

하구역 퇴적현상 및 퇴적저감을 위한 일반적 원칙

황 규 남 (전북대학교 토목·환경공학부 전임강사)

김 태 인 ((주)한국해양과학기술 이사)

1. 서 론

넓은 의미에서 하천수계의 가장 하류지역을 지칭하는 하구(河口, estuary)는 담수와 해수가 만나 동수역학적, 화학적, 생물학적 및 퇴적학적 상호작용이 발생하는 곳이라 할 수 있다. 어원적으로 'estuary'는 조석을 의미하는 라틴어인 'aestus'에서 유래하였는데, 이는 조석 운동의 영향을 크게 받는 하천수계역을 가리킨다. 예로부터 육상수송과 해상수송을 연결하는 요충지인 하구에는 대도시가 발달되어 왔으며, 최근에는 인구 증가 및 산업 발달과 더불어 하구에서의 항만개발이 대형화하는 추세이다. 항만과 선박의 대형화 추세에 따라 하구에서는 보다 깊은 항로 수심 확보를 위한 항로준설 및 선박 계류시설을 위한 매립 등이 시행되어 왔다.

모든 자연 현상이 그러하듯이, 하구역에서의 물리적 역학관계 또한 자체적으로 준평형상태(quasi steady-state)를 이루고 있다고 할 수 있다. 여기서 하구에서의 역학적 요소는 지형(geometry), 하천류(river flow), 조류(tidal current), 염분(salinity) 및 파후(wave climate)를 일컫는다. 하구역의 인위적인 개발은 준평형상태로 유지되고 있는 물리적 역학관계를 교란하게 되는데, 그 결과는 우리에게 도움이 될 때도 있으나 때로는 피해를 주기도 한다. 하구역의 인위적인 개발로 인하여 우리가 직면하는 가장 중요한 문제점 중의 하나는 하구내의 준설된 지역 혹은 새로운 항로의 일부 구간에서의 퇴적물의 급격한 증가라 할 수 있다. 미국 미시시피강 하구의 경우, 도

류제 내의 일부 구간에서 2주간에 걸친 퇴적고가 최대 9m에 달한 사례도 있다. 국내 에서도 최근 낙동강 하구, 삼진강 하구 및 금강 하구 등에서 하구역 개발로 인한 퇴적 현상이 문제점으로 부각되고 있다. 금강 하구의 경우에는 최근에 심화되고 있는 퇴적 현상을 개선하기 위하여 금년 상반기부터 내년 상반기에 걸쳐 현지조사 연구 및 매몰저감대책 시설물에 대한 기본설계가 시행될 예정이다.

일반적으로 하구역 퇴적현상은 에너지 분포에 따라서 하구 수동역학과 깊은 관련이 있다.

하구 흐름을 지배하는 기구(mechanism)는 크게 조류, 하천류, 그리고 밀도류(density current)이다. 특히, 해수와 담수의 밀도차에 의해 발생하는 밀도류는 하구에서 발생하는 수동역학의 큰 특징으로서 하구역 퇴적 현상과 밀접한 관계가 있다. 본고에서는 일반적인 하구 수동역학과 퇴적현상 및 외국의 사례와 더불어 하구역 개발 계획시에 퇴적발생 저감을 위하여 고려해야 할 일반적인 원칙들에 대해 기술하고자 한다.

2. 하구 수동역학 및 하구의 분류

하구에서 발생하는 수동역학 중에서 가장 특징적인 현상은 외해로 흐르는 하천 담수(fresh water)의 저층에서 상류로 밀려 올라가는 해수(salt water)의 침투 현상이며, 하구역 퇴적현상은 이 염분침투의 발생과 밀접한 관계가 있다. 즉, 조류 및 하천류와 더불어 담수와 해수가 만나는 경계면에서의 표층 담수와

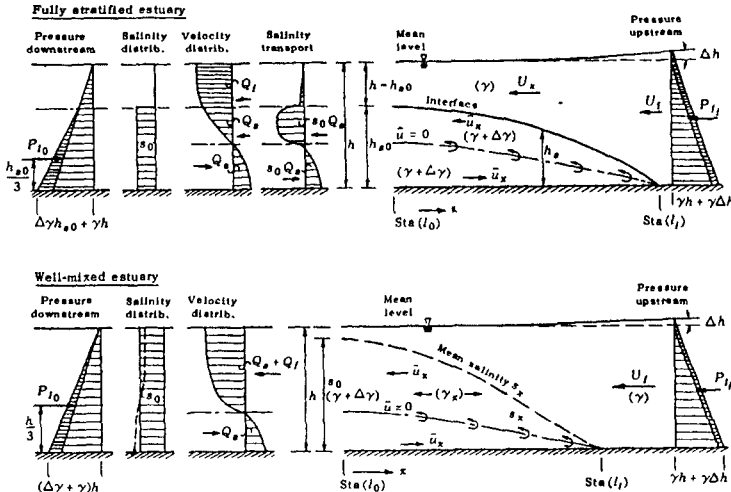


그림 1. Schematic representation of salinity intrusions in estuaries (adapted from Ippen, 1966).

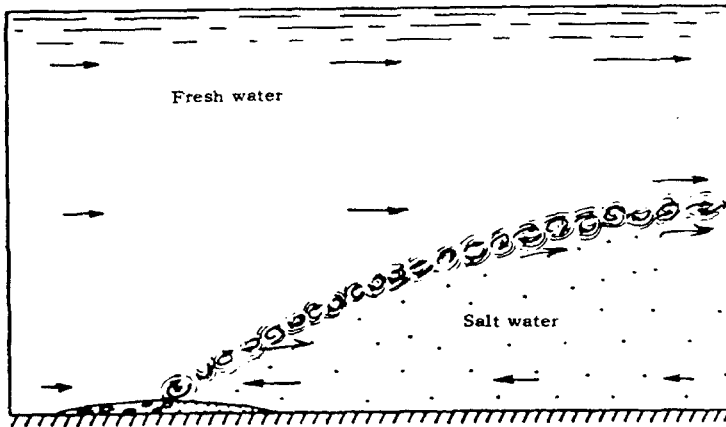


그림 2. Condition typical of a highly stratified estuary (adapted from Simmons, 1966).

저층 해수의 밀도차에 의한 밀도류가 하구의 수동역학을 지배하는 중요한 인자가 된다(그림 1.).

하구는 일반적으로 해수와 담수의 혼합 형태에 따라 약혼합형 (highly stratified), 부분혼합형 (partially mixed), 강혼합형 (well mixed)의 3종류로 분류된다.

약혼합형 하구는 조량(VT : tidal prism)이 적고 하천유량(VR : 조석 1주기 동안 유입되는 총 하천유량)이 상당히 있을 때, 즉 VR/VT 가 대략 1의 값을 가질 때 발생한다. 표층의 담수층과 저층의 해수층으

로 구성되는 이원화된 염수층기 (saltwater wedge)가 발달하며, 저층 해수의 표층담수로의 확산이 비교적 작은 특성을 갖는다(그림 2.).

부분혼합형 하구는 조량도 크고 하천유량이 상당히 있을 때 (VR/VT=0.2~0.5) 발생하며, 담수와 해수는 비교적 잘 혼합된 상태이다. 두 층 사이의 경계층은 약혼합형의 경우만큼 명확하게 구별되지는 않으나, 수직적인 염분 또는 유속 분포로부터 경계층을 결정할 수 있다(그림 3.).

강혼합형 하구는 조석의 영향이 크고 하천유량이 적을 때 (VR/VT=0.1) 발생한다. 조류에 의한 난류현상으로 인하여 담수와 해수의 혼합이 잘 이루어지고, 수직 밀도차가 없으며 수평방향의 밀도차만 존재하는 특성을 갖는다. 즉, 하구 입구부터 상류로 갈수록 염분이 점차 감소하게 된다(그림 4.).

3. 하구에서의 퇴적현상

대부분의 자연적인 하구의 입구부에는 bar와 사주(shoal)가 발달되어 있다. 평상시 하천유량이 비교적 적을 때 퇴적물이 하구 입구부에 퇴적되어 사주(entrance shoal)를 형성하며, 우기에 유량이 증가하면 외해로 쓸려나가서 외해 사주(sea shoal)를 형성한다. 외해 사주는 계속적인 파랑작용으로 인하여 점차 소멸되고, 이러한 현상이 반복된다. 인도, 아라비아해, 뱅갈만 등이 이러한 현상이 발생하는 대표적인 예이다.

일반적으로 퇴적물은 소류사(bed load) 혹은 부유사(suspended load)의 형태로 단위 유량당 에너지

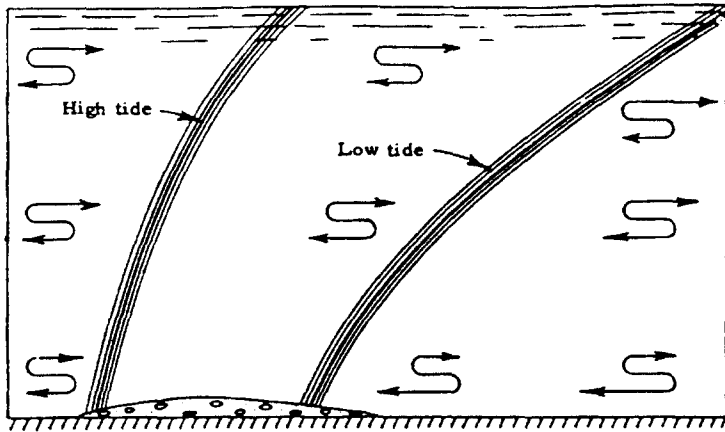


그림 3. Condition typical of a partially mixed estuary (adapted from Simmons, 1966).

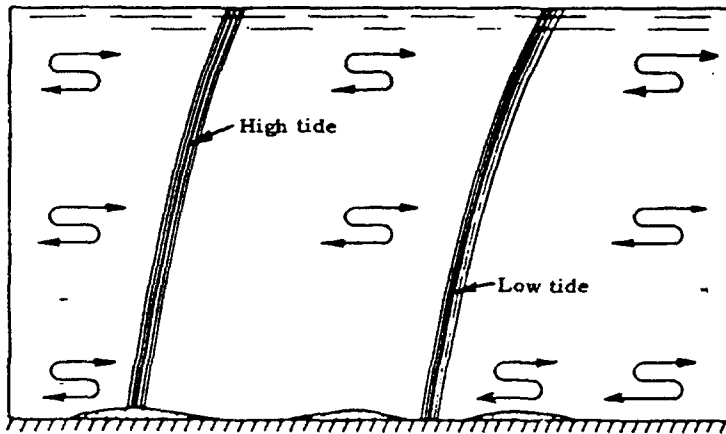


그림 4. Condition typical of a well mixed estuary (adapted from Simmons, 1966).

가 큰 지역에서 작은 지역으로 이동하게 된다. 퇴적물은 고농도의 부유사 형태로 하천을 통하여 하구로 유입되기도 하며, 조류를 따라 외해로부터 유입되기도 한다. 대부분의 하구에서 저층으로는 외해로부터의 순유입 유량이 크며, 표층에서는 외해로의 순유출 유량이 더 크다. 토사의 이동량도 이와 같은 구조를 갖는다. 평상시에 하구 바닥에 퇴적된 퇴적물은 상류로 이동되어, 염분 침투지역 끝 근처에 퇴적된다. 약혼합형 하구는 담수와 염수가 만나는 염수쇄기 끝에서 대부분의 퇴적이 발생하고(그림 2. 참조), 부분혼

합형은 고조(high tide)와 저조(low tide) 사이의 경계지역(tidal shifting zone)에서 대부분의 퇴적이 발생하며(그림 3. 참조), 강혼합형의 경우에는 혼합이 발생하는 전체지역에서 퇴적이 발생하나, 여러 지역에서 다발적으로 소규모로 발생한다(그림 4. 참조).

약혼합형에 속하는 미국 Georgia주의 Savannah항 하구의 연평균 퇴적량은 7.5백만 m^3 에 달하는데, 퇴적 지배인자는 밀도류에 의한 염분침투로 전체 퇴적량의 80% 이상이 염수쇄기 끝 근처의 약 4마일의 아주 짧은 구간에서 발생하는 것으로 밝혀졌다. 강혼합형 하구로 분류될 수 있는 우리나라의 금강 하구는 최근 5년간의 계획적인 측정 결과에 비추어 볼 때 다발적 퇴적 양상을 나타내고 있다.

하천에서의 유사이송 및 해빈 침식 등의 경우와 마찬가지로, 하구에서 소류사는 흐름(조류, 해빈류, 밀도류 등)에 의한 퇴적물 토사입자의 연행부상력(entrainment force)과 관련이

있으며, 부유사는 토사입자의 확산, 응집(flocculation), 침강(settling)과 관련이 있다. 이러한 일반적인 사항 외에 하구에서의 퇴적물 이동 현상만이 갖는 중요한 특징은 관성(inertia)과 시간지체(time lag) 및 응집(flocculation)의 효과이다.

미세 부유사의 이동은 유속의 변화에 대해 관성(inertia)을 갖는다. 창조시에 하구 수로의 유속은 상류로 갈수록 감소하므로, 창조시에 부유된 실트들은 상류로 이동되다가 상류에서 유속이 점차 감소하면서 저면으로 침강하기 시작한다. 유속과 퇴적 사이의

시간지체 및 관성의 효과로 인하여 실트 퇴적물의 퇴적한계유속(critical velocity for deposition)이 발생하는 위치보다 더 상류로 이동되어 퇴적이 발생하며, 유속이 가장 약한 시간과 부유사 농도 값이 최소가 되는 시간 사이에 시차가 발생하게 된다. 조석이 창조에서 낙조로 바뀌면서 하구수로에 퇴적된 퇴적물은 외해쪽으로 방출되나, 시간지체로 인하여 더 상류에 퇴적된 퇴적물은 역시 시간 지체로 인하여 낙조 유속에 늦게 반응하므로, 창조와 낙조가 대칭이 되는 경우에도 항상 일부의 실트 퇴적물을 저층에 남기게 된다.

하구의 부유사 물질은 일반적으로 점토-실트의 혼합체로 구성되어 있다. 이러한 혼합체의 퇴적특성은 입자간의 응집 현상에 의해 크게 영향을 받는다. 약혼합형에 속하는 인도 남서해안 Cochin항 하구는 하구 입구 전면에 점토 사주(mud bank)가 발달되어 있는 것이 지형학적 특징인데, 점토의 응집효과에 의한 퇴적물 이송형태를 보여주는 전형적인 예이다. 이 하구에서 하구 전면의 점토사주 퇴적물은 계절풍(monsoon)기간 동안 파랑작용에 의해 교란되어, 주로 창조시에 고농도의 부유사 형태로 하구 입구로 진입하다가 입자간의 응집(flocculation)효과로 인하여 진입수로에 침강된 후에 소류사(bed load)의 형태로 하구 내로 유입되는 것으로 밝혀졌다. 일반적으로 퇴적물들의 응집율(flocculation rate)은 각기 다르며, 대체로 입자간의 결합력은 입자의 크기가 작아질수록 증가하는 경향이 있다.

4. 하구에서의 퇴적현상 개선을 위한 일반적 원칙

하구에서의 퇴적현상 개선 방안은 일반적으로 최소의 초기비용과 유지비용으로 대상 지역에서의 수로 수심과 폭을 일정하게 유지하는 것을 목적으로 한다. 퇴적현상 개선을 위한 방안은 크게 1) 준설을 통한 하구역(estuary system)내 퇴적물의 제거, 2) 흐름을 이용한 하구역내 퇴적물의 외해 방출, 3)하구역 내로의 퇴적물의 유입방지 등 3가지 방안으로 분류할 수 있다. 본 장에서는 각 방안의 원리 및 시행시에

지켜져야 할 원칙에 대해 살펴본다.

4.1 준설을 통한 하구역내 퇴적물의 제거

준설은 널리 알려진 방법으로 가장 많이 시행되고 있으며, 누구나 쉽게 생각해 낼 수 있는 방안이다. 그러나 준설시에도 주의를 요하는 경우가 있다. 수로가 준설되면 흐름의 양상과 유량의 변화가 발생하며, 따라서 퇴적양상도 변화한다. 준설된 수로에서는 종종 퇴적물이 가두어지는 현상(sediment trapping)이 발생하거나, 혹은 수로의 준설로 인하여 기존의 퇴적지역이 상류나 하류로 이동되기도 하여 오히려 역효과가 발생하는 경우도 있다. 이러한 대표적인 예는 미국 Savannah항 하구(약혼합형), 영국 Liverpool만 Mersey하구(강혼합형) 및 베네수엘라의 Maracaibo 하구(약혼합형)의 경우이다. 염분침투의 특성에 따라 퇴적양상이 변화하는 미국 Savannah항이나 Charleston항 하구와는 달리 약혼합형의 Maracaibo 하구는 그 퇴적양상이 조석의 크기에 좌우되는데, 새로운 항로의 개발과 더불어 35ft의 수로 수심을 준설을 통하여 45ft로 증심한 후, 극심한 퇴적이 발생한 대표적인 사례이다.

수로의 준설은 낙조시에 유출을 원활하게 하여 하구입구에서의 퇴적물을 외해로 쓸려 내려보냄으로써 수로에서의 퇴적환경을 개선시킬 수 있는 이점이 있는 반면에, 또한 해수의 유입을 증가시켜 약혼합형 하구인 경우에는 상류로의 염수뺄기 침투와 토사 유입을 용이하게 하여 퇴적 현상을 심화시킬 수 있다. 부분혼합형과 강혼합형 하구의 경우에도 유사한 상황이 발생할 수 있다. 따라서, 비교적 큰 규모의 준설이 요구될 시에는 충분한 사전조사가 필수적으로 수행되어야 한다.

하구를 준설하는 경우, 과거에는 입구부나 그 외 지역의 준설토를 외해에 투기하는 것이 일반적인 관례였다. 그러나 외해에 투기된 준설토는 다시 하구로 유입되기 때문에 이러한 준설토 투기방법은 매우 잘못된 것이다. 준설토는 외해나 하구 내에 투기되어서는 안되며, 육지나 별도의 차폐된 투기장에 투기되어야 한다. 준설 작업시의 교란(agitation) 또한 큰 영향을

미치므로 교란을 최대한 억제할 수 있는 장비와 방식으로 준설해야 한다. Bucket형 준설 장비 대신에 흡입형(suction) 준설 장비의 사용이 적극 추천된다.

4.2 흐름을 이용한 하구역내 퇴적물의 외해 방출

일반적으로 낙조시에 대부분의 유량은 폭이 좁은 낙조 수로(ebb channel)를 통하여 외해로 방출되므로, 낙조시에 퇴적물이 수로 입구부에서 강한 유속과 함께 흘러나가도록 낙조 수로를 정비하는 것이 비교적 쉬운 또 하나의 개선방안이다. 이러한 개선책은 우선 수동학적으로 가장 타당성 있는 수로를 주수로(main channel)로 채택한 후 이 수로로 흐름을 집중시키고, 도류제, 가호안, spur, 제방, 댐 등의 구조물의 건설을 통하여 주수로에서의 흐름을 조절함으로써 이루어질 수 있다.

하구 수로는 여러 개의 작은 하천수로가 모여서 이루어져 있는 경우가 많이 있다. 이러한 경우에 한 수로에서의 퇴적환경 개선을 위한 작업은 다른 수로에서의 퇴적 혹은 침식현상을 유발할 수 있으므로, 항행수로의 개선 노력은 한 개의 주수로(main channel)에 집중되어야 한다. 또한 수로의 방향이 등수심선과 직각이 될때 수로에서의 흐름이 가장 원활하게 되며, 해빈류(wave induced current)에 의한 측면으로부터의 퇴적물의 유입방지도 효과적이다.

이 방안의 대표적인 적용 예는 독일 Elbe강 하구의 경우이다. 강혼합형에 속하는 이 하구는 수많은 작은 사주(sand bank)들의 형성으로 인하여 항행수로 유지에 어려움을 겪어 왔다. 이 하구의 퇴적환경 개선을 위해 수립된 원칙은 하구 수로에서의 흐름소통을 최대한 원활하게 하는 것으로서, 지속적인 준설 및 돌제(groin), 제방의 설치와 더불어 지류를 없애고 사행성 수로의 굴곡을 완만하게 하며, 원뿔형 모양으로 하류로 갈수록 수로폭을 확대시켜 조석량을 최대한 증대시키려는 노력이 수행되었다. 이러한 하구수로 정비작업을 통하여 퇴적환경은 일부 개선되었으나, 수로 수심유지를 위한 지속적인 준설은 계속 요구되고 있는 실정이다.

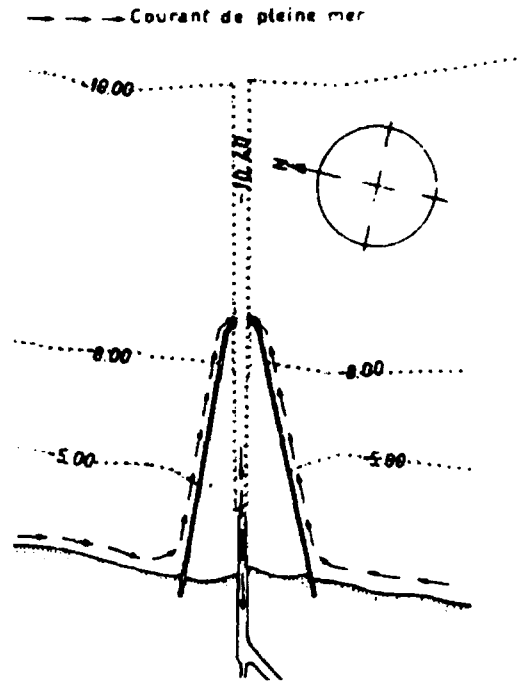


그림 5. The Port of Ravenna, Italy (adapted from PIANC, 1969).

하구 수로의 정비사업은 매우 치밀하고 신중한 검토 하에 이루어져야 한다. 도류제, spur 등의 설치 위치와 크기는 정확하여야 하며, 작은 오차도 심각한 결과를 초래할 수 있다. 영국 Liverpool만 Mersey 하구의 경우가 그런 예이다. 강혼합형 하구인 Mersey 하구 항행수로에서의 심한 퇴적 현상을 저감시키기 위해 수로 양변에 9mile의 도류제가 건설되었으며, 58년의 기간에 걸쳐 40억m³의 준설이 이루어졌으나, 이 하구에서의 통수능력은 계속 감소하였다. 특히 대형 유조선 진입을 위하여 상류 수로에서 준설이 수행되었는데 주변지역에서 퇴적이 심화되는 결과가 발생하였다. 이러한 퇴적은 도류제의 설치와 상류 수로에서의 준설에서 비롯되었으며, 하구 통수능력의 감소는 도류제 건설 때문인 것으로 밝혀졌다. 앞서 언급한 바와 같이 도류제의 설치가 창조시 하구 수로로의 부유사의 유입을 증가시켰기 때문이다. 지나치게 많은 양의 준설 또한 상류 수로에서의 퇴적을 초래한 것으로 나타났다.

4.3 하구역 내로의 퇴적물의 유입방지

하구에서의 퇴적환경 개선을 위한 가장 근본적인 방안은 하구로의 토사 유입을 저감시키는 것일 것이다. 이를 위해 상류의 하천유역에 침사지(settling basin)를 설치하는 방안이 있으며, 하구의 해안쪽에는 도류제를 설치하는 방안이 있다. 해안선을 따라 연안류로 인한 실트질 퇴적물의 이동이 많은 경우에는 측면으로부터의 퇴적물의 유입방지를 위해 도류제의 설치가 매우 효과적일 수 있으나, 미세 퇴적물이 부유사의 형태로 하구로 유입될 경우에는 도류제의 설치는 효과적인 방안이 되지 못한다. 강혼합형 하구인 이탈리아 Ravenna항의 경우에 연안류에 의한 퇴적물의 유입 방지를 위해 두 개의 수렴하는 도류제 설치를 설치하였으나(그림 5.), 파랑운동과 연안류에 의해 좁은 입구를 통하여 항내로 유입되는 현상이 발생하는 것으로 밝혀졌다.

퇴적물이 소류사의 형태로 유입될 경우에는 채사지(sediment trap)의 건설이 보편화된 대책방안의 하나이다. 채사지는 퇴적물의 퇴적위치를 변경시켜 계획된 위치에서 준설을 수행케 함으로써 보다 효율적으로 항로의 수심을 유지할 수 있는 이점이 있다. 일반적으로 흐름조절용 구조물 설치시 낙조류(혹은 낙조수로)가 고려 대상이 되며, 채사지 설치시에는 창조류(혹은 창조수로)가 고려된다. 채사지는 구조물 없이 단지 준설을 통하여 조성될 수 있으며, 혹은 가호안 등과 연계되어 조성될 수도 있다. 앞서 언급한 Maracaibo 하구의 경우에 기존 도류제의 확장과 채사지의 조성으로 효과적인 결과를 얻고 있다.

이러한 일반적인 방안 이외에 네덜란드 Rotterdam 수로에 적용된 기폭제(air bubble screen)를 이용하는 방안이 있다. 이 방법은 주로 작은 규모의 선정된 지역에서의 염분침투를 방지하고 퇴적을 감소시키며 해수유통을 원활하게 하기 위한

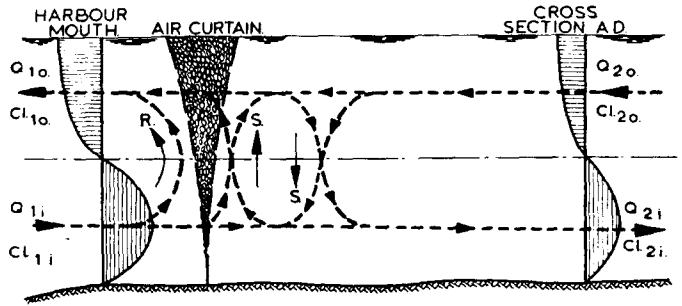


그림 6. Air-bubble screen in the harbor at Rotterdam, Netherlands (adapted from de Nekker and Knol, 1968).

목적으로 사용된다(그림 6.).

6. 결 언

준설을 포함한 인위적인 하구역 개발이 하구역에서의 흐름 체계를 교란하고, 변화된 흐름 체계에 대해 평형을 이루기 위해 퇴적 양상도 항상 변화된다는 것은 당연한 사실이다. 그러나 이러한 퇴적 양상의 변화가 항상 우리에게 해를 끼치는 것은 아니다. 반대로 체계적이고 합리적인 연구의 바탕 위에서 잘 계획된 개발은 전혀 해를 주지 않을 수 있을 뿐만 아니라 세계 최대의 간척사업인 네덜란드의 Delta Plan과 Zuider Zee 프로젝트를 통하여 입증된 바와 같이 때로는 우리에게 커다란 이익을 가져다 줄 수도 있다.

본 고에서 검토된 바와 같이 하구에서의 퇴적현상은 상당히 복잡하고, 또한 외부의 변화된 조건에 대해 상당히 민감하게 반응한다. 따라서 하구역 개발시는 물론 퇴적환경 저감을 위한 대책방안 수립시에 각 분야 전문가들간의 협조는 필수적이라 하겠다.

하구역에서의 퇴적환경 해석 및 예측시에 필수적으로 고려하여야 할 기구(mechanism)는 다음과 같이 요약될 수 있다.

- 1) 흐름체계 : 조석, 하천류, 밀도류, 해빈류
 - 2) 퇴적물 구성 : 모래, 실트, 점토
 - 3) 퇴적물 이동 형태 : 부유사, 소류사 (침강, 부유, 확산, 응집)
 - 4) 지형적 특성 : 지류, 사행성, 사주
- 여기에 요약된 기구들은 각각이 무시할 수 없는 중

요성을 가지고 있다. 조류를 무시한 밀도류만에 의한 퇴적환경의 해석, 부유사를 무시한 소류사만을 고려한 해석, 점토의 응집효과를 무시하고 실트질 퇴적기구를 적용한 해석 및 예측 등은 큰 오류를 범할 수 있

고, 이에 근거한 설계나 사업의 시행은 과거 사례에 비추어 우리에게 이익을 주기보다는 오히려 장기간에 걸쳐 그 대가를 치르게 할 것은 자명한 사실이다. ●

〈참고 문헌〉

- 1) de Nekker, J., and Knol, J.(1968). "Results of experiments with an air-bubble screen against siltation in the Rotterdam Harbor," Proceedings of the 5th international Harbor Congress, Antwerp.
- 2) Ippen, A., ed.(1966). "Salinity intrusion in estuaries" and "Sedimentation in estuaries," Estuary and Coastline Hydrodynamics, New York, MacGraw-Hill Book Company, Inc. pp. 598-629 and 648-72.
- 3) Lockett, John B., and Kirby, Harold A.(1961). "Prototype measurement of the Columbia River estuary," ASCE J. of the Hydraulic Division, 87(HY1), pp 57-83.
- 4) Partheniades, E.(1970). Discussion of Proc. Paper 6340 by D.R.F. Harleman and A. Ippen, "Salinity intrusion effects in estuary shoaling," ASCE J. of the Hydraulic Division, 96(HY1), pp 264-88.
- 5) Partheniades, E.(1998). "Tides and Currents," Handbook of Coastal and Ocean Engineering, Vol 3, Edited by J.B. Herbich, Houston, Gulf Publishing Company, pp 767-879.
- 6) Permanent International Association of Navigation Congresses.(1957). "Siltation in coastal works, in estuaries, in channels, in tidal basins, in enclosed docks and in maritime channels," Proceedings of 19th Congress of PIANC, sII-c3, London.
- 7) Permanent International Association of Navigation Congresses.(1961). "Methods of determining sand and silt movement along the coast, in estuaries and in maritime rivers. Use of modern techniques such as radioactive isotopes, luminumophores, etc." Proceedings of 20th Congress of PIANC, sII-s5, Baltimore.
- 8) Permanent International Association of Navigation Congresses.(1961). "Orientation and layout of accesses to seaports and the improvement of the channel as far as deep water-increasing the depth and maintaining it-influence of currents, waves and wind and of the transport of bed material," Proceedings of 20th Congress of PIANC, sII-s2, Baltimore.
- 9) Permanent International Association of Navigation Congresses.(1969). "Coastal regime, carriage of material by swell and currents. Model studies and on site observations. Influence of port structures. Coastal defence works, breakwaters," Proceedings of 22th Congress of PIANC, sII-s4, Paris.
- 10) Bruun P.(1981). "Port Engineering," Houston, Gulf Publishing Company, P. 787.
- 11) Price, W.A., and Kendrick, Mary P. (1963). "Field and model investigation into the reason for siltation in the Mersey estuary," Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Vol. 24, pp 473-518, London.
- 12) Simmons, H.B.(1966). "Field experience in estuaries," Estuary and Coastline Hydrodynamics, Edited by A. Ippen, New York, MacGraw-Hill Book Company, Inc. pp. 673-690.
- 13) 황규남 · 이정규(1997). "토사-성층 전단흐름에서 액상이토의 연행부상에 관한 실험적 연구," 대한토목학회논문집, 수공학, 제17권 제II-4호, pp. 319-333.
- 14) 황규남(2000). "새만금 갯벌퇴적물의 침강속도 산정을 위한 실험적 연구," 대한토목학회 논문집, Vol. 20, No. 2-B, pp.277-286.