축 분산형 앵커는 각각의 내하체 당 2가닥의 강선을 가지고 일반적으로 2~3m 간격으로 떨어져 있다. 그러므로 내하체가 다른 강선은 길이 차이를 보이며 그 차이만큼 인장력 차를 가지게 된다.

식(1)으로 늘임량을 구하기 위해 강선의 탄성계수는 E=2,040,000kg/cm²을, 단면적 A는 0.987cm²을 사용하였다. 시험한 앵커체의 길이 L은 아래와 같다.

위에 제시된 값을 식(1)에 적용하여 구해진 늘임량, δ과 같은 값이 더 짧은 길이를 가진 강선에 적용된 경우 그 강선에 작용된 하중은 더 커지게 된다.

Table 5 시험 대상 앵커의 길이

구 분	앵커체 길이 L (m)
A 현장	16.0
B 현장	18.0
C 현장	22.0
D 현장	13.5
E 현장	19.5

Table 6 각각 내하체의 강선의 늘임량과 긴장력차

구 분		A 현장		B 현장		C 현장	D 현장	E 현장
①	지정하중 P(kg)	4,330	8,670	4,330	8,670	4,330	8,670	8,670
②	전체 앵커체 길이(cm)	1,600		1,800		2,200	1,350	1,950
③ ② :격	짧은 강선 길이(cm)	1,400		1,600		2,000	1,150	1,700
④	늘임량 δ(cm)	3.44	6.89	3.87	7.75	4.73	5.81	8.40
⑤	축강성 EA(kg)	2,040,000 * 0.987 = 2,013,480						
⑥ ④⑤③	짧은 강선의 긴장력 P(kg)	4,947	9,909	4,870	9,753	4,762	10,172	9,949
⑦ ⑥①	긴장력 차이(kg)	617	1,239	540	1,083	432	1,502	1,279

현장 시험에서 400kgf/cm²의 하중을 받는 경우 강선 길이 2m차이에서 발생한 하중 차는 1t 이상 산출되고 있다.

Fig. 10은 시험 계측치와 탄성론에 의해 계산된 긴장력을 비교하여 나타내었다.

강선 No. 3과 4는 내하체 간격으로 인해 짧아진 강선이고 No. 1과 2는 전체 설계 앵커체 길이이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 계산된 값과 계측값 모두 강선마다 다른 긴장력을 보이고 있다. 또한 대부분 실제 앵커는 내부에 처짐을 가지므로 계측된 앵커들이 더 작은 긴장력을 가진다. 그리고 A, B현장의 1번 강선은 시공 중 상대적으로 처짐량이 커서 작은 긴장력을 받는 것으로 사료된다.

3.4 강선 6, 8가닥인 강선의 하중차

Fig. 10에서 보듯이 내하체의 각 강선들은 길이차이로 인해 다른 하중을 가지게 된다. 내하체가 3개나 4개 이상인 앵커체인 경우에는 강선 사이에 걸리는 하중 차는 더 큰 값을 가질 것으로 유추할 수 있다.

압축 분산형 앵커에서 6가닥의 강선은 3개의 내하체를 가진다. 각 내하체의 간격을 2m라 할 때 강선의 길이 차는 최대 4m의 차이를 가지게 된다. A현장과 B현장에서 400kgf/cm²의 지정하중을 가장 긴 강선에서 받는다면 늘임량이 모두 일정한 center hole 인장 장치에서 식(1)에 의해 다음 그래프와 같이 각각의 강선에 긴장력이 작용한다.

그래프에서 A현장에서 6가닥의 앵커를 사용한 경우 강선 사이의 긴장력 차는 최대 2.9t이 나오고 B현장의

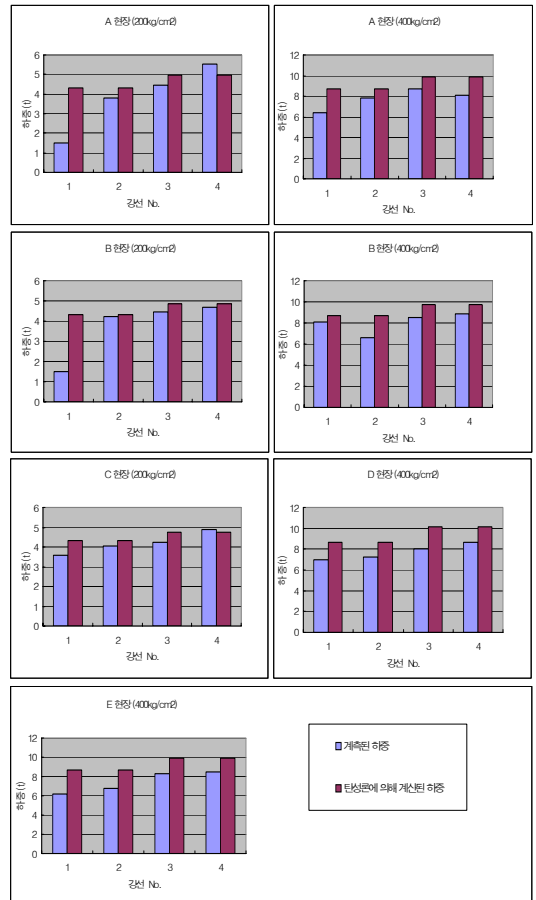


Fig. 10 계측된 긴장력과 계산된 긴장력 비교

경우 2.5t으로 모두 2t 이상의 차이를 보인다.

8개의 강선은 4개의 내하체를 가지며 가장 큰 길이 차는 6m의 차이를 보일 것이다. 즉 A 현장인 경우 최

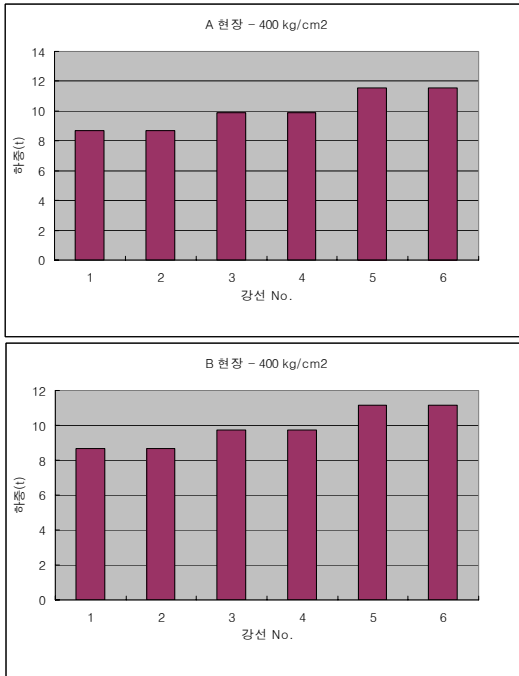


Fig. 11 6 | 인 경우 강선의 긴장력 분포

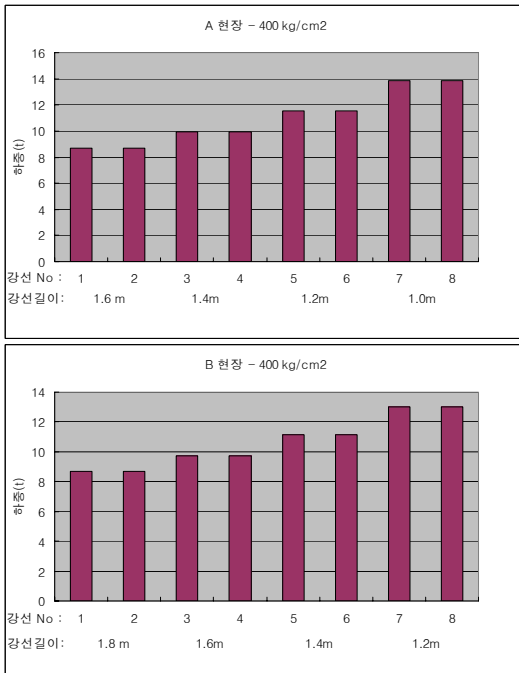


Fig. 12 8 | 인 경우 강선의 긴장력 분포

대 길이의 강선이 16m이고 최소 길이의 강선이 10m가 될 것이다.

A현장과 B현장에서의 그래프는 다음과 같다.

앞에서 유추한 각각 강선수에 따른 긴장력 분포에서 강선 사이의 긴장력 차이를 구하여 Fig. 13에 나타냈다.

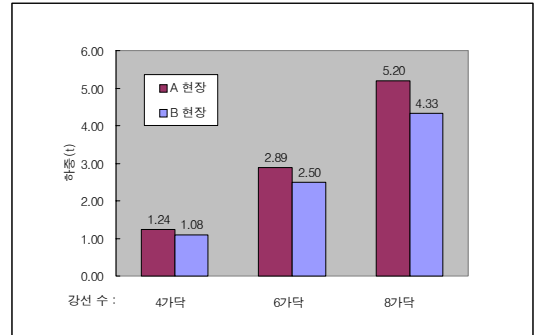


Fig. 13 강선수에 따른 강선 사이의 하중차

또한 위 Fig. 13을 지정하중에 대한 백분율로 나타내면 다음 그림과 같다.

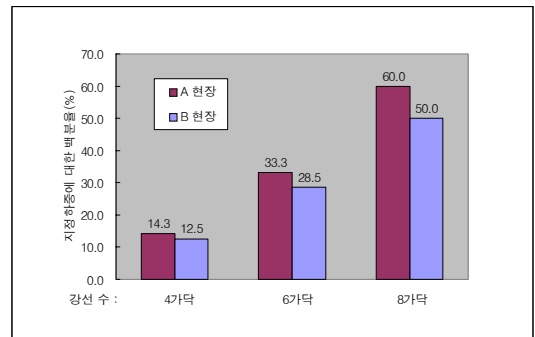


Fig. 16 강선수에 따른 하중 차의 백분율

강선 사이의 긴장력이 4가닥인 경우 10% 이상 차이를 보이며 8가닥인 경우 50% 이상의 차이를 보여주고 있다.

앵커에서 한 강선이 더 큰 긴장력을 받으면 지반 거동의 안정적인 면에서 문제가 발생될 수 있다. 또한 한 강선에 하중 집중으로 인해 파괴에 도달하여 하중이 옆, 위, 아래의 앵커로 전이되어 전체적인 구조물의 파괴를 야기할 수 있다. 이 때문에 하중 분산형 제거

식 앵커에서는 늘음량을 각각 강선마다 달리하여 강선 사이의 긴장력의 차를 제거할 수 있는 Auto back 인장장치를 사용한 긴장 작업이 필요하다.

4. 결 론

압축 분산형 제거식 앵커에 대한 연구와 다섯 현장에서 앵커의 긴장력 계측을 통해 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 압축 분산형 제거식 앵커는 하중을 분산 시켜 지반 파괴에 안전성이 높고 강선의 자유부에 그라우트의 구속이 없어 부착에 의한 하중 손실이 작으며 극한 인발력이 작은 지반에도 작용성이 뛰어난 앵커이다.
- 2) 압축 분산형 제거식 앵커는 기존 인장 방법을 사용 시 강선의 길이차로 인하여 각기 다른 긴장력을 갖는다.
- 3) Auto back 인장장치를 사용하여 앵커를 인장한 경우 모든 강선에 동등하게 긴장력이 분배되었다. 그러나 기존 인장 방법으로 인장한 경우 강선의 개수가 증가할수록 강선사이의 긴장력 차이가 증가함을 보였다.

결론적으로 기존 인장장치는 강선수가 많을수록 그 안전성을 신뢰할 수 없다. 따라서 앵커의 시공 분수가 증가하게 되어 경제적으로도 불리해 진다. 이에 반해 Auto back 인장장치는 하중이 집중된 강선의 하중을 다른 강선에 균등하게 분배하여 강선의 파괴와 지반의 파괴에 대한 안전성을 확보할 수 있다. 또한 하중의 편심으로 인한 긴장력 저감 등의 문제를 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

향후 본 과제의 연구 방향은 보다 많은 현장에서의 계측 결과치를 수집해야 할 것이며 토질 상태에 따른 Auto back 인장장치의 적용성에 대해 고찰해야 할 것이다.

참고문헌

1. 김낙경(1999), 그라운드 앵커의 하중전이 현상에 대한 연구, 지반공학회 가을학술발표논문집.
2. 김성규(2001), 압축형 그라운드 앵커의 하중전이에 관한 연구, 석사학위논문, 성균관대학교.
3. 임종철, 홍석우(1998), SSC 앵커공법, 부산대학교 지반공학연구실.
4. AASHTO(1990), Tieback specifications, AASHTO-AGE-ARTBA Task Force 27
5. Briaud(1998), J. L, Power, W. F., Weatherby, D. E., Should Grouted Anchors Have Short Tendon Bond Length?, ASCE, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 124, No. 2.
6. Desai, C. S.(1968), Interaction Analysis of Anchor Soil Systems, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.112, NO.5, 1986.
7. Littlejohn, G.S, Recent Developments in Ground Anchor Construction, Ground Engineering, Vol.1, NO.3, pp.32-36.
8. Littlejohn, G.S(1973), Ground Anchors today-a foreword, Ground Engineering, Vol. 6.

(접수일자 : 2004년 9월 6일) (급행)