

압축형 앵커(SSC 앵커)의 개발

Development of Strong and Simple Compressive Anchor

임 종 철, Jong-Chul Im *1 강 낙 안, Nak-An Kang *2 홍 석 우, Seok-Woo Hong *3

- *1 부산대학교 공대 토목공학과 조교수 (Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Pusan National University)
- *2 (주)지오텍 기술이사 (Engineering Director, Geotech Engineering CO., LTD)
- *3 부산대학교 공대 토목공학과 박사과정 (Graduate Student, Dept. of Civil Engineering, Pusan National University)

개요(SYNOPSIS) : The SSC anchor(Strong and Simple Compressive Anchor) is characterized by decrease of progressive failure, simple site work, economization and durability. In this study, the results of field pullout test and laboratory element test of SSC anchor are analysed.

The characteristics of SSC anchor are summarized as follows :

- (1) The plastic displacement of anchor body by pullout of anchor is very small.
- (2) The total anchor length decreases by the shortening of free length.
- (3) The safety factor for pullout resistance increases according to time after construction of anchor

1. 서론

현재까지 주로 사용되고 있는 마찰방식 앵커의 대부분은 인장형으로 앵커 긴장 정착시 진행성 파괴에 의해 인발저항력이 앵커체의 길이에 비례하지 않고 상당히 감소되는 결점을 갖고 있어 보통 길이를 10m 이하로 제한하고 있다. 또 영구앵커 시공시에는 시공상의 불확실성과 작업자의 낮은 이론적 능력으로 인해 상당히 불안정하고 불안하지만 뚜렷한 대안이 없이 시공되고 있는 실정이다.

본 연구에 사용된 압축형 앵커는 진행성 파괴에 의한 인발력의 저하나 작업자의 능력여하에 따른 부실시공 우려 등을 크게 개선시킬 수 있다. 또 시공이 극히 간단하고 시간이 절약됨으로서 경제성도 충분히 얻을 수 있으며 철저한 4중 방수형으로 설계되어 있어 영구앵커에 대한 신뢰도를 높일 수 있다는 장점이 있다. 본 연구는 현장인발시험과 실내 재료시험의 결과를 분석해서 SSC앵커의 역학적 특성을 고찰하는데 그 목적이 있다.

2. 앵커의 구조

2.1 구조적 장점

SSC앵커는 최근 선진 각국에서 활발하게 연구 개발되고 있는 압축형앵커의 일종으로 종래의 인장형앵커보다 진행성파괴에 의한 극한인발력의 감소가 현저히 적다. 또한 크라이프에 의한 시간 경과시의 긴장력의 감소량도 인장형 앵커보다 작다. 또한 앵커 긴장 정착후 그라우터의 강도가 증가하므로 SSC 앵커의 인발력도 증가해서 시간이 경과할수록 안전율이 높아지는 장점이 있다. 현재 선진 각국에서 개발되고 있는 앵커도 거의 대부분 SSC앵커와 비슷한 압축형앵커라는 점도 주목할 만하다. SSC앵커체의 구조는 그림 2.1과 같다.

2.2 방수 및 내구성

종래의 앵커는 주름관을 사용하여 방수를 하는데, 시공이 대단히 어렵고 불확실하며, 또 주름관과 공벽 사이의 부착에 문제 발생의 우려가 높아서 신뢰성이 떨어진다. 그러나, SSC앵커는 완벽한 방수를 통해 반영구적인 내구성을 갖는다.

2.3 시공성 및 시공순서

SSC앵커는 공장에서 앵커체를 완전히 조립해서 현장에 운반되므로 천공해서 앵커체를 삽입하고 그라우팅하면 그것으로 앵커체의 시공은 끝나므로 시공이 대단히 간단해서 작업자의 숙련도나 성실성에 따라 상당히 그 시공 결과의 신뢰도가 좌우되는 종래의 앵커와는 다르다. SSC앵커체의 시공은 그림 2.2 와 같이 천공 ⇒ SSC앵커 삽입 ⇒ 그라우팅 ⇒ 양생 ⇒ 긴장 정착의 순으로 행해진다.

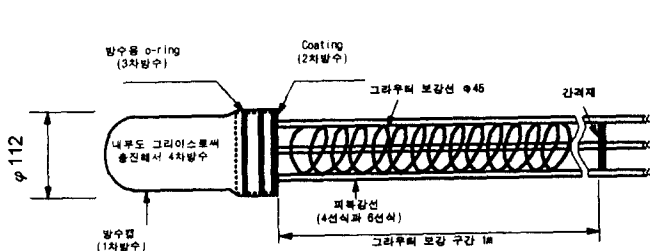


그림 2.1 SSC앵커체의 세부구조도

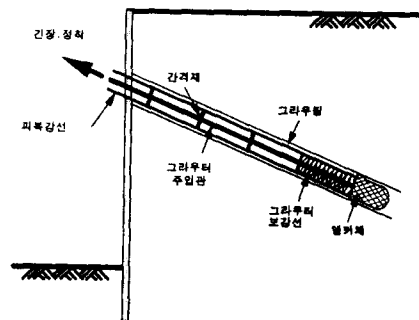


그림 2.2 SSC앵커체의 시공순서

3. 인발실험

앵커의 실험은, 앵커의 설계 및 시공이 그 사용목적에 따라 적절히 행해지기 위해, 필요한 자료를 얻기위해, 또 시공된 앵커가 소요의 성능을 가지고 있는가를 확인하기 위해 행해진다. 본 시험에서는 SSC앵커체가 인발됨에 따른 하중-변위의 관계와 그에 따른 변형률과의 관계를 규명하고, 최대인발력, 최대 두부변위, 진행성과의 영향등을 중점적으로 관찰했다.

인발실험은 부산광역시 북구 화명동 지하철 휴막이 벽 현장에서 수행하였으며, 앵커체가 매설된 지반은 N치가 50이상의 마사상 풍화암대이다. 사용된 SSC앵커체는 직경 5 inch이고, 총 앵커체길이는 10m이며, 6가닥의 강선을 사용하였다. 그리고 그림 3.1과 같이 앵커체 내에 계측이 필요한 9개소에 1개 소당 양쪽으로 2매씩(앵커체 인발시 휨에대한 보정을 하기 위함) 총 18매의 변형률게이지를 부착한 PVC파이프를 설치하여 변형률을 측정했다. 또한 인장형 앵커와의 비교를 위해 종래의 인장방식에 의한 마찰형 앵커를 비슷한 위치에 매설하여 인발시험을 수행했다.

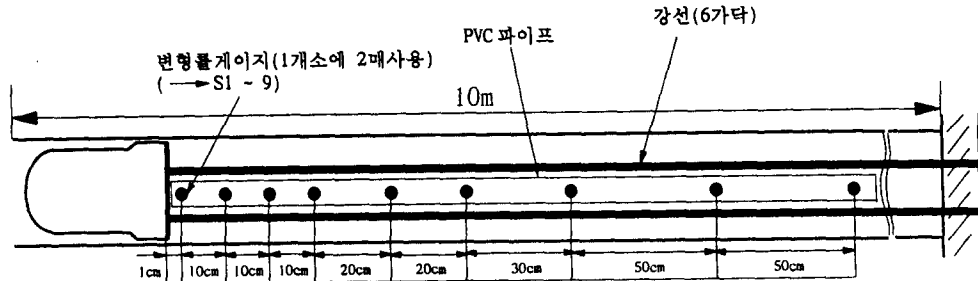


그림 3.1 시험용 SSC앵커체의 구조와 변형률게이지 위치

3.1 실험장치

실험장치는 가압장치, 반력장치, 계측장치 등으로 나눌 수 있는데, 그림 3.2에서와 같이 앵커 대좌와 유압실린더 사이에 하중측정기(Loadcell)를 설치하고, 강선의 변위를 측정하기 위해 대좌와 실린더 상단의 두 곳에 변위계(displacement transducer) 및 예비용 다이얼 게이지(dial gauge)를 설치했다. 로드셀과 변위계 및 앵커체 내부의 변형률계측의 출력은 자동 계측기(UCAM10-A)를 사용해서 측정했다.

3.2 실험방법

계획최대실험하중(T_1)은, 종래의 유사지반에서의 앵커체의 주면마찰저항의 값을 참고로 해서 결정한다. 실제에는 2배정도의 차가 생길수도 있으므로 인장재의 인장강도에는 여유를 두는 것이 좋다. 보통 T_1 에 예상 극한인발력 부근을 사용하지만, 여기서는 보다 많은 하중단계에 대해 측정하기위해 $T_1 = 50$ tf로 하고 점차로 시험하중을 증가 시켰다. 재하는 그림 3.3과 같이 다주기(多週期)방식으로 실시하였는데, 다주기방식의 장점은 하중과 잔류변위 및 탄성 회복량의 관계를 알수 있다는 것이다. 하중단계수는 가능한 한 많이해서 실험의 정도를 높이고자 했다. 또, 하중의 재하, 제하는 급격히 행해지지 않도록 분당 5tf(5tf/min)의 거의 일정한 속도로 했고 계측은 1분마다 1회씩 행했으며, 계측의 지속시간은 처너하중시 10분이상, 이력하중시 2분이상으로 했으며, 각 하중단계에서의 변위의 안정여부를 판정하기 위해서, 매 단계마다 변위를 풀었다.

변위 안정판별에 대한 여러가지 외국기준¹⁾들이 있지만, 종래의 시험결과들로 비추어 보아, 일반적으로 하중지속시간의 「최후의 3분간의 변위의 변화가 1mm 이하」인 것을 변위 안정의 기준으로 삼았다.

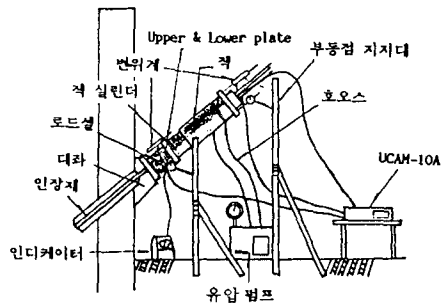


그림 3.2 인발실험장치의 구조

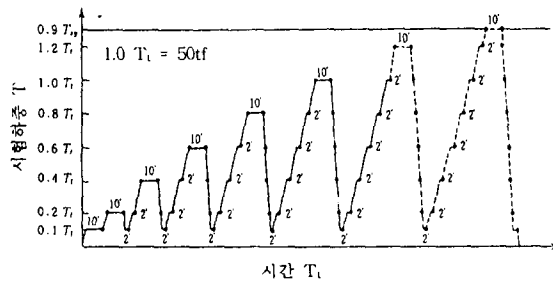


그림 3.3 인발실험시의 재하도

3.3 인발실험 결과 및 고찰

3.3.1 하중-변위곡선

앵커두부에 설치된 로드셀에서 측정된 하중을 사용하여 하중-변위 곡선을 그리면 그림 3.4, 3.5와 같다. 시험시 인발하중은 SSC앵커체에 대해 58.85tf가

지, 종래의 마찰방식에 의한 앵커에 대해 55.59tf까지 증가시켰으나, 극한인발력에는 도달하지 않았으며, 센터홀잭의 스트로크가 부족해서 더이상의 하중 증가가 불가능하여 시험을 계속할 수 없어 각각 58.85tf, 55.59tf의 하중단계에서 시험을 종료하였다. 약 60tf 정도의 인발력에서 SSC앵커와 종래의 마찰방식에 의한 앵커의 인발에 따른 두부변위량은 각각 65(mm), 78(mm)정도로 SSC앵커의 변위가 적은데, 이는 그림의 잔류변위의 크기의 비교에서 알 수 있는 바와 같이 SSC앵커체의 소성거동이 적기 때문인 것을 알 수 있다.

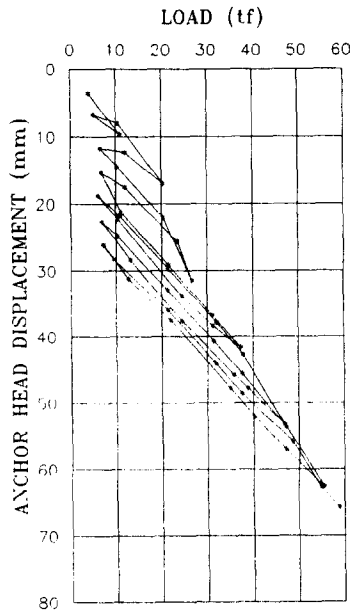


그림 3.4 SSC앵커체의 인발에 따른 하중-변위곡선

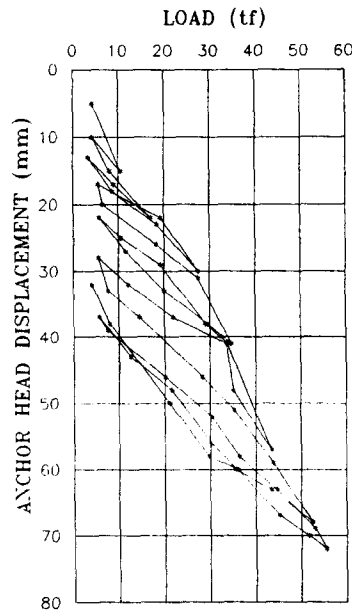


그림 3.5 마찰형 앵커의 인발에 따른 하중-변위곡선

3.3.2 SSC앵커체 인발에 따른 각 위치에서의 변형률 분포

SSC앵커체의 인발에 따른 앵커체 각 위치에서의 변형률 분포는 표 3.1, 그림 3.6과 같다. 변형률의 값은 정도의 향상을 위해 2배 설치하여 평균한 값을 사용하였다. 표 3.1 을 보면 SSC앵커체 끝단부에서 부터 가까운 차례대로 높은 압축변형률이 발생하는 것을 알 수 있으며 끝단부를 제외하고는 변형률이 극히 작다는 것을 알 수 있다. 이것은 앵커가 인발하중을 받을 때, 앵커체가 매설된 지반이 견고할 경우 앵커체 압축시 높은 구속압이 앵커체 표면에 작용하고, 또 이로 인하여 앵커체 표면에 높은 주면마찰저항이 생기기 때문인 것으로 판단된다. 이 사실로 볼때 SSC앵커체가 견고한 지반(풍화암이상 또는 그에 준하는 지반)에 매설될 경우 대단히 높은 인발력이 발휘된다는 것을 알 수 있다. 즉 마찰형 앵커에 비해 앵커체의 길이를 줄일 수 있다고 할 수 있다. 또, 일반적으로 3~4m 이상의 자유장을 확보해야 하는 마찰형앵커에 비해 SSC앵커는 정착장 자체가 자유장의 역할을 하므로 전체 앵커의 시공길이를 줄일 수 있다는 장점도 있다.

표 3.1 SSC앵커체의 인발에 따른 앵커체 각 위치에서의 변형률 분포

하중(tf)	변위(mm)	변형률계이지 번호	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
		변형률계이지 위치	1.0(cm)	11.0(cm)	21.0(cm)	31.0(cm)	51.0(cm)	71.0(cm)	101.0(cm)	151.0(cm)	201.0(cm)
4.02	3.587	변형률 평균 값 (μ)	-389	140.5	71.5	61.5	45.5	-1	-6	-1	-1
10.89	9.643		-1690.5	-888.5	-20.5	26	25.5	-31.5	0	0	0
20.29	16.922		-5020	-949	-262	-146.5	-52	-94	-10.5	-10	-10
26.72	31.502		-12298	-1702.5	-528	-371	-129.5	-30	-25	-14.5	-14
37.29	41.615		-23273.5	-5802	-723.5	-482.5	-125	-36.5	-52	-26	-25.5
46.90	53.304		-41565	-18769.5	-995.5	-603.5	-151.5	-89	-52	-26	-30.5
55.63	62.586		파괴	-32447.5	-3296	-766	-177.5	-120.5	-83.5	-36.5	-41.5
58.85	65.712		파괴	-49222	-4951	-902	-209	-47	-146.5	-47	-57

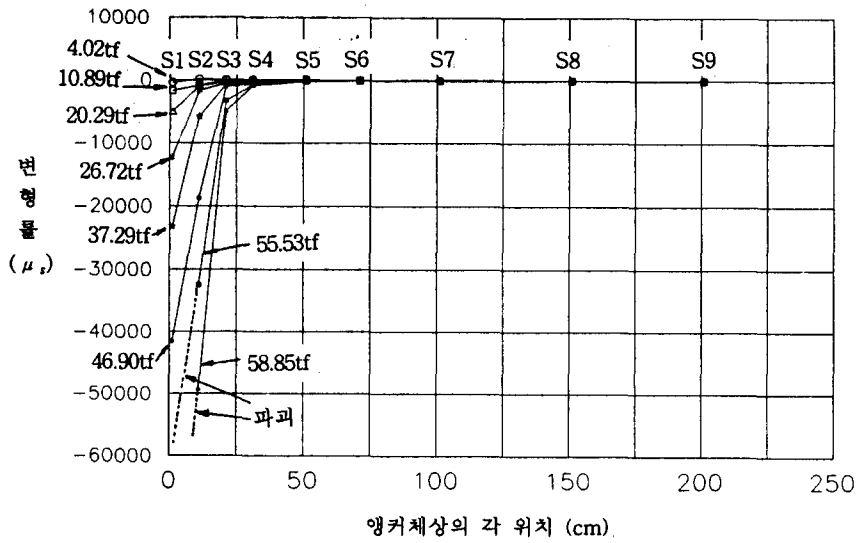


그림 3.6 SSC앵커체의 인발에 따른 앵커체 각 위치에서의 변형률분포

4. 재료시험

4.1 방수코팅재 및 방수캡

그림 2.1 에서 앵커체의 2차 방수재로 사용된 방수코팅재(이하 코팅재로 지칭)는 수지와 석분을 일정한 비율로 혼합한 것으로 경도가 높지 않고 적당한 소성을 가지도록 제작되었는데 정확한 강도와 작용하중에 대한 반응정도를 판단하기 위해 압축강도시험을 실시했다. 1차로 각각 혼합비가 다른 3개의 시편에 대해 실시했는데 최대 100tf까지 하중을 재하했으나 두께만 약간 줄면서 면적이 약간 증대될 뿐 파괴는 일어나지 않았다. 그래서 2차로 면적이 증대되면서 방수캡의 파괴를 유도하지 않는가를 시험하기 위해, 혼합비가 다른 3개의 캡이 씌워진 코팅재를 현장에서와 똑 같은 조건으로 앵커체 정착구를 끼워 100tf까지 점차적으로 하중을 재하했으나, 코팅재의 면적증대는 캡의 파괴를 유도하지 않았고, 오히려 코팅재 면적이 증대됨으로써 방수캡과 더욱 밀착되어 수밀성을 증대시키는 효과까지도 기대할 수 있었다.

4.2 앵커체 그라우팅재의 압축강도 시험

현장에서 시험앵커체 제작시에 사용한 그라우팅재를 물드로 성형하여 양생시킨후 압축강도시험을 실시한 결과는 표 4.1과 같다.

표 4.1 앵커체 그라우팅재의 압축강도 시험결과

재령(일)	4일	7일	14일	28일
평균압축강도(kgf/cm^2)	131.36	153.53	188.13	219.32

그러나 실제로 지반에 매설된 앵커체는 강선과 그라우터 보강선이 있어 그라우팅만으로 제작된 공시체의 압축강도시험 결과와는 상이할 것이라는 판단아래 실제의 앵커체와 똑 같은 직경(5inch)의 그라우팅 물드를 제작하여 실제와 똑같이 강선과 그라우터 보강선을 넣은 공시체와 그라우터 보강선을 넣지 않고 강선만을 넣은 공시체를 물-시멘트비(w/c) 45% 와 50%에 대하여 각각 비교하였다. 표 4.2, 그림 4.1은 각각의 시험의 종류와 그에 따른 압축강도값을 보여주고 있다. 그리고 강선은 자유장으로서의 역할만을 수행하고, 하중재하시 강선을 압축하지 않고 강선이 빠져나오도록 강선이 있는자리에 구멍을 특수재하판을 공시체 상부면에 부착하고 압축강도시험을 행했다. 앵커의 긴장정착은 대략 7일강도가 발휘될 때 하게 되므로 높은 그라우터의 강도를 기대하기 어렵다. 따라서, 이 때의 보강 목적으로 그라우터 보강선이 사용된다. 표 4.2의 14일 강도를 주목하여 보면 그라우터 보강선의 강도증진 효과가 뚜렷하다는 것을 알 수 있는데, 시간의 경과에 따라 그라우터의 강도는 증가하므로 인발에 대한 안전률은 높아지게 된다.

표 4.2 SSC앵커체 그라우팅 강도시험의 종류 및 시험결과

물-시멘트비	그라우터 보강선의 有,無	4일강도		7일 강도		14일 강도		28일 강도	
		시료1	시료2	시료1	시료2	시료1	시료2	시료1	시료2
w/c : 50 %	有	시료1	84.16	시료1	130.45	시료1	84.16	시료1	
		시료2	109.41	시료2	113.62	시료2	151.49	시료2	
		시료3	100.99	시료3	80.79	시료3	117.83	시료3	
		평균	98.19	평균	108.29	평균	117.83	평균	
	無	시료1	58.91	시료1	79.11	시료1	79.95	시료1	
		시료2	92.57	시료2	87.53	시료2	65.65	시료2	
		시료3	50.50	시료3	107.73	시료3	100.99	시료3	
		평균	67.33	평균	91.46	평균	82.20	평균	
w/c : 45%	有	시료1	103.10	시료1	104.78	시료1	130.45	시료1	
		시료2	84.16	시료2	103.94	시료2	143.07	시료2	
		시료3	100.99	시료3	88.37	시료3	117.83	시료3	
		평균	96.08	평균	99.03	평균	130.45	평균	
	無	시료1	67.33	시료1	143.07	시료1	131.29	시료1	
		시료2	75.74	시료2	109.41	시료2	96.79	시료2	
		시료3	82.05	시료3	109.41	시료3	130.45	시료3	
		평균	75.04	평균	120.63	평균	119.51	평균	
비고		특수 재하관 사용 안함-부정확				특수 재하관 사용		아직 시험 못함	

5. 결론

SSC 앵커의 특징은 다음과 같이 요약될 수 있다.

- (1) 영구앵커로서 사용할 수 있도록 충분한 내구성을 갖는다.
- (2) 인발에 따른 앵커체의 소성거동이 작으므로, 긴장정착 후의 긴장력의 감소가 적다.
- (3) 시공이 대단히 간단하다.
- (4) 시공 후 시간이 경과 함에 따라 그라우터의 강도가 증가되므로 인발에 대한 안전률이 증가한다.
- (5) 공장에서 조립되어 완성품으로 현장에 반입되므로 재료상의 결함이 적고, 품질관리 면에서 유리하다.
- (6) 자유장을 줄일 수 있어 전체 앵커장이 감소된다.
- (7) 진행성 파괴에 의한 인발력의 감소가 적다.

참고문헌

- 1) 日本土質工學會, グラウンド-アンカー-設計・施工例, 1991. 11.