

해상공사의 환경 관리^①

趙元喆

〈延世大 土木工學科 教授〉

개 요

해상공사가 환경에 미치는 영향의 정도를 예측하고, 대책공 및 감시계획을 검토하는 것은 환경보전면에서 대단히 중요하다.

해상공사는 시공상 시공규모가 크다는 것과, 급속시공이라는 점으로부터, 다공종·동시시공이 예상되며, 시공에 따라 수질, 대기질, 연안 및 해양생태계 등의 환경구성인자에 여러가지 영향을 미칠 가능성이 예상된다.

매립식 해상공사를 중심으로 공사시공에 수반되어 환경에 영향을 미친다고 생각되는 요소와 환경구성인자를 정리하여 <표 1>에 표시하였다.

조사·측정기술

해상공사의 시공에 의해서 영향을 받을 것으로 예상되는 환경구성인자에 대해서는 환

경보전을 위한 공법의 선정 한 각종 조사·측정이 필요하다. 및 변경과 환경대책의 필요성 다. 에 대한 판단자료를 얻기 위 그리고 해상공사에서는 일

〈表 1〉 環境影響要素와 環境構成因子

環境構成因子		水		質		低質		大氣質		浮遊粒狀物質	騒音	振動	惡臭
		S	pH	COD	D	有害物質	COD	有害物質	NOx				
環境影響要素	埋立												
	浚渫	○		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	클러브船浚渫	○		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	海上運搬 土運船에 의한 輸送	○							△	△			△
	埋立	○		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
土工	土運船에 의한 直接埋立	○		△	△	△	△	△	△	△			△
	揚土方式에 의한 埋立	○											△
	콘크리트(空氣中)								△	△	△	△	
	콘크리트(水中)		○			△			△	△	△	△	
	몰타르注入		○			△			△	△	△	△	
護岸·構造物	릿채움, 盛土	○							△	△	△	△	
	속채움	○							△	△	△	△	
	콘크리트블럭, 消波블럭			△					△	△	△	△	
	말뚝박기(杭打)								△	△	△	○	○
	널말뚝박기(矢板打)								△	△	△	○	○
基礎	케이슨, 曳引運搬沈設		△						△	△	△		
	地盤改良 浚渫工事	○		△	△	△	△	△	△	△	△	△	△
	모래갈기, 모래쌓기	○		△	△	△	△	△	△	△	△		
	SCP	△							△	△		○	○
	SD	△							△	△			
工礎	DMM		△						△	△			
	基礎마운드 捨石·被覆石	○				△			△	△			
	말뚝박기(杭打)								△	△	△	○	○
	볼도져								△	△	△	△	△
	陸上土取運搬								△	△	△	△	△
陸上土取運搬	소벨系 掘削機								△	△	△	△	△
	BWE								△	△	△	△	△
	發破										○	○	○
陸上土取運搬	運搬 專用벨트콘베어								△	△	○	○	△
	덤프트럭										○	○	△

(주) ○ : 비교적 영향이 큰 인자 △ : 영향이 있다고 생각되는 인자

반적으로 공유수면의 매립을 수반하므로, 공유수면매립법에 근거하여 공사구역 및 그 주변환경의 현황에 대한 조사 결과, 환경보전을 위한 감시계획을 건립하도록 해야 한다.

조사·측정의 주요항목으로는 수질에서의 SS, pH, 대기질의 NOx, SOx, 소음·진동레벨 등이다. 이들의 조사·측정기술의 상세에 관해서는 환경관리·조사측정기술에 관련된 규정과 문헌에서 찾을 수 있다.

대책기술

a. 수질오탁방지대책

i) 요인과 일반적 대책

해상공사는 외곽시설, 기초공, 매립공 등으로 구성되며, 각각에 맞는 해수오탁방지책을 도모할 필요가 있다.

공사에 따라 예상되는 해수오탁의 요인과 확산방지의 일반적 대책을 <표 2>에 표시하였다.

ii) 수질오탁방지대책의 구체적인 예

오탁확산방지에는 기본적으로 다음과 같은 3가지의 방법이 고려되고 있다.

① 토성, 재질 등의 특성을 변화시켜 오탁의 발생을 적게 하는 방법

② 오탁의 발생을 적게 하는 작업기계 및 장치를 사용하는 방법

③ 발생한 오탁의 확산을 방지하는 방법
현재, 실용화되어 있는 대

책공법으로는 상기의 ②와 ③이다. 환경영향요소 중, 오탁의 발생이 비교적 크다고 생각되는 공중에 대한 오탁확산 방지대책에 관해서 서술하기로 한다.

<表 2> 海水汚濁의 要因과 擴散防止의 一般的인 方策

汚濁發生要因		擴散防止의 一般的인 方策			
工種	內容	種別	對策	內容	
埋立土工	埋立, 土捨 土運船 펌프船 벨트콘베어 揚土方式	排出된 土砂	1) 土運船直投에 의한 汚濁防止 2) 펌프船(슬러리)에 대한 汚濁防止 (벨트콘베어方式)	① 土木的 對策 ② 化學的 對策 ① 土木的 對策 ② 機械的 對策 ③ 化學的 對策	潛埋, 中間막이, 投入方式의 改良, 擴散防止膜 事前에 土砂에 凝固劑를 混入하는 藥劑커텐 沈澱池, 모래濾過, 汚濁防止膜(余水吐), 에어커텐(余水吐), 排水方法의 改良(排水位置, 方向) 澄清分離, 脫水分離 凝集劑의 混入(沈澱池, 返送途中, 余水吐)
	a) SCP b) DMM c) 바닥掘削(글러브船, 펌프船) d) 土捨, 置換砂 e) 모래갈기, 砂捲機, 切斷船 f) 捨石 g) 말뚝박기(杭打)	汚濁의 發生은 空氣흐름에 의한 汚濁, 캐이싱付着土, 投入土砂의 떨어짐, 말뚝自體의 振動에 의함 攪拌翼에 의한 것, 시멘트 밀크에 의한 것, 洗淨(노출軸)에 의한 것, 믹서, 아지레타의 洗淨排水 글러브船의 글러브使用時 펌프船의 土砂吸入口 附近 排出된 土砂에 의한 것 排出된 土砂에 의한 것 石材에 付着되어 있는 土砂, 石材의 着底時의 土砂의 일어남 말뚝에 付着된 土砂 말뚝의 振動에 의함	1) 汚濁防止 對策 2) 거품의 處理 3) 水質	① 防止膜 ② 事前水洗 및 코팅 ③ 投入方法의 改良 ④ 海底土砂採取裝置의 改良 ① 防止膜 ① 藥劑混合 ② 에어레이션(捕氣作用)	纖維커텐, 에어커텐, 海水커텐, 凝縮切, 藥劑커텐 投入用 土砂의 事前水洗에 의한 코팅 土捨, 捨石의 海底面 附近에서의 投入 펌프船-土砂吸入口, 吸入方式의 改良, 글러브船-密閉 글러브의 改良 纖維커텐, 에어커텐, 海水커텐, 凝縮切, 藥劑커텐 pH對策 DO對策
護岸構造物	a) 말뚝박기(杭打), 널말뚝박기(矢板打)	콘크리트打設에 의한 海水汚濁, 콘크리트플렌트洗淨水 漏洩에 의한 海水汚濁, 注入에 의한 置換水 및 형틀로부터의 흘러나옴 投入砂의 흘러나옴에 의한 海水汚濁	1) 콘크리트 發生汚水	① 土木的 對策 ② 機械的 對策 ③ 化學的 對策	防止膜, 물다르作業을 할 場所의 擴張, 汚水溜와 沈澱槽의 設置, 遊水池와 沈澱池의 設置 高速濾過塔, 濾過裝置, 分離機 中和劑, 凝集劑, 沈降劑
	b) 콘크리트打設				
	c) 속채움 모래의 投入				

가) 클러브준설의 경우
클러브준설 경우의 수질오염
방지대책을 <표 3>에, 이의 실

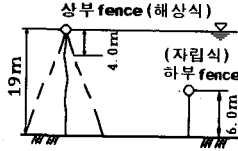
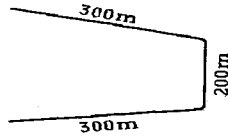
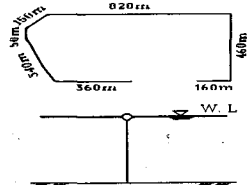
시 예를 <표 4>에 표시하였다.
나) 펌프선에 의한 매립의
경우

펌프선으로 매립지에 토사
를 투입할 때는, 여수토를 설
치한다. 여수토의 구조에는

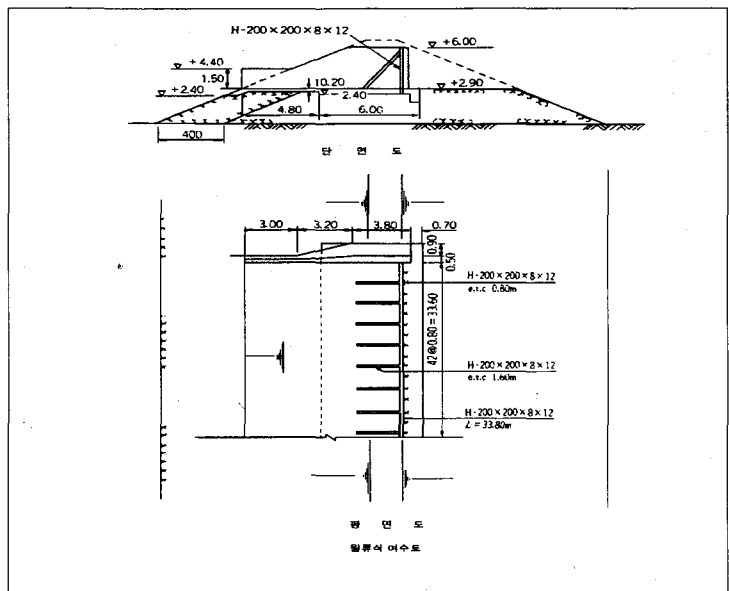
<表 3> 클러브浚渫에 있어서의 汚濁擴散防止對策

項目 工法	概 念 圖	汚濁擴散 防止機構	自然條件·現場條件에의 適應性				施 工 性		實 績	
			耐 波 性	耐 潮 流 性	耐 久 性	水 深 에 의 適 應 性	浚渫 區 域 規 模 에 對 한 適 應 性	機 動 性		維 持 管 理
密 閉 式 클 러 브		汚濁發生의 減少 또는 防止	特 別 한 問 題 없 음	特 別 한 問 題 없 음	容 易 함	깊은 水 深 에 도 適 應 可 能 함	問 題 없 음	良 好 함	容 易 함	小 型 클 러 브 (2~8m) 에 實 績 이 있 음. 大 型 클 러 브 에 는 實 績 이 없 음
箱 子 式 汚 濁 擴 散 防 止 裝 置		汚濁擴散의 防止 및 沈 降 促進. 浚渫船에 附屬하여 클러브의 즉 發 生 原 의 周 圍 만 돌 러 싸 는 方 法	比 較 的 弱 함	比 較 的 弱 함	比 較 的 弱 함 補 修 는 다 른 方 法 에 비 較 的 쉽 다.	깊은 水 深 의 境 遇, 適 應 困 難 함	問 題 없 음	浚渫船의 移 動 에 도 機 動 性 이 良 好 함	다 른 方 法 에 비 해 修 理 補 修 가 比 較 的 容 易 함	大 型 클 러 브 에 도 實 績 이 있 음
汚 濁 擴 散 防 止 膜 (浚 渫 區 域 全 體 를 돌 려 싸 는 方 法)		汚濁擴散의 防止 및 沈 降의 촉진	比 較 的 弱 함	比 較 的 弱 함	比 較 的 弱 함	깊은 水 深 의 境 遇, 適 應 困 難 함	區 域 이 넓 거 나 긴 경 우 適 應 困 難 함	定 置 式 이 므 로 浚 渫 區 域 의 移 動 에 따 른 機 動 性 이 없 음. 다 른 作 業 및 航 行 船 등 에 影 響 이 큼	修 理, 補 修, 交 替 가 困 難 함	實 績 이 적 음
汚 濁 擴 散 防 止 膜 (擴 散 方 向 에 設 置 하 는 方 法)		汚濁擴散의 防止 및 沈 降의 촉진. 潮流方向 때 문 에 機 能 이 떨 어 짐.	比 較 的 弱 함	比 較 的 弱 함	比 較 的 弱 함	깊은 愁 心 의 境 遇, 適 應 困 難 함	區 域 이 넓 거 나 긴 경 우, 適 應 困 難 함	위 와 同 一	위 와 同 一	水 深 이 얕 고, 靜 穩 한 場 所 에 서 實 績 이 있 음

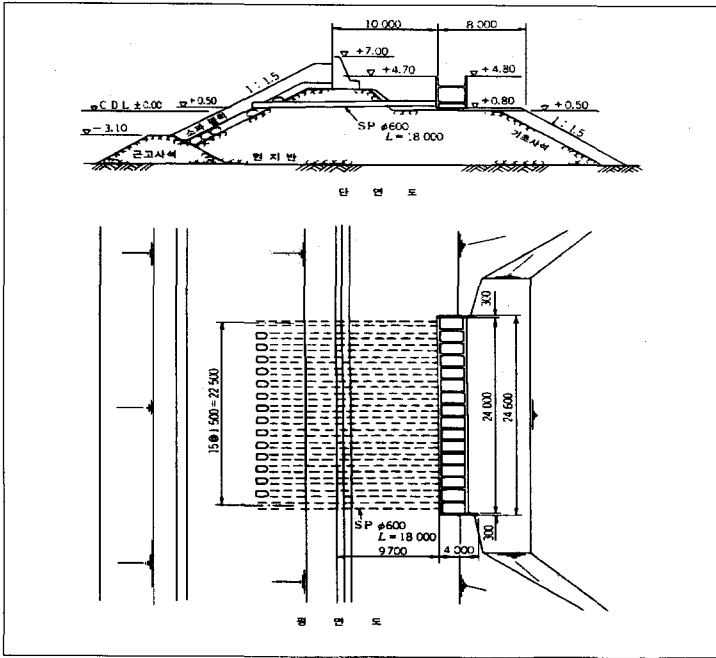
〈表 4〉 글러브浚渫 汚濁擴散防止對策 實施例

項目		No	1	2	3
工 事 概 要	施工機械		글러브浚渫船 8.0m ³ 1隻	글러브浚渫船 13m ³ 2隻 8m ³ 1隻	글러브浚渫船 13m ³ 3隻 20m ³ 1隻
	作業船의 規模 等			土運船 1,000m ³ 4隻 800m ³ 2隻	
	海底土質		실트質	砂分 5%, 실트分 41% 粘土分 54%	실트質
	取扱土量 (全體土量)		約 41,000m ³	1,400,000m ³	不 明
海 上 條 件	h 水深		h=-19m	h=-0.5~-2.5m	h=-10~-15m
	v 流速		v=0.15m/sec	v=0.4m/sec	v=0.05m/sec
	H _{1/3} 波高		H _{1/3} =3~4m		H _{1/2} =0.6m
汚 濁 防 止 對 策		汚濁擴散防止膜 (自立式 海上式併用)	汚濁擴散防止膜(海上式)	箱子式汚濁擴散防止裝置 및 汚濁擴散防止膜의 併用(海上式)	
					

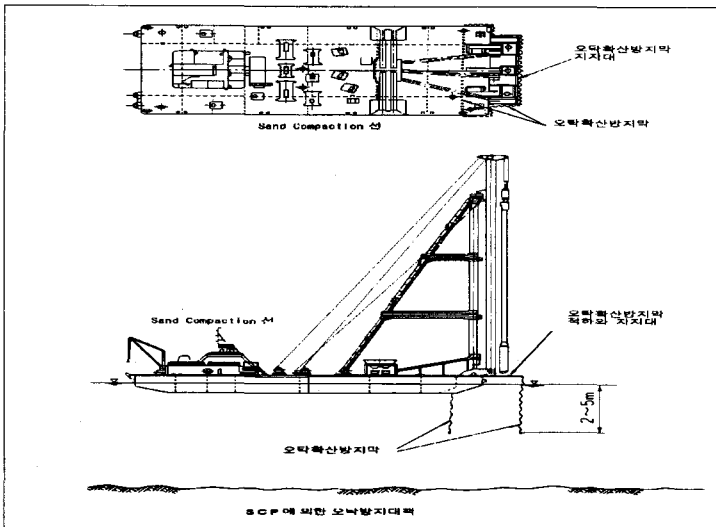
월류식과 칸막이식이 있다. 월류식은 호안의 일부를 낮추고 여수를 월류시키는 형식이다. 칸막이식은 목재 등으로 만든 칸막이(중간제방)를 설치하여, 여기에 여수를 떨어뜨려 칸막이 아래부분의 배수관을 통해서 배수하는 형식이다. 어떠한 경우도 여수토구에는 제방을 설치하여, 매립지내의 수면상황에 따라 제방의 높이를 조절할 수 있는 구조라야 한다. 여수토의 예를 〈그림 1〉과 〈그림 2〉에 표시하였다.



〈그림 1〉 越流式 余水吐



〈그림 2〉 칸막이(中間堤防)式 余水吐



〈그림 3〉 SCP에 의한 汚濁防止對策

여수토의 설치위치는 다음의 장소가 바람직하다.

- ① 항로와 박지의 매몰 등에 영향이 없는 장소
- ② 파랑과 조류의 영향을 직접 받지 않는 장소
- ③ 어업의 영향이 적은 장소
- ④ 배사관흡출위치로부터 가능한 한 떨어진 장소
- ⑤ 매립후의 이용계획에서, 도로용지와 중요구조물의 건설이 예정되지 않은 장소

여수를 매립지외로 방류하는 경우의 여수처리방법에는,

- ① 자연침전법, ② 응집침전법, ③ 시트 등으로 둘러싸는 방법 등이 있다.

자연침전법은, 배출된 니수를 매립지내에서 완료시켜 토사입자를 침전시키는 방법이다. 응집침전법은 니수에 응집제를 첨가하여 침전을 촉진시키는 방법이다. 시트 등으로 둘러싸는 방법은 오탁방지막에서 니수를 둘러싸서 침전을 촉진시키는 만큼 여수에 의한 오탁의 정도가 배출기준이내에 들어오게 하는 경우도 있다.

매립용 토사에 실트 이하의 입자가 많은 경우, 매립지를 단일의 침전지로 하는 것만으로는 불충분한 경우가 많으므로, 토언제, 사석제, 강널말뚝(鋼矢板) 등에 의한 중간칸

막이로서, 복수의 침전지를 만들고, 각각에 율류언을 설치하여 침전효과를 높이는 방법 또는 침전지를 교대로 사용하는 방법 등도 있다. 침전효과를 촉진하기 위해서 응집

제의 첨가와 시트 등으로 사용하는 방법을 병용하는 경우도 많다. 그리고 매립지가 협소할 때에는, 매립지외에 별도의 침전지를 설치하는 경우도 생각할 수 있다.

침전을 촉진하기 위해 응집제를 사용하는 방법으로는, 중간칸막이의 율류언 위에서 물줄기 현상으로 첨가하는 'shower방식'과 배사관에 직접주입하는 '배사관직주방식'

〈表 5〉 余水處理形式의 分類와 特性 比較

處理形式	內 容	概 念 圖	備 考	水質汚濁의 影響程度
埋立地自體로 處理하는 方法	自然沈澱 <ul style="list-style-type: none"> 埋立地의 面積이 擴大하고, 埋立土砂가 良質인 경우, 埋立의 初期 등 余水의 汚濁이 外水域에 影響을 미치지 않는 경우에 適應 可能하다 細粒土分이 많은 경우 不 適合하다 		汚濁防止膜等을 併用하는 경우도 있다	埋立 初期 ○ 埋立 末期 ×
	凝集沈澱 <ul style="list-style-type: none"> 泥水에 凝集劑를 官注入 方式으로 添加하여 埋立地內에서 沈降을 促進시킨다. 埋立末期에는 適應할 수 없는 경우도 있다. 		汚濁防止膜等을 併用하는 경우도 있다	埋立 初期 ○ 埋立 末期 △
埋立地內에 沈澱池를 設置하는 方法	自然沈澱 + 自然沈澱 (沈佃池) <ul style="list-style-type: none"> 埋立地에 中間칸막이를 設置하여 沈澱池를 만들어, 汚濁의 擴散을 防止하면서 서서히 埋立한다. 		汚濁防止膜等을 併用하는 경우도 있다	○
自然沈澱 + 凝集沈澱 (沈佃池) <ul style="list-style-type: none"> 埋立地에 中間칸막이를 設置하여, 沈澱池를 만들어, 凝集劑를 添加시키면서 沈澱池內의 沈降을 促進시킨다. 埋立末期에는 官注入方式의 경우도 있다. 		汚濁防止膜等을 併用하는 경우도 있다	○	

注) 水域의 水質汚濁에 對한 影響程度의 評價는 概念的인 比較이다. ○ : 水域의 水質汚濁에 對한 影響이 적다. △ : 水域의 水質汚濁에 對한 影響이 있다. × : 水域의 水質汚濁에 對한 影響이 많다.

이 있다.

비교적 대규모매립에서는, 자연침전법 또는 이것에 응집 침전법(침전지를 이용)을 병용한 방법이 많이 이용된다. 또는 오탉방지막을 여수토 배면의 매립지층 및 여수토의 전면수역에 설치하는 방법을 조합해서 실시하는 예도 많다. <표 5>에 여수처리의 형식을 분류하여 특성들을 비교하였다.

다) 모래다짐(샌드콤팩션 : SCP)의 경우

SCP의 시공에서는 오니확산방지막에 의한 확산을 방지하는 방법이 있지만, 실제로

는 특별히 오니확산방지대책을 시행하지 않고, 모래갈기를 한후, SCP를 시공하는 예가 많다.

방지막대책 중 SCP선의 케이싱 파이프 주위만을 둘러싸는 방법을 <그림 3>에 나타내었다.

라) 토운선에 의한 직투시공의 경우

아래에 서술한 대책을 시행하는 것이 요망된다.

① 매립재로써의 채취토사는 세입분이 적은 양질의 토사를 사용한다.

② 매립용 토사는 유해물을 포함하지 않는 것을 사용한다.

③ 저질에 따라서는 직투에 앞서 모래갈기를 시공하여 저질이 뜨는 것을 방지하도록 한다.

④ 호안공사를 선행하여 매립구역을 둘러싼다.

⑤ 매립구역의 개구부에는 오탉방지막, 수중역분사, 부침식오탉방지막 등을 채용한다.

b. 소음·진동대책

대책으로서는 <표 6>과 <표 7>에 열거된 것들이 있지만, 보다 효과적이고도 경제적인 대책에 대해서는, 사전에 충분한 조사와 검토가 필요하다. ㉠

<다음호에 계속>

<表 6> 騒音對策

	對策의 種類	效 果	今後的 展望
音 源 對 策	엔진, 머플러의 消音 防音벽 防音建物, 防音울타리 機械의 點檢整備 工法の 變更	5~10dB 10~20 10~20 1~5 20dB 以上인 境遇도 있다.	改良·開發中 (製作者 側)
傳 播 經 路 對 策	防音울타리 建物の 配置	5~10dB 1~10	位相의 差異를 利用
受 音 點 對 策	窓유리를 2重으로 한다. 窓문틀의 틈을 막는다.	5~15dB 1~5	

<表 7> 振動對策

	對策의 種類	效 果
音 源 對 策	工法の 變更 直接杭打 → 事前보링後 杭打 直接杭打 → 中孔을 만든후 杭打 發破 → 機械掘削 防振메트	1~5dB 10~20 10~20dB 以上
傳 播 經 路 對 策	防振溝	1~5dB
受 振 點 對 策	窓門들의 흔들림을 막는다.	