

식생블록옹벽의 구조적 안전성 해석과 보강설계기법 연구

Development of Strengthening Method and Safety Analysis of Ecological
Block and Vegetation Bank Protection

오 병 환* 조 인 호** 이 영 생*** 이 근 희****
Oh, Byung-Hwan Cho, In-Ho Lee, Young-Saeng Lee, Keun-Hee

Abstract

Developed is a new environment-friendly concrete-block retaining wall system. The conventional analysis methods are not directly applicable because the proposed concrete-block wall system is made of by interlocking the blocks with shear keys. Therefore, the shear analysis as well as stability analysis have been conducted to secure the safety of block-wall system. Overall slope stability analysis was also performed. An appropriate strengthening method was developed to ensure the safety when the block-wall system is relatively high. The method of analysis for strengthening the concrete-block wall system was also proposed. The proposed environment-friendly concrete block retaining wall system shows reasonable safety and can be a good construction method for retaining walls and river bank walls.

Keywords : Shear Key, Wall Design, Wall Stability Analysis, Wall Strengthening, Block Wall, Slope Stability

1. 서 론

석축이나 콘크리트 등의 경사옹벽은 하천과 소하천 및 도로주변을 따라 예전부터 지속적으로 사용되어온 구조물 중의 하나이다. 기존에는 일반적인 옹벽 구조물들인 콘크리트 옹벽과 석축경사블록구조 등이 사용되었다.

그러나 최근 들어 사회 전반적으로 지속 가능한 발전(Sustainable Development ; 공학과 산업 전 분야의 발전이 그 자체만의 발전으로 남아서 안되고 오랜 시간동안 자연과 인간에게 궁극적으로 유익을 주는 방향으로 발전해야 함)을 크게 부각시키고 있으며, 이러한 시각으로 바라볼 때, 기존의 구조는 더 이상 미래 지향적인 구조형태가 아니다.

* 서울대학교 지구환경시스템공학부 교수

** 서울대학교 지구환경시스템공학부 석사과정

*** 경기대학교 토목환경공학부 교수

**** 대도물산 대표이사

E-mail : civilcon@gong.snu.ac.kr 02-880-7350

• 본 논문에 대한 토의를 2003년 3월 31일까지 학회로 보내 주시면 2003년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

이런 의미에서 기존의 옹벽 구조물들의 구조적 안정성 역할을 가지고 있으면서도 환경 친화적인 옹벽구조물을 개발할 필요가 절실히 대두되고 있다. 한편 경제적인 측면에서도 특별한 환경비용을 추가로 들이지 않고서 기존 구조물들보다 경제적인 옹벽 구조물을 개발해야 할 필요가 있다.

이는 구조물 자체의 재료원가, 시공속도와 기간, 시공작업 환경 등의 비용들을 개선해야만 얻을 수 있는 경제적 측면인 것이다. 이와 같이 환경적 측면과 경제적 측면 모두에서 미래 지향적이고 더욱 저렴한 비용의 옹벽구조물을 개발할 필요가 있다. 따라서 본 연구를 통하여 환경 친화적인 블록옹벽공법이 독특한 환경적 형상을 지니면서도 옹벽구조의 안전성을 확보할 수 있는 기준을 제시하고, 구조적·경제적으로 최적의 보강방안을 개발하는데 목적을 두었다.

2. 식생블록옹벽 및 호안공법을 위한 본 연구에서 제안된 블록의 개념 및 형상

식생옹벽블록은 크게 환경적 요소, 구조적 요소의 두 측면을 담당할 수 있는 부분으로 구성되어 있다. 환경적 요소는 블록 내에 홈을 두어 식물들과 각종 야

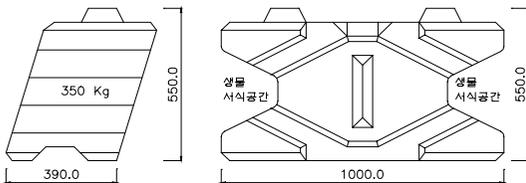


Fig. 1 식생블록형상



Photo 1 식생블록옹벽시험 시공사진

생 생물들이 서식할 수 있도록 한 부분과 양서류, 곤충 등이 자연스럽게 이동할 수 있는 이동부분으로 확보된다. 또한 블록의 상하단에 시공속도개선과 구조적 안정성을 극대화하기 위해 콘크리트 돌기를 배치하였다. 그리고 곡선형태로 옹벽을 설치할 경우를 대비하여 블록 하단의 홈은 일렬로 배치하였으며, 환경적인 요소인 식생옹벽블록내의 홈에는 배면토와 주변의 토사를 채워 넣거나 자연스럽게 내포될 수 있도록 시공, 유도한 후, 식물의 씨앗뿌리기 등의 공법으로 식물의 생장을 유도하도록 설치된다. [Fig. 1 및 Photo 1 참조]

3. 식생블록 옹벽 및 호안공법의 안전성 해석

본 연구에서 제안한 블록식 옹벽구조에 대한 안전성 해석은 블록자체의 독특한 구조형태 때문에 단순옹벽 구조해석에서 진일보한 새로운 해석 방안이 제시되어야 할 필요가 있다. 따라서 블록형상을 충분히 고려한 최적의 해석방안을 제시하고 그에 따른 실례로서 기울기 1:0.5의 구조에 대한 해석을 수행하여 제안하였다.

3.1 전도에 대한 안전성 검토

Fig. 2와 같은 콘크리트 블록옹벽구조에 대하여 우선 전도에 대한 안전성을 검토한다.

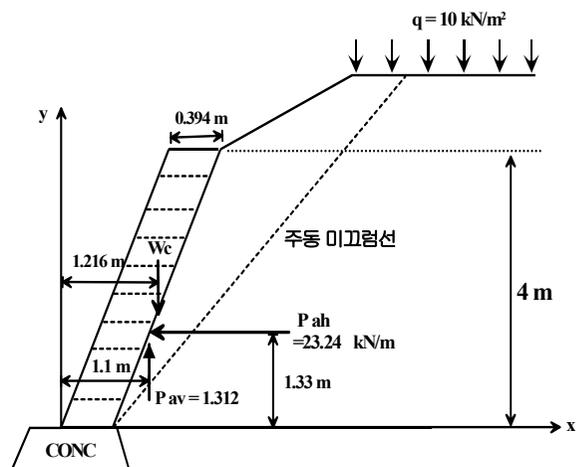


Fig. 2 토압분포

Table 1 설계조건

구조치수	뒤채움흙	콘크리트	지 지지반
<ul style="list-style-type: none"> · 옹벽높이 H = 4 m · 벽폭(수평) B = 0.433 m · 벽면기울기 1 : -0.5 · 흙쌓기기울기 1 : 1.5 · 돌돌이 흙쌓기 높이 1.0 m · 차도부 상재하중 q=10 kN/m² (도로 기준 일반적 하중 산정) 	<ul style="list-style-type: none"> · 자갈집흙 · $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ · 전단저항각 $\phi = 35^\circ$ 	<ul style="list-style-type: none"> · 설계기준강도 $f_{ck} = 20580 \text{ kN/m}^2$ · 단위체적 중량 $\gamma_c = 22.47 \text{ kN/m}^3$ · block 한 개의 중량 $350 \text{ kgf} = 3.430 \text{ kN}$ · Volume / One Block 0.153 m^3 · 단위 1m 당 옹벽 빈공간 비율 0.712 	<ul style="list-style-type: none"> · 토질 = 연암 · 마찰계수 $\mu = 0.7$ · 극한지저력도 $q_d = 1800 \text{ kN/m}^2$
			<ul style="list-style-type: none"> · 토질 = 사질토 · 마찰계수 $\mu = 0.6$ · 극한지저력도 $q_d = 900 \text{ kN/m}^2$

Table 2 하중계산

하중종류	하중 [kN/m]		작용위치 [m]		모멘트[kN · m/m]	
	수직력 V	수평력 H	X	Y	V · X	H · Y
자중	27.71	0	1.22	2	33.71	0
토압	-1.31	23.24	1.10	1.33	-1.44	30.99
합계	26.39	23.24	-	-	32.27	30.99

Table 3 옹벽높이에 대한 전도 안전율

옹벽높이	보강재 사용 전 안전율	안전율 1.5 이상 확보 위한 보강재에 의한 모멘트
2m	2.03	보강재 불필요
4m	1.04	9.96 kN · m 이상
6m	0.72	51.16 kN · m 이상
8m	0.56	137.52 kN · m 이상
10m	0.46	282.94 kN · m 이상

구조치수는 Table 1과 같다. 여기서 주동토압계수는 Coulomb 이나 Rankine의 방법으로 구하지 않고 경사블록옹벽의 경우에만 적용되는 표⁽³⁾를 이용하여 구하는 것이 가장 적절하다고 사료되며 이에 따라 해석을 수행하였다. 다른 하중들은 기존의 일반적인 옹벽구조물에 대한 해석방식을 그대로 준용하였다. 전도에 대한 안전율 F의 계산은 블록옹벽 뒤에 전도안전성을 증가시키기 위하여 보강 설치한 경우를 포함하여 식 (1)의 식으로 구할 수 있다. [Fig. 3 참조] 식 (1)의 괄호 안은 블록옹벽 배면의 보강재가 발휘하는 모멘트를 의미한다.

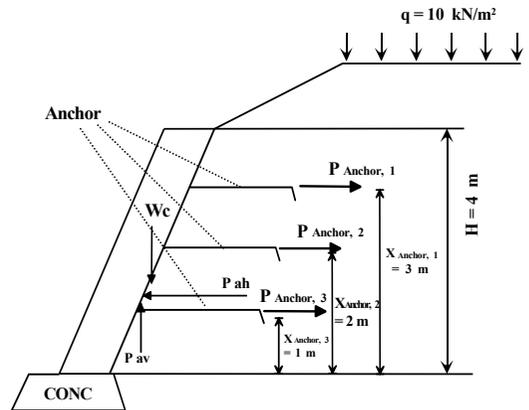


Fig. 3 보강재 설치 후 외력분포도

$$F = \frac{W_c \cdot X_c}{P_{AH} \cdot Y_A - P_{AV} \cdot X_A - (\sum P_{Anchor,i} \cdot X_{Anchor,i})} \quad (1)$$

Table 3의 해석결과에서 볼 수 있듯이, 전도의 안전에 대한 검토를 한 결과 높이 3m 정도까지는 안정성이 보강재가 없는 상태에서 확보됨을 알 수 있다. 그러나 1.5 이상의 안전율을 확보하기 위해 옹벽높이 4m 부터는 앵커와 같이 수평력을 보강해줄 수 있는 보강재를 필요로 한다는 결론을 얻었다. 이에 대한 보강설계는 다음 4절에서 다루기로 한다.

3.2 수평 활동에 대한 안전검토

3.2.1 블록옹벽의 최하단부 전단에 대한 저항고려

식생옹벽블록의 최하단블록과 콘크리트기초 부분이 콘크리트 기초에 솟아있는 돌기 부분으로 연결되었으며 따라서, 이 돌기부분이 전단에 저항하는 것으로 보고 해석을 수행하였다. 여기서 상부의 모든 블록은 일체로 거동한다고 가정하였는데, 이것은 수평력의 합력이 상부블록 모두가 일체 거동할 시에 가장 크게 하단부에 전달되는 점을 생각할 때, 구조적으로 가장 위험한 조건을 제시하는 경우이다. [Fig. 4 참조]

콘크리트가 휨과 전단 모두를 받는 상태라면 전단에 대한 일반적인 제안식이 많이 존재한다. 그러나 이 식생블록옹벽 및 호안공법의 경우처럼 순수 돌기가 전단을 견디는 것은 콘크리트의 순수전단저항력을 고려해야 한다.

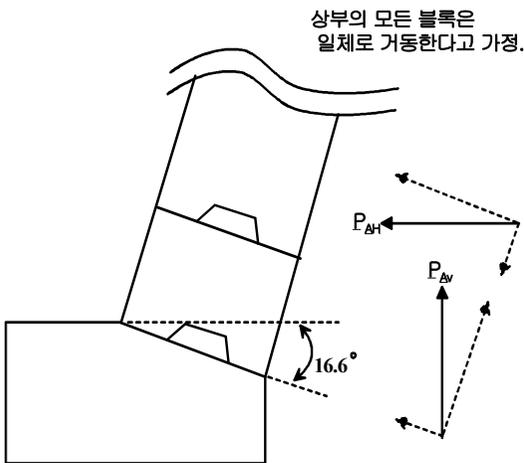


Fig. 4 최하단부의 미끄럼전단력

Table 4 최하단부 블록과 기초사이의 전단미끄럼 안전율 분석

옹벽높이	보강재 사용전 안전율	안전율 1.5 이상 확보 위한 수평보강재의 합력
2m	21.64	보강재 불필요
4m	6.42	
6m	3.14	
8m	1.88	
10m	1.26	19.23 kN/m 이상

여러 연구와 실험에 의하면 단순 전단을 받는 부재의 전단강도는 압축강도의 약 20%로 알려져 있다.⁽¹²⁾ 따라서 현재 사용된 콘크리트의 압축강도는 20580 kN/m² (210 kgf/cm²) 이므로 한 개의 블록이 저항할 수 있는 총 전단력은 145.29 [kN] 정도이다. 상부의 모든 수직, 수평하중이 최하단부 콘크리트 돌기부분에 집중된다고 가정하였을 때 안전율은 6.4 정도로 얻어진다. 안전율 F = 1.5 으로 볼 때, 위의 계산 결과에서 볼 수 있듯이 최하단부 콘크리트 돌기부분의 전단저항은 옹벽높이 4m 인 경우에 있어서는 충분한 안전율을 가짐을 알 수 있다.

3.2.2 기초부분의 전단에 대한고려

다음은 기초콘크리트와 연암 또는 사질토 기초지반과 기초콘크리트사이의 전단에 대한 안전성 검토를 수행하여야 한다. 본 계산에서 지반과 기초콘크리트와의 마찰계수는 연암지반인 경우 0.7, 사질토지반인 경우 0.6으로 하여 계산하였다.⁽⁴⁾ Fig. 5와 같은 조건에서 다음 식 (2)로 수평보강재가 포함된 경우의 안전율을 계산했다.

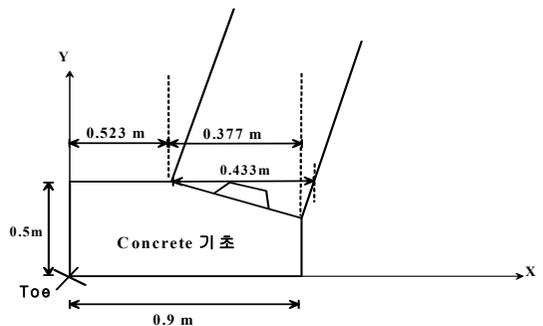


Fig. 5 기초 콘크리트의 형상

$$F = \frac{(수직력의총합) \times (\마찰계수)}{(수평력의총합) - \sum P_{Anchor, i}} \quad (2)$$

그 결과 옹벽 높이 3m 까지는 보강재 없이도 옹벽체가 성립할 수 있으나, 4m 부터는 안전율이 1.0이하의 값을 나타내어, 수평보강재가 필요한 것으로 판단되었다. 위의 식 (2) 에서 F=1.5로 두고 수평보강재의 합력을 계산해 본 결과 지지지반이 연암인 경우는 10.92kN/m, 사질토지반인 경우는 12.68kN/m 정도가 필요한 것으로 계산되었다. 따라서 기초콘크리트와 지지지반과의 미끌림 안전확보를 위해서는 4m 이상의 높이에 대해서 수평보강이 필요한 것으로 사료되며, 이에 대한 보강방안은 4절에서 논의한다.

3.3 지지력에 대한 안전검토

지지지반의 종류는 일반적인 두 가지 경우 즉, 다음과 같이 연암과 사질토인 경우에 대하여 해석을 수행하였다. 최하단부 블록이 콘크리트 기초부분과 일체형이 아니라 콘크리트 기초에 솟아있는 돌기로 인해 연결되어 있는 경우이기 때문에 일반적인 캔틸레버 옹벽이나 역 T형 옹벽과 같이 보는 것은 무리가 있다. 그러나 여기서 검토하려는 것이 콘크리트 기초부분의 Toe 가 지지지반에 가하는 압력이기 때문에 수직력의 전달차원에서는 무리가 없다.

지지력에 대해서는 옹벽높이 6m 까지는 안전율 3.0 이상을 상회하는 만족스러운 결과를 얻었으나, 옹벽높이 6m 이상에서는 수평보강이 없는 상태의 식생옹벽블록은 전도에 대하여 불안정하기 때문에 지지력에 대한 안전성 검토를 수행하기 이전에 수평보강을 먼저 시행하는 것이 타당하다. 수평보강은 다음 4절에서 기술된다.

3.4 사면안전에 대한 검토

일반적으로 자연 사면이나 굴착사면 도로 제방과 같은 성토사면에서는 흙이 중력, 간극수압, 지진 등의 여러 가지 이유로 말미암아 하향으로 무너지려는 경향을 지닌다. 이러한 사면의 전체적 운동은 광범위한 범

위에 피해를 유발하고, 특별히 사면을 돋우어서 옹벽을 만든 경우인 식생옹벽블록의 경우 전체적인 사면의 안정을 검토할 필요가 있는데 이를 위해서 사면 전체의 안전성 검토를 실시하였다. 물론 사면의 안정을 위해서는 사면자체의 기울기를 완만하게 하는 방법이 가장 좋은 방법이지만 이것은 식생블록옹벽 및 호안공법의 대표적 시공 예가 될 도로면시공이나, 호안주변 시공 등의 경우에는 경제적으로 비효율적인 방법이 되고 공간을 효율적으로 확보한다는 차원에서 비효율적인 것이다. 또한 식생블록옹벽 및 호안공법의 대표적인 시공환경이 2 ~5m 정도의 높이임을 감안할 때 사면 전체의 붕괴를 막기 위해 사면 기울기를 과도하게 작게 하는 것은 무리한 방법이라고 사료된다. 따라서 본 연구에서는 사면의 기울기는 고정시키고 옹벽자체의 안전을 확보할 수 있는 높이를 산출하였으며, 필요한 경우 간단한 앵커보강을 실시하는 방법이 더욱 경제적인 것으로 판단된다. 완전배수 상태의 전체활동에 대한 검토를 옹벽높이 4m, 6m, 10m, 그리고 옹벽경사는 1:0.5 인 가장 보편적인 경우에 대해서 각각 수행하였다.

3.4.1 검토방법

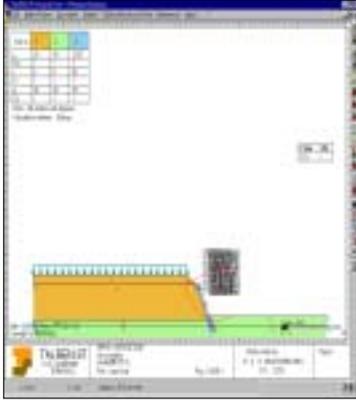
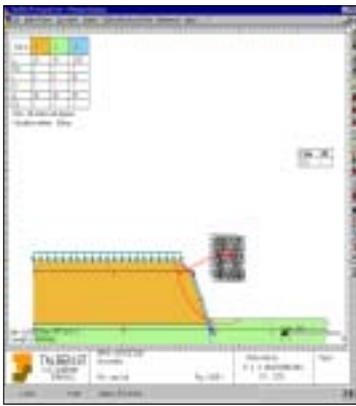
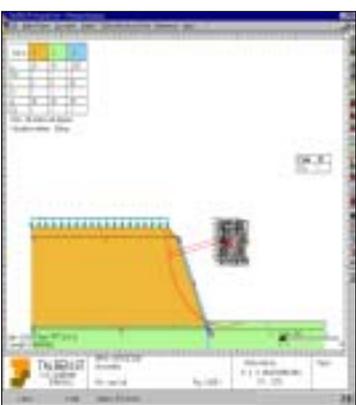
사면안전해석을 위해 사면안전 전문프로그램인 TALREN 97을 이용하였다. 기초지반 및 뒷채움 흙의 물성치들은 Table 5와 같은 기본물성치들을 적용하였다.

Table 5 입력물성치

구분	단위중량 (kN/m ³)	내부마찰각 (°)	점착력 (kN/m ²)
상재사면	20	35	0
뒷채움흙	20	35	0
기초지반	20	30	0
전면벽체	22.47	35	30

3.5.2 해석결과 및 분석

옹벽체를 포함한 전체사면의 안정성은 옹벽전체의 기하학적 형상과 상재사면, 상재하중, 기초지반조건 등의 여러 변수에 따라 결정되지만 여기서는 일반적인 조건에서 현 블록식옹벽체가 보강재 없이 자체적으로 성립 가능한 높이를 파악하는데 중점을 두었다.

Case	TALREN97 해석결과	안전율
H=4m -기초지반- $\gamma=20\text{kN/m}^3$ $\phi=30^\circ$		1.26
H=6 m -기초지반- $\gamma=20\text{kN/m}^3$ $\phi=30^\circ$		1.09
H=10m -기초지반- $\gamma=20\text{kN/m}^3$ $\phi=30^\circ$		0.93

옹벽체를 포함한 사면안정검토에 있어서 일반사면의 기준안전율인 $F.S=1.2$ 를 적용하여본 해석결과는 4m 이하의 옹벽에서 보강재 없이 옹벽체가 성립할 수 있는 것으로 판단된다.

4. 식생블록옹벽 및 호안공법의 보강설계

4.1 보강설계의 개념

중력식 옹벽 등 강성 옹벽은 옹벽에 작용하는 주동 토압에 대하여 옹벽 전면의 전단 저항력으로 안정을 도모하는 구조로 되어 있다. 전단 저항력은 수직반력 즉 옹벽의 중량에 의존하고 있으므로 옹벽을 안정하게 하기 위해서는 옹벽의 중량을 크게 해야 한다. 이에 비하여 보강토 옹벽은 흙쌓기 내에 부설된 보강재의 전단 저항력(인발저항력)에 따라 토압에 저항하게 하는 공법이다. Vidal의 제안에 의해 실용화된 보강토 옹벽은 이론보다도 실용을 선행시키는 구미의 기술 개발 기법에 의해 현장에서의 작업성을 충분히 고려한 방법으로 개발이 진행되었다. 원래 보강토는 흙과 띠강의 표면 사이에 생기는 마찰에 의해 흙을 보강하는 사고방식을 근거로 하는데, 실제로 보강토 옹벽을 설계하는 경우에는 벽면에 걸리는 토압을 마찰저항존에 있는 띠강의 표면과 흙 사이에 생기는 마찰 저항력에 의해 지지하는 것으로 생각해 검토한다.

Fig. 6은 보강토 벽의 저항 메카니즘을 도식적으로 나타낸 것이다. 주동토압은 미끄럼면 전방의 주동 영역 내에 있는 보강재와 벽면재에 작용하여 보강재를 전방으로 인발하게 한다. 이렇게 되면 미끄럼면 후방에 있는 보강재와 성토재 사이에 전단저항력이 발생하여 인발에 저항하게 된다. 이것이 보강토 옹벽의 안정 메카니즘이다. 보강재로 보강한 옹벽 설계시 검토할 사항은 크게 두 가지로 구분할 수 있는데 내적안정과 외적안정에 대한 검토가 그것이다. 이를 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

내적안정 검토	외적안정 검토
- 보강재의 파단에 대한 검토	- 토구조체의 활동 및 전도에 대한 검토
- 보강재의 인발저항에 대한 검토	- 지지 지반의 지지력에 대한 검토

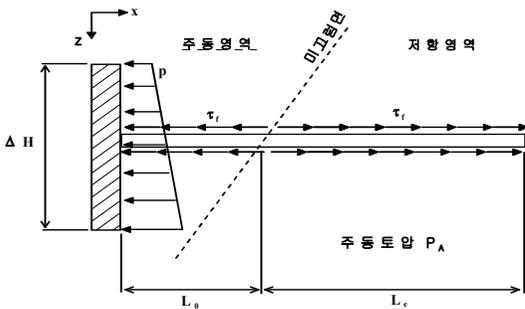


Fig. 6 보강토벽의 안정 메카니즘

$$P_A = \int_z^{z+\Delta H} p \, dz + 2 \int_0^{L_o} \tau_f \, dx = 2 \int_0^{L_e} \tau_f \, dx \quad (3)$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 벽면토압 주동영역 저항영역

4.2 보강 후의 안정성 검토

앞서 수행해 본 구조적 안전성검토 중 보강이 필수적으로 동반되어야할 높이인 6 m 높이 식생블록옹벽(기울기 1:0.5)에서 높이 1 m, 폭 0.5 m 간격으로 앵커를 설치할 경우에 대하여 안정성 검토 방법을 본 연구에서 제시하였다. 4m 이상의 옹벽에 대한 앵커 보강을 제안하기 위해 다음과 같은 검토 단면에서 안전해석을 수행하였다. 앵커 끝에 인발력에 저항할 수 있는 콘크리트 블록을 설치하는 방식으로 보강 방안을 제시해 보았다. 기본적인 해석조건은 3절에서 제시한 조건과 동일하며, 토압계수는 다음과 같이 일반적인 토압계산식을 적용하였다.

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) \quad (4)$$

보강제인 타이바(tie bar)에 대한 정밀한 해석을 수행하기 위하여 tie bar에 작용하는 인장력을 계산하면 다음과 같다.

$$T_i = p_i \cos \delta \Delta H_i \Delta B_i \quad (5)$$

ΔH_i : tie bar의 수직 간격
 ΔB_i : tie bar의 수평간격

지표면 하 5 m에 설치된 타이바(tie bar)에 작용하는 인장력은 주동토압 35.23 kN/m²이 작용되는 가운데 tie bar에 작용하는 인장력은 17.58 kN과 같다. 이러한 하중상태에서 최적의 앵커제원은 일반적인 방식의 녹여유 1.35mm를 가정했을 때 철근 $\phi 16 \text{ mm}$ 이 가장 적합한 것으로 해석결과 얻을 수 있었다. 실제 보강시공을 위해서는 tie bar의 길이 또한 제안할 필요가 있는데, 이 해석을 위해 주동과괴면 경사각은 다음 식(6)으로 얻을 수 있다.

$$\omega = \tan^{-1} \left(\frac{\cos(\phi + \delta)}{\sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \cos \delta}{\sin \phi} - \sin(\phi + \delta)}} \right) \quad (6)$$

이 경사각을 적용하여 계산해 보면 tie bar의 최소 배치길이는 4.5m 정도가 되어야한다. 최종적으로 타이바(tie bar)의 인발에 대한 검토는 다음의 식 (7)로 수행한다.

$$T_{ai} = \frac{A_b}{F} (cN_c + qN_q) \quad (7)$$

A_b : 앵커 플레이트 면적

F : 인발에 대한 안전율 (=3.0)

q : i 번째 앵커 위치에서 상재압

N_c, N_q : 지지력 계수

위 식을 통해서 원하는 깊이의 tie bar에 제하되는 인발저항력을 얻을 수 있다. 식(7)에서 앵커 플레이트(700×200×200 mm)를 사용할 때, 플레이트 1개당 앵커 2개 설치하는 방식이 가장 효율적이라고 판단되어 이러한 조건을 가지고 해석을 수행하였다. 이상의 과정을 통해, 6m 외 4m, 8m 높이 식생블록옹벽에서 수평보강재 보강 후 보강제의 파단, 인발저항, 옹벽의 활동 및 전도에 대한 안정 검토한 결과를 Table 7에 나타내었다. 안정 검토 결과 8 m 높이까지 시공이 가능한 것으로 해석되었다. Table 7의 괄호 안의 값들은 3장에서 해석 후연은 소요 보강력들이다.

Table 6 1 m 깊이 간격으로 설치된 tie bar에 작용하는 인장력 및 인장응력

	지표 아래 깊이 (m)	주동토압 p_i (kN/m ²)	인장력 T_i (kN)	인장응력 σ_{ti} (kN/mm ²)
1단	1m	13.55	6.76	0.040
2단	2m	18.97	9.47	0.056
3단	3m	24.39	12.18	0.072
4단	4m	29.81	14.88	0.088
5단	5m	35.23	17.58	0.104

Table 7 수평보강재 보강 후 안정 검토

높이 (1:0.5)	인장응력 (kN/m ²)	허용인발저항력 / 1m from bottom (kN/m)	보강재력 합 (kN/m)	저항모멘트 합 (kN·m)
4 m	0.072	54.52 (> 12.18)	56.82 (> 12.68)	102.80 (> 9.96)
6 m	0.104	78.75 (> 17.586)	121.752 (> 31.89)	311.132 (> 51.16)
8 m	0.138	104.55 (> 23.347)	209.03 (> 58.93)	682.498 (> 137.52)

5. 결론

본 논문에서는 새로운 형태의 환경친화형 식생블록 옹벽공법을 개발하였다. 본 공법은 전단기를 가지는 콘크리트 블록식으로 조립 시공되며, 내부에 식생이 가능한 공간과 작은 동물의 이동통로가 함께 고려되어 있다. 본 연구에서는 이 블록옹벽공법의 해석방법과 보강설계기법을 연구 제시하였다. 본 연구의 내용과 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 블록의 형상에서 수평전단에 대한 충분한 저항을 위해 블록 상하에 concrete 전단 key를 설치하여 이에 대한 해석을 수행해 본 결과 전단에 대한 충분한 안전을 확보하는 단면을 제시하였다. 또한 하단 의 흙은 일렬로 내어서 곡선시공의 경우에도 인접블록 설치가 용이할 수 있도록 구조형상을 제안하였다.
- 2) 환경적 형상구조를 가진 식생블록옹벽공법에 대하여 구조적으로 전도 및 수평활동, 지반지지력에 대한 해석방법을 제안하였고, 실례로 기울기 1:0.5에 대한 해석을 수행하여 본 결과, 옹벽높이 3m 미만까지는 보강재 없이 콘크리트 블록 옹벽체 성립이 가능하였다.

- 3) 사면안정에 대한 해석은 이 분야 전문범용 프로그램인 TALREN97을 사용하여 수행하였다. 그 결과 옹벽높이 4m 미만까지는 옹벽체로서의 안전이 특별한 보강재 없이 확보되었다.
- 4) 식생블록옹벽의 높이가 4m 이상인 경우에는 높이에 따라 블록배면에 보강재 설치가 필요한 것으로 나타났으며, 이에 대한 앵커를 이용한 최적의 보강방안을 제시하였다. 앵커 끝단에는 시공 속도와 경제적 측면의 적절한 효과를 발휘하기 위하여 앵커 보강을 제안하였다. 앵커보강은 앵커 2개당 플레이트 1개를 설치하는 방식으로 설치하며, 앵커 플레이트의 형상은 700×200×200 mm 이다. 이에 대한 해석결과 필요한 안전율이 확보되었다.

참고문헌

1. 김상수 감수, 보강토 공법의 설계와 시공, 과학기술, 2001.
2. 김명모, 토질역학, 문운당, 1999.
3. 이종득 역, 옹벽설계와 계산예(I), 일광, 2000.
4. 콘크리트 구조설계기준, 1999, 건설교통부.
5. 콘크리트 표준시방서, 1999, 건설교통부.
6. 하천 설계기준, 2000, 건설교통부.
7. 하천공사 표준시방서, 1999, 건설교통부.
8. Boveles, J.E., Foundation Analysis and Design

-
- 3rd ed. , McGraw-Hill, 1982.
9. Das, B.M. , Principles of Foundation Engineering, Books/Code Engineering Division, 1984.
10. Das, B.M., Principles of Geotechnical Engineering, PWS, Engineering, Boston, 1985.
11. Ingold, T.S., Reinforced Earth, Thomas Telford Ltd, London, 1982.
12. Mindess & Young, Concrete, Prentice-Hall, 1981.
13. Lambe, T.W. and Whitman, R.V., Soil Mechanics, John Wiley & Sons, New York. 1979.
14. Nilson, A. H., "Design of Reinforced Concrete Structures", McGraw Hills, 2000.

(접수일자 : 2002년 12월 17일)