

호안에 설치한 근고사석의 안정성에 관한 연구

A Study on Stability of Root Fixing Stone Construction in Breakwater

박춘식¹⁾, Park, Choon Sik, 김태균²⁾, Kim, Tae Kyun, 서효식³⁾, Seo, Hyo Sik

¹⁾ 정회원, 국립창원대학교 토목공학과 교수, 공학박사, Email: pcs@sarim.changwon.ac.kr

²⁾ 쌍용건설, 부장, Email: rj9306@hotmail.com

³⁾ 국립창원대학교 토목공학과 석사과정, Email: hsseo1981@nate.com

Abstract : From the result of analysis the necessity of root fixing stone construction through the result of finite element method, following results were acquired.

1. The consolidation settlement by stone weight is small amount so that it is interpreted there is no stone settlement reducing effect by root fixing stone.
2. It is interpreted that there is no effect existence and nonexistence of the heaving soil to the settlement.
3. There is little settlement reducing effect by root fixing stone but there may be protection of excavation effect. Therefore, for long-term stability, installing the root fixing stone to the section where the typhoon effect directly would be proper.

요 지 : 유한요소해석결과를 이용하여 근고사석 시공 필요성에 대해 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 피복석 하중에 의한 압밀침하량은 작은 양이므로 근고사석에 의한 피복석 침하 저감 효과는 없는 것으로 판단된다.
2. 용기토 제거 유무가 침하에 미치는 영향은 없는 것으로 판단된다.
3. 근고사석에 의한 침하 저감 효과는 거의 없는 것으로 해석되었으나 세굴 방지 효과는 있을 것으로 예상되므로 태풍의 영향을 직접적으로 받는 구간은 근고사석을 설치하는 것이 장기적인 안정을 위해서 바람직할 것으로 판단된다.

Keyword : Root fixing stone, Breakwater, Soft ground, FEM

1. 서론

국토의 면적이 좁은 우리나라에서는 경제 성장에 필요한 택지와 사회간접자본의 확충에 따른 토지 수요를 해결하기 위한 방안으로 해양개발의 필요성을 인식하고 해양 개발로 시선을 돌리게 되었다. 따라서 서·남해안 지역에서의 준설매립공사가 빈번히 진행되고 있다.

하지만 우리나라 해안지역은 대부분 비교적 두꺼운 연약지반으로 이루어져 있기 때문에 제방축조 시 제방의 안전성 확보에 어려움이 있다. 따라서 제방하부 연약지반을 적절히 개량하여 안전성을 확보할

필요성이 있다. 그 방법 중 하나로 치환공법이 널리 사용되고 있다. 대표적인 치환공법으로는 굴착치환공법, 폭파치환공법, 강제치환공법 등으로 구분되고 이 중 강제치환공법은 광범위한 영역에 걸쳐 진행되는 해안매립공사에서 널리 사용되고 있다.

준설토 투기장 호안 축조공사 시행중 태풍의 내습으로 인한 가호안 구간의 제체 및 피복석에 대한 피해가 종종 발생한다. 호안 피복석의 안정성을 확보하기 위하여 근고공을 설치하는 것이 보편화 되어왔다. 하지만 근고사석의 하중에 의한 하부 미개량층에 압밀침하가 발생되어 기 시공된 피복석에 바람직하지 못한 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 본 연구의 목적은 유한요소해석을 이용하여 근고사석 시공의 필요성 여부를 검토하는 것이다.

2. 연구대상 및 방법

연구 대상단면은 탄성과 탐사 결과를 기초로 하여 미개량층이 가장 많이 분포하는 단면을 각 구간의 대표단면으로 선정하였다. 첫째, 파도의 영향을 직접적으로 받는 Type I-1, 2, TypeIV-1, 2, TypeV-1, 2 둘째, 파랑의 영향을 거의 받지 않는 TypeII-1, 2, Type III-1, 2 셋째, 용기토 제거 여부에 따른 침하 영향을 파악하기 위해 TypeVI-1, 2 을 대표단면으로 선정하였다. 그 검토내용은 표 2.1 에 나타내었다.

표 2.1 해석대상 Type 별 검토내용 (계속)

Type		검 토 내 용	피복석 규 모 (m ³)	SCP 취환율 (%)
I	1	피복석만 시공한 경우	0.2	71
	2	근고사석 설치 후 피복석을 시공할 경우		71
II	1	피복석만 시공한 경우	0.2	40
	2	기 시공된 피복석 상부에 근고사석을 시공할 경우		71

표 2.1 해석대상 Type 별 검토내용

Type		검 토 내 용	피복석 규 모 (m ³)	SCP 취환율 (%)
III	1	피복석만 시공한 경우	0.1	30
	2	근고사석 설치 후 피복석을 시공할 경우		30
IV	1	원 설계에 대한 검토(피복석만 시공한 경우)	0.2	71
	2	보강 후 설계에 대한 검토(근고사석 설치 후 피복석을 시공할 경우)		71
V	1	원 설계에 대한 검토(피복석만 시공한 경우)	0.2	30
	2	보강 후 설계에 대한 검토(근고사석을 설치 후 피복석을 시공할 경우)		30
VI	1	용기토 상부에 피복석을 시공하는 경우	0.1	-
	2	용기토 제거후 피복석을 시공하는 경우		-

각 토층 및 제체에 대한 물성치는 표 2.2 와 같다. 가장 불안정한 상태에서의 거동을 파악하기 위하여 각 토층의 압밀로 인한 강도증가는 고려하지 않고 초기 물성치를 그대로 사용하여 검토 하였다.

피복석의 규모는 Type I-1, 2, Type II-1, 2 지점의 경우 0.2m³급, Type III-1, 2 지점은 0.1m³급으로 적용하였다. 그리고 Type VI-1, 2, Type V-1, 2 지점의 경우는 원 설계의 검토에 있어서는 0.2m³급을 적용하고, 보강 후 설계의 검토에 있어서는 구간에 따라 달리 적용하였다.

표 2.2 연구에 사용한 지반 강도 정수

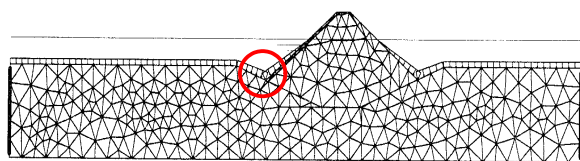
토 층 명		점 착 력 (tf/m ²)	내부 마찰각 (°)	포화단위중량 (tf/m ³)
Corver Stone		0.000	40.0	2.200
Filter Stone		0.000	40.3	1.800
Q.R.R		0.000	50.0	1.800
Sand Mat		0.000	30.0	1.800
원지반층		2.214	0.0	1.550
용기토(Type VI)		0.300	0.0	1.450
SCP층	a _s =30%	2.350	20.1	1.685
	a _s =40%	1.170	23.3	1.700
	a _s =71%	0.910	29.8	1.755

해수면의 높이는 평수위일 때의 높이로 산정하였으며, 현 지반 상황은 탄성과 탐사 결과에 근거하여 추정하였다.

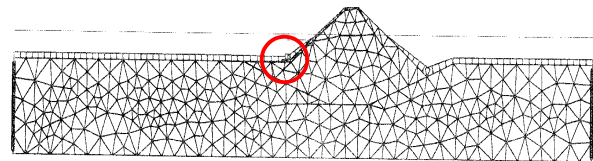
3. 유한요소 해석프로그램(PLAXIS)을 통한 해석

연구 대상단면은 가장 불안정한 상태에서의 거동을 파악하기 위하여 각 토층의 압밀로 인한 강도증가는 고려하지 않고 초기 물성치를 그대로 사용하여 검토 하였다.

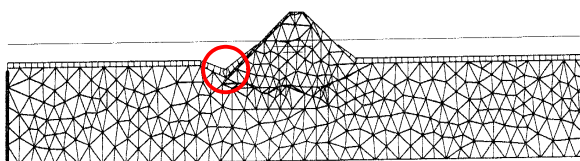
파랑이나 세굴에 대한 영향은 전혀 고려되지 않았으며, 미개량층의 침하량 등 제반현상을 고려하기 위하여 지반공학 전용 유한요소해석 프로그램인 “PLAXIS”를 사용하여 해석을 수행하였다. 그 결과 그림 3.1에 각 Type별 해석결과를 나타내었고, 그림 3.1에 표시된 부분은 최대 침하가 발생하는 부분이다. 표 3.1은 각 Type 별 지점의 해석결과를 나타내었다.



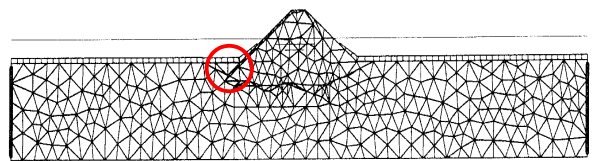
Type I-1 피복석 시공 해석결과



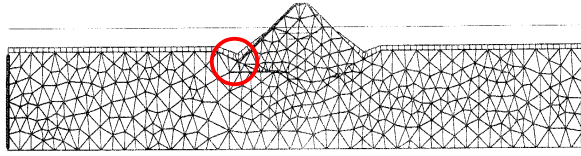
Type I-2 근고사석+피복석 시공 해석결과



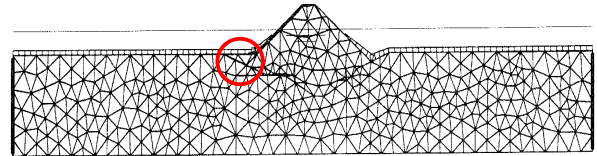
Type II-1 피복석 시공 해석결과



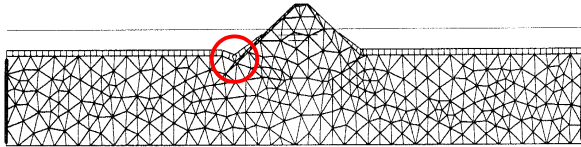
Type II-2 근고사석+피복석 시공 해석결과



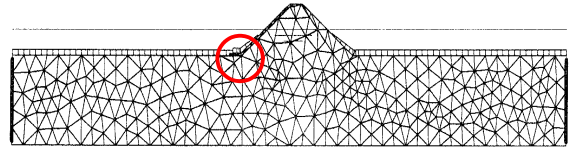
Type III-1 피복석 시공 해석결과



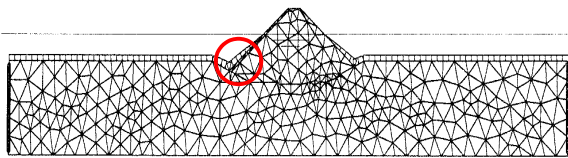
Type III-2 근고사석+피복석 시공 해석결과



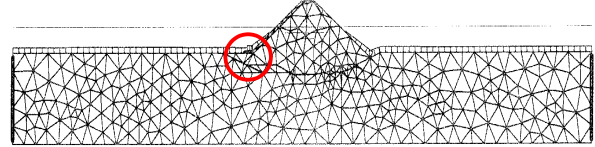
Type IV-1 피복석 시공 해석결과



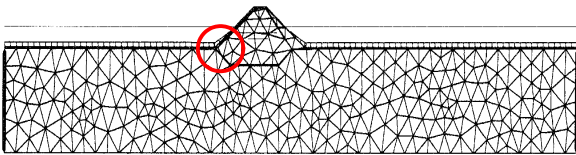
Type IV-2 근고사석+피복석 시공 해석결과



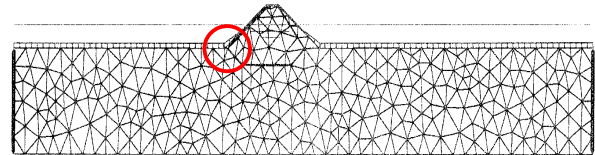
Type V-1 피복석 시공 해석결과



Type V-2 근고사석+피복석 시공 해석결과



Type VI-1 용기토 제거전 피복석 시공 해석결과



Type VI-2 용기토 제거후 피복석 시공 해석결과

그림 3.1 유한요소해석을 통한 해석

표 3.1 각 지점별 해석결과 (계속)

Type		최 대 침 하 량(mm) (Ux : 수평변위, Uy : 수직변위)			
		합계	근고사석	피복석	
I	1	Ux	-20.333	-	-20.333
		Uy	-42.154	-	-42.154
	2	Ux	11.595	8.544	3.051
		Uy	-45.608	-8.901	-36.707
II	1	Ux	-21.593	-	-21.593
		Uy	-29.781	-	-29.781
	2	Ux	-26.079	-21.497	-4.582
		Uy	-74.116	-19.899	-54.217
III	1	Ux	-34.630	-	-34.630
		Uy	-41.608	-	-41.608
	2	Ux	-23.404	-2.379	-21.025
		Uy	-51.920	-18.328	-33.592
IV	1	Ux	-18.345	-	-18.345
		Uy	-30.189	-	-30.189
	2	Ux	-22.647	-1.724	-20.923
		Uy	-42.235	-18.984	-33.251

표 3.1 각 지점별 해석결과

Type		최 대 침 하 량(mm) (Ux : 수평변위, Uy : 수직변위)			
		합계	근고사석		피복석
V	1	Ux	-13.113	-	
		Uy	-42.086	-	
	2	Ux	-18.884	-0.808	
		Uy	-51.870	-6.498	
VI	1	Ux	-103.946	용기토 제거전	
		Uy	-84.990		
	2	Ux	-112.324	용기토 제거후	
		Uy	-62.423		

※ 1 : 피복석만 시공시, 2 : 근고사석 + 피복석 시공시

표 3.1에서 알 수 있듯이, Type I의 경우 침하량이 약 4cm 가량 발생하는 것으로 해석되었다. Type II-1의 경우 미개량층의 침하량이 약 3cm 발생하였고, Type II-2의 경우 약 5cm 가량의 추가 침하가 발생하는 것으로 해석되었다. Type III-1의 경우는 침하량이 약 4cm 발생하였고, Type III-2의 경우는 3cm 가량 침하가 발생하였다. Type IV는 두가지 경우 모두 3cm 가량의 침하가 발생하였고, Type V는 4cm 가량의 침하량이 발생하였다. Type VI 구간은 강제 치환에 의해 제체 외측부에 최대 40cm 정도의 지반 용기가 발생되어 있는 구간으로, 용기토 상부에 피복석을 시공할 경우 약 8cm의 침하가 발생하였고, 용기토를 제거하고 피복석을 시공할 경우 약 6cm의 침하가 발생하였다.

피복석만 시공할 경우의 침하량과 근고사석과 피복석을 같이 시공할 경우에 발생하는 미개량층의 침하량은 그 차이가 미세한 것을 알 수 있다. 따라서 근고사석의 시공안정성에 대한 이유는 미개량층의 압밀효과보다는 다른 분야에서의 더 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 호안의 근고사석 시공안정성에 대해 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 피복석 하중에 의한 압밀침하량은 작은 양이며, 근고사석 유무에 상관없음을 알 수 있었다. 그러므로 근고사석에 의한 피복석 침하 저감 효과는 없는 것으로 판단된다.
2. 용기토의 제거 유·무가 침하에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.
3. 근고사석공에 의한 침하 저감 효과는 거의 없는 것으로 해석되었으나 세굴 방지 효과는 있을 것으로 예상되어지므로 태풍의 영향을 직접적으로 받는 구간은 근고사석공을 설치하는 것이 장기적인 안정을 위해서 바람직할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김태균 (2008) “호안의 근고사석 시공 필요성에 대한 해석적 연구”
2. 토목공법 연구회, “연약지반 대책공법 -조사·설계·시공-”, 1995.
3. 진성기, “실무자를 위한 연약지반 설계 실무편람”, 1998.
4. 김성인, “연약지반공학 -理論과 對策-”, 2000.
5. 도서출판 과학기술, “토목설계의 요점”, 1998.
6. 이문수, “한계상태 토질역학”, 2001