

## 응집제 및 응결제 주입에 의한 석호 준설물질의 체적변화 Volume Change of the Dredged Materials in the Coastal Lagoon with Coagulants and Flocculants Injection

조홍연\* · 윤길림\*

Hong-Yeon Cho\* and Gil-Lim Yoon\*

**요 旨** : 자연상태의 오염된 퇴적물과 준설과정을 거친 오염 퇴적물 사이에는 퇴적물이 안정상태에서 교란되어 다시 침강되기 때문에 체적변화가 발생한다. 또한, 부유물질의 침강을 촉진하기 위하여 투입되는 응결제 및 응집제의 영향에 따라 오염된 준설토의 체적변화가 다른 경향을 보인다. 본 연구는 약품투입량에 따른 오염된 준설토의 부피변화 분석에 중점을 두어 수행되었다. 퇴적물 시료는 동해안에 위치한 석호의 오염된 퇴적물(준설오니)을 이용하였으며, 함니율 변화, 응집제 및 응결제 투입량 변화에 따른 준설오니의 체적변화는 실내실험을 통하여 정량적으로 분석하였다. 적정 응집제 및 응결제 투입량은 체적변화가 가장 적은 값을 보이는 경우로 선정하였다. 분석결과, 준설오니의 체적은 평균 1.68배 증가하는 것으로 파악되었으며, 약품을 투입한 경우 함니율 증가에 따라 체적변화율이 증가하는 경향을 보이고 있으나 그 크기는 미미한 것으로 파악되었다.

**핵심용어** : 응집제, 응결제, 준설오니, 체적변화율, 함니율

**Abstract** □ There is a volume change between the sediments and the dredged materials because the dredged materials is fully disturbed by the dredger and settled in the basin from the stabilized condition. The volume of the dredged materials is also affected by the coagulants and flocculants (hereafter C & F) which was used to speed up the settling of the suspended solids. In this study, the volume change of the dredged materials is analysed in detail due to the injection amount of the C & F. The dredged materials were sampled in the lagoon located in the East coastal zone, and the volume change of the samples is quantitatively analysed by the laboratory test due to the change of the clay content and the amount of the C & F. The optimal amounts of the C & F is determined by showing the minimal volume change due to C & F injection. From the experimental results, the volume of the dredged materials is increased 1.68 times on an average and the volume change rate is slightly increased, i.e., negligible, as the clay content increase in the case of the C & F injection.

**Keywords** : coagulants, flocculants, dredged materials, volume change rate, clay content

### 1. 서 론

우리나라 연안의 내만, 석호 및 항만의 저층 퇴적물은 유역에서 지속적으로 유입되는 오염물질의 침전(퇴적)으로 인하여 오염이 심각한 실정이다. 유역의 오염부하량을 저감하기 위한 대책으로는 환경기초시설 사업추진이 대부분을 차지하고 있다. 그리고, 대부분의 오염된 저층 퇴적

물을 제거하는 작업은 준설사업에 의존하고 있다. 준설은 항로유지준설 및 오염된 해역의 수질개선 목적으로 수행되고 있으며, 준설된 퇴적물은 외해에 투기하거나 매립 등의 방법으로 처분하고 있다.

준설 퇴적물을 매립장에 매립하거나 투기하는 계획(투기장 규모 설계)을 수립하는 과정에서 중요한 인자는 준설토 발생량의 적정 산정이다. 저층 퇴적물을 준설하는 경

\*한국해양연구원 연안·항만공학연구본부 (Corresponding author: Hong-Yeon Cho, Coastal and Harbor Engineering Research Center, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Seoul 425-600, Korea. hycho@kordi.re.kr)

우, 퇴적물의 미세한 입자가 부유되어 장기간 유지되어 즉각적인 매립 및 투기가 곤란하기 때문에 응집제, 응결제 등의 약품을 투입하여 부유물질의 침전을 촉진시키는 작업이 수행된다. 이 과정에서 약품 투입량의 영향과 저층에서 교란되지 않은 안정한 상태(자연상태)에서 교란된 느슨한 상태(준설과정을 거친 상태)로 변화되는 과정에서 준설토의 부피가 변화하게 된다. 일반적으로, 부피가 증가하는 경향을 보이고 있는데, 준설토를 매립·투기하는 물량을 적절하게 산정하기 위해서는 저층에 있는 해저퇴적물의 부피를 기준으로 산정하는 방법보다 퇴적물을 준설하여 약품 투입과정 등의 과정을 거친 후의 부피에 의거하여 매립장 규모 및 준설토 투기량을 산정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

준설물질의 체적변화는 준설토를 투기장에 투하할 때, 준설장비, 준설강도, 배사관 연장, 준설토사의 입경분포, 준설물질의 함수비, 수토장의 규모, 상재하중 등에 따라 차이가 난다. 또한, 유보율을 어떻게 적용하느냐에 따라 서로 차이가 발생하나 예측이 어려운 요소가 많아 정확한 수치를 결정하는 것은 불가능하고 개략적인 변화율을 추정하는 것에 의존할 수 밖에 없는 실정이다(부산지방해양수산청, 1999).

본 연구는 자연상태의 석호 퇴적물질의 체적과 준설오니의 체적변화에 약품투입량이 미치는 영향을 평가하기 위하여 수행되었다. 퇴적물 시료는 동해안에 위치한 석호의 오염된 퇴적물(준설오니)을 이용하였으며, 함수율 변화, 응집제 및 응결제 투입량 변화에 따른 준설오니의 체적변화는 실내실험을 통하여 정량적으로 분석하였다.

## 2. 준설오니 체적변화 시험방법

체적변화 분석을 위한 시료는 동해안 석호의 퇴적 오니를 채취하여 이용하였다. 채취한 퇴적 오니는 상등수와 의 부피비로 1:4(함수율 20%), 1:2(함수율 30%) 및 1:1.5(함수율 40%)의 3가지로 분류하여, 각각의 함수율에 대하여 고루 혼합하여 고분자 응집제 및 응결제 약품을 투입한 후 시간별로 침강되는 오니의 부피를 측정하였다. 즉, 침전오니층(침전층)과 청정층 사이에 존재하는 계면(interface)의 시간변화를 관측하여 침전량 변화(부피변화)로 간주하였다(유남재, 2001). 실험방법은 현장의 오니 준설시 교반 조건을 고려하여 500 mL 용량의 메스실린더(mass cylinder)를 이용하여 오니와 상등수를 혼합하여 각 함수율로 실험용 혼합오니를 준비하였다. 준비한 혼합오니는 응결제(F-200)

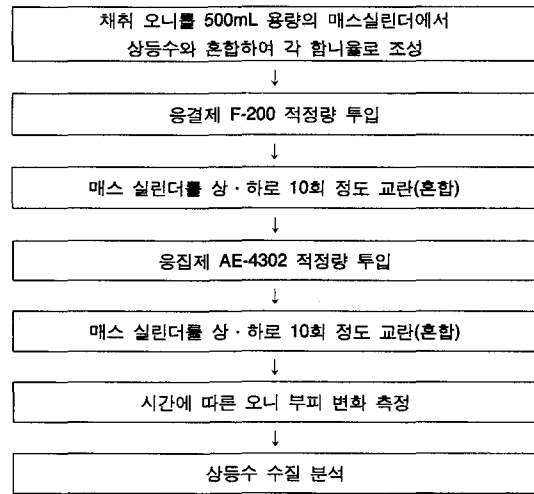


Fig. 1. 준설오니의 약품투입에 따른 체적변화 분석과정.

와 응집제(AE-4302)를 첨가하여 응결제 및 응집제 첨가 시 마다 10회씩 위·아래로 흔들었다. 현장에서의 응집제 및 응결제 투입방법을 감안하여 혼합정도를 조정하는 것이 가장 바람직하고 보다 현실적인 결과를 제시할 수 있을 것으로 사료되나, 본 연구에서는 응집제 및 응결제 투입량 변화에 따른 체적변화 양상을 파악하는데 중점을 두고 실험실에서의 충분한 혼합을 가정하여 수행하였다. 이상과 같이 응결제와 응집제를 첨가하여 혼든 후 혼합 오니는 시간에 따른 오니 침강실험을 위하여 진동이 없는 실험대 위에 놓았다. 이후 정해진 시간대별로 침전 오니의 양 및 여액량을 20분 간격으로 최대 3시간까지를 측정하였다(Fig. 1). 이는 오니 준설공사의 준설부터 투기까지의 공사 싸이클 타임에 따라 침전조에 퇴적오니를 이송받아 약품처리후 침전시킬 수 있는 최대 시간이 2시간 50분이며 이러한 설계기준에 따라 적정 용량인 2,400 m<sup>3</sup>의 침전조를 설치후 시공시 준설오니의 최대 침전 체류 시간을 3시간으로 설정하였기 때문이다.

## 3. 응결제와 응집제의 적정 투입량 산정실험

준설오니의 응집처리에는 입자의 하전중화 현상, 즉 양이온 또는 음이온이 반대되는 전하와의 반응으로 전기적으로 중성인 성질로 바뀌어 입자간의 반발력이 감소하는 현상을 통하여 탁도를 유발할 수 있도록 입자의 크기를 증가시키는 응결제(coagulant)와 하전중화된 입자를 결합시켜 침전이 용이하도록 지원하는 응집제(flocculant)가 사

용된다. 응결제로는 주로 알루미늄계 화합물이나 철염계 화합물이 사용되어 왔으나 현재 경제성 및 취급의 편의성을 고려하여 유기계 약제를 사용하는 추세이며, 응집제는 폴리아크릴아마이드(Polyacrylamide)를 기본으로 하는 고분자 응집제가 주로 사용된다.

본 연구에서 사용한 응결제(F-200)와 응집제(AE-4302)는 응집효과의 극대화, 처리경비의 최소화, 환경문제와 안정성을 고려하여 아래와 같은 목적으로 선정하였다.

○ 응집효과의 극대화: 일반 무기응결제에 비하여 뛰어난 하전중화력을 바탕으로 미세 현탁물질의 제거능력 및 침전능력을 극대화한 응결제로 각종의 응집처리에서 우수한 효과가 입증된 응결제(STOPOL F-200)이다.

○ 처리경비의 최소화: 최소의 경비로 처리가 가능한 시험계획을 선정하였다.

○ 환경안정성을 고려: 환경에 대한 안정성을 고려하여 잔류 아크릴아마이드(acrylamide)의 농도를 최소로 관리할 수 있는 응집제이며, 일반무기응집제 사용시 수산화물 발생에 의해 오니처분량이 대폭 증가하는데 비해 본 응집제(MULTIPOL AE-4302)를 적용하여 처분되는 최종 오니량을 최소화할 수 있도록 추천된 제품이다.

응결제로 사용되고 있는 스톱폴(STOPOL) F-200 응결제의 경우, 천연 광물류가 주성분으로 화장품 및 의약품에 사용되는 물질을 이용하여 제조하였으며, 기타 첨가물 또한 환경학적으로 무해한 성분이다. 또한 광물류 자체가 고염류 수질에서 부유물질(SS)과의 반응성이 매우 우수한 제품으로서 해수에 용해 또는 원액을 대상 오니에 적용할 경우, 큰 무리가 없을 것으로 사료된다.

고분자 응집제로 사용되고 있는 멀티폴(MULTIPOL) AE-4302 응집제의 경우, 폴리아크릴아마이드(Polyacrylamide)가 주 성분이며, 고분자 자체는 생물체내에 흡수되지 않는 성질을 갖고 있어 환경학적으로 무해한 성분이다. 또한 유상액(乳狀液, Emulsion)형태로 수중에 쉽게 용해되는 성질로 인한 사용상의 편리함이 있다.

최적 약품 투입량을 산정하기 위하여 오니를 임의로 선택하여 실험하였으며, 다양한 투입량에 대한 시간별 침강 오니 부피와 여액 처리수의 탁도를 측정하였다. 최적의 처리수 탁도와 최소 침강오니 부피에 필요한 약품 투입량을 산정하여 본 연구목적의 실험에 적용하였다. 각 오니 함량에 대한 다양한 약품(침강제 및 응결제) 투입량에 따른 혼합오니의 침강오니 부피와 처리수의 탁도를 침강시간에 대하여 정리하였다(Table 1참조).

실험결과, 적정 응결제와 응집제의 투입에 의한 침강오

니 부피는 가장 작은 부피를 나타내고 있는 것으로 나타났다. 그러나, 응결제 및 응집제를 적정량 이상 투입할 경우 오히려 침강오니 부피가 증가하였다. 이는 약품 투입량이 증가될 경우, 오니입자의 크기가 상대적으로 커지며 이로 인하여 입자들 사이의 간극이 증가하여 침강오니 부피가 증가하는 것으로 파악되었다. 따라서, 각 합니올에서 최소 침강오니 부피를 나타내는 적정 응결제와 응집제의 투입량은 합니올이 증가함에 따라 증가하는 것으로 파악되었다.

#### 4. 오니함량에 따른 체적변화 시험결과 및 분석

본 시험은 2절에서 제시한 방법과 동일한 방법으로 수행하였다. 약품을 첨가하였을 경우 약품을 첨가하지 않았을 때보다 수질에 미치는 영향과 어느 정도의 침강속도가 향상을 보이는지 확인하기 위하여 각 합니올의 혼합 오니를 이용하여 비교 시험을 수행하였다. 또한, 지점별 차이를 파악하기 위하여 석호의 상류지역과 양어장으로 이용되는 잔잔한 수역의 퇴적오니에 대해서도 각 합니올의 혼합오니를 이용하여 비교시험을 수행하였다. 각 오니함량에 따른 약품 투입량은 3절에서 산정된 적정 투입량에 준하여 투입하였으며, 적정 응결제와 응집제를 투입할 경우 각 합니올에 대한 준설에 따른 퇴적오니의 체적변화 정도를 분석·고찰하였다(Table 2, 3참조). 실험개시 3시간 침강 후 자연침강과 약품투입에 따른 침강오니 부피의 변화를 각 합니올에 따라 사진을 촬영하였다(사진 1, 2). 사진에 물과 오니의 경계선이 뚜렷하게 보이고 있으며, 이 경계선을 기준으로 물과 오니의 체적을 산출하였다. 상대적인 체적변화를 비교를 위하여 국내·외에서 수행한 시공실적 및 설계시 적용한 체적변화율의 사례조사 결과를 Table 4에 제시하였다. 일반적으로 체적변화율은 20~60% 정도로 지역에 따라 큰 격차를 보이고 있으므로, 준설물질의 체적변화에 대한 연구는 현장의 오니를 이용하여 직접 추정하는 과정이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 준설물질의 체적변화에 영향을 미치는 인자에 대한 연구를 보다 심층적으로 수행하여 실험조건이 현장조건에 최대한 근접하여 보다 정확한 결과를 제시할 수 있도록 하여야 할 것으로 사료된다.

##### 4.1 오니함량 변화에 따른 체적변화

약품을 투입하지 않았을 경우, 3시간후의 상류지역 오니부피는 오니함량 20%, 30%, 40% 경우에 대하여 각각

**Table 1.** 응집제 및 응결제 투입에 따른 준설오니의 부피변화

(a) 함니율 20%

구 분 (시간단위: Hour)	침강오니 부피(mL) (500 mL : 생오니 100 mL + 상등수 400 mL)								
	F-200 투입량(ppm)			200			250		
응집제 AE-4302 투입량(ppm)	30	40	50	30	40	50	30	40	50
0.0 (혼합오니)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
1/60	452	431	432	430	416	419	410	412	414
5/60	405	389	392	362	332	340	339	335	338
10/60	365	357	360	346	298	305	308	302	306
30/60	312	308	312	296	250	257	265	258	263
1.0	290	283	290	256	217	222	226	221	228
2.0	276	251	262	223	178	183	190	185	192
3.0	245	220	230	205	165	168	175	180	188
처리수 탁도(DEGREE)	3.9	4.3	4.3	3.8	3.9	3.7	5.3	5.6	5.8
고 찰	F-200 200 ppm, AE-4302 40 ppm : 최적투입량								

(b) 함니율 30%

구 분 (시간단위: Hour)	침강오니 부피(mL) (500 mL : 생오니 150 mL + 상등수 350 mL)								
	F-200 투입량(ppm)			300			350		
응집제 AE-4302 투입량(ppm)	50	60	70	50	60	70	50	60	70
0.0 (혼합오니)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
1/60	489	487	488	478	464	466	472	470	471
5/60	475	470	472	459	428	432	437	432	433
10/60	462	457	460	435	389	393	404	396	398
30/60	431	419	425	410	362	365	375	369	372
1.0	415	410	412	370	325	330	342	335	340
2.0	410	402	408	350	276	281	310	300	305
3.0	405	396	400	330	255	260	290	280	285
처리수 탁도(DEGREE)	6.7	5.3	5.6	5.1	5.0	5.2	7.2	6.8	6.9
고 찰	F-200 300 ppm, AE-4302 60 ppm : 최적 투입량								

(c) 함니율 40%

구 분 (시간단위: Hour)	침강오니 부피(mL) (500 mL : 생오니 150 mL + 상등수 350 mL)								
	F-200 투입량(ppm)			400			500		
응집제 AE-4302 투입량(ppm)	60	80	100	60	80	100	60	80	100
0.0 (혼합오니)	500	500	500	500	500	500	500	500	500
1/60	495	493	493	480	475	476	478	476	476
5/60	480	475	476	436	412	420	423	418	420
10/60	465	458	460	430	398	408	406	402	403
30/60	442	440	442	415	367	379	372	368	370
1.0	425	421	422	395	355	370	368	365	366
2.0	412	406	410	385	350	360	365	356	360
3.0	395	390	392	375	344	358	360	355	358
처리수 탁도(DEGREE)	6.9	6.2	6.5	6.4	6.3	6.1	7.2	7.1	7.1
고 찰	F-200 400 ppm, AE-4302 80 ppm : 최적 투입량								

**Table 2.** 시간에 따른 준설오니의 오니함량별 체적변화 (영역 I)

(a) 약품 무투입시

구 분		오니함량 20%	오니함량 30%	오니함량 40%
구 성 비		오니 100 mL +상등수 400 mL	오니 150 mL +상수 350 mL	오니 200 mL +상등수 300 mL
오니부피(mL)	0 min	500	500	500
	5 min	495	498	499
	10 min	491	496	499
	30 min	475	488	498
	60 min	450	476	493
	120 min	400	453	486
	180 min	352	423	480
pH		7.66	7.67	7.69
도전율(μS/cm)		7,980		8,520 8,930
처리수 탁도(ppm)		6.3	7.5	9.6
COD(ppm)		22.6	24.9	27.2
고 찰		합나율이 증가할수록 침강속도는 급격하게 감소함		

(b) 약품 투입시

구 분		오니함량 20%	오니함량 30%	오니함량 40%
구 성 비		오니 100 mL +상등수 400 mL	오니 150 mL +상수 350 mL	오니 200 mL +상등수 300 mL
F-200 투입량(ppm)		200	300	400
AE-4302 투입량(ppm)		40	60	80
오니부피(mL)	0 sec	500	500	500
	1 min	416	464	475
	3 min	375	445	442
	5 min	332	428	412
	10 min	298	389	398
	30 min	250	362	367
	60 min	217	325	355
	120 min	178	276	350
	180 min	165	255	344
pH		7.26	6.97	6.76
도전율(μS/cm)		7,980	7,610	7,110
처리수 탁도(ppm)		4.8	5.9	7.3
COD(ppm)		12.6	13.2	14.8

주 1) 처리수 탁도는 흡광광도계를 이용하여 측정하였으며, 탁도란 점토, 콜로이드 입자, 조류, 미생물, 부유물질 등에 의한 물의 탁한 정도를 나타내며 1도(DEGREE)란 고령토(kaolin) 1 mg이 증류수 1L에 포함되어 있음을 의미하며 도대신 PPM 단위를 사용하여도 무방함.

주 2) 화학적산소요구량(COD<sub>Mn</sub>)은 수질공정시험방법에 의거하여 측정하였음.

주 3) 중금속 분석은 FLAME 방식의 VARIAN SPECTRA AA 640-SIPS 기기를 이용하여 측정하였음.

352 mL, 423 mL, 480 mL 값을 보이고 있다. 반면, 양식장 지역 오니부피는 오니함량 20%, 30%, 40% 경우에 대하여 각각 352 mL, 421 mL, 478 mL 값을 보이고 있는 바와 같이, 지점에 따른 오니부피는 큰 차이를 보이지

않고 있으나, 오니함량이 증가함에 따라 오니부피는 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 오니함량을 고려한 상류지역의 부피변화율은 352/100=3.52, 423/150=2.82, 478/200=2.39로 오니함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이

**Table 3.** 시간에 따른 준설오니의 오니함량별 체적변화 (영역 II)

(a) 약품 투입시

구 분		오니함량 20%	오니함량 30%	오니함량 40%
구 성 비		오니 100 mL +상등수 400 mL	오니 150 mL +상수 350 mL	오니 200 mL +상등수 300 mL
오니부피(mL)	0 sec	500	500	500
	5 min	493	498	499
	10 min	489	496	499
	30 min	472	487	498
	60 min	448	475	493
	120 min	400	452	485
	180 min	352	421	478
pH		7.47	7.53	7.65
도전율(μS/cm)		7,760	8,420	8,980
처리수 탁도(ppm)		6.7	7.8	10.1
COD(ppm)		23.1	25.7	28.6

(b) 약품 투입시

구 분		오니함량 20%	오니함량 30%	오니함량 40%
구 성 비		오니 100 mL +상등수 400 mL	오니 150 mL +상수 350 mL	오니 200 mL +상등수 300 mL
F-200 투입량(ppm)		200	300	400
AE-4302 투입량(ppm)		40	60	80
오니부피(mL)	0 sec	500	500	500
	1 min	412	464	472
	3 min	372	445	443
	5 min	330	428	410
	10 min	295	389	400
	30 min	248	362	365
	60 min	214	325	351
	120 min	175	276	347
	180 min	160	255	342
pH		7.21	6.95	6.69
도전율(μS/cm)		7,990	7,650	7,130
처리수 탁도(ppm)		4.6	6.2	7.3
COD(ppm)		12.8	13.9	15.8

고 있다.

약품 투입하였을 경우, 동일한 과정으로 오니의 부피 변화를 분석하였다. 약품투입후 3시간후의 상류지역 오니 부피는 오니함량 20%, 30%, 40% 경우에 대하여 각각 165 mL, 255 mL, 344 mL 값을 보이고 있다. 반면, 양식장 지역 오니부피는 오니함량 20%, 30%, 40% 경우에 대하여 각각 160 mL, 255 mL, 342 mL 값을 보이고 있는 바와 같이, 약품 무투입시의 경우와 같이 지점에 따른 오니부피는 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 오니함량이 증

가함에 따라 오니부피는 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 오니함량을 고려한 상류지역의 부피변화율은 165/100=1.65, 255/150=1.70, 344/200=1.72로 오니함량이 증가함에 따라 증가하는 경향, 즉 약품 무투입시와 반대경향을 보이고 있으나, 그 크기는 미미한 정도이다.

#### 4.2 약품투입에 따른 체적변화

약품투입시와 무투입시의 체적변화는 매우 큰 변화를 보이고 있다. 상류지역, 약품 무투입시의 경우, 오니함량

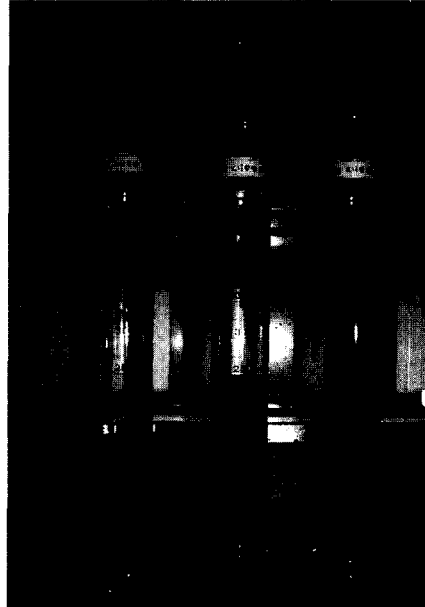
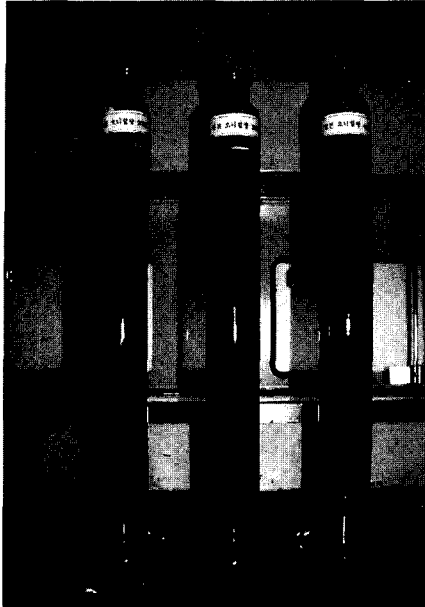


사진 1. 상류부 지역 오니함량에 따른 자연침강 및 약품투입후 침강시간 3시간후 비교사진.

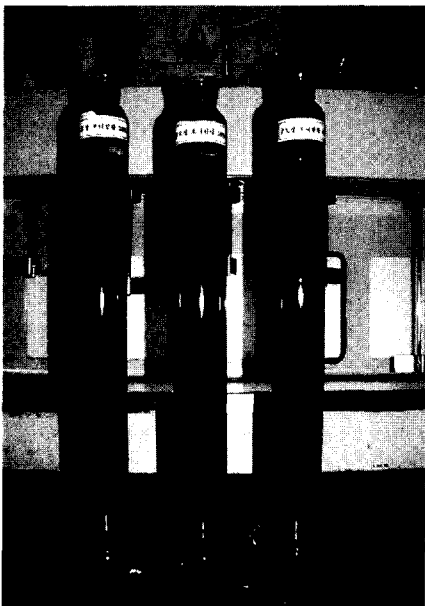


사진 2. 양어장 지역 오니함량에 따른 자연침강 및 약품투입후 침강시간 3시간 후 비교.

20%, 30%, 40% 경우에 대하여 오니부피는 각각 325, 423, 480 mL 값을 보이고 있으나, 약품투입시에는 오니함량 20%, 30%, 40% 경우에 대하여 오니부피는 각각 165, 255, 344 mL 값을 보이고 있다. 즉, 약품투입에 따른 상류지역의 준설오니 체적변화는 각각  $165/325=0.51$ ,

$255/423=0.60$ ,  $344/480=0.72$  값으로 준설오니 함량이 증가함에 따라 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 반면, 양어장 지역, 약품 무투입시의 경우, 오니함량 20%, 30%, 40% 경우에 대하여 오니부피는 각각 352, 421, 478 mL 값을 보이고 있으나, 약품투입시에는 오니함량 20%, 30%,

**Table 4.** 국내·외 준설물질 체적변화율 적용사례

(a) 국내 적용사례

사업내용	조사시기 및 방법	체적변화율	비고
광양항 컨테이너부두 축조공사	'93. 6~ '95. 6	23~1.45	실측치
광양제철소 부지 조성공사	유보율을 고려한 실측치	1.06	전기공구 : 0.95 후기공구 : 1.50
울촌 제1지방 공업단지 조성사업	매립 직후 ~	1.0~1.55	함수비 100%
마산항 정화사업 기본 및 실시설계	설계시 반영	1.40	
광양항 준설토 투기장 가호안 축조공사	설계시 반영	단기 : 1.50 장기 : 1.30	
광양항 묘도 준설토 투기장 가호안 실시설계	설계시반영	1.30	

(b) 국외 적용사례

사업내용	체적변화율	비고
大阪市 북항 폐기물처리장	1.44	면적 : 722,000 m <sup>2</sup>
岩國港	1.22	오니준설, 침전지설치, 응집제 사용
大牟田港	1.23	오니준설, 침전지설치, 응집제 사용
徳山松下港	1.60	오니준설, 침전지설치, 응집제 사용
下關港	1.51	오니준설, 침전지설치, 응집제 사용
四日市港	1.28	오니준설, 침전지설치, 응집제 사용

자료: 일본 매립준설협회

**Table 5.** 준설오니의 체적변화

(a) 상류부 지역

구 분	상등수	자연침강후 상등수				약품처리후 상등수		
함니율(%)	0	20	30	40	20	30	40	
탁도(ppm)	3.5	6.3	7.5	9.6	4.8	5.9	7.3	
퇴적오니함량(mL)	-	-	-	-	100	150	200	
약품투입후3(hr)	-	-	-	-	165	255	344	
침강시오니부피(mL)	-	-	-	-	-	-	-	
퇴적오니의 체적변화율	-	-	-	-	1.65(=165/100)	1.70(=255/150)	1.72(=344/200)	

(b) 양어장 지역

구 분	상등수	자연침강후 상등수				약품처리후 상등수		
함니율(%)	0	20	30	40	20	30	40	
탁도(ppm)	3.5	6.7	7.8	10.1	4.6	6.2	7.3	
퇴적오니함량(mL)	-	-	-	-	100	150	200	
약품투입(3hr)	-	-	-	-	160	255	42	
침강시오니부피(mL)	-	-	-	-	-	-	-	
퇴적오니의 체적변화율	-	-	-	-	1.60 (=160/100)	1.70(=255/150)	1.71(=342/200)	

40% 경우에 대하여 오니부피는 각각 160, 255, 342 mL 값을 보이고 있다. 즉, 약품투입에 따른 양어장 지역의 준설오니 체적변화는 각각  $160/352=0.45$ ,  $255/421=0.61$ ,  $342/478=0.72$  값으로 준설오니 함량이 증가함에 따라 크게 증가하는 동일한 경향을 보이고 있으며, 지역적인 편

차는 미미한 정도이다.

동해안 석호의 퇴적오니를 대상으로 함니율 변화(0%, 20%, 30%, 40%)에 따른 준설토의 침강속도를 측정된 결과를 정리하면 다음과 같다(Table 5참조). 표에 나타난 바와 같이 양어장 지역 및 상류부 지역에서 오니함량에 대



하여 약품 투입후 40분내에 오니의 침강속도가 급격하게 증가함을 알 수 있으나 약품을 투입하지 않은 경우인 자연침강 현상은 침강속도가 상대적으로 느림을 알 수 있었다.

한편, 시방기준 및 시공조건을 토대로 최대 체류시간을 3시간으로 설정한 경우, 동해 석호의 준설토는 오니 함량을 변화(20%~40%)에 대하여 초기 준설 퇴적오니량은 준설후 평균적으로 1.68배 체적이 증가되는 시험결과를 확인할 수 있었다. 이러한 준설후 퇴적오니의 체적증가 현상은 함니율이 증가할수록 크게 나타나 현장의 시공조건을 고려할 때, 본 연구에서 얻은 시험수치보다 큰 체적변화율도 나타날 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결 론

준설토의 체적변화량 및 체적변화율은 약품투입여부 및 오니함량에 따라 큰 변화를 보이고 있다. 약품을 투입하지 않았을 경우, 지점에 따른 오니부피는 큰 차이를 보이지 않고 있으나, 오니함량이 증가함에 따라 오니부피는 증가하고 있으나, 오니함량을 고려한 상류지역의 부피변화율은 오니함량이 증가함에 따라 감소하는 경향을 보이고 있다. 약품을 투입하였을 경우, 지점에 따른 오니부피는

큰 차이를 보이지 않고 있으나, 오니함량이 증가함에 따라 오니부피는 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 오니함량을 고려한 상류지역의 부피변화율은 오니함량이 증가함에 따라 증가하는 경향, 즉 약품 무투여시와 반대경향을 보이고 있으나, 그 크기는 미미한 정도로 파악되었다.

반면, 약품투입에 따른 상류지역의 준설오니 체적변화는 오니 함량이 증가함에 따라 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 양어장 지역의 준설오니 체적변화는 오니 함량이 증가함에 따라 크게 증가하는 동일한 경향을 보이고 있으며, 지역적인 편차는 미미한 정도이다.

## 참고문헌

- 유남재, 2001. 준설매립토의 침강압밀과 전단강도 특성 및 예측, 지반환경 및 준설매립에 관한 학술세미나, 한국지반공학회, pp. 1-41
- 부산지방해양수산청 부산항건설사무소, 1999. 부산신항 준설토 투기장(2차) 실시설계 용역 최종보고서(마무리 단계 설계자문 자료), 제5장, 5.1.2.

Received June 29, 2002

Accepted July 31, 2002