

## 오토백 인장장치의 적용성

### Application by Auto Back Tension System

박상국, Sang-Kook, Park  
(주)주춧돌 대표이사/공학박사/상명대학교겸임교수

**Abstracts :** The ground anchoring has been utilized over 40 years. It is growing the application of the removal ground anchor with tension force for holding earth retaining constructions in the city.

It transmits tension stress of prestressed steel wire through grouting to fixed the ground that is of great advantage adjacent ground stability.

Nowadays, we can find the compression dispersion anchor on many site. But, it has some problems in behavior of anchors because of impossible to tense p.c strand uniformly under the existing equipment due to different length of p.c strand.

Hence, motive of this research was to study the application of the newly developed tension system, that analyze and compare with the current anchoring method build on the data of in-site test and laboratory test.

As a result, in case of auto back tension system, it became clear that tension pressure was equally distributed among the steal wires but the existing tension system showed sign of instability by indicating stress deflection of about 30% compare with design load.

This can cause an ultimate failure of the concentrated p.c strand and a shear failure of ground.

**Keyword :** tension system, tension pressure, anchor

## 1. 서 론

가설구조물의 벽체를 앵커체의 인장력에 의해 지지하는 기능을 하는 앵커공법은 강선의 인장력이 중요한 설계요소가 된다.

앵커체 내에는 수개의 설계 강선들이 삽입되며, 설계시 각각의 강선은 동일한 인장력을 보유한다고 가정한다. 삽입된 강선을 한개의 실린더에 의해 인장하는 기존 인장방식으로 인장했을 경우 각각의 강선에 작용하는 인장력의 크기와, 각각의 강선에 실린더를 연결하여 인장하는 오토백 인장방식에 의해 인장된 강선의 인장력 크기를 실내시험과 현장시험을 통하여 비교 분석하므로서 오토백 인장장치의 적용성을 검토하였다.

## 2. 실내인장시험

### 2.1 실내 인장시험 방법

그림2.1은 실내시험의 구성내용을 보여주는 사진으로 그림에 보이는 H-BEAM을 지지하여 정착구와 실린더를 연결하고, 압력기준치를  $200\text{kgf/cm}^2$  과  $300\text{kgf/cm}^2$  으로 하여 각각의 강선에 대한 긴장압을 측정하였다.

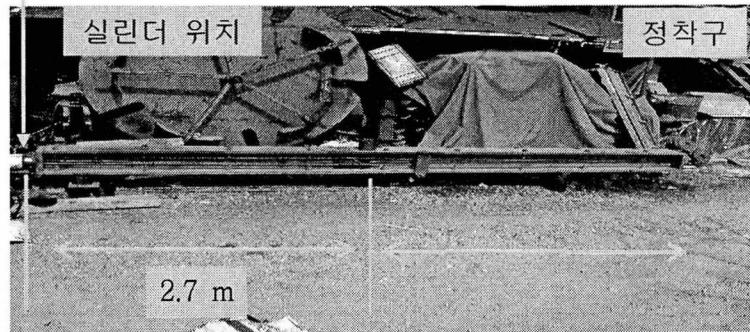


그림 2.1 실내시험

### 2.2 실내 인장시험결과 및 분석

4가닥의 강선에 지정하중  $200\text{kgf/cm}^2$  과  $300\text{kgf/cm}^2$  을 기준으로 기존인장방식과 오토백 인장방식에 의한 인장시험 결과를 표로 나타내면 표 2.1과 같다. 시험결과 오토백 인장장치에서는 동일하게  $200(\text{kgf/cm}^2)$ 의 압력이 주입됨을 표2.1을 통하여 알 수 있으며,  $300(\text{kgf/cm}^2)$ 의 압력을 주입하였을 경우에도 지정압과 유사한  $290(\text{kgf/cm}^2)$ ~ $300(\text{kgf/cm}^2)$ 의 압력이 작용되어 거의 편차가 없는 것으로 나타났다. 이는 오토백 인장장치에서는 각각의 강선에 각각의 실린더가 부착되어 압력을 각각 조정할 수 있기 때문이다. 반면 기존 인장장치에서 지정하중  $200(\text{kgf/cm}^2)$ 의 압력에서, 4번 강선은  $260\text{kgf/cm}^2$ 을 압력을 받아 지정하중에 대하여  $60\text{kgf/cm}^2$  압력이 초과된 반면 1번 강선은  $130\text{kgf/cm}^2$ 의 압력을 받아 지정하중에 대하여  $70\text{kgf/cm}^2$ 의 하중을 적게 받고 있음을 알 수 있으며, 최대와 최소의 차이는  $130\text{kgf/cm}^2$ 의 범위에 있는 것으로 파악되었다.

표 2.1 실내인장시험 결과

시험항목	지정하중 (압력) ( $\text{kgf/cm}^2$ )	강선번호 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	시험결과( $\text{kgf/cm}^2$ )	
			기존인장장치	Auto Back
지정하중시 기기지시치	200	1	130	200
		2	230	200
		3	160	200
		4	260	200
	300	1	280	300
		2	360	290
		3	230	290
		4	260	300

즉 지정하중의 최소 65%와 130%의 범위에서 압력이 작용하는 것으로 파악되었다. 지정하중 300(kgf/cm<sup>2</sup>)의 압력에서도 2번 강선은 360kgf/cm<sup>2</sup>을 압력을 받아 지정하중에 대하여 60kgf/cm<sup>2</sup> 압력이 초과된 반면 3번 강선은 230kgf/cm<sup>2</sup>의 압력을 받아 지정하중 대비 70kgf/cm<sup>2</sup>의 하중을 적게 받고 있음을 알 수 있으며, 최대와 최소의 차이는 130kgf/cm<sup>2</sup>의 범위에 있는 것으로 파악되었다.

그림 2.2는 지정하중 200kgf/cm<sup>2</sup>에 대한 오토백과 기존 인장장치에 의해 인장된 강선별 인장하중을 그래프로 나타낸 것이다.

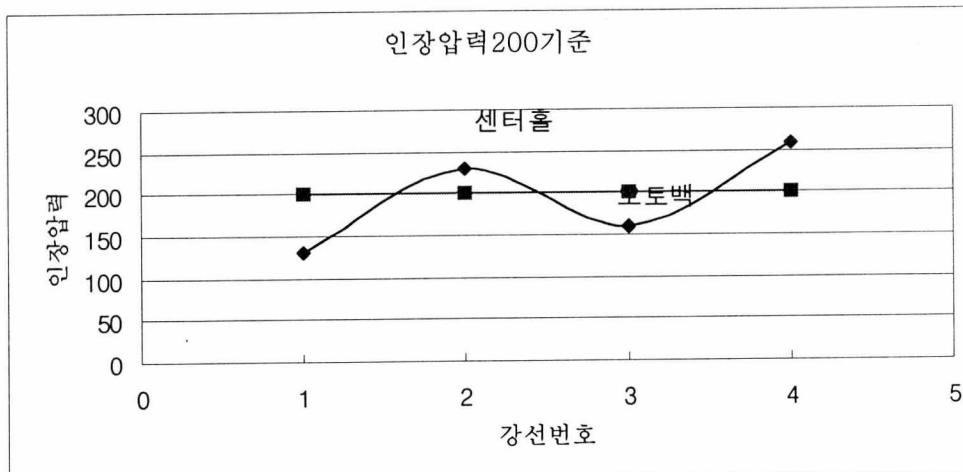


그림 2.2 지정하중 200kgf/cm<sup>2</sup>에 대한 실내시험 결과

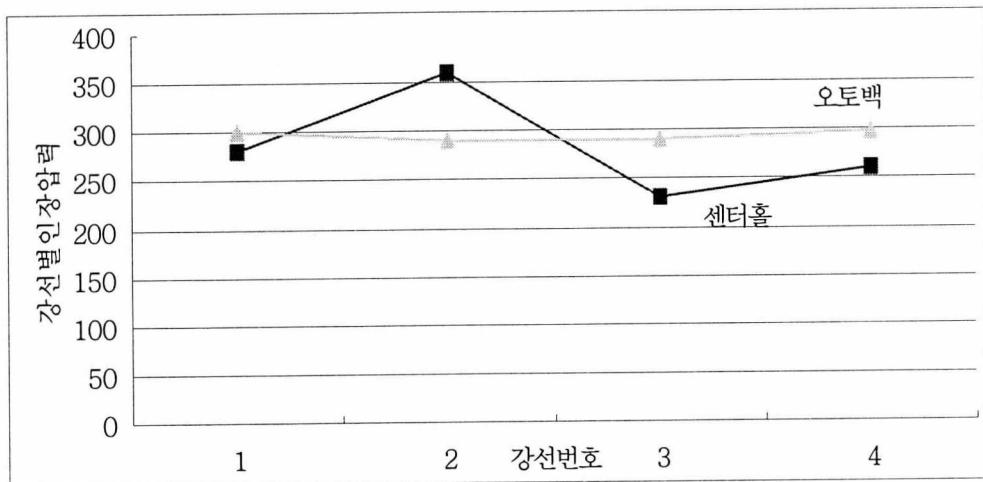


그림 2.3 지정하중300kgf/cm<sup>2</sup>에 대한 실내시험 결과

그림2.3은 지정하중 300(kgf/cm<sup>2</sup>)에 대한 오토백과 기존 인장장치에 의해 인장된 강선별 인장하중을 그래프로 나타낸 것으로 그라프에서 알 수 있듯이 오토백 인장장치에 의해 인장된 강선의 인장력은 동일한 반면 기존인장장치에 의해 인장된 강선의 인장력은 매우 큰 편차를 보이는 것으로 나타났다. 지정하중에 대하여 최소 77%와 최대 120%의 범위에서 압력이 작용한 것으로 나타났다. 결론적으로 기존 인장장치에 의한 인장 시 각각의 강선에 작용하는 압력은 지정압을 기준으로 ±30%의 범위에 있는 것으로 판명되어 각각의 강선에 작용하는 압력은 서로 200%까지 차이가 보이는 것으로 나타났다. 기존 인장장치는 하나의 인장실린더로 수개(4개)의 강선을 동시에 인장하므로 각각의 강선은 동일한 압력을 받고 강선의 늘음량 또한 동일하다는 가정을 전제로 한다.

이론적으로 인장압력이 서로 다르면 동일조건에서 동일재료의 늘음량은 서로 달라야 된다. 그러

나 실험에서 알 수 있었듯이 기존 인장장치로 인장된 각각의 강선은 서로 매우 큰 편차의 압력을 받는 반면, 늘음량은 동일한 것으로 나타났다. 이에 대한 원인은 두 가지로 해석할 수 있다.

각각의 강선이 동일한 1개의 실린더에 정착되어 있어 각각의 강선을 구속하는 구조로 되어 있기 때문에 늘음량은 동일한 것으로 판단되나, 늘음량이 큰 강선은 실린더에 압축응력으로 작용하게 되고 늘음량이 작은 강선 즉 인장압력을 적게 받은 강선은 실린더에 인장응력으로 작용하게 되어 실린더 내에서 에너지효율이 재분배되거나 실린더의 강성이 압축응력과 인장응력을 스스로 지탱하여 늘음량의 편차를 제거하는 경우로 해석 할 수 있을 것이다. 전자의 경우 실린더에 큰 손상은 없을 것으로 판단되나 후자의 경우 반복응력이 장기적으로 작용할 경우 실린더에 손상을 가져올 수 있을 것으로 판단된다.

그러나 4개의 강선 각각에 작용하는 압력이 매우 큰 편차를 보인 반면, 전체를 합한 경우, 즉  $200(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 을 지정압으로 하는 경우 전체는  $800(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 이 지정압이 되나 실제 작용한 압력은  $780(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 로 나타나 지정압과 근사한 값을 나타냈으며,  $300(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 을 지정압으로 하는 경우에도 전체는  $1200(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 의 지정압에 실제 작용하는 압력은  $1130(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 으로 지정압과 근사한 값을 나타냈다.

오토백 인장장치는 각각의 강선에 각각의 실린더가 부착되어, 각각의 강선은 서로 다른 인장압을 작용시킬 수 있으며, 이에 따라 각각의 강선에 작용되는 늘음량도 서로 다르게 나타난다. 늘음량은 강선의 길이와 인장압력과 비례하는 반면 강선의 단면적과 탄성계수와는 반비례한다.

오토백 인장장치에 의해 강선을 인장할 경우 강선의 길이별 설계인장력을 서로 다르게 하여 각각의 강선에 작용하는 응력을 동일하게 할 수 있다. 이는 앵커체내에 작용하는 응력을 등분포시키는 역할을 하며 동시에 그라우트체에도 균등한 응력분포를 발생시키며, 또한 지반에 대한 여도 균등한 응력분포를 발생시키는 효과가 있다.

반면 기존 인장장치는 하나의 실린더로 여러 개의 강선을 동시에 인장하므로 각각의 강선에 작용하는 인장압력은 표2.1에 명시된 바와같이 최대 200%의 매우 큰 편차를 보인 반면 늘음량은 동일한 값으로 나타났다.

인장압력이 상대적으로 크게 작용하는 강선에 응력집중현상이 발생되는 반면 인장압력이 작게 작용하는 강선은 응력 이완되어 Pre-stress의 기능이 약화되며, 응력 집중되는 강선이 취약부가 되어 향후 파단 가능성성이 상대적으로 높은 것으로 조사되었다.

### 3. 현장인장시험

현장 시험을 실시한 공사 현장은 총5곳으로 오토백 인장장치와 기존인장장치에 의한 인장압 측정을 위한 현장실험 위치는 표 3.1의 A~E현장으로 명시하였다.

표 3.1 현장시험 위치

시험목적	현장 NO.	현장 명	비고
오토백인장 시스템과 기존인장 시스템에 의한 인장압력시험	A 현장	서울 중산동아파트신축공사	지정하중 $200\text{kgf}/\text{cm}^2$ , $400\text{kgf}/\text{cm}^2$
	B 현장	서울 답십리 재개발 아파트 공사	
	C 현장	청개천 복원 건설공사	
	D 현장	공주동부간선도로확·포장공사	
	E 현장	서울양동2지구도심재개발공사	

### 3.1 시험 방법

현장시험용 앵커체를 삽입하고 그라우팅하여 양생된(1주 이상) 후 Auto back 인장 장치와 기존 인장장치를 장착하고, 압력기준치를 200, 400 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )으로 하여 강연선을 인장하고 각각의 강선별 압력을 측정하였다.

### 3.2 현장 시험 결과 및 분석

그림3.1과 그림3.2는 지정하중 200( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )와 400( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )로 인장한 결과를 나타내었다.

여기서 지정하중은 center hole인 경우 단면적이 86.54 $\text{cm}^2$ 인 실린더에 걸린 응력이고 auto back인 경우 단면적이 75.36 $\text{cm}^2$ 인 총 실린더에 걸린 응력을 나타낸 것이다. 그리고 계측치는 center hole인 경우 단면적이 21.20 $\text{cm}^2$ 인 계측실린더에 걸린 각 강선의 응력이고 auto back인 경우 단면적이 18.84  $\text{cm}^2$ 인 하나의 실린더에 걸린 각 강선의 응력을 나타낸 것이다.

4가닥의 강선에 200( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력을 주입하였을 경우, 그림3.1을 통하여 오토백 인장장치에서는 동일하게 200( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력이 주입됨을 알 수 있으며, 400( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력을 주입하였을 경우에도, 16개의 시험 강선 중 14개 강선은 지정압과 동일한 400( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력으로 주입되었고 2개의 강선은 390( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력이 작용되어 거의 편차가 없는 것으로 나타났다.

반면 기존 인장장치는 4가닥의 강선에 200( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력을 주입하였을 경우, 기존 인장장치에서 A현장의 4번 강선은 260( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )을 압력을 받아 지정하중에 대하여 60( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )압력을 초과하여 받는 반면 2번 강선은 70( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 압력을 받아 지정하중에 대하여 130( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 하중을 적게 받고 있어 편차가 매우 크게 나타났으나, C현장의 경우 170~230 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 범위로 편차가 그리 크지 않고 B현장의 경우 3번 강선을 제외하면 편차가 크지 않게 나타났다.

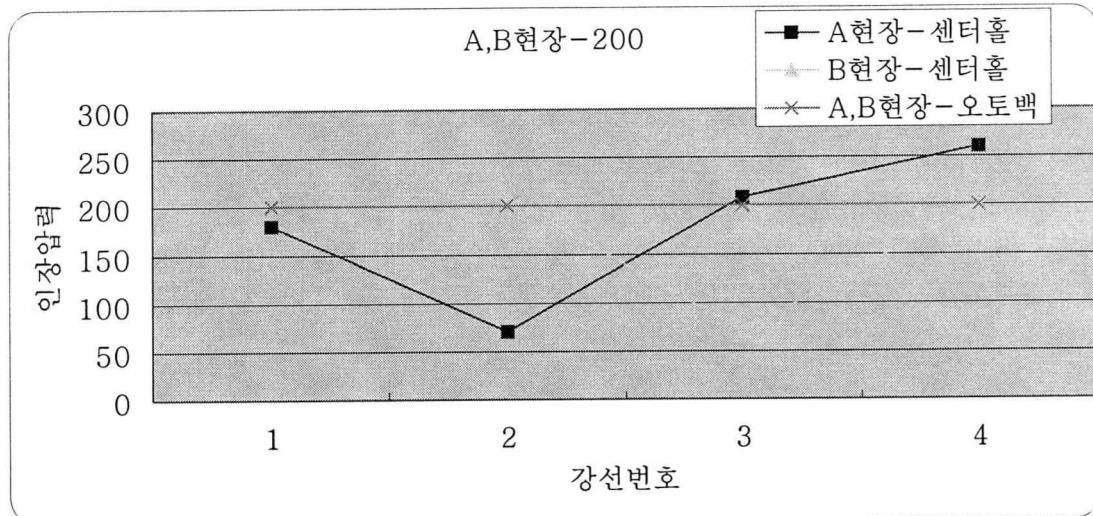


그림 3.1 현장시험(지정압 200 $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

A현장에서 4가닥 강선에 작용한 지정 인장압은 800( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )인 반면 실제 적용된 압력은 720( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )으로 약 10%의 압력 손실이 있음을 보여주고 있으며 B현장에서는 700( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )으로 약 12%의 압력 손실이 있고, C현장의 경우 790( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )로 압력 손실이 거의 없는 것으로 나타났다.

각각의 강선에 지정인장압을 400( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )로 한 경우 A현장은 300~410 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 범위를 나타내고, B현장은 310~420( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )의 범위를 보여주고 있으며, D현장과 E현장은 각각 330~410( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )

$\text{cm}^3$ )와 290~400( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )의 범위를 나타내고 있어 편차범위는 약30%의 범위인 것으로 나타났다.

4개의 강선 각각에 작용하는 압력이 매우 큰 편차를 보인 반면 전체를 합한 경우 즉 400( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )을 지정압으로 하는 경우, 전체는 1600( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )이 지정압이 되나 실제 작용하는 압력은 A현장에서 1460( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )로 나타나 지정압에 91%의 값을 나타냈으며, B현장에서는 1510( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )으로 지정압에 95%의 값을 D현장에서는 1480( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ ), E현장에서는 1400( $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )으로 지정압에 대하여 각각 99%와 87%의 값을 보여주고 있어 지정압이 클수록 각각의 강선에 작용하는 압력편차가 작아지는 양상을 보여주고 있다.

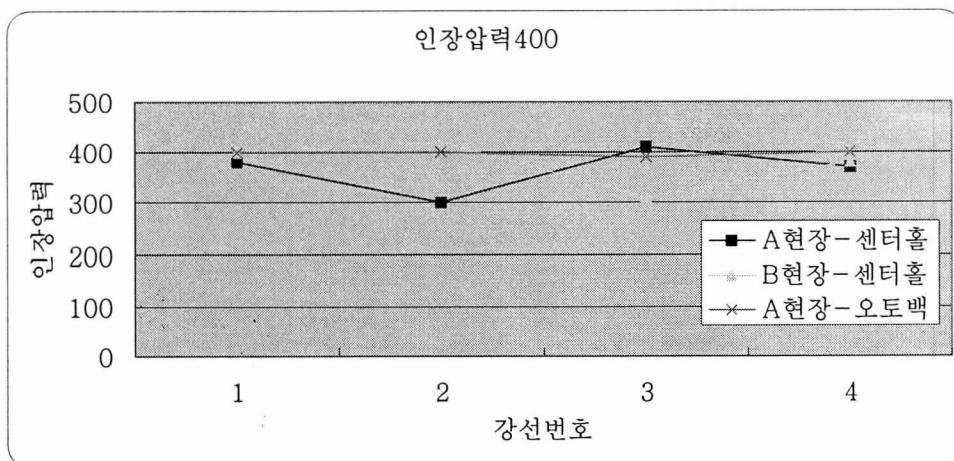


그림 3.2 현장시험(지정압 400 $\text{kgf}/\text{cm}^3$ )

#### 4. 기존인장장치의 강선 인장력편차 원인분석

실험을 통하여 나타난 바와 같이 기존 인장장치의 경우 각각의 강선에 작용하는 인장압력에 대한 편차가 크다. 이를 좀더 세밀하게 분석하기 위하여 각각의 시험결과의 오차의 정도를 파악하여 통계적 기법을 이용하여 표4.1로 나타내었다. 각 오차는 지정 하중에서 나온 힘을 4가닥의 강선이 받으므로 4로 나누어서 한 강선이 받는 힘을 구하고 그 값과 현장 계측 결과치 와의 차를 오차로 하였다.

각각의 오차 평균값은 1t 내외의 값을 보이고 있다. 최대 계측치와 최소 계측치의 차이가 B, C, D, E 현장은 일반적으로 약 2t 내외의 차이를 보이고 있으나, A현장에서는 4t 이상의 긴장력 차이를 나타내고 있다. 이러한 이유는 시험당시 처짐량 보정을 위한 초기 인장이 반영되지 못한 것으로 추정된다.

표 4.1 기존인장 장치의 설계하중에 대한 긴장력 오차

강선 하나의 지정하중	강선 no.	긴장력 오차 (t)					
		A 현장	B 현장	실내 시험	C 현장	D 현장	E 현장
$200\text{kgf/cm}^2$ 에서 $\square 17.31t \div 4$ $= 4.33t$	1	0.51	0.33	1.57	0.55	-	-
	2	2.85	0.12	0.55	0.30	-	-
	3	0.12	2.85	0.94	0.73	-	-
	4	1.18	0.09	1.18	0.09	-	-
	평균	1.17	0.85	1.06	0.42	-	-
	최대차	4.03	3.18	2.75	1.28	-	-
$400\text{kgf/cm}^2$ 에서 $\square 34.62t \div 4$ $= 8.67t$ ( $300\text{kgf/cm}^2$ 에서 $\square 25.96t \div 4$ $= 6.49t$ ) * ()는 실내시험치	1	0.61	0.19	0.55	-	0.02	1.89
	2	2.31	0.23	1.14	-	0.61	2.52
	3	0.02	2.10	1.61	-	1.67	0.19
	4	0.83	0.61	0.98	-	1.46	0.40
	평균	0.94	0.78	1.07	-	0.94	1.25
	최대차	2.33	2.33	2.75	-	1.69	2.33

## 5. 결 론

Auto back 인장장치를 사용하여 앵커를 인장한 경우 모든 강선에 동등하게 인장압력이 분배되어 응력분포가 균등한 것으로 판명되었으나, 기존인장장치로 인장한 경우 지정하중 대비 약30%의 편차를 나타내면서 응력의 불균등 분포 양상을 보이며 불안전성을 나타내었다.

강선별 인장하중을 서로 다르게 할 수 있는 오토백 인장방법이, 강선별 인장하중이 동일한 기준 인장방법에 비하여 응력분포의 배분면에서 안전성이 우수하며, 강선 수가 많을수록 그 효과는 더욱 우수한 것으로 판명되었다.