

港灣浚渫과 浚渫物의 海洋投棄에 關한 研究

정 대 득¹⁾, 이 중 우²⁾

A Study on Harbor Dredging and Disposal of Dredged Material in the Ocean

D. D. Jeong, J. W. Lee

Abstract

This study was started for investigation of dredging work in the coastal and harbor area and collection of all the available information. We introduce dredging methods with the analysis of the dredging materials, dredging work and enviromental effects of dredging activities. Treatment of dredged material comes after this, considering of enviromental hazard assessment.

Mathematical model was developed for tracking of dredged material in terms of physical behavior after ocean disposal. This model focuses on the spatial and temporal changes in the dumping fields for the water column and bottom at a hypothetically confined coastal water, where the ambient time-invariant velocity and density profiles are applied, within the initial time period following the instantaneous release of the dredged material. This model accounts the behavior of material after release divided into three phases: convective descent, dynamic collapse and long-term passive dispersion.

-
- 1) 한국해양대학교 항만·운송공학과 항만·해안공학 전공
2) 한국해양대학교 해양토목공학과 교수

1. 서론

최근 부산, 군산, 울산, 인천, 목포, 포항 등 대부분의 연안항만역에서 개발에 따른 대규모의 준설과 매립이 반복되고 있다.

준설물질은 주로 자연모래, 실트, 점토로 구성되어 있지만, 해상에서의 유류사고에 따른 유처리제의 사용, 오염물의 불법투기, 도시폐기물이나 산업폐기물로부터의 오염물질이나 표면강수로부터의 오염물질이 항만 및 연안역으로 유입되어 해저에 쌓이므로 해양오염의 원인이 되고 있다.

준설물질은 일반적으로 육상매립과 해양투기에 의해 처리되고 있으며, 근래에는 유해물질이 토양이나 수계에 용출되는 것을 방지하기 위한 처리방법과 준설물질을 활용하는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다. 개방해역에 투기된 준설토는 해양생태계에의 노출과 환경에 미치는 영향이 심각하기 때문에 투기물질의 구성성분 분석, 최적 투기해역의 선정, 최적 투기방법 및 장·단 기간 투기물질의 거동에 관한 연구는 매우 중요하다.

본 연구에서는 기본적인 항만준설토의 성분과 특성을 파악하고, 준설토의 처리방법 및 준설토가 주변환경에 미치는 영향을 분석하였으며, 폐기물의 해양투기에 대한 국내의 관련 법규를 조사하였다. 또한 준설토의 해양투기시 초기 플룸 거동 및 시간에 따른 변형과 수중 및 해저에서의 물질확산에 미치는 영향을 정성적으로 분석하였다.

연구를 수행하기 위한 초기 이론과 모델은 Koh & Chang (1973)에 의해서 개발되어 Brandsma & Divoky (1976), Johnson (1978)등이 보완, 검정한 미국환경보호국(USEPA)의 자동 준설 및 투기 보완관리체계(1990)로부터 출발하였다.

2. 항만준설

준설이란 임의 장소의 해저물질을 물리적으로 제거한 후 이 물질을 다른 장소로 이동시키는 것이다. 항만의 경우 기존의 항구나 수로에서 선박통행을 위한 적절한 수심을 유지하기 위해서는 지속적인 준설작업이 요구된다. Table 2.1은 최근 10년간 국내 주요항만에서 행해진 준설작업의 연도별 통계량이다. 총 준설량의 변화를 살펴보면 1994년을 제외하고는 준설량 및 준설면적이 모두 급격히 신장하고 있음을 알 수 있으며, 1993년 한 해의 경우 246만 m^2 의 면적에 767만 m^3 의 준설이 이루어졌다. 즉, 점차 대형화 되어가는 선박의 효율적 입·출항을 도모하기위해 항만유지에 많은 비용과 노력이 소요됨을 나타낸다.

Table 2.2는 비교적 준설작업량이 떨어졌던 1994년 한해동안 국내 주요항만에서 행한 준설작업이다. 부산과 울산을 제외한 전 항만에서 극히 수심이 낮은 쪽에서 준설이 이루어졌으며, 부산의 경우 대형컨테이너 선박의 입·출항을 위한 준설작업으로 3회의 공사가 이루어져 한 해 총 준설량과 비용이 각각 전 항만의 41.5%와 42%정도를 차지하게 되었다.

Table 2.1 Total of dredging work per year of major ports (Korea)

Year	Number	Volume(m^3)	Area(m^2)
1984	28	834,520	516,479
1985	40	940,794	654,615
1986	29	1,442,752	789,520
1987	30	1,888,623	914,049
1988	27	1,889,400	1,173,639
1989	23	2,623,117	1,348,813
1990	38	1,541,550	1,065,260
1991	31	3,186,067	1,221,352
1992	31	7,120,127	2,403,410
1993	41	7,673,708	2,459,049
1994	25	4,452,726	1,603,926

Source : 해운항만통계년보(1985~1995)

Table 2.2 Dredging work in major ports during 1994 (Korea)

Port	No.	Volume (m^3)	Area (m^2)	Depth (m)	Investment (1,000Won)
Inchon	2	116,400	54,700	-3.0~-4.0	489,170
PyoungTack	1	98,000	100,000	-14.0	339,400
Kunsan	3	1,001,900	355,600	-0.01~-8.0	2,081,160
Taechon	1	16,570	42,700	-2.0~-4.0	360,000
Mokpo	1	46,600	27,470	-2.0	226,000
Samchonpo	2	26,300	18,450	-4.0~-7.5	111,000
Masan	2	498,000	210,000	-11.0	1,500,000
Sogwipo	1	40,262	26,290	-3.0~-6.0	1,592,860
Songsanpo	1	18,890	13,050	-1.5~-7.5	688,066
Pusan	3	1,848,664	576,996	-12.5~-14.0	8,065,400
Ulsan	2	662,500	129,200	-12.0~-13.0	2,595,335
Pohang	1	21,500	9,200	-9.5	270,000
Hanlim	1	12,190	11,800	-2.0~-3.0	426,063
Cheju	1	11,650	10,470	-2.0~-3.5	109,380
Chinhae	1	6,500	3,500	-11.0	50,000
Chukpyon	1	9,300	9,300	-3.5	100,000
Nokdong	1	17,500	5,200	-4.1	200,000
Total	25	4,452,726	1,603,926	-	19,203,834

Source : 해운항만통계년보(1995)

2.1 준설토의 특성 및 성분

준설토의 수중거치 상태는 Fig. 2.1과 같이 4개 부분으로 나누어 표현할 수 있다(John, 1992).

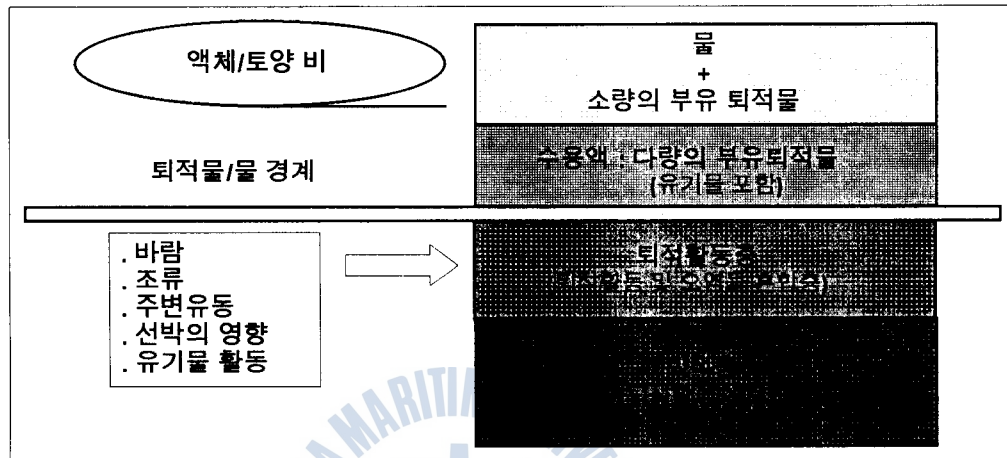


Fig. 2.1 Schematic diagram of a sediment-water system

최상부층은 대부분이 물이며 소량의 부유물질이 포함되어 있다. 퇴적물-물 경계 바로 위층은 물과 다량의 부유물질이 수용액(Slurry)형태로 존재하며, 바닥 퇴적물에 포함되어 있는 오염물의 대부분이 이 층에서 수중으로 방출된다. 물-퇴적물 경계에서는 혼합이 왕성히 일어나며 혼합정도는 퇴적물의 특성, 수역의 난류 정도에 따라 결정된다. 물-퇴적물 경계 바로 아래는 퇴적작용이 활발히 일어나고 있는 층으로 퇴적물과 퇴적물내에 포함되어있는 오염물질이 혼합하고 있는 층이다. 최하층은 오랜기간에 걸쳐 퇴적이 완료된 층으로 준설작업과 같은 교란·혼합작용이 아니면 퇴적물내의 오염물이 수중에 방출되지는 않는다.

마산만 퇴적오니의 입경별 토양구성 조사를 위한 체분석 결과는 Table 2.3과 같다(H건설, 1995). No.4 체(4.76mm) 잔유율 50% 이상인 자갈은 0%, No.200 체(0.074mm) 잔유율 50% 이상인 모래는 7.5%, No.200 체(0.074mm) 통과율 50% 이상인 실트 및 점토는 92.5%로 주로 실트와 점토로 구성되어 있음을 알 수 있다. Table 2.4 은 마산만과 외국의 세립 퇴적물 중 중금속 농도를 비교한 것으로 미국의 L.A, 일본의 Osaka, 중국의 Bohai gulf, 캐나다 동부연안의 세립 준설물 중 중금속 함량을 비교하였다. 마산만의 경우 Cd, Pb, Zn 은 외국에 비해 높게 나타났으며, Cr, Mn은 낮게 나타났고, 다른 중금속은 비슷하게 나타났다.

Table 2.3 Sieve analysis of sediments dredged at Masan bay

Sieve No.	Sieve size (mm)	Weight of retained soil (g)	Remark
Total		43.213	
40	0.425	0.4870	Sand
60	0.250	0.3168	
80	0.177	0.3973	
100	0.149	0.7842	
120	0.125	0.3398	
140	0.105	0.4132	
200	0.074	0.5023	
Sub total		3.2406	
270	0.053	0.3324	Silt&Clay
400	0.037	0.4207	
Sub total		0.7531	
Pan		39.2193	

Table 2.4 Comparison of metal concentration in dredged material at Masan and foreign bay

Location	Metal	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Hg	Pb	Zn
Masan bay		2.22	2.59	67.38	36.70	27.59	0.028	87.38	381.1
L.A. harbor , USA		0.7	64	125	-	19	-	27	147
Osaka bay, Japan		2.3	-	50	674	20	0.74	42	394
Bohai gulf, China		-	50	25	500	35	0.09	22	74
East coast, Canada		1.6	63	98	508	39	1.14	200	359

2.2 준설토 처리방법

준설토 처리방법을 선택할 때는 환경적 측면과 경제적 측면을 먼저 고려해야하며, 처리방법들을 도식화 하면 Fig. 2.2와 같다.

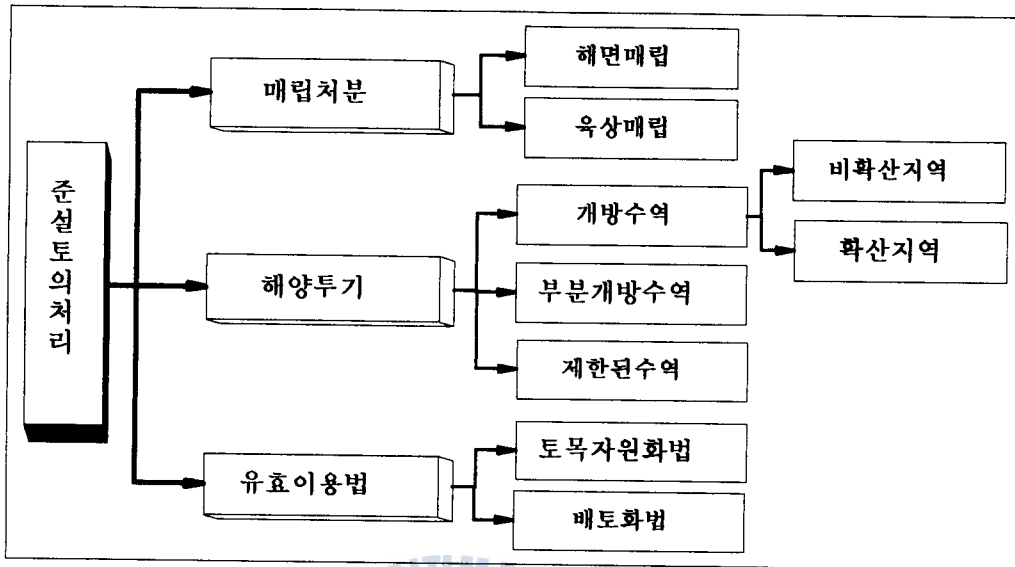


Fig. 2.2 Disposal alternative

해면매립은 가장 일반적인 방법으로 투기역과 준설역이 가까운 경우에 펌핑투기에 의해 주로 이루어지며, 대량 처리에 효율적이다. 육상매립은 처분할 준설토의 양이 비교적 적은 경우에 이용되며, 매립토지 확보가 어렵기 때문에 매립물질을 축소하여 매립하는 것이 바람직하다. 준설물의 육상처리가 곤란하거나 비용이 과다하게 요구될 때에는 해상투기로 매립지 확보 및 별도 처리시설 설치에 따른 비용절감 및 폐기물 안정처리를 도모한다.

Table 2.5는 전세계적으로 준설토를 처리하고 있는 방법을 정리한 것이다(John, 1992). 표에서 나타난바와 같이 준설토의 처리는 60%정도가 해안역 및 해양에 투기되고 있으며 내륙의 저습지를 포함하면 수역에 투기되는 비율은 86%에 육박하게 된다.

유효이용법은 육상 매립 처분시 매립지 확보 문제나 해면 매립시 매립호안 건설비용 증가, 오염된 준설물의 해양투기에 의한 해양오염 방지를 위해 준설물질을 활용하는 것으로 골재 및 성토용재로 활용하는 토목자원화법과 준설물에 포함된 질소, 인 등의 비료성분을 활용하는 배토화법 등이 있다.

2.3 준설토의 투기 위해 평가법

특정 준설 퇴적물의 투기에 의한 잠재적인 영향을 결정하기 위해서는 세척시험, 준설 퇴적물의 생물학적 정량평가, 투기지역의 물리적 화학적 생태계 특성 파악 등을 종합적으로 시행해야 한다(John, 1992). Fig. 2.3는 준설토의 투기에 의한 영향평가법을 도식화한 것이다.

2.4 준설물 처리에 관한 법적 규제

해양투기에 의한 해양오염을 방지하기 위해서는 범세계적인 규제가 요구된다. 폐기물 해양투기에 관한 국제법으로는 전세계적으로 적용되는 「폐기물 및 기타물질의 투기에 의한 해양오염 방지에 관한 협약」과 「UN 해양오염방지협약」이 있다. 또한 각 지역별로 지역해양투기규제협약들이 만들어져 있다. 우리나라에서는 「해양오염방지법」에 의해 투기되는 폐기물 및 투기해역과 해역별 수질기준 등이 마련되어 있다.

2.5 준설이 주변환경에 미치는 영향

준설에 의한 피해는 크게 두 개의 범주로 준설작업이 이루어지는 준설장소와 준설후 준설물질을 처리하는 투기지역에서의 피해로 대별해 볼 수 있다. Fig. 2.4와 2.5는 장소에 따른 준설작업의 영향을 요약한 것이다.

Table 2.5 Worldwide method of disposal

Region	Methods of disposal (Volume in thousands of Cubic Yard)					Total(%)
	Upland	Near wetlands	Shore	Ocean	Other	
Northern Europe	39,196	59,520	42,936	62,044	29,412	233,090(22)
Mediterranean	0	13,774	15,001	664	0	29,439(3)
Africa	0	152,942	76,471	25,549	0	254,992(24)
Southern Asia	62,484	11,197	121,831	89,149	0	284,661(26)
Southeast Asia	0	3,078	3,698	15,190	0	21,966(2)
East Asia	5,783	32,220	102,451	4,323	0	144,777(13)
South Pacific	3,972	2,687	26,335	32,588	0	65,582(6)
North America	6,012	9,696	8,459	16,549	159	40,875(4)
Caribbean	820	646	0	2,484	0	3,950(0)
Total	118,267	285,742	397,182	248,540	29,571	1,079,302
(%)	(11)	(26)	(37)	(23)	(3)	(100)

Source : Ad Hoc Dredging Commission, 1981 (PIANC,1990)

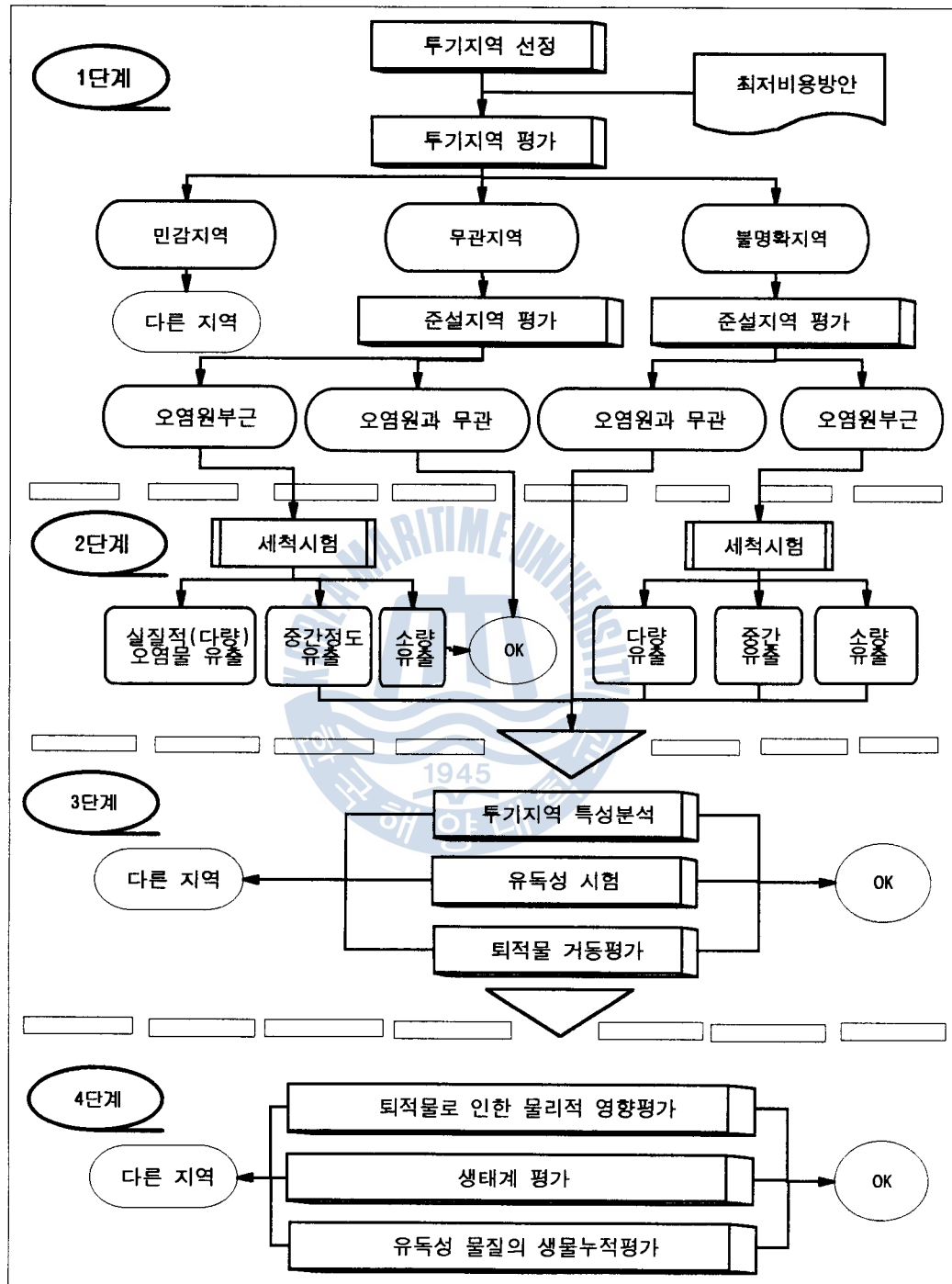


Fig. 2.3 Diagram of environmental hazard assessment for dredged sediment disposal

준설장소에 미치는 영향	장소의 제약에 의한 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 해저생물 파괴 · 어류 산란지·서식지 감소·어업재원의 손실 · 먹이공급의 감소 · 해양생물군의 부착가능성에 대한 손실
	부유물질의 확산과 침강	<ul style="list-style-type: none"> · 유기물질의 정착과 이로인한 저면의 산소결핍 · 유기물질, 무기이온, 기름의 흡착이나 병합 · 용존산소와 투광효과의 감소 · 저서생물의 성장억제
	반파로 인한 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 압축영향 · 양식장에 대한 간접영향 · 해변 및 격벽 구조에 대한 피해영향
	변화된 수심에 의한 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 조석 및 강의 유동에 대한 영향 · 가속된 자연 침전물 퇴적 · 변화된 염수체기(Salt wedge)의 침투 · 저서생물군의 변화 · 어장의 변화
	해안선 형상의 변화	<ul style="list-style-type: none"> · 조류패턴의 변화 · 침전물 퇴적의 감소 · 해안과 해변의 침식 · 천수지역 증대
	지하수 유동의 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 염수의 침투 · 육지접촉부에 대한 세굴 · 하구지역으로 지하수 유출의 가속 · 상수원에 염수 침투

Fig. 2.4 Effects of dredging in dredging area

투기장소에 미치는 영향	준설장소에 미치는 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 혼탁증가 · 투기장소의 수질저하 · 주변해안오염
	일시적인 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 해저지형변화
	영구적인 영향	<ul style="list-style-type: none"> · 해저면 상부층 물질 성질변화
투기지역	육상투기지역	<ul style="list-style-type: none"> · 육상 야생 생태계 파괴 · 인접수역 오염 · 오염물질의 하천 유입
	항만, 강, 바다	<ul style="list-style-type: none"> · 조류패턴변화 · 천수증대 · 저서생물군의 손실 · 플룸에 의한 넓은 영역에 까지 영향

Fig. 2.5 Effects of dredging in disposal area

3. 해양투기된 준설토의 거동분석

본 논문에서는 수심의 제약을 받는 연안해역에서 준설토를 단순 선외투기 시에 준설토의 물리적인 초기거동에 대해서 다룬다.

3.1 투기 준설토의 거동특성

대양으로 방출된 준설토사의 거동은 Fig. 3.1과 같이 이류하강 단계, 동적붕괴단계, 장기 수동확산단계로 나누어 파악할 수 있다.

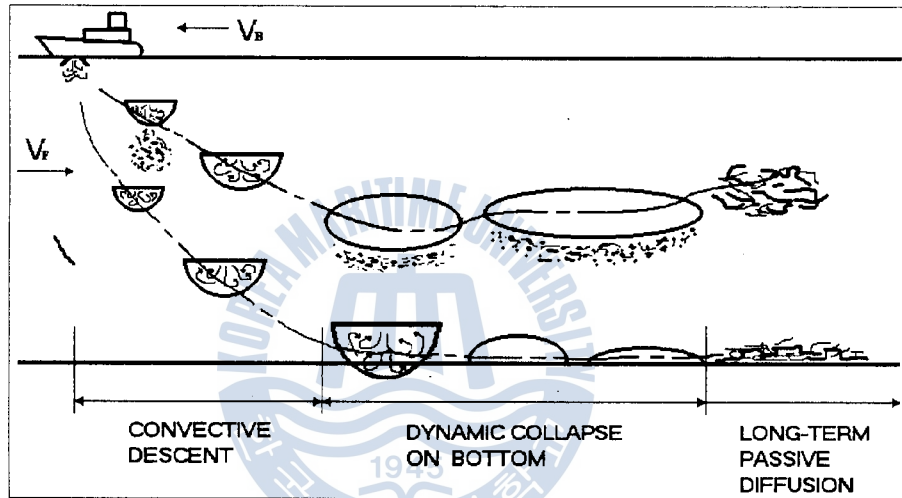


Fig. 3.1 Idealized view of dump of dredged material for development of the numerical model

3.2 지배방정식

수치모델수립을 위한 지배방정식은 대별해서 투기물질의 주더미에서 각 등급의 질량, 운동량, 부력 및 고형물질보존식이다.

$$\text{질량보존식} \quad \frac{dm}{dt} = E\rho_a - \sum_i S_i \rho_i \quad (3.1)$$

$$\text{운동량보존식} \quad \frac{d\vec{M}}{dt} = \vec{F}_c - \vec{F}_D - \vec{F}_b + E\rho_a \vec{U}_a - \sum_i S_i \rho_i \vec{U} - \vec{F}_F \quad (3.2)$$

$$\text{부력보존식} \quad \frac{d\vec{B}}{dt} = \{E(\rho_{ao} - \rho_a) - \sum_i S_i(\rho_{ao} - \rho_i)\} \vec{j} \quad (3.3)$$

더미내의 고형물질 및 보존 화학물질 등 구성성분 i 의 보존방정식

$$\frac{dP_i}{dt} = -S_i \quad (3.4)$$

제립자: 바닥에서 붕괴더미의 상부층 수층에서 소산되는 것으로 하는데 이들 입자가 침전 속도로 인해 주물질더미에서 이탈될지라도 농도 C 는 가우스분포로 특징지을 수 있는 작은 더미의 형태로 식 (3.5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{m}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(x-x_0)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-z_0)^2}{\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (3.5)$$

4. 모델실험

4.1 모델의 구성

표준의 바지에서 더미의 밀도가 약 $1.6g/cm^3$ 인 4천 m^3 정도의 준실토를 수심이 32m, 밀도 분포가 해면(1.001)에서 해저면(1.024)으로 성층화된 가상해역에 투기하는 것으로 하여 모델을 설정하였다. 모델의 격자 구성은 격자크기가 32×41 로 격자간격은 70 m 로 하여 전체격자가 $6.27 km^2$ 의 해역을 포함하도록 하였다.

4.2 모델실험 및 결과분석

모델실험은 수심을 고려하여 투기후 1시간 동안만의 거동을 실험하여 분석하였다. 모델실험 결과 주어진 조건하에서는 점토-이토 더미, 모래와 같은 무거운 입자는 창, 낙조시 공히 30분 이내에 해저에 닿았으며 해저에 이룬 고형물은 산모양으로 쌓이며 해저흐름에 의해 이동된다. 점토, 이토 및 오염물의 농도는 시간에 따라 점차 감소해감을 나타내었다.

수심과 수평방향의 위치가 다르지만 격자상 오염물 농도의 최대치를 시간축에 대해 도식화 하면 Fig. 4.1과 같다. 투기더미는 주변수를 연행하여 해면에서 32 m 의 수심까지 하강하는 동안에 점차 그 크기가 증가된다. 그러므로 Fig. 4.1에 나타난 것처럼 창, 낙조시 모두 시간에 따라 오염물의 농도는 감소하게 된다. 오염물만을 시간에 따른 분포로 나타내면 Fig. 4.2과 같다. 오염물도 다른 퇴적물과 유사하게 낙조시 유하쪽으로 이동하는 것으로 나타냈으나 단위 영역의 심한 변화는 없다. Fig. 4.3 (a), (b)는 투기 1시간후 창, 낙조시의 고형물질의 해저면 퇴적량을 세 식으로 나타낸 것이다. 창조시에는 격자당 최고 퇴적체적이 $7.44 m^3$ 으로 투기시점을 중심으로 작은 원형의 퇴적모양을 나타내는 반면, 낙조시에는 격자당 최고 퇴적체적이 투기시점 부근에서 $5.58 m^3$ 이며 퇴적은 넓고 긴 영역에 걸쳐져 있다.

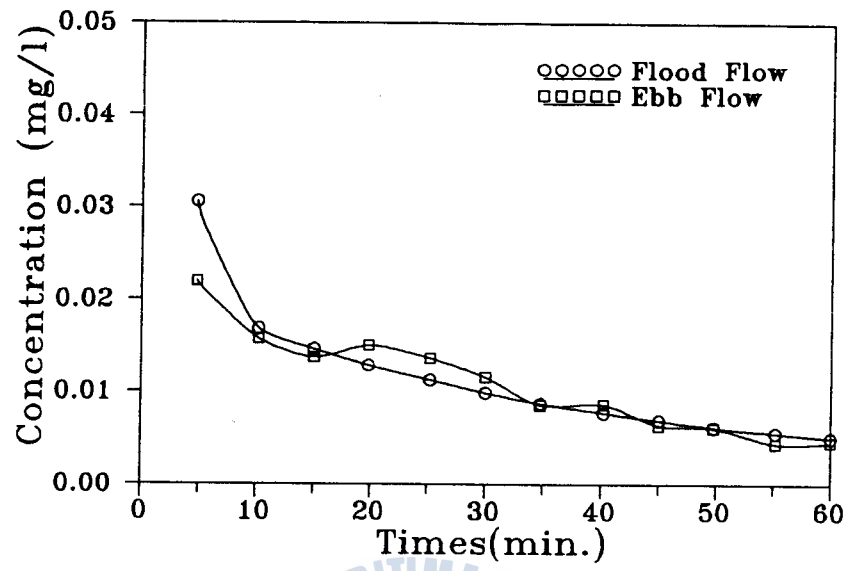


Fig. 4.1 Change of peak contaminant concentration

더미내의 고형물질 및 보존 화학물질 등 구성성분 i 의 보존방정식

$$\frac{dP_i}{dt} = -S_i \quad (3.4)$$

채립자는 바닥에서 붕괴더미의 상부층 수층에서 소산되는 것으로 하는데 이들 입자가 침전 속도로 인해 수층질더미에서 이탈될지라도 농도 C 는 가우스분포로 특징지을 수 있는 작은 더미의 상태로 식 (2.5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$C = \frac{m}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{(x-x_0)^2}{\sigma_x^2} + \frac{(y-y_0)^2}{\sigma_y^2} + \frac{(z-z_0)^2}{\sigma_z^2} \right] \right\} \quad (3.5)$$

4. 모델실험

4.1 모델의 구성

30톤의 바지에서 더미의 밀도가 약 $1.5g/cm^3$ 인 4천 m^3 정도의 준실토를 수심이 32m, 밀도 분포가 해면(1.001)에서 해저면(1.024)으로 성층화된 가상해역에 투기하는 것으로 하여 모델을 설정하였다. 모델의 격자 구성은 격자크기가 32×41 로 격자간격은 70 m 로 하여 전체격자가 $6.27 km^2$ 의 해역을 포함하도록 하였다.

4.2 모델실험 및 결과분석

모델실험은 수심을 고려하여 투기후 1시간 동안만의 거동을 실험하여 분석하였다. 모델실험 결과 주어진 조건하에서는 점토-이토 더미, 모래와 같은 무거운 입자는 창, 낙조시 공히 30분 이내에 해저에 닿았으며 해저에 이를 고형물은 산모양으로 쌓이며 해저흐름에 의해 이동된다. 점토, 이토 및 오염물의 농도는 시간에 따라 점차 감소해감을 나타내었다.

수심과 수평방향의 위치가 다르지만 격자상 오염물 농도의 최대치를 시간축에 대해 도식화 하면 Fig. 4.1과 같다. 투기더미는 주변수층을 연행하여 해면에서 32 m 의 수심까지 하강하는 동안에 점차 크기가 증가된다. 그러므로 Fig. 4.1에 나타난 것처럼 창, 낙조시 모두 시간에 따라 오염물의 농도는 감소하게 된다. 오염물만을 시간에 따른 분포로 나타내면 Fig. 4.2과 같다. 오염물도 다른 퇴적물과 유사하게 낙조시 윗쪽으로 이동하는 것으로 나타냈으나 단위 영역의 심한 변화는 없다. Fig. 4.3 (a), (b)는 투기 1시간후 창, 낙조시의 고형물질의 해저면 퇴적량을 해적으로 나타낸 것이다. 창조시에는 격자당 최고 퇴적체적이 $7.44 m^3$ 으로 투기시점을 중심으로 작은 원형의 퇴적모양을 나타내는 반면, 낙조시에는 격자당 최고 퇴적체적이 투기시점 부근에서 $5.58 m^3$ 이며 퇴적은 넓고 긴 영역에 걸쳐져 있다.

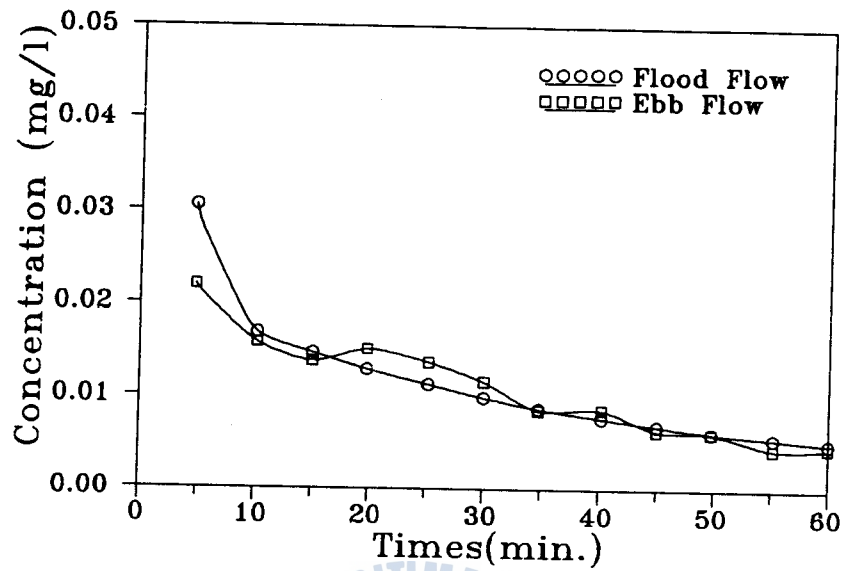


Fig. 4.1 Change of peak contaminant concentration

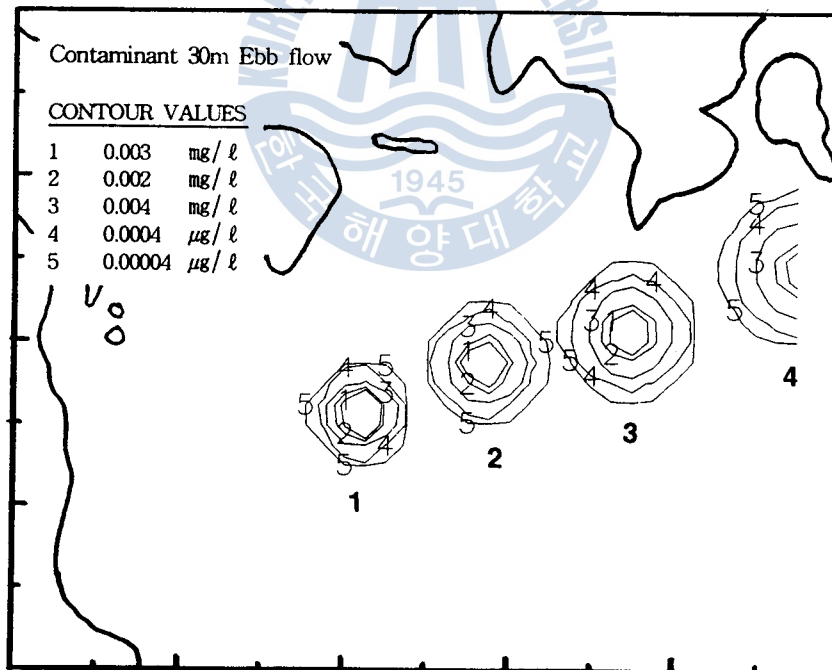


Fig. 4.2 Contaminant distribution 30m depth

5. 결론 및 토론

각종 자료의 분석 결과로는 항만에 많은 양의 물질이 퇴적하고 있으며, 대부분의 퇴적물은 유입전 후에 상당히 오염되어 있음을 알 수 있었다. 준설로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 적절한 투기장을 선정하고, 준설토의 성분 및 특성을 정확히 파악하여 적절한 준설방법 및 처리방법을 선정해야 하며, 준설지역과 투기지역에 대한 환경평가 등 주변환경에 미치는 영향을 명확히 분석해야 할 것이다.

현원, 준설장에서 연안해역에 투기된 준설토 더미의 성질은 수중에서의 지체시간과 주변수 유동 및 분포상황 상태와 관계하여 그 기동특성에 상당한 영향을 미치고, 수평방향의 확산은 수층과 바닥에서의 영향권을 증대시키며 이는 수평방향의 유속, 선택한 확산계수 및 그 형식에 밀접한 관계가 있음을 알았다. 수직 및 수평방향의 희석은 수중의 농도분포를 특징짓게 되나 희석의 정도는 시간과 수중의 공간적 위치에 좌우된다.

참고문헌

- 장대남, 김지연, 신승호, 이종우(1995), "연안수역에서 투기준설토의 초기거동에 관한 연구", 한국항만학회 제9권, 제1호, pp.45~56
- 항만청(1985~1993), "해운항만통계연보"
- 환경청(1987~1993), "한국환경연감"
- John, B. H. (1992), "Handbook of dredging engineering"
- Koh, R. C. Y. and Chang, Y. C. (1973), "Mathematical model for barged ocean disposal of water," Environmental Protection Technology Series EPA 660/2-73-029, USEPA, WAIC.
- Koh, R. C. Y. and Fan, L. N. (1970), "Mathematical models for the prediction of temperature distributions resulting from the discharge of heated water into large bodies of water," Water Pollution Control Research Series No. 16130 DWO, Water Quality Office, US EPA
- Paul L. Bishop, Ph. D. (1983), "Marine pollution and its control", pp.274~296
- Per Brum(1990), "Port engineering", Vol. 2, pp.930~1134

