

CJM 그라우팅에 의한 호안구조물의 기초보강효과

천병식·양형철
한양대학교 토목공학과

Reinforcement Effect of Marine Structure Foundation

by Column Jet Method

BYUNG-SIK CHUN, HYUNG-CHIL YANG
Civil Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791, Korea

KEY WORDS: Column Jet Method(CJM), Slope stability analysis, Marine structure

ABSTRACT: The purpose of this study is to investigate the application of Column Jet Method(CJM) as countermeasure against settlement and slope sliding of existing marine structure due to embankment load behind reclaimed revetment. CJM is to make high-strengthened body by compacting and grouting cement mortar after forming artificial space in the ground with ground relaxation machine or high pressure water jetting. Before the ground was reinforced by CJM, the result of slope stability analysis was not satisfy the allowable safe ratio, but after the ground was reinforced by CJM, the stability of slope was over the allowable safe ratio and stable. Therefore, the application of CJM to restraint settlement and sliding of marine structure was very satisfactory.

1. 서 론

○○시 ○항 하수종말처리시설공사의 호안배면성토시 성토 하중에 의해 기존호안체체의 침하 및 바다측으로 슬라이딩이 발생할 우려가 있으므로 기존호안 하부의 침하 및 슬라이딩 억제용 연약지반(해성퇴적층 N = 5이하)처리공법으로 CJM공법을 채택하여 시공하게 되었다. 따라서 본 논문에서는 호안구조물 기초지반의 슬라이딩에 대한 보강전·후의 사면안정해석을 실시하고, CJM공법의 설계적용 및 시공방법, 시공효과 등에 대하여 검토하고자 한다.

우 연약한 실트질 점토로 구성되어 10.2~17.8m의 층후로 분포하며 N치는 1~9사이를 보인다. 일부 위치(B-2)에서는 연약점토층 하부에 점토 및 세립-조립의 모래섞인 자갈층이 1.4m 층후의 분포를 나타내기도 한다.¹⁾

2. 호안구조물의 안정검토

2.1 지반특성

본 용역과 관련하여 실시된 하수종말처리장 위치의 지반조사 시추공 중 참고한 개소는 기본설계 1개소(B-2), 실시설계 5개소(BA-4, 5, 6, 7, 8)로서 토질조사결과에 의하면 검토대상구간의 토층은 준설토층(일부), 해성퇴적토층, 기반암으로 지층을 형성하고 있음을 알 수 있다. 상부점토층은 회색~암회색의 매

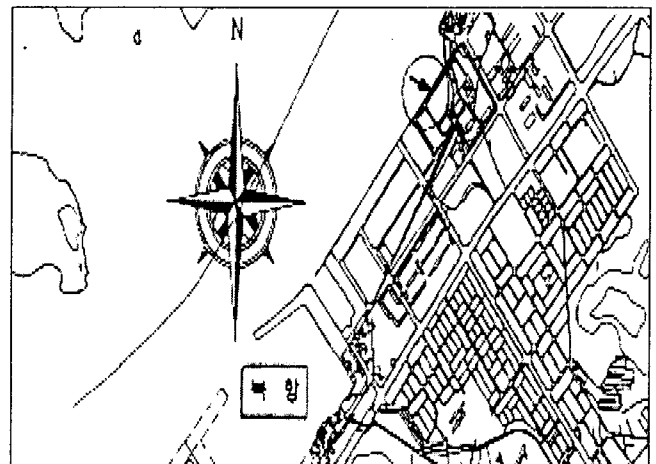


Fig. 1 The ground plan of operation place (●:operation place)

2.2 안정검토

2.2.1 검토조건

호안의 안정검토에 있어서 지반강도정수의 적용은 각 검토 단면에 가장 인접한 조사 개소에 대한 역학시험 및 원위치시험자료를 이용하여 검토하였으며 각 검토대상단면별 지반정수 값은 다음 Table 1과 같다.

Table 1 The strength parameters of materials

	Unit weight (kg/cm ³)		Cohesion (kg/cm ²)	Internal friction (°)	
	γ_t	γ_{sat}	C-TYPE		
Concrete	1,800	1,900	5,000	45	
Replaced rubble	1,800	1,900	0	40	
Reclaimed soil	1,800	1,900	1,000	25	
Cement Grouting	1,700	1,800	7,000	0	
Backfill material	1,800	1,900	1,000	25	
Insitu clay layer	N ≤ 2	1,700	1,800	1,000	0
	N ≤ 4	1,700	1,800	1,500	0
	N ≥ 5	1,700	1,800	2,800	0
Considering strength increase of the lower part replaced	N ≤ 2	1,700	1,800	1,625	0
	N ≤ 4	1,700	1,800	2,125	0
	N ≥ 5	1,700	1,800	3,425	0

원지반 점토층의 경우, 점착력 산정은 $C = N/16$ 으로 계산하였으며, 지반교란에 따른 영향을 고려하여 상 기 계산값의 약 80%를 점착력으로 보았다. 기존 호안단면의 경우, 시공이 1988년을 전후로 시공되어 있어 강제치환단면의 경우 직하부에 사석하중에 의한 강도증가가 되었음을 고려하여 점착력을 계산하였다.

- 강도증가율의 산정(하수종말처리장 평균물성치적용)

$$m = \frac{CU}{P} = 0.11 + 0.0037 \times P1 = 0.0037 \times 21.54 = 0.190 \text{ (적용)}$$

$$m = \frac{CU}{P} = 0.0045 \times WL = 0.0045 \times 47.06 = 0.212$$

- 추정압밀도(공사시공후 10년기준적용); 73%(적용압밀도 50%)

- 증가하중추정 ; C-TYPE = $3.0 \times 1.8 + 1.32 \times 0.9 = 6.588 \text{ t/m}$

2.2.2 기존단면의 사면안정해석 (기초지반 보강전)

본 검토지역의 사면안정해석을 이용한 호안의 안정성검토는 기존 호안배면측 성토완료단계를 기준으로 검토하였으며, 원호활동에 의한 사면안정 검토결과는 강도증가 미고려시 $Fs = 0.979$, 강도증가고려시 $Fs = 1.116$ 으로 모두 호안사면의 활동과 파괴에 대한 허용안전율에 미치지 못하였다. 따라서 배면매립시 매우 불안정하게 되므로 Grouting에 의한 보강방법을 검토하였다.

2.3 기초지반 보강후 안정검토

2.3.1 복합지반의 전단강도

지반내에 강도증진이나 기타 목적으로 개량체가 주입된 경우 개량된 지반의 전단강도는 원지반의 전단강도보다 증가한 값을 가지게 된다. 이러한 강도의 증가를 개량율과 평균전단강도의 개념을 이용하여 다음 식과 같이 산출할 수 있다.²⁾

$$\bar{c} = a_p \cdot c_p + (1 - a_p) \cdot c_0 \quad (2)$$

여기서, \bar{c} : 평균전단강도

a_p : 개량율(개량체의 면적/원지반의 면적)

c_p : 개량기둥의 전단강도

c_0 : 원지반의 전단강도

윗 식으로부터 CJM의 전단강도를 산출하였다.

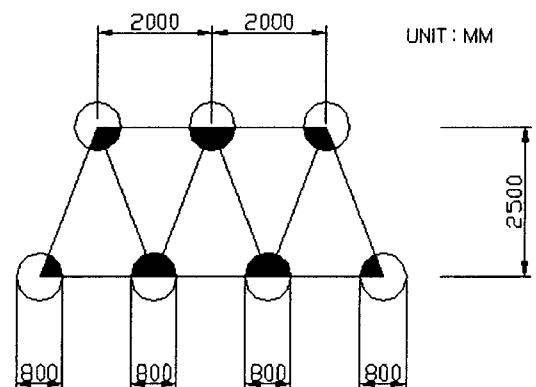


Fig. 2 Calculation of improved ratio in insitu ground

2.3.2 보강단면의 사면안정해석

기존호안의 배면매립에 의한 활동 및 호안제체의 침하방지를 위하여 CJM Grouting으로 호안단면중양을 보강하는 것으로 검토하였으며 사면안정해석결과는 $F_s = 1.555$ 로서 호안사면의 활동파괴에 대한 허용안전율($F_s=1.3$)을 초과함을 알 수 있다.

3. 기초보강개요

하수종말처리시설의 해측호안에 급성토를 실시할 경우, 호안이 침하되거나, 슬라이딩에 의해 피해가 발생할 소지가 있으므로, 침하 및 슬라이딩을 방지하는 데에 그 목적이 있다.

3.1 CJM (Column Jet Method) 공법개요

3.1.1 공법의 기본원리

CJM공법의 기본원리는 지중이완(확경)장치나 고압이수(또는 시멘트밀크)로 지반을 이완시켜 지중에 인위적 공간을 형성시킨 후에 지반개량재(시멘트몰탈)를 압밀주입, 충전시켜 고강도의 고결체를 만드는 것이다. 또 확공천공시 고압수에 공기(Air)를 병용하면 지반이완 거리가 커지면서 지반의 이완, 절삭된 토사가 지표로 배출되는 효과가 있다.³⁾

3.1.2 공법의 개요 및 시공시스템

지중의 임의위치까지 케이싱(가이드)천공을 실시한 후 지중확경장치나 초고압이수(또는 시멘트밀크)를 지반중에 회전분사시켜서 지반을 대구경으로 절삭, 이완시킨 후에 시멘트 몰탈을 압밀주입한다. Column Jet Method 공법의 일반적인 시공시스템은 Fig. 3, 4와 같다.⁴⁾

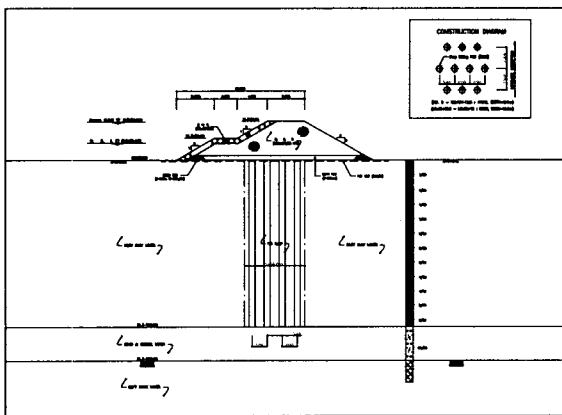


Fig. 3 Construction cross-sectional view

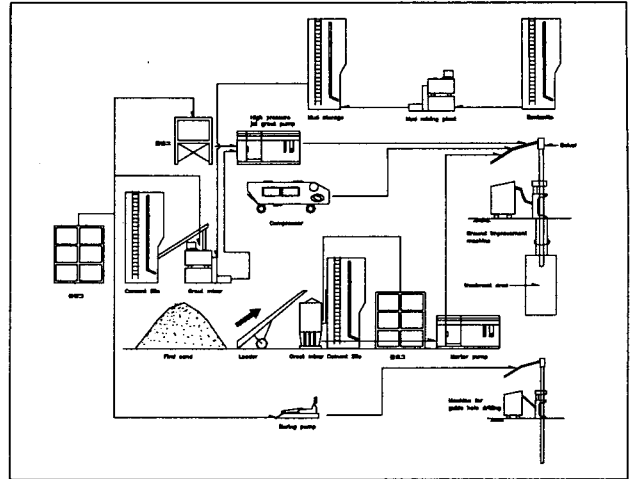


Fig. 4 The construction procedure of Column Jet Method

3.2 시공

대상구간의 시공현황은 CJM개량경 $\varnothing 800\text{mm}$, 심도 $H=10\sim 20\text{m}$ 로 1,120공을 시행하였으며 본 공사를 시공 완료 후 28일 이후 코어 보링을 실시한 결과 채취된 코어의 강도는 93kg/cm^2 이상으로 설계기준치를 상회하였다.

4. 보강후 매립성토시 호안의 동태관측

시공후 호안의 안정성을 검토하기 위하여 호안배면의 매립성토시 법면의 수평변위를 관측하였으나 변위가 발생되지 않았다(Fig. 5). 매립성토지역에 매설한 지중변위계(경사계)의 측정자료는 Fig. 6과 같다.



Fig. 5 The general view of filling part after reinforcing

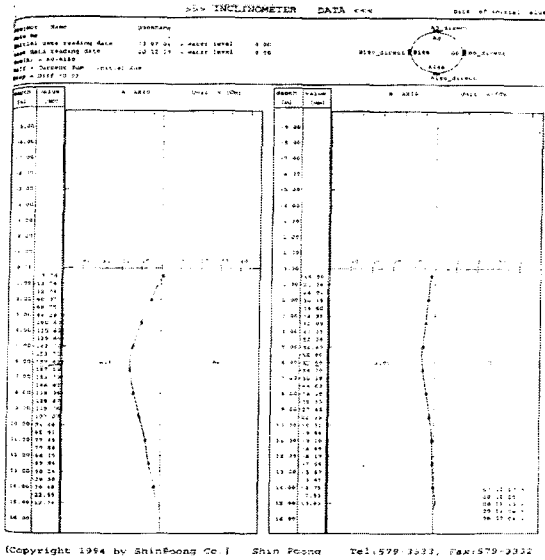


Fig. 6 The data of insitu strain meter

5. 결론

본 연구는 ○○시 ○항 하수종말처리시설공사의 호안배면 성토시 성토하중에 따른 기존 호안체체의 침하 및 활동 발생의 우려가 있어 이에 대한 안정성을 검토 및 그 대책으로서 CJM공법의 적용성을 검토한 것으로서 연구결과를 요약, 정리하면 다음과 같다.

- (1) 본 목포 북항 하수종말처리시설공사 중 호안기초지반개량공사의 보강공법으로 채택된 CJM공법은 당초 호안의 부등침하 및 슬라이딩 억제용으로 설계되었다.
- (2) 본 시공에 앞서 본 공법의 개량체의 형성을 확인하기 위해 시험시공을 시행하였으며 그 결과는 $\varnothing 800\text{mm}$ 이상으로 설계치 이상으로 나타났다.
- (3) 또한 주입재의 효과적인 강도발현을 위해 시멘트물탈의 압축강도시험을 통해 적정배합비로 시공하였으며, 주입 후 코아 강도를 확인한 결과, 시방서에 기재된 강도를 상회하는 시험결과치가 나왔다.
- (4) 이번 호안기초지반개량공사에서 보강공법으로 채택된 CJM공법의 시공결과 그 형상 및 강도의 발현이 설계치를 상회,

Grouting Pile로 호안의 부등침하 및 슬라이딩 억제용으로 적용할 수 있음이 실시공으로 확인되었다. 따라서, 앞으로 항만구조물에서 CJM공법에 의한 지반개량파일로의 더 많은 적용 및 확대가 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2001년 산·학·연 공동기술개발 컨소시엄사업의 일환인 “고기능성 첨단 주입약액의 개발연구”의 연구수행 결과의 일부임을 밝히며 연구를 지원해준 서울지방중소기업청·서울시·참여기업 등 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

- (1) 목포지방해양수산청(1999) “목포시 북항하수종말처리시설 건설공사 토질조사보고서”, pp.107~118.
- (2) (주)서영기술단(1999.4) “목포북항 물양장(2단계)축조 및 기 타공사 실시설계보고서(추가)”, 목포지방해양수산청, pp. 3~61.
- (3) CJM공법협의회(2001) “CJM 시공사례집”, pp.2~6.
- (4) 日本 土質工學會(1998) “軟弱地盤對策工法”, pp.165~166.