

# 토구조물의 안정성 확보를 위한 정착력 손실 최소화 간격유지장치 어스앵커에 관한 연구

## A Study of the Anchorage loss of Ground Anchor Using Spacing Apparatus and Spring for Soil Structure Stability

정 상 민\* / 이 승 원\*\* / 유 지 형\*\*\* / 이 근 호\*\*\*\*

Jeong, Sang Min / Lee, Seong Won / Yoo, Ji Hyeung / Lee, Keun Ho

### Abstract

A ground anchor system is used as a load carrying element for soil structure stability. The conventional systems with ground anchors bring about the anchorage loss of wedges when anchors are installed for the support of soil structures. Hence we developed the new type of anchor system using both the spacing apparatus and spring (length 60mm, diameter 6mm). In this system, we can directly check the condition of wedges and PS strands and modify the problems with the slip and anchorage of wedges under construction. For demonstrating the superiority of this system, we carried out a series of both laboratory and field test. Consequently, we can obtain satisfactory result (18.99% reduction to the loss of conventional systems). Moreover, the replacement of wedges is easy and simple when retensioning of strands.

**key words** : Earth Anchor, Slip, Spacing Apparatus, Soil Structure Stability

### 요 지

본 연구에서는 각종 토구조물의 붕괴 안정성 확보를 위하여 사용중인, 기존의 어스앵커공법의 문제점인 초기 인장시 썩기의 Slip을 최소화하기 위하여, 간격유지구와 썩기삽입장치(스프링)를 연구개발하였다. 간격유지장치를 이용한 어스앵커에 대한 실내시험을 통하여 PS강연선에 손상이 발생하지 않는 스프링의 상세(길이 60mm, 직경 6mm)를 도출하였으며, 본 장치는 썩기 및 PS강연선의 상태를 육안으로 관측할 수 있으며 썩기의 Slip을 최소화하여 인장효율을 높일 수 있는 장점이 있으며 현장적용결과도 우수한 결과를 얻었다. 또한 본 장치는 재인장 작업시 썩기를 제거 및 교체가 가능하여 효율성을 높일 수 있었다.

**핵심용어** : 어스앵커, 슬립, 간격유지구, 토구조물 안정성

### 1. 서 론

사회가 산업화됨에 따라 도시 및 지형공간의 효율적인 이용을 위하여 지하공간에 대한 활용이 점차 늘

어나고 있다. 이러한 지하공간의 활용은 북유럽 등에서는 이미 오래전부터 발달되어 왔으나, 국내에서는 지하철, 고층빌딩의 지하층, 지하주차장, 지하상가, 지하발전소 등에 이용되고 있다. 앵커공법은 이러한 지

\* 한진중공업 건설기술연구소 선임연구원 (e-mail : smjeong@hanjinsc.com)

\*\* 정회원 · 경북대학 토목설계과 교수

\*\*\* 경일대학교 토목공학과 교수

\*\*\*\* 호승시스템 대표이사

하공간을 확보하기 위한 굴토공사시 각종 토구조물을 영구적 또는 임시로 지지하기 위하여 가장 널리 쓰이고 있는 공법이다. 어스앵커 공법은 구조물과 지반의 양자에 PS강연선의 양단부를 고정하여 PS강연선에 프리스트레스를 부여함으로써 구조물을 가설적 및 영구적으로 발생하는 과대한 응력, 변형, 변위 등에 대하여 안정시키기 위해 설치하는 것인데, 구조물 지지기간에 따라 가설앵커와 영구앵커로 나누어지며 구별법은 보통 2년을 기준으로 하고 있다. 가설앵커는 본체 구축물의 공사가 종료 후에 철거하는 것으로 도시부에 있어서 많이 적용되고 있다. 영구구조물의 사례로는 구축물의 지진대책, 흙붕괴 억지, 사면안정, 구축물의 전도 방지, 지하수위 이하에 설치되는 구조물의 부상방지, 지진이나 폭풍에 의한 기초구조물의 이간억지, 편토압이 작용하는 구조물, 송전철탑과 같은 탑상구축물, 교량의 기초 등의 안정화 등이 있다.

기존방법의 경우 그림 1과 같이 앵커시공시 인장력을 도입하면 가압장치는 하부받침판에 접촉된 정착구를 하측으로 압박하게 되고, 가압장치의 피스톤은 상부받침판에 고정된 PS강연선을 상측으로 밀게 되면서 인장력이 도입된다. 인장력(Jacking Force)은 설계축력에 20~30%를 더해 그 목표값까지 인장력이 가해진 후, 가압장치를 해체하면 PS강연선이 다시 토류벽 구조물 측으로 수축을 일으키게 되는데 이때 정착구의 썸이 썸작용을 시작하면서 PS강연선을 정착구에 고정하여 그 수축을 방지하고 PS강연선에 가해진 인장력이 정착구를 통해 구조물 전체에 전달된다.

이와 같은 기존의 방법은 정착구의 썸부재의 Slip(미끄러짐)에 의한 인장력 손실이 발생되며, 설계축력의 20~30%를 초과하여 인장해도 대부분의 경우 손실율이 크게 발생하며, 시간에 따른 정착력 저하시어스앵커 재인장 방법 및 효율이 적절하지 못하였다.

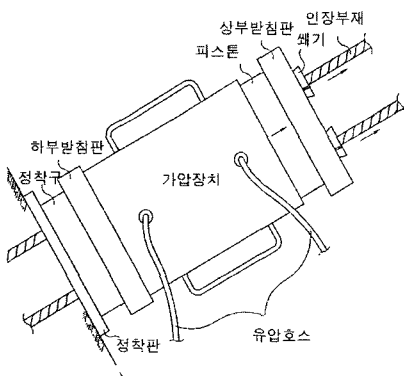


그림 1. 유압식 가압장치에 의한 어스앵커

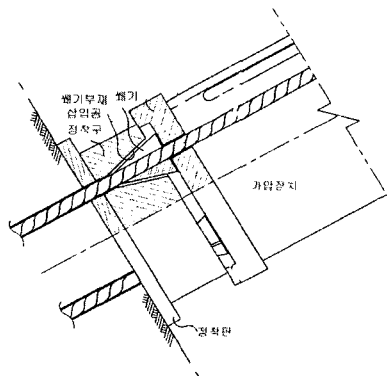


그림 2. 기존 인장 방법

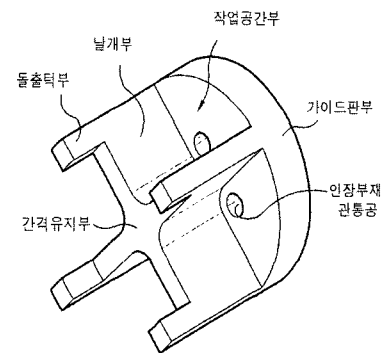


그림 3. 간격유지구 형상

따라서 본 연구에서는 기존 앵커시공방법의 문제점을 파악하여 초기인장 및 재인장시 문제점을 개선, 보완할 수 있는 간격유지구를 개발 제안하고자 한다.

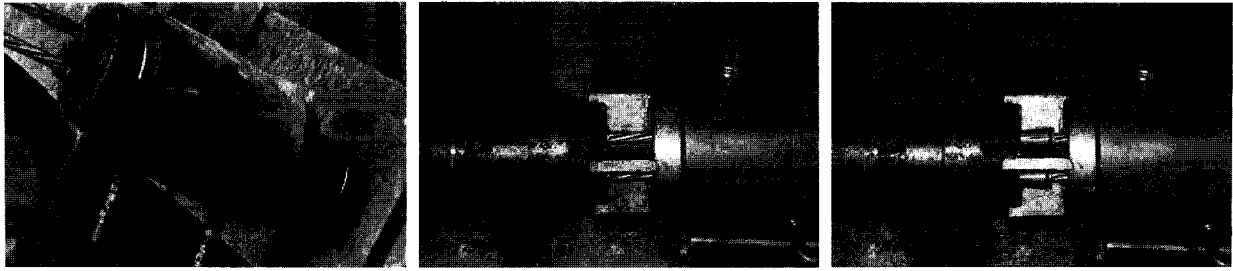
## 2. 간격유지구의 특성 및 썸기삽입장치

### 2.1 간격유지구의 개발 및 특성

어스앵커 설치작업시 그림 2처럼 가압장치로 인장력을 가한 후 인장력을 제거하면 PS강연선이 다시 구조물 측으로 수축을 일으키며 정착구의 썸이 썸작용을 개시하면서 PS강연선을 정착구에 고정하여 수축하게 된다. 이때 가해진 인장력이 구조물 전체에 전달되도록 한다. 그런데 이러한 경우 인장력 해체시 썸이 삽입공에 위치하여 썸작용을 하기 전까지 PS강연선의 수축에 대하여 저항할 수 없기 때문에 썸의 Slip으로 인해 손실율이 크게 발생하는 문제점이 발생한다. 즉 그림 2의 여유공간부가 7mm인 점을 감안 할때, 삽입공에 썸이 삽입되면 3~4mm의 돌출부가 생기므로 자연적으로 3~4mm의 Slip이 발생하게 된다.

이와 같은 문제점을 개선하고자 그림 3과 같은 형상의 간격유지구의 모형을 개발하게 되었다. 간격유지구는 정착구와 가압장치 사이에 장착되는 것으로 PS강연선 인장시 정착구와 가이드판부 사이가 이격되는 구조이며, 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- (1) 하부받침판 대신 간격유지구를 사용하면, 육안으로 썸 및 PS강연선의 상태를 확인할 수 있으며, 유압기에 의해 Jacking Force 값까지 인장 후, 썸기삽입장치에 의해 썸을 삽입공에 완전히 삽입할 수 있다. 또한 유압을 제거하더라도 종래 썸의 Slip에 의한 인장력 손실을 최소화 할 수 있다.



(a) 기존방법(재인장)                      (b) 간격유지구를 이용한 재인장                      (c) 재인장후 썬기 교체전

그림 4. 기존 및 간격유지구를 이용한 재인장

(2) 기존 정착구에 대한 재인장의 경우, 간격유지구에 의해 재인장 작업시 기존의 썬기의 제거 및 교체를 위한 작업공간을 충분히 확보할 수 있으므로, 그림 4의 (a)와 같이 재인장용 Ring이나 정착구가 추가로 필요 없으며, 결합이 있는 썬기를 새로운 썬기로 교체할 수 있다. 또한 새로이 소요되는 인장력이 썬기부재의 Slip에 의한 손실없이 확실하게 인장력을 도입할 수 있어 자재를 절감하면서도 재인장 효율을 높일 수 있다.

간격유지구의 구성요소의 주요기능을 살펴보면 다음과 같다.

표 1. 간격유지구의 구성요소 및 주요기능

구분	주요기능
돌출턱부	정착구의 하부에 설치되는 정착판의 상면에 접촉되도록 형성
작업공간부	재인장시 썬기의 제거 및 교체가 용이하도록 공간 마련
가이드판부	기존 하부받침판과 같이 가압장치의 압력이 가해지는 부분
PS강연선 관통공	가압장치에서 정착구로 통하는 PS강연선의 연결을 유도
간격유지구	정착구 상면에 지지되어 작업공간부가 유지되도록 하는 부분

## 2.2 썬기삽입장치

기존 정착구 위에 놓이는 하부받침판 없이 간격유 지구에 스프링을 설치할 경우, 기존인장방법의 여유공간부로 인한 자연적인 Slip(3~4mm)이 발생하지 않으며, 육안으로 썬기의 상태(편심, PS강연선 손상상태)를 파악할 수 있다. 이러한 간격유 지구에 하부받침판의 역할을 대체하고자 썬기삽입장치로 작업공간부에 스프링부재를 적용하여 검토하였다.

그림 5와 같이 초기 인장시 간격유 지구에 스프링부재를 두어 인장시 썬기의 돌출에 의한 Slip을 방지하고 인장완료 후 썬기를 압박하여 삽입공에 위치시킨다.

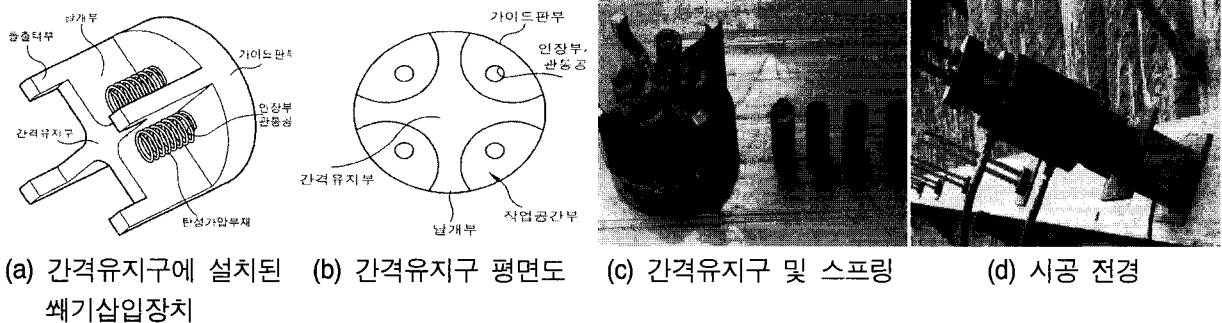
또한 4개의 돌출턱부가 구비되는 구조를 취하기 때문에 간격유 지구에 가해지는 유압장치의 압력이 정착구 뿐만 아니라, 스프링에 의해 정착판에 대해서도 전달되므로 편심하중에 의한 좌굴저항성이 높아지며 작업을 용이하게 할 수 있다.

## 3. 앵커 인장시험 및 현장시험

### 3.1 앵커 인장시험

#### 3.1.1 실험 개요 및 내용

본 시험에서는 인장작업시 PS강연선이 미끄러져



(a) 간격유 지구에 설치된 썬기삽입장치                      (b) 간격유 지구 평면도                      (c) 간격유 지구 및 스프링                      (d) 시공 전경

그림 5. 스프링을 이용한 어스앵커 시공

들어가고 썰기식 정착장치의 Slip은 3~4mm(제조사별, 종류에 따라 다름)로 비교적 크게 발생하는 기존 인장방법과 작업공간부에 스프링 직경을 달리하여 적용한 후 인장력 손실을 비교하여 Slip을 최소화하는 상세를 살펴보고자 한다.

본 시험에서 사용된 정착구, 썰기, 콘의 형상은 S사 제품을 사용하였으며 스프링 투입압력을 스프링 직경 4, 5, 6, 7mm의 압력으로 재하 하였다. 또한 시험에서 사용된 PS강연선은 Seven wire strand로 단면적이 0.987cm<sup>2</sup>, 항복강도 15,000kgf/cm<sup>2</sup>, 인장강도 17,700kgf/cm<sup>2</sup>이다. 시험에서 사용된 PS강연선 인장기 및 유압기 또한 S사 제품을 사용하였다. 인장시 압력 및 실린더 단면적은 표 2와 같다.

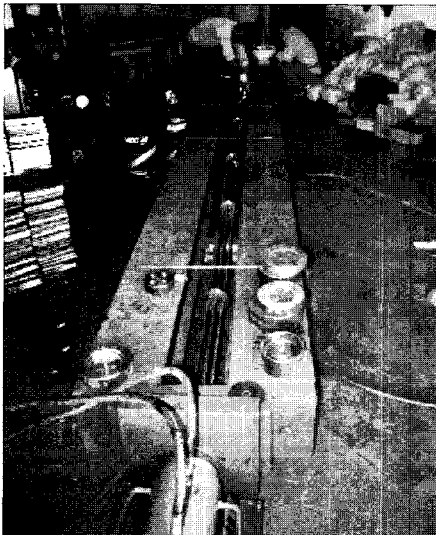


그림 6. 실내시험 장치

표 2. 실내시험 조건

유압(P)	실린더 단면적	케이블단면적	PS강연선
360kgf/cm <sup>2</sup>	83.33cm <sup>2</sup>	0.987cm <sup>2</sup> (7연선)	8m

### 3.1.2 시험수행방법

앵커 양단 중 한 곳은 실린더에 유압을 가해 고정시켜 하중계를 설치하였으며 인장하는 곳은 0.1P/min의 속도로 인장하여 도입된 하중을 측정하였다. 이후 현장과 동일하게 2분간 인장력을 유지하고, 기존방법과 스프링부재에 대해 정착시 Slip에 의한 하중 손실을 측정하였으며 PS강연선, 썰기의 손상 여부를 파악하였다.

## 3.2 실험 결과 및 분석

### 3.2.1 기존 어스앵커 인장시험

기존방법으로 인장시험을 한 결과, 인장시 27.48 tonf, 정착시 24.01tonf으로 12.63%의 손실이 발생하였다. 또한 PS강연선 및 썰기의 손상은 발생하지 않았다.

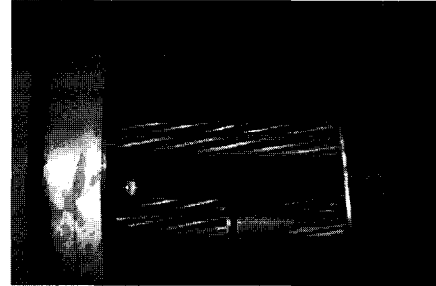


그림 7. 기존방법 인장시험

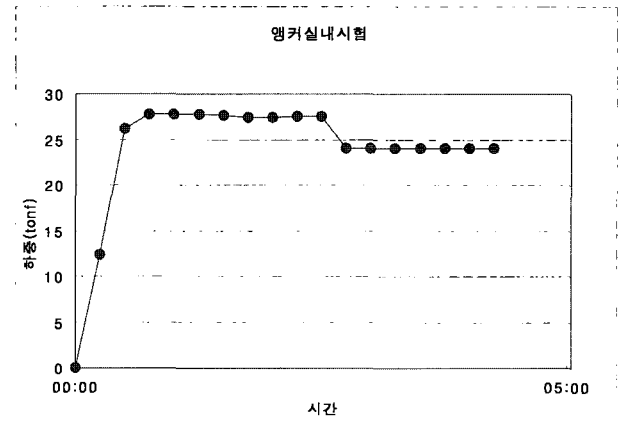


그림 8. 기존방법 인장시험

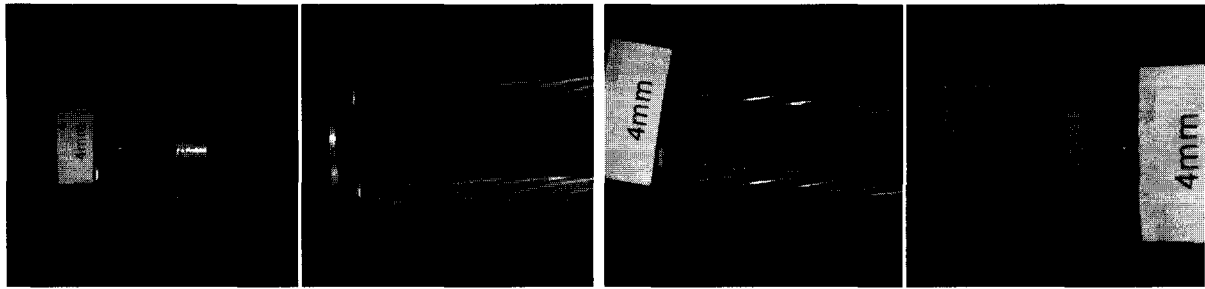
### 3.2.2 스프링을 이용한 인장시험

길이 60mm, 직경  $\phi$ 4~7의 스프링을 어스앵커 실내시험시 간격유지구에 설치하여 인장시 썰기가 Slip되는 것을 최소화하고 정착이후에 PS강연선 및 썰기의 손상 상태를 파악하였다.

#### 1) $\phi$ 4 스프링

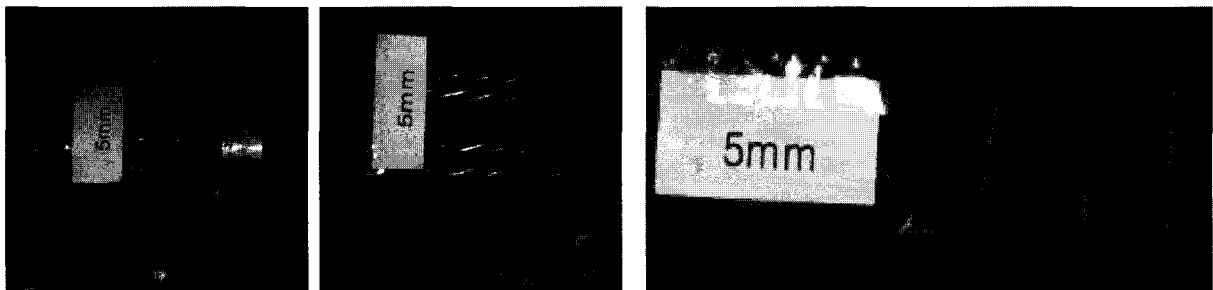
그림 9와 같이 간격유지구에  $\phi$ 4 스프링을 설치한 후 PS강연선을 인장 한 결과, 그림 9 (b)그림에 표시된 바와 같이 3개로 구성된 썰기가 동일한 힘을 받지 못하고 있다.

PS강연선 및 썰기의 손상상태는 보이지 않았지만  $\phi$ 4 스프링은 PS강연선 인장시 스프링 강성 부족(투입압력 부족)으로 인장시 25.95tonf, 정착시 20.4 tonf으로 21.4%의 손실이 발생하였다.



(a) 인장시 (b) 정착후 썬기의 편심발생 (c) PS강연선 상태(양호) (d) 정착 후 썬기 상태(양호)

그림 9.  $\Phi 4$  스프링을 이용한 인장시험



(a) 인장시 (b) PS강연선 상태(양호) (c) 썬기 상태 양호

그림 11.  $\Phi 5$  스프링을 이용한 인장시험

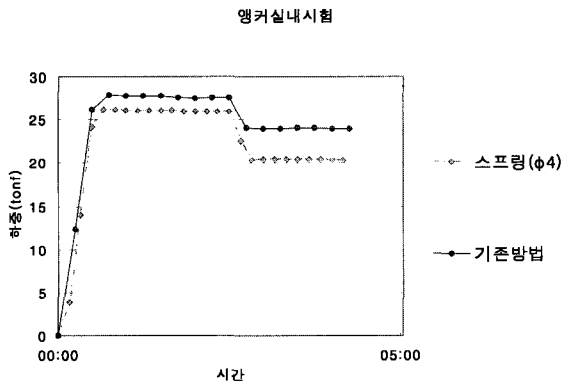


그림 10.  $\Phi 4$  스프링을 이용한 인장시험

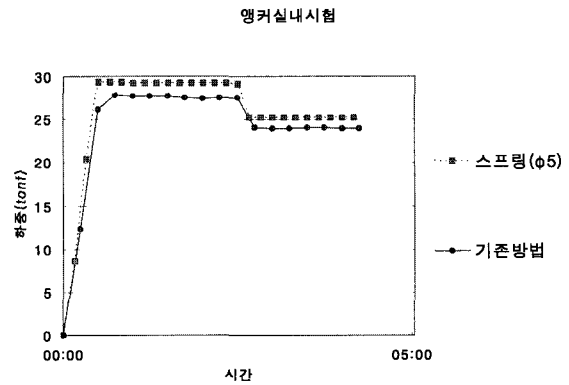


그림 12.  $\Phi 5$  스프링을 이용한 인장시험

2)  $\Phi 5$  스프링

$\Phi 5$  스프링은  $\Phi 4$ 보다 PS강연선 인장시 썬기에 동일한 강도로 투입하였으며, 인장시 29.22tonf, 정착시 25.26tonf으로 13.53%의 손실이 발생하였으며 기존 방법과 유사한 거동을 보였다.

3)  $\Phi 6$  스프링

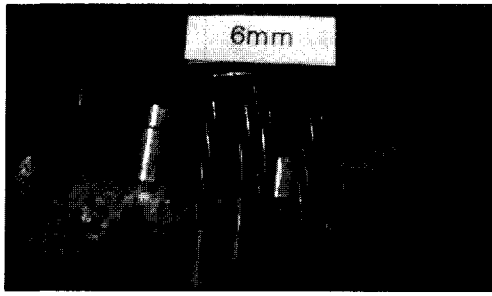
인장시 27.42tonf, 정착시 24.62tonf으로 10.23%의 손실이 발생하였다. 그림 13과 같이  $\Phi 5$ 스프링과

동일하게 PS강연선 및 썬기의 상태가 양호하였다.

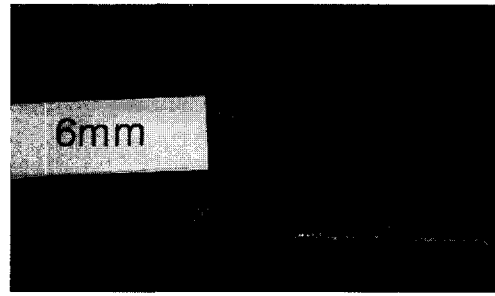
4)  $\Phi 7$  스프링

인장시 25.73tonf, 정착시 23.29tonf으로 9.49%의 손실이 발생하였다. 그러나 그림 15의 (a), (b)와 같이 인장 이후, PS강연선의 굽힘 자국이 발생하였다.

(a)에서 PS강연선의 밝은 부분은 인장 이후, 썬기 나사산에 의해 손상된 것이며 (b)는 썬기 안쪽 나사산에 PS강연선의 손상된 잔재가 나타났다.



(a) 인장후 PS강연선 상태 양호



(b) 썩기 상태 양호

그림 13.  $\Phi 6$  스프링을 이용한 인장시험

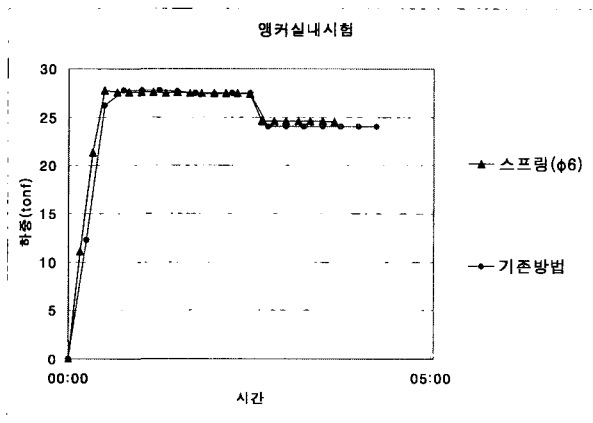


그림 14.  $\Phi 6$  스프링을 이용한 인장시험

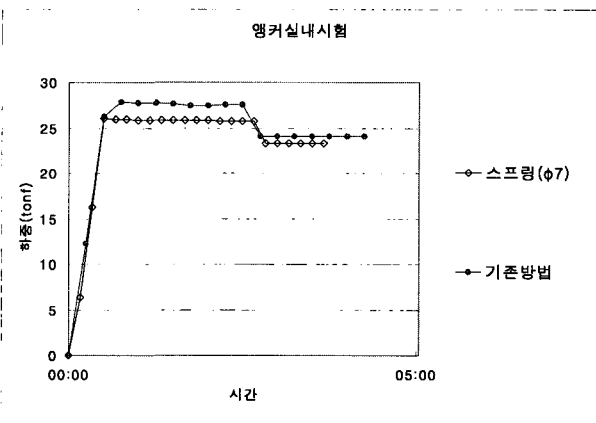
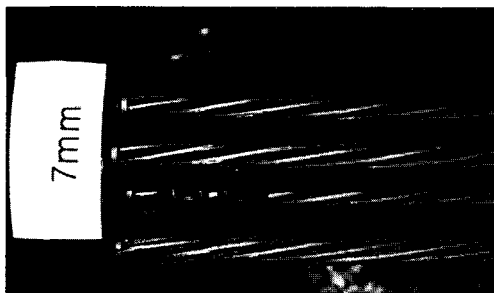
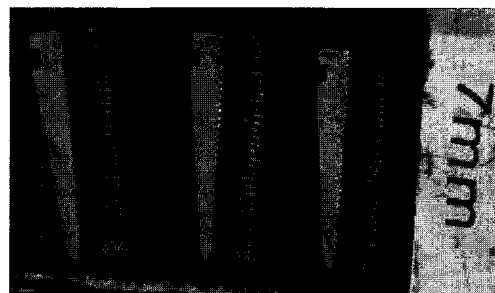


그림 16.  $\Phi 7$  스프링을 이용한 인장시험



(a) 손상된 PS강연선 상태



(b) PS강연선의 굽힘 후 썩기에 남은 잔재

그림 15.  $\Phi 7$  스프링을 이용한 인장시험

인장시 25.73tonf, 정착시 23.29tonf으로 9.49%의 손실이 발생하였다. 그러나 그림 15의 (a), (b)와 같이 인장 이후, PS강연선의 굽힘 자국이 발생하였다.

(a)에서 PS강연선의 밝은 부분은 인장 이후, 썩기 나사산에 의해 손상된 것이며 (b)는 썩기 안쪽 나사산에 PS강연선의 손상된 잔재가 나타났다.

### 3.2.3 결과 및 분석

앵커 인장시, 정착구 위에 하부받침판 설치 대신, 간격유지구에 스프링을 설치하여 PS강연선을 인장하

였다. 현장에서 앵커시공시 뒤채움재의 물성이 다르다는 것을 감안할 때, 이 실내시험은 동일한 조건에서 앵커의 거동을 살펴볼 수 있었다.

그 결과, 그림 17과 같이 직경  $\Phi 4$ 의 경우, 썩기에 동일한 힘이 전달되지 못하여 손실이 21.4% 발생하였으며,  $\Phi 7$ 는 9.49%의 손실이 발생하여 스프링 사용시 적절한 직경이라 판단되었지만, PS강연선의 손상으로 장기 거동시 PS강연선 단면 감소로 인한 인장력 손실이 발생될 것으로 사료된다.

표 3과 같이  $\Phi 6$  스프링을 설치할 경우, PS강연선

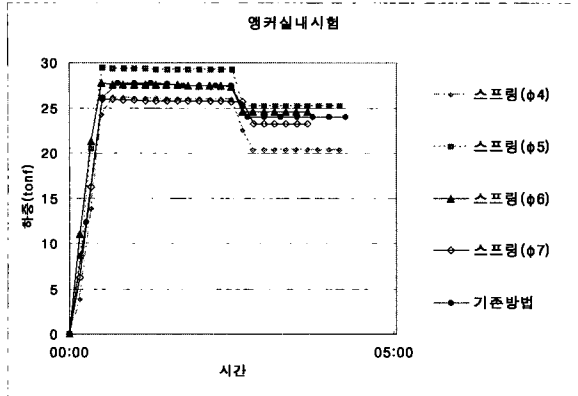


그림 17. 앵커 인장시험 결과

및 썬기의 손상이 발견되지 않았으며 손실율도 10.23%로 기존방법의 손실율에 비해 19%정도 저감되었다.

정착구에 썬기 삽입시, 썬기의 돌출부는 3~4mm로 나타났다. 기존방법을 적용할 경우, 여유공간부(7mm)를 감안하면 3~4mm의 썬기의 Slip이 자연적으로 발생하지만, 간격유지구에 스프링 부재를 설치하여 사용하면 자연적으로 발생하는 Slip이 없어지게 되어 손실율을 저감시킬 수 있다.

표 3. 기존방법과 각 가압장치별 인장시험 결과

구분	기존 방법	스프링			
		φ4	φ5	φ6	φ7
인장력 (tonf)	27.48	25.95	29.22	27.42	25.73
유압제거 (tonf)	24.01	20.40	25.26	24.62	23.29
손실력 (tonf)	3.47	5.55	3.95	2.80	2.44
손실율 (%)	12.62	21.40	13.53	10.23	9.49
기존대비 손실율 (%)	100	169.54	107.16	81.01	75.14
PS강연선 손상유무	×	×	×	×	○

표 4. 인장시험에 사용한 스프링 상수값

구분 \ 직경	φ4	φ5	φ6	φ7
스프링상수 (kgf/cm)	62.22	157.14	341.83	PS 강연선 손상

\* 한국화학시험연구원 시험성적서(KS B 2402 : 1990)

### 3.3 현장시험

실내시험을 통해 검증된 간격유지구 및 썬기삽입장

치(스프링, 길이 60mm, 직경 6mm)를 사용하여 경원선 3공구현장에 적용하였으며 그 결과를 보면 다음과 같다.



그림 18. 경원선 3공구 시험시공 전경

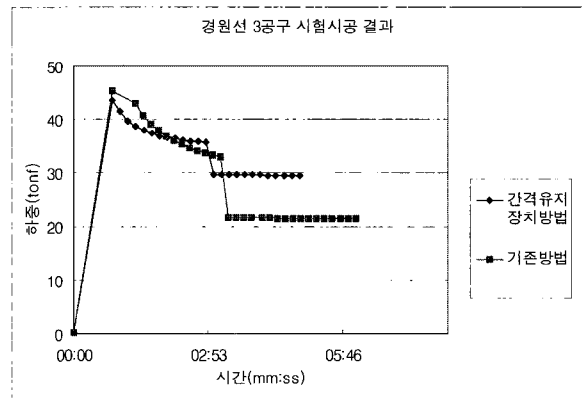


그림 19. 앵커 시험시공 결과

표 5. 시험시공 계측 결과

구분	기존방법	간격유지구장치방법
인장력 (tonf)	32.89	35.71
유압제거 (tonf)	21.70	29.59
손실력 (tonf)	11.19	6.12
손실율 (%)	34.02	17.14
기존대비손실율 (%)	100	50.38
실린더단면적 (cm <sup>2</sup> )	83.01	
유압 (kgf/cm <sup>2</sup> )	470	
도입인장력 (tonf)	39.01	

위의 결과에서도 간격유지구장치를 이용할 경우, 기존방법에 비해 손실율이 50.38%나 감소되었으며, 인장시 PS강연선의 상태를 관찰할 수 있었다.

## 4. 결론

본 연구에서는 하부받침판 대신 썬기 및 PS강연선의 상태를 육안으로 관측할 수 있으며, 기존방법의 문제점인 썬기의 Slip을 최소화할 수 있는 간격유지구를

연구개발하였다. 그리고 간격유지구에 썸기삽입장치로, 스프링 부재를 설치하여 이에 대한 실내시험 및 현장적용을 통해 손실율을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 앵커시공시 간격유지구를 현장적용 할 경우, 기존방법에서 사용되던 하부받침판보다 간편한 방법으로 시공할 수 있으며, 육안으로 인장 및 재인장시 썸기의 상태를 파악할 수 있어 시공시 품질을 향상시킬 수 있다.
2. 기존 앵커에 대한 재인장의 경우, 간격유지구에 의해 재인장 작업시 기존의 썸기의 제거 및 교체를 위한 작업공간을 충분히 확보할 수 있으므로, 기존과 같이 재인장용 Ring이나 하부받침판이 필요 없으며, 결함이 있는 썸기를 새로운 썸기로 교체할 수 있다. 또한 새로이 소요되는 인장력이 썸기부재의 Slip에 의한 손실없이 확실하게 인장력을 도입할 수 있어 자재를 절감하면서도 재인장 효율을 높일 수 있다.
3. 간격유지구에 스프링 부재와 같은 썸기가압장치를 설치하여 인장력 도입 후, 정착시의 축력을 측정하였으며, PS강연선 및 썸기의 손상상태를 살펴보았다.  $\phi 6$  스프링을 설치할 경우, 손실이 최소화(기존공법 손실율 대비 18.99% 저감) 되었으며 재인장시 썸기의 교체 작업이 수월하다는 것을 알 수 있었다.
4. 각종 도구조물에 대한 앵커 설치작업시 본 연구

결과인 간격유지장치를 이용하면 썸기의 Slip을 최소화하며 인장력 도입효율을 높일 수 있고, 어스앵커의 재인장 작업시 썸기를 제거 및 교체할 수 있어 재인장 효율을 높일 수 있다.

## 참 고 문 헌

- 그라운드앵커공법 설계시공지침, 그라운드앵커기술 협회, 과학기술.
- 사면붕괴 방지대책 제도화를 위한 기본방안 연구 (2000). 행정자치부/국립방재연구소
- 삼진개발 (1991). 프리스트레스 스트랜드 콘의 슬립특성 연구.
- 임성순 외 (1999). 지하굴착시 암반지반속에 정착된 어스앵커의 초기인장력 결정, 대한토목학회 논문집, 대한토목학회, 제19호 No III-1, pp. 177~187
- 정남수 외 (2001). 지하굴착관련 엔지니어링 실무 교육, 한국지반공학회.
- 한국지반공학회 저 (1997). 굴착 및 흠막이 공법, 구미서관, pp. 236~300.
- 한만엽 외 (2001). 콘크리트 교량의 외부PS강연선 보강을 위한 앵커키 정착장치의 개발연구, 2001년도 콘크리트학회 학술발표회 논문집, 한국콘크리트 학회, pp. 1009~1014.
- ◎ 논문접수일 : 2006년 02월 22일  
 ◎ 심사의뢰일 : 2006년 03월 03일  
 ◎ 심사완료일 : 2006년 05월 23일