

준설토의 유실을 결정에 관한 연구

A Study on the Determination of Loss Ratio in Dredged Soils

김 석 열*, 김 승 옥, 노 종 구(농진공 농어촌연구원)
Kim, Seog Yeol · Kim, Seung Wook · Ro, Jong Koo

Abstract

Recently, the hydraulic fill method is commonly used in many reclamation projects due to lack of fill materials. The method of hydraulic fill in reclamation is executed by transporting the mixture of water-soil particles into a reclaimed land through dredging pipes, then the dredged soil particles settle down in the water or flow over an out flow weir with the water.

The amount of the volume reductions of dredged soil is considered the sum of the overall settlement by desiccation shrinkage and self-weight consolidation and the loss of soil particles flow over a weir.

In the present study, hydrometer analysis was performed with the soil samples obtained before and after dredging to estimate the amount of soil particles residual at reclaimed area and the loss of soil particles, then it was suggested the method of determining the loss ratio of dredged soils from the test results. The hydrometer analysis of in-situ soil samples showed that the loss ratio of dredged soils is lowest at the nearest point to dredge pipe and the highest at the nearest point to out flow weir.

1. 서 론

최근에는 해안 매립사업이 확대되면서 해안 매립을 위한 육상토를 구하기가 어려운 실정에 이르러 해수면 아래의 토사를 준설토하여 해안 매립재료로 사용하는 예가 많아지고 있다. 또한, 간척지의 조성사업에서도 점차 해저 준설토의 사용이 증가하고 있는 추세이다. 그리고, 준설토를 투기하여 만든 간척지 내의 개답지는 수면 아래의 지반을 굴착하여 물과 토립자가 섞여진 상태로 배송관을 통하여 개답지역으로 이송하게 된다. 이송된 토립자는 수중에서 침강하거나 여수토(out flow weir)를 통하여 물과 함께 빠져 나가게 된다. 이때 침강되어 형성되는 지반은 건조수축과 자중압밀 과정을 거쳐 새로운 지반을 형성하게 된다.

준설토의 체적변화는 여수토를 통해 물과 함께 빠져나간 토립자의 유실량과 침강되어 새로이 형성된 지반의 표면의 건조수축에 의하여 줄어든 토량과 자중압밀에 의한 침하량의 합으로 생각할 수 있다.

본 연구에서는 준설토의 체적변화 중 여수토로 유실되는 유실토량에 관하여 준설토하기 전의 원지반토와 준설토된 후의 매립 지역에서 채취한 시료에 대한 입도분석을 통하여 유실율을 결정하는 방법을 제시하였다.

2. 유실을 결정방법

준설매립지역의 유실을 또는 유보율(100 % - 유실율)을 구하기 위해서는 준설 대상지역 원지반토의 체적을 알고 준설후 매립지역의 체적을 구하여 그 차이를 원지반토의 체적으로 나누는 값을 유실율로 결정하면 가장 정확한 방법이 될 것이다. 그러나, 이 방법은 준설전 지역이 담수호나 해양이기 때문에 바닥의 불규칙한 날곡으로 인하여 정확한 체적을 구하기가 힘들고, 또한 준설후의 매립지역에서도 유보율은 토사의 입경, 여수토의 위치, 높이, 배출구로부터의 거리, 침사지 면적, 매립고 그리고 펌프준설선에서의 배사관 거리, 속도 등에 따라 차이가 발생하게 된다. 따라서, 표준품셈(건설교통부 발행, 1998), 항만설계기준(해운항만청, 1993)에서는 실험적으로 산정하는 것이 가장 정확하나 그렇지 못한 경우에는 표 1 과 같이 적용할 수 있다고 하였다.

표 1. 토질별 유보율

토 질 별	유보율(%)
점토 및 점토질 실트	70이하
모래질 및 사질실트	70-95
자갈	95-100

또한, 일본에서 조사한 토립자의 입경별 유실율 조사결과는 표-2와 같다.

표 2. 입경별 유실율

입 경(mm)	유실율(%)	입 경(mm)	유실율(%)
1.2 이상	없음	0.3 - 0.15	20 - 27
1.2 - 0.6	5 - 8	0.15 - 0.075	30 - 35
0.6 - 0.3	10 - 15	0.075	30 - 100

표 1에서 나타난 바와 같이 점토 및 점토질 실트는 70%이하, 모래질 및 사질실트는 70-95 %로 범위가 크기 때문에 적용하는데 어려움이 있다. 따라서, 본 품셈자료는 개략적인 유보율 산정에 적용되므로 시공시에는 시험포를 조성하여 실측에 의해 다시 설계보완에 반영하고 있으나, 현장에서 실측하는 것이 용이한 것은 아니다. 더욱이 준설선의 위치와 전진거리를 GPS 와 육분의에 의해 측정하여 축척 1/3,000 평면도의 도상에 나타내어 용적을 산정하고 있으며, 준설후의 매립토적은 준설선의 배사관을 통해서 나오는 토출구에서 토립자 함니율과 유속을 측정하여 유량공식에 의해 용적을 구하거나, 침사지에서 준설 진후를 측량하여 용적을 산정하고 있다.

그러나 위와 같은 방법으로 유실율을 산정하기에는 GPS 등의 기계적인 오차, 축척에 따른

도상오차, 조류의 변화, 인위적인 오차 및 실측을 하기 위한 작업지장 등으로 인하여 어려움을 초래한다. 더욱이 준설선에서 기계적인 조작등 준설시공자의 도움을 받아야 하는데 시료의 입장 차이로 인하여 정확한 유실율을 산정한다는 것은 상당한 어려움이 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 해소하기 위하여 준설 대상 지역의 원지반토와 준설 매립지역에서 각각 채취한 시료에 대해 입도분석 시험을 통해 유실율을 비교적 용이하고 정확하게 결정하는 방법을 제시하였다.

3. 시험방법

3.1 원지반토의 토질특성

본 연구에 사용된 준설대상 지역은 K 지구로서 원지반토의 대표적인 위치에서의 평균적인 토질 특성은 표 3과 같다.

표 3. 시험용 현장시료의 토질특성

시료명	심도 (m)	입 도 (%)			습윤단위 중량, γ_t (gf/cm ³)	함수비 (%)	비 중 G_s	통일 분류
		점 토	실 트	모 래				
K 지구	2.0~2.4	49.8	48.2	2.0	1.516	78.7	2.672	CH

3.2 침사지 및 시료채취

본 연구에 적용된 침사지의 규모는 그림 1과 같이 3ha(100×300m)로서 준설매립 심도는 약 1.0m를 실시하였다. 시료채취는 6곳에서 입도분석용 시료를 채취하였는데, 각각 길이 1.0m의 PVC 파이프(직경 80mm)를 사용하였다. 채취된 시료는 시험실로 운반하여 20cm 간격으로 5등분하여 시료를 절단하였으며, 1개소당 5~6점에 대하여 각각 입도분석을 실시하였는데, 그 결과는 그림 2와 같다.

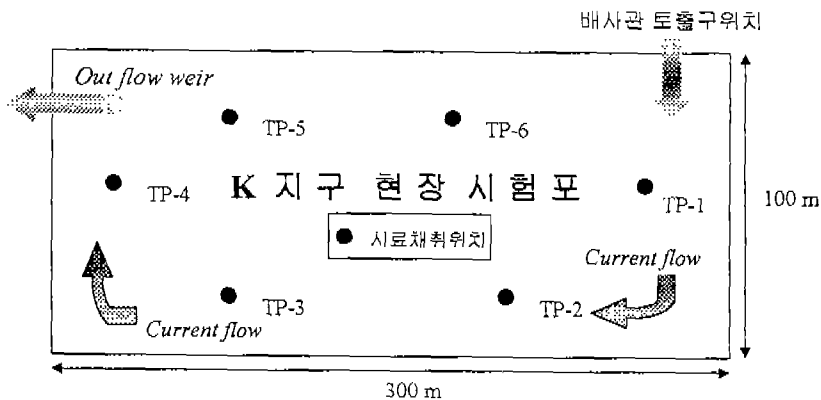
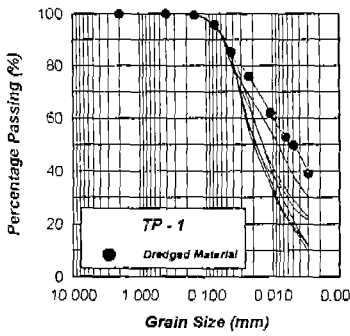
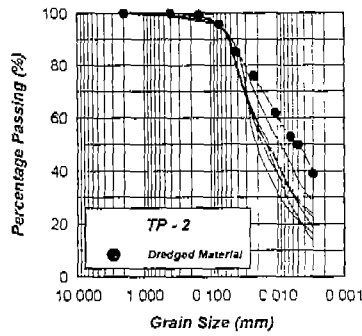


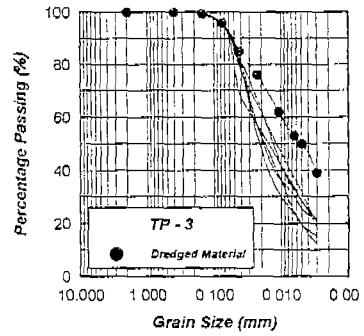
그림 1. K지구 시험포 평면도 및 시료채취 위치



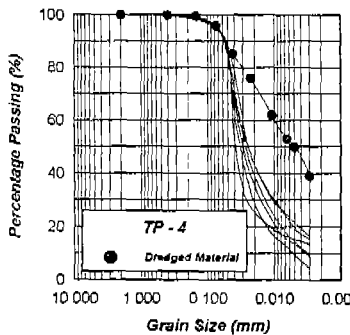
(a) TP-1



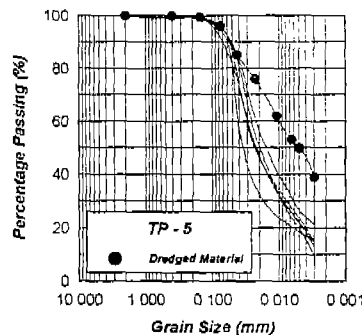
(b) TP-2



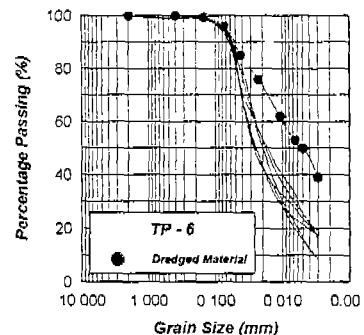
(c) TP-3



(d) TP-4



(e) TP-5

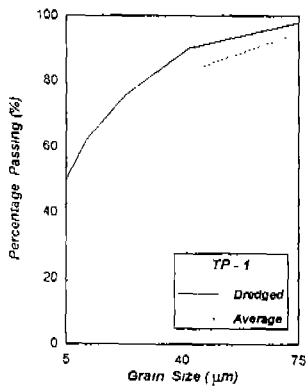


(f) TP-6

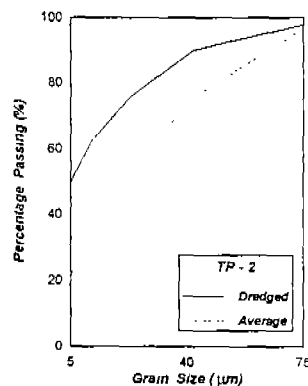
그림 2. 준설매립토의 입도분석 결과

4. 시험결과 및 분석

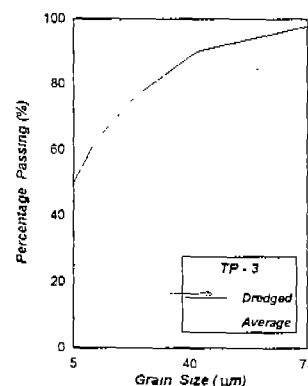
준설대상 원지반토와 준설매립 지역의 시험포에서 각각 입도분석을 실시하였는데, 준설매립 지구에서는 채취된 지점에서 각각의 입도곡선을 평균하여 원지반토의 입도곡선과 그림 3과 같이 비교하였다.



(a) TP-1

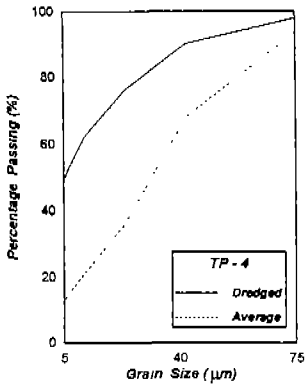


(b) TP-2

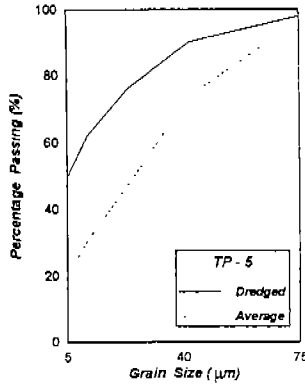


(c) TP-3

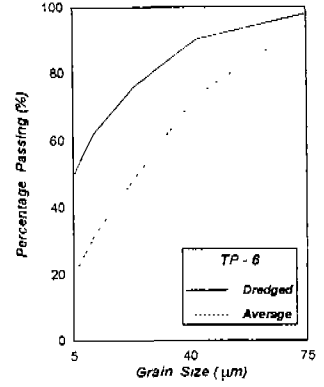
그림 3. 원지반토와 준설매립지역의 입도곡선 비교



(d) TP-4



(e) TP-5



(f) TP-6

그림 3. 원지반토와 준설매립지역의 입도곡선 비교(계속)

본 입도곡선은 입경 2mm이하인 경우만을 나타낸 것으로 2mm이상에서는 유실이 없는 것으로 가정하였다. 그림 3에서 나타난 바와 같이 원지반의 입도곡선은 그래프가 윗쪽에 위치하며, 준설매립지반의 입도곡선은 이보다 아래쪽에 위치하는데, 입경이 작을수록 토립자의 유실이 많다는 것을 알 수 있다. 여기서, 유실율의 산정은 원지반토의 입도곡선에 해당하는 아래쪽의 면적을 계산하고, 원지반과 준설매립지반 사이의 입도곡선 면적을 계산하여 이를 원지반토 아래쪽의 입도곡선 면적으로 나누면 유실율을 구할 수 있는데, 위에서 언급한바와 같이 2mm 이상의 토립자는 유실되지 않는 것으로 가정하였다.

각 지점에 대하여 유실율을 구한 결과는 그림 4와 같다. 여기서, 유실율이 가장 많이 발생한 지점은 TP-4로 이 지점은 여수토와 가장 가까운 지점으로 여수토를 통해서 점토분의 세립자가 유실되어 크게 발생한 것으로 판단된다. 유실율이 가장 적은 지점은 TP-1으로 이 지점은 배사관의 토출구와 가장 가까운 지점이며, 배사관의 토출구에 가까울수록 비교적 큰 입자가 퇴적되기 때문에 유실이 적게 발생했음을 의미한다.

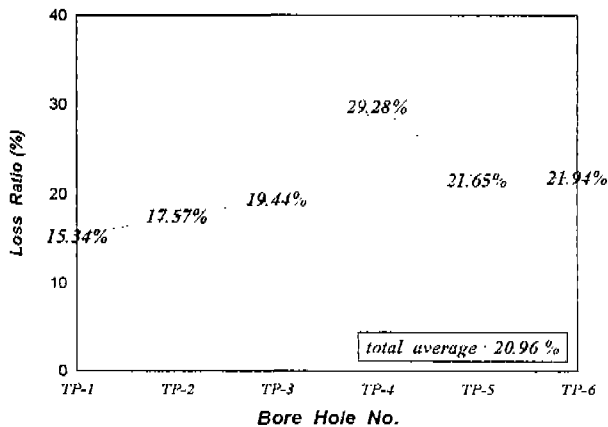


그림 4. 각 지점별 유실율 분포도

그러나, TP-5 및 TP-6 지점은 배사관의 토출구에 가까우면서 유실율이 비교적 크게 발생한 원인은 가까운 곳에 여수토가 있어 다른 침사지로 침토분의 세립자가 이동하였기 때문이다.

각 지점별 입도곡선에서 구한 유실율을 평균한 전체 유실율은 20.96%로 나타났으나, 보다 정확한 유실율 산정을 위해서는 침사지의 규모에 따라 다르겠지만, 40-50m 간격으로 시료채취 개소를 증가시켜야 하고, 원지반토의 시료채취 또한 침사지의 준설시료로 대표성을 가진다면 유실율에 대한 정도를 높일 수 있으리라 판단된다.

따라서, 본 K지구에서 구한 유실율은 입도분석을 통해 유실율을 구할 수 있다는 것을 보여준 것으로 기존 방법보다 용이하고 정확성을 기할 수 있다는 것을 밝힌 것이며, 정확한 유실율 산정을 위해 추가적인 시료채취가 필요하다.

4. 결 론

본 연구를 통해 얻어진 주요 결과는 다음과 같다.

- 1) 유실율을 산정하는 방법으로 기존의 몇가지 방법이 있지만 간편하고 정확성을 가져올 수 있는 방법으로 준설 대상지역과 준설매립지역의 입도분석을 통해 유실율을 구할 수 있다.
- 2) K지구 현장시료에 대한 입도분석으로부터 유실율을 산정한 결과, 배사관 토출구에서 가까운 지점에서 채취한 시료의 유실율은 15.34 %, 여수토와 가장 가까운 지점에서 채취한 시료는 29.28 %로써 가장 많이 나타났으며, 전체 침사지의 유실율을 평균한 값은 약 21 %로 나타났다.

본 연구에서는 준설매립지역에서 토립자의 침강이 완료되지 않은 상황에서 준설토가 여수토를 통해 물과 함께 빠져 나갔을 때의 유실율을 산정하는 조건으로 한정하였다. 한편, 침강이 완료된 상태에서의 경우와 여수토의 높이에 따른 각각의 유실율을 산정하기 위한 노력의 일환으로 현재 실내모형시험이 진행되고 있으며, 어떤 경우가 시공여건에 적합하고 보다 경제적인지를 제시하는 것이 장차의 연구과제이다.

5. 참고문헌

1. 건설교통부, 대한건설협회(1998), 표준품셈(토목), pp.466.
2. 해운항만청(1993), 항만설계기준, pp.646~647.
3. *Guidelines for Dewatering/Densifying Confined Dredged Material*(1978), Technical Report DS-78-11, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station Environmental Station.