

연약지반에서 보강옹벽의 안정성을 위한 적정 치환영역의 사례 연구

A Case Study of Investigating Appropriate Replacement Area for the Stability of Reinforced Retaining Walls on Soft Ground

송 용 선* 이 병 식**
Song, Young-Sun Lee, Byung-Sik

Abstract

For the cases of constructing reinforced earth and gabion walls on the soft ground, an appropriate replacement area of soft ground required to maintain the stability of walls was investigated by FEM analyses. Incremental analyses were performed in FEM, in which construction sequences including consolidation of soft soil layer were simulated. As a first step to suggest the appropriate replacement area, a series of analyses for cases varying the replacement depth were conducted to examine the behaviors of wall and adjacent ground according to the construction sequence. The analysis results were, then, evaluated with the proper limiting values of displacements of wall, settlements and shear strains of ground to guarantee the stability of walls, which were specified based on the literature review. Consequently, the typical construction drawings could be suggested, in which appropriate replacement areas for varying wall heights for the ground condition investigated in this study were represented in terms of the ratio of replacement depth to the height of wall.

요 지

연약지반에 시공되는 보강토옹벽과 개비온옹벽에 대해서 옹벽의 안정성을 확보하기 위해 필요한 적정 치환영역을 유한요소해석을 통해 검토하였다. 해석은 연약토층의 압밀단계를 포함하여 시공순서를 모사하는 단계별 해석방법으로 수행되었다. 적정 치환영역의 제안을 위한 첫 단계로 치환깊이를 변화시킨 경우들에 대해서 시공단계에 따른 벽체 및 주변 지반의 거동을 조사하는 일련의 해석을 수행하였다. 이들 해석결과를 문헌 연구를 통하여 설정한 옹벽의 안정성을 보장할 수 있는 벽체변위, 지반의 침하량 및 전단변형을 등의 한계값과 비교, 평가하였다. 그 결과, 본 연구에서 검토한 지반조건에서 벽체의 높이가 변하는 경우에 대한 적정 치환영역을 벽체의 높이에 대한 치환깊이의 비로 나타내는 시공표준도를 제안하였다.

Keywords : Soft ground, Reinforced retaining wall, FEM, Consolidation

핵심 용어 : 연약지반, 보강토옹벽, 유한요소해석법, 압밀

* 정희원, 공주대학교 건설환경공학부 교수

** 정희원, 공주대학교 건설환경공학부 교수

E-mail : ssong@kongju.ac.kr 041-550-0292

• 본 논문에 대한 토의를 2007년 12월 31일까지 학회로 보내 주시면 2008년 3월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

1. 서론

연약지반은 상부구조물의 하중을 안전하게 지지할 수 없는 상태의 지반을 일컫는 것으로 연약한 점토, 느슨한 사질토, 유기질 흙 등이 이에 속한다. 연약지반이 공사구간 내에 포함되어 있는 건설현장에서는 이에 대한 대책을 강구하여 상부구조물의 지지와 침하에 대한 안정성을 확보해야 한다.

본 논문은 OO대교 현장의 연약지반에 시공되는 보강토옹벽과 개비온옹벽의 안정성을 확보하기 위하여 치환공법으로 적절한 치환영역을 검토한 현장사례 연구이다. 적절한 치환영역을 결정하기 위해서 다양한 치환영역 조건에 대해 시공단계에 따라 옹벽과 성토사면의 거동을 연약지반의 압밀을 고려한 유한요소해석 방법으로 검토하였다.

검토결과를 이용하여 OO대교 현장의 지반조건에서 시공되는 보강토 및 개비온옹벽의 안정성이 확보되는 적정 치환영역을 규정하는 시공 표준도를 제안하였으며, 이는 OO대교 현장에 적용되어 안정성 및 경제성 면에서 만족할 만한 결과를 얻었다.

2. 해석대상 대표단면

옹벽이 설치되는 해석대상 전 구간에서 연약지반 두께는 3.5m 정도로 거의 일정하지만,⁽¹⁾ 성토고와 옹벽 높이는 시공구간마다 다르므로 해석대상 대표단면을 선정할 필요가 있었다. 그러므로, 본 연구에서는 연약지반에 의해 옹벽 안정성이 취약할 것으로 예상되는 성토고가 가장 높은 축점의 단면을 선택하였다. 보강토옹벽에 대해서는 성토고가 6.2m인 축점 0+440을, 개비온옹벽에 대해서는 성토고가 7.7m인 축점 0+700 지점에서 각각 해석대상 대표단면으로 정하였다.

해석대상 구간의 연약지반에 대한 압밀물성치는 Table 1과 같다. 각 대표단면에서 옹벽을 설치하기 전 까지 일정 높이의 성토층이 시공되었으며, 성토층의 높이와 이로 인해 발생한 침하량의 계측 결과는⁽²⁾ Table 2와 같다. 이들 표에 정리된 자료는 각 대표단면의 유한요소해석에서 지반물성치의 입력값을 추정하기 위한 자료로 활용되었다.

Table 1 연약지반의 압밀물성치

두께 m	γ_t kN/m ³	c_u kN/m ²	e_0	c_v	C_c	C_r	p_c'
				cm ² /sec			kN/m ²
3.5	17.8	15.7	1.093	0.0118	0.223	0.049	127.4

Table 2 구간별 성토 및 침하량 현황

축점	최종 성토고 (m)	옹벽 높이 (m)	위치	경과 일	현 성토고 누계 (m)	현 침하량 누계 (cm)
0+440	6.23	4.3	L	-	-	-
			C	307	1.16	6.7
			R	-	-	-
0+700	7.69	5.0	L	459	1.50	8.3
			C	459	1.50	9.1
			R	459	1.50	11.0

3. 유한요소해석

본 연구의 유한요소해석은 2차원 평면변형 해석으로 수행되었으며, 시공단계에 따른 연약토층의 압밀을 고려한 유한요소해석이 가능한 범용프로그램 SAGE-CRISP⁽⁹⁾를 사용하였다.

3.1 재료별 적용 모델 및 물성치

해석단면의 각 재료종류에 따라 적용한 응력-변형 모델과 요소들을 정리하면 Table 3과 같다. 표에 보인 바와 같이 연약지반에 대해서는 이들의 응력-변형 거동특성을 보다 정확히 예측할 수 있는 것으로 알려진 수정 Cam-clay 모델⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾ 적용하였다.

Table 3 응력-변형 모델과 요소

응력-변형 모델	요소	재료 종류
Mohr-Coulomb	평면	기초지반, 샌드매트, 노상, 노체, 뒷채움, 포장
수정 Cam-clay	평면	연약지반
탄성	봉	PP매트, PE매트, 보강재
탄성	보	보강토 패널
탄성	평면	개비온구체
탄소성	접촉	개비온 구체와 흙의 접촉면

해석에 적용한 Mohr-Coulomb 모델과 수정 Cam-clay 모델의 물성치는 Table 1의 연약지반 압밀물성치를 기반으로 Table 2의 침하량 계측 결과를 얻을 수 있는 물성치를 역계산으로 반복하여 추정하였다. 이들 물성치와 PP매트 등 보강재와 옹벽 전면벽 및 개비온옹벽 구체 등 탄성재료에 대한 물성치 및 접촉 요소에 대한 물성치는 참고문헌에⁽³⁾ 나타나있다.

3.2 해석단계 설정

유한요소해석은 시공단계 및 하중단계별 지속시간을 고려하는 단계별 해석으로 수행되었다. 보강토옹벽으로 시공되는 축점 0+440에 대해서는 총 26개의 해석단계를, 개비온옹벽으로 시공되는 축점 0+700에 대해서는 총 18개의 해석단계를 적용하여 해석하였다.

일반적으로 해석단계는 주어진 지반조건에서 초기응력을 설정하는 단계에서 시작하여, 성토 혹은 굴착, 압밀, 구조물(보강재, 매트, 벽체 등)의 설치단계 등으로 구성된다. 성토나 굴착에 의한 하중변화와 이로 인한 압밀현상은 점증적으로 발생하는 것으로 가정하였으며 실제 예상되는 지속시간을 해석에 고려하였다. 이러한 과정의 실례로써 축점 0+440 해석단면에 적용한 해석단계는 Table 4와 같다.

Table 2에 보인 현재 성토고 1.16m는 Table 4의 해석단계 중 3단계에 해당한다. 현재 성토고에 대해서 300일 후에 발생하는 침하량은 해석단계 4에서 구한다. 4단계 해석에서 구한 침하량이 Table 2에 보인 계측치 6.7 cm와 유사한 값으로 구해지는 경우 해석결과를 신뢰할 수 있게 된다. 보강토옹벽의 시공과 성토는 5단계로부터 21단계까지의 해석에서 모사한다. 22단계로부터 25단계까지 성토 시공되는 하중에

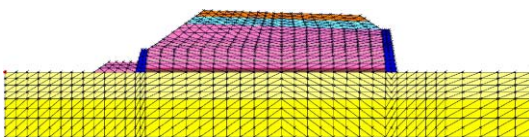
Table 4 해석 단계(축점 0+440)

단계 번호	단계명	증분수(회)		지속시간(일)	
		단계별	누계	단계별	누계
1	초기응력	1	1	0.001	0.001
2	PP매트	1	2	0.001	0.002
3	성토(1)	10	12	5	5.003
4	압밀(1)	10	22	300	305.003
5	굴착	10	32	2	307.003
6	벽체(1)	1	33	0.001	307.004
7	뒷채움(1)	10	43	2	309.004
8	보강재(1)	1	44	0.001	309.005
9	뒷채움(2)	10	54	2	311.005
10	보강재(2)	1	55	0.001	311.006
11	벽체(2)	1	56	0.001	311.007
12	뒷채움(3)	10	66	2	313.007
13	성토(2)	10	76	5	318.007
14	PE매트	1	77	0.001	318.008
15	성토(3)	10	87	5	323.008
16	보강재(3)	1	88	0.001	323.009
17	뒷채움(4)	10	98	2	325.009
18	성토(4)	10	108	5	330.009
19	보강재(4)	1	109	0.001	330.010
20	벽체(3)	1	110	0.001	330.011
21	뒷채움(5)	10	120	5	335.011
22	성토(5)	10	130	5	340.011
23	성토(6)	10	140	5	345.011
24	성토(7)	10	150	2	347.011
25	성토(8)	10	160	5	352.011
26	압밀(3)	20	180	300	652.011

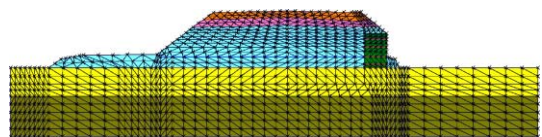
의해서 발생하는 침하량은 26단계 압밀해석에 의해 추정하였다.

3.3 해석 사례

치환조건과 시공단계에 따른 보강토옹벽과 개비온옹벽 및 주변 지반의 거동을 분석하기 위해 지반조건과 치환깊이를 변화시킨 사례들에 대한 해석을 수행하였다.



(a) 보강토옹벽(축점 0+440)



(b) 개비온옹벽(축점 0+700)

Fig. 1 해석에 적용한 유한요소망의 예

여기서 치환폭은 옹벽 하부의 지반 내에서 발생하는 전단변형이 지표면까지 발달하는 것을 방지하기에 충분한 값을 경험적으로 정하였다. 보강토옹벽의 경우에 치환영역의 바닥 폭은 옹벽 뒷채움 폭의 1.5배로 하고, 지표면 폭은 치환영역 바닥 양단으로부터 기울기 1:1로 지표면까지 연장하여 얻은 폭으로 정하였다. 개비온옹벽의 경우에 바닥 폭은 옹벽의 최하단 폭을 기준으로 양측에 작업 여유 폭 50cm를 고려하여 정하였으며, 지표면 폭은 보강토옹벽과 같은 방법을 이용하였다.(시공표준도 Fig. 11, 12)

수행한 해석 사례들의 기초지반 조건으로 보강토옹벽 시공구역인 축점 0+440에 대해서는 연약 원지반인 경우, 연약지반이 없는 경우, 치환 깊이가 1m와 2m인 경우 등으로 나누어 해석하였으며, 개비온옹벽 시공구역인 축점 0+700에 대해서도 연약상태의 원지반인 경우, 연약지반이 없는 경우, 치환 깊이가 0.9m, 1.8m인 경우 등으로 나누어 해석하였다.

Fig. 1은 각각 보강토옹벽과 개비온옹벽의 사례들에 대한 유한요소해석에서 적용한 유한요소망의 예이다. 이들 해석으로부터 옹벽의 안정성 평가와 밀접한 관련이 있는 것으로 판단되는 벽체의 변위, 시간에 따른 지반의 침하량 및 간극수압 변화, 지반의 전단변형을 등에 대한 해석결과를 검토함으로써 치환조건에 따른 옹벽의 거동을 평가하고자 하였으며, 여러 해석결과 중 대표적인 예로 축점 0+440을 대상으로 연약지반을 치환하지 않은 경우의 간극수압, 수평변위 등에 대한 해석결과는 Fig. 2-Fig. 6과 같다.

4. 적정 치환영역

3절에서 보인 바와 같은 유한요소해석 결과를 바탕으로 옹벽의 안정성을 유지할 수 있는 적정 치환영역

의 검토에는 우선 옹벽의 안정성에 대한 평가기준이 설정되어야 하며, 3절에서 치환깊이를 변화시키면서 해석한 옹벽의 거동 값을 설정한 평가기준과 비교, 평가함으로써 적절한 치환영역을 제안코자 하였다.

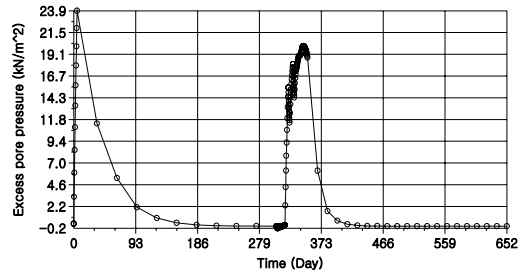


Fig. 2 시공 단계에 따른 간극수압

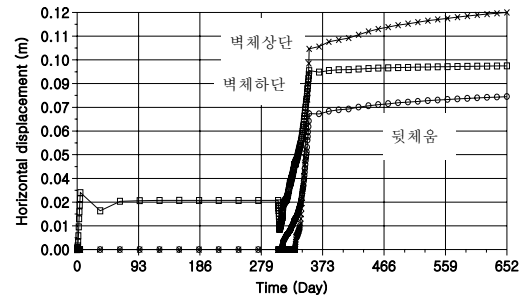


Fig. 3 시공 단계에 따른 벽체 및 뒷채움 수평변위

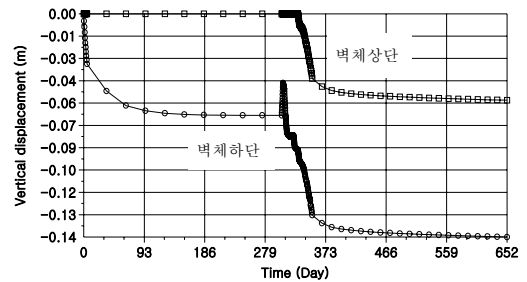


Fig. 4 시공 단계에 따른 벽체 수직 변위

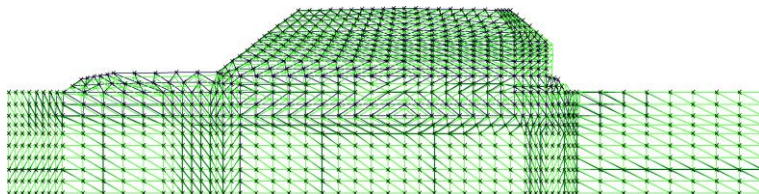


Fig. 5 시공 전체 기간 중 발생하는 절점변위 분포(5배 확대)

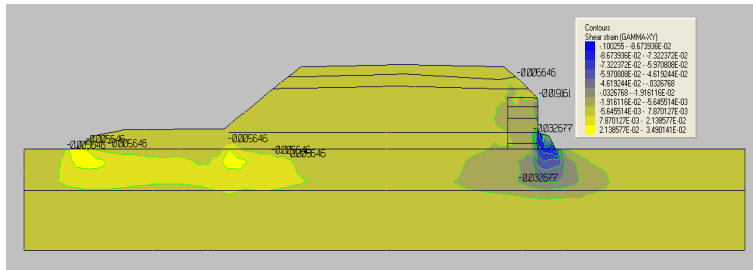


Fig. 6 시공 전체 기간 중 발생하는 전단변형률 분포

4.1 안정성 평가기준의 설정

보강토옹벽과 개비온옹벽에 대해서 각각 옹벽의 안정성을 유지할 수 있는 평가 기준을 문헌에^{(7),(8),(12)} 나타난 선행 연구결과를 바탕으로 결정하고자 하였다. 선행 연구결과에서 옹벽의 안정 조건은 대체적으로 벽체의 변위에 근거한 계획선형오차, 침하량, 활동량 등을 기준으로 삼아 한계값으로 제안되고 있는 것으로 나타났다. 이러한 안정기준은 연구자마다 다소 차이가 있으므로 이를 토대로 본 연구에서는 검토대상인 보강토옹벽과 개비온옹벽에 적용되는 안정 기준의 한계값을 항목별로 Table 5에 정리하였다.

Table 5 적용 조건에 따른 안정성 평가기준 항목의 한계값

항목	평가 기준		조건
	보강토옹벽 (H=4.8m)	개비온옹벽 (H=5m)	
수평 변위	2%H 미만 (8.6cm)	2%H 미만 (10cm)	시공 중
계획선형 오차	5% 미만	1% 미만	시공 중
침하량	3%H 미만 (13cm)	3%H 미만 (15cm)	시공 중
전단 변형률	벽체 하단 지표면 5% 미만	벽체 하단 지표면 5% 미만	시공 중
진행성 침하량	3cm 미만	3cm 미만	시공 후
계획선형 오차	5% 미만	5% 미만	시공 후
진행성 활동	2cm 미만	2cm 미만	시공 후
전단 변형률	벽체 하단 지표면 5% 미만	벽체 하단 지표면 5% 미만	시공 후

4.2 치환영역의 제안

보강토옹벽과 개비온옹벽에 대해서 3절에서 설명한 각각 4가지의 해석사례에 대해서 Fig. 2로부터 Fig. 6에 보인 바와 같은 유한요소해석 결과를 Table 5와 같이 설정한 평가항목의 한계값과 비교하였다. 이들 비교결과로부터 시공 중과 공용 중 옹벽의 안정성을 유지할 수 있는 적정 치환영역을 추정하여 제안코자 한다.

보강토옹벽과 개비온옹벽에 대한 해석결과를 설정한 안정성 평가항목의 한계값과 비교하여 종합하면 각각 Table 6, Table 7과 같다. Table 6에 보인 보강토옹벽에 대한 결과에서 연약 원지반 조건의 해석결과를 한계값과 비교하면, 연약지반을 치환하지 않고 옹벽을 시공하는 경우에 시공 중 옹벽 상하단 위, 옹벽 기초 지반의 침하량과 전단변형율이 한계값을 만족하지 못하여 옹벽이 불안정한 것으로 나타났다. 또한, 연약 지반을 1m 깊이로 치환한 경우에도 옹벽 상단에서 발생하는 수평변위가 한계값을 만족하지 못하며 치환깊이가 2m인 경우에 안정성이 확보되는 결과를 얻었다. 그러나, 치환깊이가 2m인 경우에 상단 수평변위를 제외하고는 다른 한계값들은 상당히 안전측에 있어 다소 과다한 치환이 될 수 있는 것으로 판단되었다.

Table 7에 보인 개비온옹벽에 대한 결과에서 기초의 치환깊이 0.9m를 적용한 경우에 옹벽 하단 수평변위, 계획선형오차와 기초지반의 전단변형률 등에서 한계값을 만족하지 못하여 옹벽이 불안정한 것으로 해석되었다. 그러나, 치환깊이가 1.8m인 경우에는 안정성을 확보하는 결과를 얻을 수 있지만 이 치환 깊이를 그대로 적용하는 경우에 역시 과다한 치환의 가능성이 있다.

Table 6 보강토옹벽에 대한 안정성 평가

한계값	옹벽 상단 벽체 수평 변위 (cm)		옹벽 하단 벽체 수평 변위 (cm)		계획선형오차 (%)		기초지반 침하량(cm)		기초지반 전단변형률 (%)	
	시공 중 < 8.6	공용 중 < 2	시공 중 < 8.6	공용 중 < 2	시공 중 < 5	공용 중 < 5	시공 중 < 13	공용 중 < 3	시공 중 < 5	공용 중 < 5
연약 원지반	11.2 (N.G.)	1.5 (O.K.)	9.3 (N.G.)	0.3 (O.K.)	0.4 (O.K.)	0.3 (O.K.)	13.1 (N.G.)	1.5 (O.K.)	8 (N.G.)	2 (O.K.)
연약지반 없는 경우	7.6 (O.K.)	0.2 (O.K.)	0.3 (O.K.)	0 (O.K.)	1.7 (O.K.)	0 (O.K.)	0.2 (O.K.)	0 (O.K.)	4 (O.K.)	0.5 (O.K.)
깊이 1m 치환	8.7 (N.G.)	0.7 (O.K.)	5.8 (O.K.)	0.2 (O.K.)	0.7 (O.K.)	0.1 (O.K.)	5.5 (O.K.)	1.7 (O.K.)	4.5 (O.K.)	0.6 (O.K.)
깊이 2m 치환	8.2 (O.K.)	0.4 (O.K.)	3.6 (O.K.)	0.2 (O.K.)	1.1 (O.K.)	0 (O.K.)	3.3 (O.K.)	0.9 (O.K.)	3.7 (O.K.)	0.6 (O.K.)

Table 7 개비온옹벽에 대한 안정성 평가

한계값	옹벽 상단 벽체 수평 변위 (cm)		옹벽 하단 벽체 수평 변위 (cm)		계획선형오차(%)		기초지반 침하량(cm)		기초지반 전단변형률 (%)	
	시공 중 < 10	공용 중 < 2	시공 중 < 10	공용 중 < 2	시공 중 < 1	공용 중 < 1	시공 중 < 15	공용 중 < 3	시공 중 < 5	공용 중 < 5
연약 원지반	14.7 (N.G.)	0.7 (O.K.)	19.5 (N.G.)	0.5 (O.K.)	0.9 (O.K.)	0 (O.K.)	21.6 (N.G.)	1.4 (O.K.)	15 (N.G.)	0.9 (O.K.)
연약지반 없는 경우	1.2 (O.K.)	0 (O.K.)	0.2 (O.K.)	0 (O.K.)	0.2 (O.K.)	0 (O.K.)	0.2 (O.K.)	0 (O.K.)	0.6 (O.K.)	0 (O.K.)
깊이 0.9m 치환	8.0 (O.K.)	1.1 (O.K.)	13.9 (N.G.)	0.4 (O.K.)	1.2 (N.G.)	0.1 (O.K.)	10.7 (O.K.)	1.9 (O.K.)	5 (N.G.)	-1 (O.K.)
깊이 1.8m 치환	4.4 (O.K.)	0.7 (O.K.)	9.3 (O.K.)	0.4 (O.K.)	0.5 (O.K.)	0 (O.K.)	6.1 (O.K.)	1.3 (O.K.)	4 (O.K.)	0.1 (O.K.)

따라서, 과도한 치환의 가능성을 배제하고 적절한 치환깊이를 제안하기 위한 방법론으로 보강토옹벽 (h=4.3m)에 대해서 Table 6에 정리한 해석결과 중 치환깊이에 따른 상단 수평변위의 변화를 Fig. 7과 같이 검토하였다. 그림으로부터 보강토옹벽의 안정을 위해서 수평변위 한계값 8.6cm에 대응하는 적정 치환깊이는 약 1.1 m정도임을 알 수 있다.

개비온옹벽(h=5m)에 대한 적정 치환깊이 결정을 위해서 해석결과를 Fig. 8과 같이 치환깊이에 따른 수평변위와 전단변형률의 변화를 중복을 피해 한 도표에 나타내어 검토하였다. Fig. 8의 결과에 따르면 개비온옹벽의 안정을 위한 치환깊이는 기초지반에 발생하는 전단변형률 보다는 옹벽하단의 수평변위에 의해서 결정되는 중요한 사실을 알 수 있었으며, 수평변위 한계값 10cm에 대응하는 치환깊이는 약 1.7m로 추정할

수 있다.

보강토와 개비온옹벽 모두 공사구간 내에서 벽체 높이가 변화하고 벽체 높이의 변화에 따라 치환깊이가 제안되어야 하므로 옹벽높이를 다르게 한 해석으로 치환깊이를 구하였으며, 이들 해석 결과로부터 옹벽높이에 따른 적정 치환깊이를 추정하는 검토로서 치환깊이 (d)와 옹벽높이(h)의 비율을 정규화한 값으로 제안코자 하였다. 이와 같은 과정의 예로 개비온옹벽에 대해서 옹벽의 높이가 5m인 경우(Fig. 8)과 3m인 경우에 대해 치환깊이를 추정한 결과를 Fig. 9에 나타내었으며 이 결과로부터 옹벽높이 변화에 따른 추정된 적정 치환깊이와의 관계는 Fig. 10과 같다. 예상했던 바와 같이 Fig. 10에서 적정 치환 깊이는 옹벽의 높이가 증가함에 따라 개략적으로 선형으로 비례하여 증가하는 것으로 나타났다.

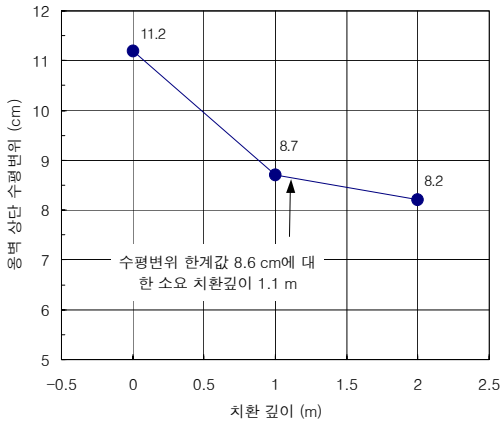


Fig. 7 보강토옹벽에서 치환깊이와 상단수평 변위 (측점 0+440, h=4.3m)

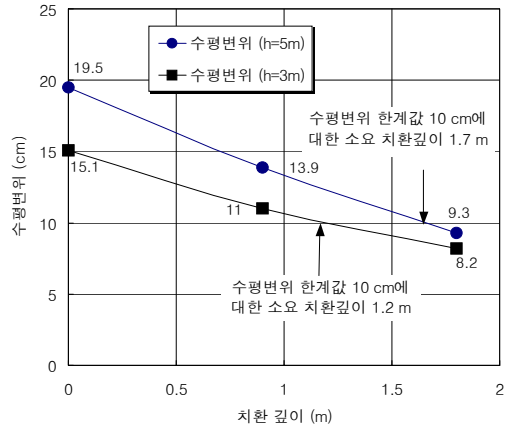


Fig. 9 개비옹벽 높이에 따른 적정치환 깊이의 결정

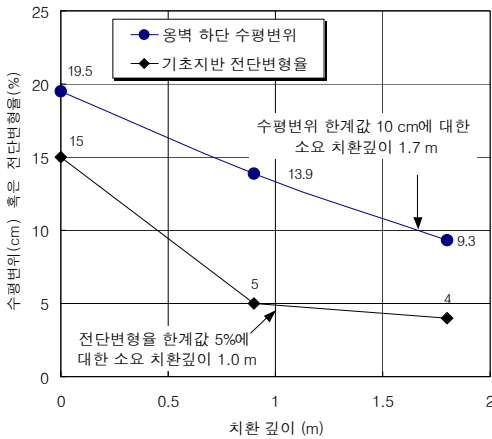


Fig. 8 개비옹벽에서 치환깊이에 따른 하단수평변위와 기초지반의 전단변형률(측점0+700, h=5m)

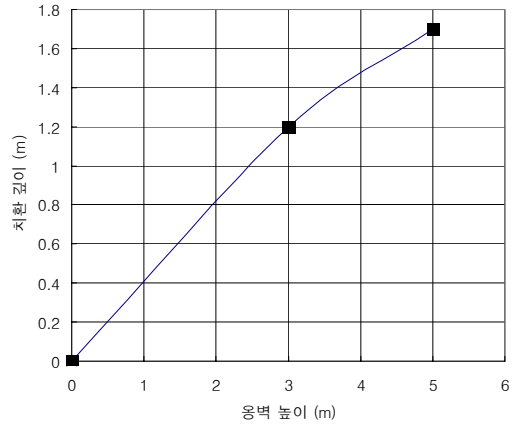


Fig. 10 개비옹벽 높이와 적정 치환깊이

이러한 검토결과를 근거로 본 연구에서 해석한 현장의 지반조건에서 보강토옹벽에 대해서는 Fig. 7의 결과를 바탕으로 적정 치환깊이를 다소 안전측인 옹벽 높이의 0.3배($d/h=1.1 \div 4.3=0.26 \rightarrow 0.3h$)로 제안하였다. 같은 방법으로 개비옹벽에 대해서는 적정 치환깊이를 Fig. 9의 결과로부터 옹벽 높이의 0.4배($d/h=1.2 \div 3=0.4 \rightarrow 0.4h$)로 제안하였다.

이들 각 경우에 대해서 치환폭은 3.3절에서 기술하였던 바와 같이 해석에 이용된 기준을 적용하였다.

5. 시공표준도

본 연구에서 검토한 현장사례의 지반 조건에 대해서 4.2절에서 검토한 바와 같이 제안된 적정 치환영역에 대해서 현장에서 시공자들의 편의를 위해 활용할 수 있는 시공 표준도를 작성하면 보강토옹벽에 대해서는 Fig. 11, 개비옹벽에 대해서는 Fig. 12와 같다.

6. 결론

본 연구에서는 OO대교 현장의 연약지반 상에 보강

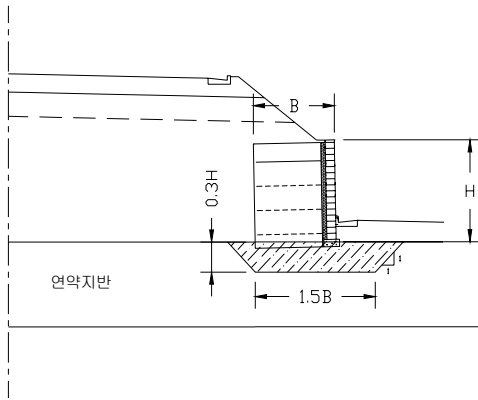


Fig. 11 보강토옹벽에 대한 연약지반 치환 시공 표준도

토옹벽과 개비온옹벽 시공사례에 대해서 유한요소해석을 통해 시공단계와 연약지반 치환조건에 따른 옹벽의 거동을 구하고, 이 결과를 옹벽의 안정성을 유지할 수 있는 안정기준과 비교, 검토하여 적정 치환영역을 제안하였으며 해석결과 얻은 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) 연약지반 상에 시공되는 옹벽의 안정성을 좌우하는 인자로는 보강토옹벽의 경우에 벽체 상단의 수평변위로 나타났으며, 개비온옹벽의 경우에는 벽체하단의 수평변위로 나타났다. 개비온옹벽의 경우에는 계획선형오차, 기초지반의 전단변형 등도 안정성에 영향을 미치는 결과를 보였다.
- 2) 대체적으로 적정한 소요 치환깊이는 옹벽의 높이 증가에 따라 거의 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 연약지반의 두께가 3.5m인 본 현장의 경우에 시공 전후 옹벽의 안정성을 유지하기 위해 적용하여야 할 적절한 치환 깊이는 보강토옹벽의 경우에 옹벽높이의 0.3배(0.3h)로, 개비온옹벽의 경우에 옹벽높이의 0.4배(0.4h)로 제안할 수 있었다.
- 4) 연구결과를 근거로 옹벽의 높이가 변화하는 OO대교 현장의 전 구간에 대해 적용할 수 있는 연약지반 치환 시공기준도를 제안할 수 있었다.

본 연구의 사례 해석 결과는 일반적으로 적용할 수는 없지만, 본 연구에서 적용한 검토과정 등의 방법론은 과도한 치환 방지 등 시공성 및 경제성 향상을 위

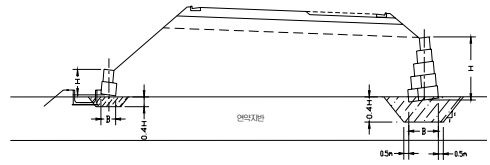


Fig. 12 개비온옹벽에 대한 연약지반 치환 시공 표준도

하여 향후 유사한 현장에서 치환영역 등의 결정에 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. "OO대교 가설공사 실시계획 토질조사보고서", 충청남도, 2000.
2. "OO대교 가설공사 연약지반 계속관리 월간보고서", 충청남도, 2005.
3. "OO대교 가설공사 연약지반 상 보강토 및 개비온옹벽 안정성 검토 보고서", 공주대학교 방재연구센터, 2005.
4. 한국시설안전기술공단, "안전점검 및 정밀 안전진단 옹벽 세부지침", 건설 교통부, 2003.
5. 박병기, 정진섭, 이문수, "흙의 구성식 해설(II)", 대한토질공학회, 제3권 2호, 1987, pp. 98-105.
6. 박병기, 정진섭, 이문수, "흙의 구성식 해설(III)", 대한토질공학회, 제3권 3호, 1987, pp. 97-107.
7. 한국시설안전기술공단, "옹벽유지관리 메뉴얼", 2003.
8. 황선근 등, "보강토옹벽의 특성과 철도구조물로서의 적용성 평가를 위한 실험실 실험", 기술자료, 한국토목시험학회지, Vol. 2, No. 2, 2003.
9. "The CRISP Consortium Ltd., SAGE- CRISP User Manual", 2001.
10. H. Y. KO, "State of the arts: Data Reduction and Application for Analytical Modeling- Laboratory Shear Strength of Soil, American Society for Testing and Materials", 1980, pp. 332.
11. Desai, C. S. and Siriwardane, H. J., "Constitutive laws for engineering materials", Prentice-Hall, 1984, pp. 136-168.
12. Tennessee DOT, "Earth Retaining Structures Manual", 2004.

(접수일자 : 2006년 11월 10일)