

실내모형실험을 통한 압축형(SSC) 앵커의 거동분석

The Analysis of Behaviour of Compression(SSC) Anchor by Laboratory Model Tests

홍 석우¹⁾, Seok-Woo Hong, 임 종철²⁾, Jong-Chul Im, 이 태형³⁾, Tae-Hyung Lee

¹⁾ 부산대학교 공대 생산기술연구소 특별연구원, 박사수료, Researcher, Research Institute of Industrial Technology

²⁾ 부산대학교 공대 토목공학과 부교수, Associate Professor, Dept. of Civil Eng. Pusan National University

³⁾ 부산대학교 공대 토목공학과 대학원 석사과정, Graduate student, Dept. of Civil Eng. Pusan National University

SYNOPSIS : The behaviour of compression anchor that is called SSC anchor is analysed and its design method is suggested. This anchor is developed through the field pullout tests and the laboratory element tests. The Compression Anchor is characterized by decrease of progressive failure, small plastic displacement of anchor body during pullout of anchor, decrease of total anchor length by the shortening of free length, and the increase of safety factor for pullout resistance increases with time after construction of anchor compared with tension anchor.

Keywords : SSC anchor, design method, pullout resistance, plastic displacement, progressive failure

1. 서론

1.1 연구의 목적

많은 건설현장에서 흙막이 공, 산사태의 억지효과, 사면의 안정대책, 편토압이 작용하는 구조물, 송전 철탑, 교량 등의 구조물의 안정공법, 옹벽의 보강공법등으로 널리 사용되고 있는 앵커는 그 적용성의 광범위함과 시공시의 편리함 등의 많은 장점으로 인하여 국내외적으로 그 사용이 날로 증가되고 있는 실정이다³⁾. 앵커체는 그 형태에 따라 마찰방식, 지압방식 그리고 복합방식으로 나누어지는데, 현재 국내외에서 시공되고 있는 대부분의 앵커형태는 마찰방식이며, 이는 그라우트가 받는 응력의 형태에 따라 다시 인장형과 압축형으로 나누어진다. 압축형은 그라우트가 압축에 강하다는 장점을 이용한 것으로 인장형에 비해 인발저항기구가 우수하고, 시공시의 편리함과 진행성파괴의 영향 감소효과 등의 많은 장점이 인정되어 현재 선진국에서는 널리 사용되고 있으며, 또한 앵커의 형태가 인장형에서 압축형으로 바뀌고 있는 실정이다. 그러나 현재 국내의 경우 앵커의 시공실적은 무수히 많지만, 체계적인 연구는 그다지 많지 않으며 그 연구결과들도 대부분 인장형앵커에 관한 것으로 압축형앵커에 대해서는 거의 없다.

본 연구에서는 압축형 앵커인 SSC앵커를 이용하여 실내모형실험을 실시하였으며, 주로 압축형앵커의 설계를 위한 그라우트 거동 및 加工部 보강형식에 의한 강도증가효과를 밝히는데 연구의 초점을 맞추었다. 본 연구의 목적은 실내 모형실험의 결과를 종합해서 압축형앵커의 인발시 앵커체 내 그라우트의 압축거동을 분석하여 압축형앵커의 설계법을 제안하는 것이다.

1.2 압축형 앵커의 破壊모드

1.2.1 압축형 앵커의 파괴하중을 결정하는 요인

앵커의 극한하중은 앵커의 구성재료간의 파괴에 의해 발생한다¹⁾. 극한하중의 결정요인은 아래 항목과

같다.

- ①앵커 강선(Anchor tendon)의 인장강도 (Fig. 1.-①참조)
- ②앵커 강선(Anchor tendon)과의 그라우트(grout)의 부착강도 (Fig. 1.-②참조)
- ③앵커체와 지반과의 주면마찰저항 (Fig. 1.-③참조)
- ④지반의 전단강도 (Fig. 1.-④참조)
- ⑤앵커 강선(Anchor tendon) 加工部(耐荷體)와 앵커체 그라우트의 압축강도 (Fig. 1.-⑤참조)
- ⑥앵커체의 내하체 (耐荷體)의 강도

압축형 앵커의 설계시 강선의 부착강도는 고려하지 않으므로 ②항은 생략할 수 있다. 그리고 ④번 항도 대단히 과압밀된 지반을 제외하고는 이러한 원추형 파괴는 생기지 않고, 통상 사용되는 앵커의 경우 표면형파괴가 일어난다³⁾. 그러므로 앵커 간의 간격이 아주 작은 균앵커의 경우를 제외하고는 앵커설계시에 지반 전단강도에 대한 고려는 생략한다. ⑥앵커체의 내하체가 파괴되는 경우에 앵커체의 내하체의 강도가 극한 앵커력이 된다. 그러나 압축형 앵커의 경우 공장에서 미리 제작된 앵커를 반입, 시공하는 경우에는 내하체의 품질을 신뢰할 수 있으므로 이 항목도 설계시에는 제외된다. 따라서 압축형 앵커의 설계시에는 전술한 6가지중 ①,③,⑤의 항목만을 고려한다. Fig. 1.은 앵커의 파괴형식을 나타낸다.

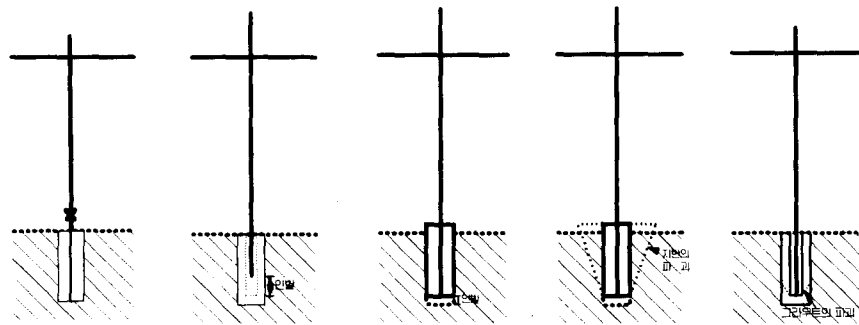


Fig. 1. The failure mode of anchor during pullout

1.2.2 압축형 앵커의 설계법 제안

1.2.1절에서 전술한 바와 같이 일반적으로 압축형 앵커의 설계시에는 1. 앵커 강선(Anchor tendon)의 인장강도, 2. 앵커체와 지반과의 주면마찰저항, 3. 앵커 강선(Anchor tendon) 加工部(耐荷體)와 앵커체 그라우트의 압축강도를 고려하며, 이들 항목에 대한 관계식은 식(1), (2), (3)과 같다

$$P = \tau_u \times \pi \cdot D \cdot l / F_s \quad (1)$$

$$P = n \times T_{us} / F_s \quad (2)$$

$$P = \sigma_{gl} \times A / F_s \quad (3)$$

여기서, $\begin{cases} \tau_u : \text{주면마찰응력} & D : \text{앵커체 직경} & l : \text{앵커체 길이} \\ n : \text{강선의 갯수} & T_{us} : \text{강선의 극한하중} & A : \text{앵커체 단면적} \\ \sigma_{gl} : \text{보강효과가 포함된 그라우트 강도} & & F_s : \text{안전률} \end{cases}$

많은 문헌에서 식(1), (2)에 관한 자료를 소개하고 있으며 현재 인장형 앵커의 설계시에 응용하여 사용하고 있으므로 자세한 내용은 생략한다(문헌 (8) 참조). 본 논문에서는 SSC앵커를 이용하여 실내 모형실험을 실시하여 압축형앵커의 파괴모드중 그라우트의 압축강도와 加工部 보강효과를 분석하여 압축형 앵커의 특징인 식(3)에 관한 설계법을 제안하고자 한다.

2. 압축형 앵커의 構造

압축형 앵커와 인장형 앵커의 기본 구조를 비교하면 Fig. 2와 같다. 본 실험에 사용된 SSC앵커의 구

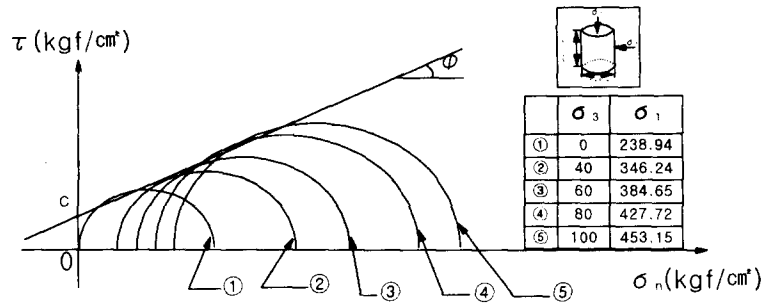


Fig. 4. Mohr's circle by grout triaxial tests

4. 앵커체 내부 그라우트의 보강형식에 따른 보강효과

그라우트의 보강방법에 따른 강도비교를 위한 압축시험은 ① 무보강의 경우, ② 외부보강의 경우, ③ 내·외부보강의 경우, ④ 강관보강의 경우의 4가지 경우에 대해 시험을 실시했다.

현재의 보강토의 기본이론의 하나인 NSW 점착력 이론에서, Hausmann(1976)은 Sigma, Tau 모델을 제안했다(여기서, Sigma 모델은 보강재의 파괴에 의해 보강체 전체의 파괴가 일어난다는 것으로 일정한 프리스트레스에 의해 증가된 강도는 점착력(c)을 더함으로써 나타내어진다¹⁶⁾). Table 1은 加工部 형식에 따른 그라우트의 점착력과 강도증가량, 무보강과의 강도의 비를 나타낸다.

시험 결과를 보면 보강된 그라우트는 보강되지 않은 그라우트보다 약 1.32~2.17배 정도 더 높은 강도를 발휘하는 것을 알 수 있다. 내부에 6가닥의 강선이 들어가면 단면적의 감소, 이질재료로 인한 재료분리 등의 원인으로 그라우트 강도가 감소하게 되는데, 이때 그라우트를 보강하면 강도의 증가 효과를 가져온다.

Table 1. Strength increment ratio by the reinforcement, R_{si}

시험 종류	보강에 의한 평균강도와 강도증가비			
	보강형식에 따른 강도 (kgf/cm ²)	점착력 (kgf/cm ²)	강도의 증가량 (kgf/cm ²)	강도 증가비, R_{si}
무보강	123.17	41.28	0.0	1
외부보강	162.30	54.40	39.13	1.32
내·외부보강	180.86	60.62	57.69	1.47
강관보강	266.80	89.42	143.63	2.17

5. 지반의 구속효과로 인한 그라우트 강도 증가

4 장에서 전술한 바와 같이 실제의 앵커체를 근사하기 위해 그라우트 내에 실제 앵커와 똑같은 강선과 간격재 등을 설치하고 그라우트 압축강도시험을 수행하였다. 그러나 그라우트는 실제와 똑같이 근사하였지만 실제 앵커체를 현장지반에 설치하여 인발하면, 지반 내의 높은 구속압의 발생으로 인하여 앵커체 그라우트의 강도는 증가하게 된다. 본 논문에서는 지반을 경암, 연암, 풍화암, 풍화토의 4종류로 나누어서 실험을 실시하였고, 각 지반에 따른 강도증가 효과를 산출하였다. 이 그라우트의 강도증가량은 ① 지반의 정지구속압 효과로 인한 강도증가량과, ② 그라우트의 포아송 효과(5.2에서 기술)로 인한 강도증가량의 합으로 구해진다.

5.1 지반의 정지 구속압

지반의 깊이에 따라서 증가하는 정지상태의 압력을 지반의 “정지구속압”이라 칭하고, 임의의 깊이에서 발생하는 앵커 표면의 직각방향의 지반의 정지구속압(σ_{gs})은 식(4)와 같다.

$$\sigma_{g3} = \frac{\gamma z}{2} [(1 + K_0) + (1 - K_0) \cdot \cos 2\theta] \quad (4)$$

지반에 따른 K_0 (정지토압계수)와 γ (단위중량)는 실제 지반의 시험을 통하여 구해져야 하나, 본 논문에서는 지반의 종류에 따른 보강효과의 경향을 파악하여 설계에 적용하는 것을 목적으로 하고 있기 때문에, Table 2 를 이용하여 개략적으로, 안전측의 값¹⁴⁾을 사용하여 지반에 따른 임의의 깊이에서의 측압 ($K_0 \cdot \gamma \cdot z$)으로 인한 그라우트의 강도증가의 경향을 비교했다.

Table 2. Typical K_0 (coefficient of lateral earth pressure at rest)

지반의 종류	정지토압계수 (K_0)	단위중량 (γ)
경 압	2.0	2.0 (tf/m ³)
연 압	1.5	2.0 (tf/m ³)
풍화암	1.0	2.0 (tf/m ³)
풍화토	0.5	1.8 (tf/m ³)

Table 2의 값을 식(4)에 적용하여 계산된 지반의 구속압은 Table 5 와 같다(깊이(z) : 50.0m, 앵커의 경사각(θ) : 15 °로 가정).

5.2 그라우트의 포아송 효과에 의한 구속압

앵커 인발시, 그라우트는 압축력을 받게 된다. 이 압축력에 의해 그라우트는 횡방향으로 포아송비 만큼 팽창(이하, 이 현상을 “포아송 효과”라고 한다)하게 되는데 그라우트의 팽창시, 지반에는 저항압력 (σ_g)이 발생하여 그라우트의 구속압으로 작용하게 된다. 이 지반저항압력, 즉 구속압은 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_g = E_g \times \nu \epsilon_{pk} \quad (5)$$

여기서, σ_g : 그라우트에 가해지는 구속압(kgf/cm²) E_g : 지반의 변형계수(kgf/cm²)
 ν : 그라우트의 포아송비 ϵ_{pk} : 그라우트의 최대압축응력 발생시의 변형률

5.3 압축시험에 의한 항복시의 변형률과 포아송비(ν) 및 지반에 따른 변형계수(E_g)

무보강, 외부보강, 내·외부보강, 강관보강의 각 경우에 대한 압축시험을 실시하여, 파괴시의 평균변형률 ($\epsilon_{pk})_{ave}$ 과 각각의 경우에 대해 변형률 계이저를 중·횡방향으로 부착하여 변형률을 측정하여 구한 평균 포아송비 (ν_{ave})는 Table 3 과 같고, 여러 가지 자료^{9),10),12),13)}를 종합하여 대표적인 지반의 변형계수 (E_g)를 나타내면 Table 4 와 같다. Table 3, 4를 식(5)에 적용하여 구한 지반의 포아송 효과에 의한 구속압(σ_g)은 Table 5 와 같다.

Table 3. Peak strain ($\epsilon_{pk})_{ave}$ and Poisson's ratio (ν_{ave}) according to each types of reinforcement

보강 종류	무보강	외부보강	내·외부보강	강관보강
($\epsilon_{pk})_{ave}$	0.51	0.65	0.62	0.80
(ν_{ave})	0.24	0.23	0.25	0.25

Table 4. Deformation modulus (E_g) as the types of ground

지반의 종류	변형계수, E_g (kgf/cm ²)	탄성파속도 (km/s)	단위 중량 (tf/m ³)
경 압	4000 이상	4.5 이상	2.6 이상
연 압	2000 ~ 4000	~ 2.0 ~	2.4 ~ 2.6
풍화암	400 ~ 2000	~ 1.5 ~	2.2 ~ 2.4
풍화토	400 이하	0.7 이하	2.2 이하

5.4 모형실험 결과 및 고찰

5.1절과 5.2절에서 설명한 지반의 구속압과 그라우트의 포아송 효과에 의한 구속압을 “지반의 구속압 (σ_{ig})”이라 칭하고, 구속압(σ_{ig})을 모아원(Mohr's circle)을 이용해서 구속압에 따른 그라우트의 강도 (σ_{gl})로 표시하면 식(6)과 같고 이들을 Table 5 에 정리했다.

$$\sigma_{gl} = \frac{2}{1 - \sin \phi} [c \cdot \cos \phi + \frac{1}{2}(\sin \phi + 1) \cdot \sigma_{ig}] \quad (6)$$

여기서, c (kgf/cm²) : 앵커체 내부 그라우트 보강형식에 따른 점착력

ϕ (=22.33 °) : 그라우트의 삼축시험에 의한 내부마찰각 (3.1.2절 참조)

① 임의의 깊이에서의 각 지반의 정지구속압의 증가량, ② 지반의 포아송 효과에 의한 구속압의 증가량 등을 고려한 그라우트의 강도증가량을 계산했다. 加工部の 형식에 따라서, 무보강, 외부보강, 내·외부보강, 강관 보강의 순으로 E_g 와 K_0 에 의한 강도의 증가는 뚜렷하였다. 풍화토의 무보강(최소의 그라우트 강도)의 경우를 기준으로 하여, 경암, 연암, 및 풍화암 지반에서는 최소의 값, 풍화토 지반에서는 최대값을 택하여, 증가비를 나타내면 Table 5 와 같다.

Table 5. Strength increment by the confined pressure in the ground (units : kgf/cm²)

지반 종류	보강의 종류	지반의 정지구속압 σ_{g3}	그라우트의 포아송효과에 의한 구속압 σ_g	지반에 의한 구속압 $\sigma_{ig} (= \sigma_{g3} + \sigma_g)$	앵커체 내부의 그라우트의 강도, σ_{gl}	강도증가비 (R_g)
경암	무보강	10.67 (깊이= 50.0m)	489.60 이상	500.27 이상	1236.51 이상	4.92
	외부보강		598.00 이상	608.67 이상	1516.90 이상	6.03
	내·외부 보강		620.00 이상	630.67 이상	1584.42 이상	6.3
	강관 보강		800.00 이상	810.67 이상	2070.94 이상	8.23
연암	무보강	10.33 (깊이= 50.0m)	244.80 ~ 489.60	255.13 ~ 499.93	690.97 ~ 1235.77	2.75
	외부보강		299.00 ~ 598.00	309.33 ~ 608.33	850.73 ~ 1516.16	3.38
	내·외부 보강		310.00 ~ 620.00	320.33 ~ 630.33	893.77 ~ 1583.68	3.55
	강관 보강		400.00 ~ 800.00	410.33 ~ 810.33	1179.99 ~ 2070.19	4.69
풍화암	무보강	10.00 (깊이= 50.0m)	48.96 ~ 244.80	58.96 ~ 254.80	254.38 ~ 690.22	1.01
	외부보강		59.80 ~ 299.00	69.8 ~ 309.00	317.65 ~ 849.99	1.26
	내·외부 보강		62.00 ~ 310.00	72.00 ~ 320.00	341.10 ~ 893.02	1.36
	강관 보강		80.00 ~ 400.00	90.00 ~ 410.00	467.09 ~ 1179.25	1.86
풍화토	무보강	8.70 (깊이= 50.0m)	48.96 이하	57.66 이하	251.48 이하	1
	외부보강		59.80 이하	68.50 이하	314.75 이하	1.25
	내·외부 보강		62.00 이하	70.70 이하	338.21 이하	1.34
	강관 보강		80.00 이하	88.70 이하	464.19 이하	1.85

6. SSC앵커 설계력 산정 프로그램

3. 4. 5. 장에서 실내모형실험을 통해 산정한 그라우트 강도 산정식을 이용하여 앵커의 파괴모드에 따른 SSC 앵커의 설계 프로그램을 개발하였다. 본 프로그램은 ①앵커의 긴장에 의한 강선의 파단, ②주면 마찰력의 부족, ③가공부의 그라우트 강도의 부족으로 인한 파괴에 대해 고려할 수 있도록 개발되었는데, 본 프로그램의 순서도는 Fig. 6. 과 같다.

프로그램의 입력데이터는 현장조건, 설계조건, 지반조건 등에 따라서 상당히 다를 수 있다. 그러나 본 논문에서는 가장 일반적인 현장 조건과 지반조건 하(Table 6, 7 참조)에서 가공부의 그라우트의 보강형식을 무보강, 외부보강, 내·외부보강, 강관보강으로 나누었으며, 각각의 지반을 풍화토, 풍화암, 연암, 경암으로 나누어 총 16가지 경우에 대해 영구형의 설계앵커력을 시범적으로 출력하였으며 그 결과를 Table 8 에 정리했다. 각 보강형식에 따라서 달라지는 입력조건[점착력(c), 포아송비(ν), 피크시의 변형률(ϵ_{pk})]은 Table 1 과 3을 참조했다.

● 프로그램 순서도와 입력데이터 및 실행 결과

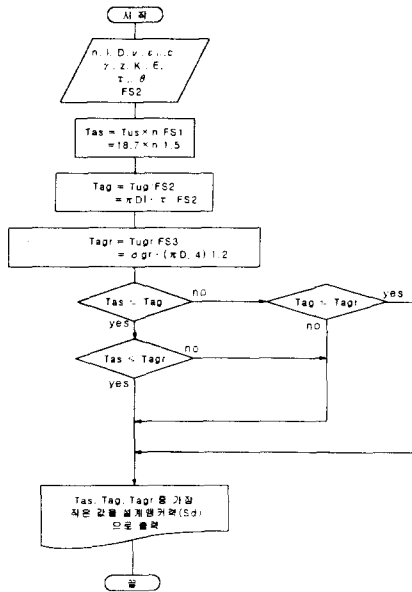


Table 6. Conditions of running program

앵커의 제원 및 깊이	조 건
정착장의 길이(l)	10.0 (m)
앵커체의 직경(D)	12.7 (cm)
강선의 갯수(n)	6 (개)
앵커체의 깊이(z)	30.0 (m)

Fig. 6. Flow chart of SSC anchor design program

Table 7. Input datas for running program

지반 종류	주면마찰응력, τ_u (kgf/cm ²)	단위중량, γ (tf/m ³)	지반의 탄성계수, E_g (kgf/cm ²)	정지토압계수, K_0
경 압	15.0	2.6	6000	2.0
연 압	10.0	2.4	4000	1.5
풍화암	6.0	2.2	2000	1.0
풍화토	2.0	2.0	400	0.5

Table 8. Running results of SSC anchor design program (units : tf)

지반 종류	보강 종류	강선에 의한 허용앵커력 (T _{as})	주면마찰력에 의한 허용앵커력 (T _{ag})	앵커체 그라우트에 대한 허용앵커력 (T _{agr})	실제 앵커력 (S _d)
경 압	무보강	74.80	299.24	187.42	74.80
	외부보강	74.80	299.24	229.76	74.80
	내·외부보강	74.80	299.24	239.47	74.80
	강관보강	74.80	299.24	311.97	74.80
연 압	무보강	74.80	199.49	129.74	74.80
	외부보강	74.80	199.49	159.34	74.80
	내·외부보강	74.80	199.49	166.33	74.80
	강관보강	74.80	199.49	217.68	74.80
풍화암	무보강	74.80	119.69	72.06	72.06
	외부보강	74.80	119.69	88.93	74.80
	내·외부보강	74.80	119.69	93.47	74.80
	강관보강	74.80	119.69	123.69	74.80
풍화토	무보강	74.80	39.89	25.89	25.89
	외부보강	74.80	39.89	32.57	32.57
	내·외부보강	74.80	39.89	35.05	35.05
	강관보강	74.80	39.89	48.35	39.89

7. 결론

1) 압축형앵커는 앵커체 내부 그라우트가 압축을 받음으로써 그라우트의 압축강도에 따라 극한 앵커력이 결정되는 경우가 많다. 앵커체가 지반 내에 시공되어 긴장·정착을 하게되면, 그라우트가 압축되는데 주변지반의 강성에 따라 그 거동형태가 달라진다. 풍화암 이상의 지반에서는 주변마찰력의 부족이나 강선의 파단으로 인한 파괴모드를 보이지만, 풍화토 지반에서는 지반의 구속압의 부족으로 인해 그라우트가 먼저 파괴될 수 있다. 이 때에 보강을 목적으로 가공부 보강형식을 도입하였는데, 모형실험 결과 보강효과가 강도증가비(R_{si})=8.23까지 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

2) 그라우트의 가공부 형식과 지반 구속압에 의한 강도증가 효과를 고려한 프로그램을 개발하였는데 무보강, 외부보강, 내·외부보강, 강관보강의 경우에 대해 각각 지반을 경암, 연암, 풍화암, 풍화토로 나누어 프로그램 수행결과를 출력하였다.

3) SSC 앵커 정착부의 그라우트 강도 증가효과의 적용성을 보면, 풍화토와 같이 압축성이 큰 지반은 지반의 구속압이 단단한 지반에 비해 강도 증가효과가 상당히 적으므로 앵커체 내부 그라우트 형식에 따른 보강효과가 가장 큰 강관이 유리하고, 경암과 같이 지반의 구속압이 큰 경우에는 그라우트를 보강하지 않더라도 정착부의 강도는 충분히 크므로 무보강 내지는 외부보강 정도로도 큰 강도증가효과를 발휘할 수 있다.

參考文獻

- 1) 日本土質工學會(1990. 2), “グラウンド-アンカーの設計・施工基準, 同解説”, 第6版.
- 2) 임 종철, 강 낙안, 홍 석우(1995. 10), “압축형 앵커(SSC 앵커)의 개발”, 한국지반공학회 95년도 가을 학술발표회 논문집.
- 3) 한국지반공학회(1997. 6), “굴착 및 흙막이공법”, 지반공학시리즈3, 구미서관, pp.236-300.
- 4) 홍 석우(1994. 2), “SI앵커의 인발저항력에 관한 연구”, 부산대학교 석사학위논문, pp. 13-15.
- 5) XANTHAKOS P. P.(1990. 10). “Ground Anchors and Anchored structures”, A Wiley-Interscience Publication JOHN WILEY & SONS, INC, pp. 343-349.
- 6) 林 鍾鐵, 洪 碩佑, 朴 承 (1995. 12), “SSC 앵커의 인발특성에 관한 연구”,釜山大學校 生産技術研究所 論文集 第49輯, pp. 73-83.
- 7) 임 종철(1996), “연구사례 II-SSC 앵커 공법” 대한토공회보 통권10호 여름호, 대한전문건설협회, 토공사협회회, pp. 78-90.
- 8) 그라운드앵커 기술협회(1997. 1), “그라운드앵커공법 설계시공지침”, pp. 12-14.
- 9) 申 潤植(1989), 地すべり工學-理論と實踐-, 山海堂, pp.57-59.
- 10) Hoek and Bray 著, 小野寺 透, 吉中 龍之進 譯(1981), 岩盤斜面工學, 2nd Ed., 朝倉書店, p.79.
- 11) 홍 석우, 임 종철(1996), “SSC앵커의 역학적 특성”, 대한토목학회 96년도 가을학술발표회 논문집, pp. 399-402.
- 12) Hobst, L. and Zajik, J. (1983), Anchoring in Rock and Soil, Developments in Geotechnical Engineering, Vol.33, Elsevier Scientific Pub. Co., p.45.
- 13) 芳賀 保夫(1991), “風化花崗巖(まさ土)上の建物の沈下量” 上の基礎 12月, pp. 17~22.
- 14) Farmer, I. W.(1983), “Engineering Behaviour of Rocks”, 2nd Edition, Chapman and Hall Ltd, pp. 54-57
- 15) 斜面安定協會(1997), “AAW工法設計施工指針”, pp. 292-309.
- 16) T. S. INGOLD(1982), “Reinforced Earth”, Thomas Telford Ltd, pp. 10.~19.
- 17) 이 태형, 임 종철, 홍 석우(1998), “구속압 효과를 고려한 압축형(SSC)앵커의 정착부 그라우트의 강도에 관한 연구”, 대한토목학회 98년도 가을학술발표회 논문집
- 18) T. H. Hanna(1982), “Foundation in tension”, McGRAW-HILL company, p. 27