

자동 인장 장치에 의한 압축 분산형 앵커의 적용성 Application of Compression dispersion Anchor Using Auto back Equipment

이 송* 박상국** 정용은*** 이성원***
Lee, Song Park, Sang Kook Jeong, Young Eun Lee, Sung Won

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 in-situ test results of an existing equipment with those of auto back equipment by applying elastic theory. 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 strands. This can cause the ultimate failure of the concentrated p.c strand and the shear failure of ground. So it has been proved that auto back equipment is necessary.

1. 서론

건설기술의 발달로 도심지의 건설공사는 대형화되고 있고 이에 따라 굴착공사의 지저기구조, 대지 경계선 침범 및 주변환경문제 등의 문제점이 보완된 세기식 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 파단으로 안전사고가 발생하는 문제점이 종종 발생하였다. 본 연구의 목적은 Center hole 인장방식과 자동 인장방식을 구분 비교하고 각 방식에 의한 강선의 인장력 차를 규명하여 설계 및 시공의 안전성과 효율성을 증진시키는데 있다. 이를 위해 5개소의 현장에서, Center hole 인장방식과 자동 인장방식으로 인장력을 준 후 이를 계측하여 비교분석하였다. 현장시험 분석 결과, 자동 인장장치는 균등한 긴장력을 갖는 반면에 기존 인장장치는 불균등한 긴장력을 보였다.

* 서울시립대학교 토목공학과 교수, 정회원
** 주춧돌E.N.G 대표이사, 정회원
*** 서울시립대학교 석사과정, 학생회원
**** 서울시립대학교 석사과정, 학생회원

2. 이론적 배경

2.1 압축 분산형 앵커의 연구 배경 및 동향

그라운드 앵커에 대한 연구는 국내적으로 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.

국내 연구 성과로 인장형 앵커의 경우에는 압축형 앵커에 비해 그라우트에 균열이 발생하며 강선의 움푹임으로 하중 지점과 진행성 파괴에 의한 인발력 저감을 피하기 어렵다는 연구결과가 있었다. 또한 압축 분산형 앵커의 연구는 국내의 적으로 미비한 상태이나 최근 국내 연구 성과로 압축 집중형 앵커의 경우에 파쇄대나 언약지반 등의 주변파괴저항치가 약한 지반에서는 앵커체의 인장력이 크지 않다는 연구결과가 발표되었다. 이의 원인으로 하중이 집중된 앵커는 그라우트가 파괴되기 전에 지반과 그라우트의 파괴 또는 미끄러짐이 먼저 발생할 수 있고, 하중집중이 선단부에 발생하게 되며 하중집중구간이 대상 지반의 극한 인발력을 상회하게 될 우려가 있기 때문이다.

인장형 앵커와 압축 집중형 앵커의 문제점을 해결 할 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.

그림 2는 각 앵커의 하중 분포를 나타내고 있다.

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 국내 외적으로 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 인장력의 균등한 분배와 불균등한 분배에 대한 경도를 현장시험을 통하여 정량적으로 해석하고자 한다.

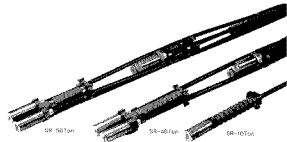


그림 1 압축 분산형 앵커체

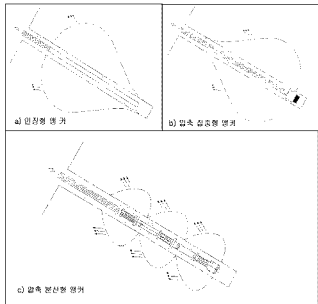


그림 2 각 앵커의 하중 분포도

2.2 자동 인장장치

자동 인장장치는 다수의 강선을 인장하는 경우 동일한 길이의 늘음량으로 인장하는 기존 방식과 달리 길이나 처짐량이 각각 다른 강선에 동일한 긴장력을 주기 위해 각각 다른 늘음량을 주는 인장 장치를 말한다.

자동 인장장치는 각 강선마다 계개의 실린더를 가지고 있어 실린더의 각 이동량이 달라지는 반면에, 기존 인장장치는 승압에 하나의 실린더로 구성되어 있어 실린더의 이동량 만큼을 각 강선이 같은 늘음량으로 가지게 된다.

그림 3은 기존 인장장치를 단순화 하여 나타낸 그림이다. 그림에서 강선 C는 사공이나 제차 과정에서 나타나게 되는 강선의 처짐량을 보이고 있다. 이 상태의 강선을 기존 인장장치로 인장을 실시하면 인장한 길이 L만큼 각각 강선을 긴장시킨다. 그러면 강선 C가 A보다 더 작은 긴장력을 받게 된다. 이와 달리 그림 4에서와 같이 자동 인장장치를 사용하여 인장을 실시하면 처짐량이 상대적으로 많은 강선 C에서의 신장량은 다른 강선에 비해 커지고 강선 A, B, C가 동등한 긴장력을 가지게 된다. 즉 자동 인장장치는 모든 강선에 동등하게 긴장력을 분산시켜 한 강선에 힘이 집중되는 것을 방지하고 편심이나 자재 노후도 등을 방지하여 앵커의 안전성과 효율성을 증대시킬 수 있는 것이다.

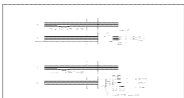


그림 3 기존 인장 장치의 단순 도식화

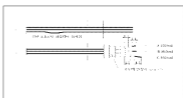


그림 4 자동 인장 장치의 단순 도식화

3. 자동 인장장치와 기존 인장장치의 비교 시험 및 분석

시험은 기존 인장장치와 자동 인장장치를 시험하여 두 시험 결과를 비교분석하였다. 시험에 사용된 그리드 앵커는 SPEED형 압축 분산형 제거식 앵커를 사용하였다.

3.1 현장 시험 방법

현장 시험은 A, B, C, D, E로 나누어 5개소의 흙막이 현장에서 실시하였다. 시험방법은 먼저 시험용 앵커제를 삽입하고 그라우팅하여 1주 이상을 양생하였고 인장은 기존 인장 장치인 Center hole 과 자동 인장장치로 실시하였고 긴장 용력은 200kgf/cm²와 400kgf/cm² 실시하여 각각의 강선에 부과된 용력을 측정하였다.

3.2 현장 시험 결과

현장 시험을 통한 계측 결과를 표 1, 2, 3에 나타내었다. 여기서 지상하중은 Center hole인 경우 단면적이 86.54cm²인 실린더에 작용된 용력이고 자동 인장장치인 경우 단면적이 75.36cm²인 총 실린더에 작용된 용력을 나타낼 것이다. 그리고 계측치는 Center hole인 경우 단면적이 21.20cm²인 계측 실린더에 작용된 각 강선의 용력이고 자동 인장장치인 경우 단면적이 18.84cm²인 하나의 실린더에 작용된 각 강선의 용력을 나타낼 것이다. 따라서, 각각의 계측치에 각 실린더의 단면적을 곱하여 톤(t)으로 표현하였다.

각 현장의 각 강선의 용력 계측 결과를 살펴보면 자동 인장장치는 거의 같은 하중을 받는 반면에

기존 인장 장치는 많은 차이를 보이고 있다.

표1 A현장 시험 결과치

지정 하중	강선 No.	계측치(kgf/cm ²)		계측치(tonf)	
		center hole	자동 인장	center hole	자동 인장
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

표2 B 현장 시험 결과치

지정 하중	강선 No.	계측치(kgf/cm ²)		계측치(tonf)	
		center hole	자동 인장	center hole	자동 인장
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

표3 C, D, E 현장 시험 결과치

현장	지정하중	강선 No.	계측치(kgf/cm ²)		계측치(tonf)	
			center hole	자동 인장	center hole	자동 인장
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

3.3 Center hole 긴장력 차의 분석

압축 분산형 앵커에서 긴장력 차의 원인은 강선의 시공 중 부적절한 삽입에 의한 치짐이나 강선의 고장 제작 시 미세한 단면적 차이나 품질 차이에 의해 일어 날 수 있다. 그러나 무엇보다도 이론적으로 해석이 가능한 가장 큰 원인으로서는 길이 차로 인한 오차라고 할 수 있다. 이를 뒷받침 할 수 있는 식을 신장량으로 표현하여 식(1)과 같이 나타내었다.

$$\delta = \frac{FL_c}{EA} \text{-----식(1)}$$

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 내하재 당 2개의 강선을 가지고 일반적으로 2~3m 간격으로 떨어져 있다. 그러므로 내하재가 다른 강선은 길

이 차이를 보이며 그 차이만큼 인장력 차를 가지게 된다.

식(1)로 늘음량을 구하기 위해 강선의 탄성계수는 $E=2,040,000\text{kg}/\text{cm}^2$ 을, 단면적 A 는 0.987cm^2 을 사용하였다. 구한 늘음량이 더 짧은 길이를 가진 강선에 적용된 경우 그 강선에 적용된 하중은 더 커지게 될것이다. 늘음량과 긴장력을 표 4에 나타내었다.

표 4 각각 내하재의 강선의 늘음량과 긴장력차

구분	A현장		B현장		C현장		D현장		E현장	
① 지정하중 P(kg)	4,330	8,670	4,330	8,670	4,330	8,670	8,670	8,670	8,670	8,670
② 현채 앵커 길이(cm)	1,600		1,800		2,200	1,350	1,950			
③=②-① 짧은 강선 길이(cm)	1,400		1,600		2,000	1,150	1,700			
④ 늘음량 δ (cm)	3.44	5.89	3.87	7.75	4.73	5.81	8.40			
⑤ 축강성 EA(kg)	2,040,000 * 0.987 = 2,013,480									
⑥=③*④/⑤ 짧은 강선의 긴장력 P'(kg)	4,947	9,909	4,870	9,753	4,762	10,172	9,949			
⑦=⑥-① 긴장력 차이(kg)	617	1,239	540	1,083	432	1,502	1,279			

현장 시험에서 $400\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 하중을 받는 경우 강선 길이 2m차이에서 발생한 하중 차는 1t 이상 산출되고 있다.

그림 5은 시험 계속치와 탄성본에 의해 계산된 긴장력을 비교하여 나타내었다.

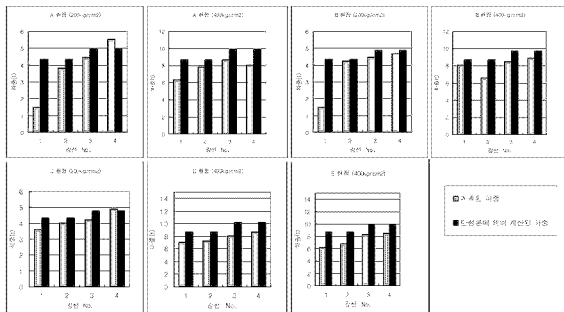


그림 5 계속된 긴장력과 계산된 긴장력 비교

강선 No.3과 4는 내하체 간격으로 인해 짧은 강선이고 No.1과 2는 전체 설계 앵커체 길이이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 계산된 값과 계속값 모두 강선마다 다른 긴장력을 보이고 있다. 또한 계속된 앵커들은 처짐 보정을 위한 초기 긴장이 없어서 더 작은 긴장력을 가진다. 그리고 A, B현장의 1번 강선은 시공 중 상대적으로 처짐량이 커서 작은 긴장력을 받은 것으로 사료된다.

3.4 강선 8가닥인 강선의 하중차

그림 5에서 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 8가닥의 강선은 4개의 내하체를 가진다. 각 내하체의 간격을 2m라 할 때 강선의 길이 차는 최대 6m의 차이를 가지게 된다. 또한 6가닥의 강선을 갖는 앵커는 4m의 강선 길이차를 가진다. 각 강선수에 따라 A현장과 B현장에서 400kgf/cm²의 지경하중을 가장 긴 강선에서 받는다면 늘음량이 모두 일정한 center hole 인장 장치에서 식(1)에 의해 계산된 긴장력은 다음 그래프와 같이 각각의 강선에 작용한다.

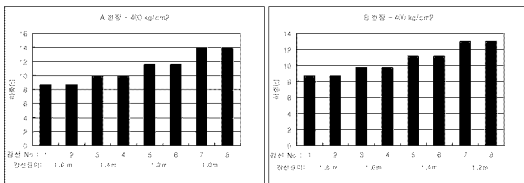


그림 6 강선이 8개인 경우 강선의 긴장력 분포

4가닥, 6가닥 그리고 8가닥의 각 강선수에 따른 긴장력 분포에서 강선 사이의 긴장력 차를 구하여 그림 7에 나타내었고 이를 지경하중에 대한 백분율로 그림 8에 나타내었다.

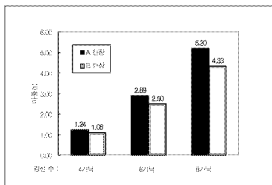


그림 7 강선수에 따른 강선 사이의 하중차

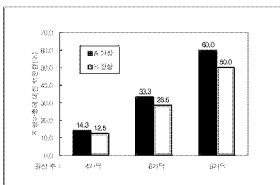


그림 8 강선수에 따른 하중 차의 백분율

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

4. 결론

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

1. 압축 분산형 제거식 앵커는 하중을 분산 시켜 지반 파괴에 안전성이 높고 강선의 자유부에 그라운드 구조가 없어 부착에 의한 하중 손실이 작으며 극한 인발력이 작은 지반에도 적용성이 뛰어난 앵커이다.
2. 압축 분산형 제거식 앵커는 기존 인장 방법을 사용 시 강선의 길이차로 인하여 각기 다른 긴장력을 갖는다.
3. 자동 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 본수가 증가하게 되어 경제적으로도 불리해진다. 또한 한 강선에 하중 집중으로 인해 파괴에 도달하여 하중이 주변의 앵커로 전이되어 전체적인 구조물의 파괴를 야기할 수 있다. 이에 반해 자동 인장장치는 하중이 집중된 강선의 하중을 다른 강선에 균등하게 분배하여 강선의 파괴와 지반의 파괴에 대한 안전성을 확보할 수 있다. 이 때문에 압축 분산형 제거식 앵커에서는 늘음량을 각각 강선마다 달리하여 강선 사이의 긴장력의 차를 제거할 수 있는 자동 인장장치를 사용한 인장 작업이 필요하다.

참고문헌

1. 김낙경(1999), 그라운드 앵커의 하중선이 현상에 대한 연구, 지반공학회 가을학술발표논문집
2. 임종철, 홍석우(1998), SSC 앵커공법, 부산대학교 지반공학연구소
3. AASHTO(1990), Tieback specifications, AASHTO -AGE-ARTBA Task Force 27
4. 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
5. Desai, C. S.(1968), Interaction Analysis of Anchor -Soil Systems, ASCE, Journal of Geotechnical Engineering, Vol.112, NO.5, 1986
6. Littlejohn, G.S, Recent Developments in Ground Anchor Construction, Ground Engineering, Vol.1, NO3, pp32-36
7. Littlejohn, G.S(1973), Ground Anchors today-a foreword, Ground Engineering, Vol. 6