

# High Aswan Dam 築造後 Nile 三角洲沿岸에 미치는 影響 및 對策

韓 重 錫  
(農地改良組合聯合會 試驗研究所長)

## 1. 緒 論

나일강은 유로연장이 약 6,700km로서 세계에서 두번째로 긴 강으로 그 유역면적은 2,900,000km<sup>2</sup>로서 아프리카 북부의 수단, 이디오피아 등 9개국에 포함되어 있다.

고대 이집트인들은 세계에서 처음으로 저수지를 건설하였으며, 근세에 있어 19세기 초엽부터 현재까지 그들은 나일강 물을 저류하여 농경지에 관개를 하기 위하여 댐과 제방 등을 건설하였다.

이집트의 국토면적은 100만km<sup>2</sup>이나 그 중 농경지는 3.15%에 지나지 않은 315만ha이다.

이와 같은 농경지는 용수공급상 나일강의 좌우안을 따라 대상으로 분포되어 있고 주민들이 이곳에 밀집되어 살고 있으며, 나일강 하구의 Delta 지역에 농경지가 산재되어 있다.

농경지를 제외하고는 대부분의 국토는 비가 거의 내리지 않는 사막 등으로 구성되어 있다.

이집트의 인구는 1947년에는 2천2백만 명이었으나 계속적인 인구 증가로 1993년 현재에는 약 6천만명으로 증가하였다.

그러나 국가적인 사업으로 지속적인 수자원의 개발과 농경지의 확장으로 현재는 식량을 거의 자급자족으로 있다.

이집트에 있어서 농업은 고대로부터 지금까지 가장 중요한 국가산업으로서 수자원의 개발은 대부분 관개용수에 그 목적이 있으며, 현재 수자원의 이용현황은 관개용수가 84%, 공업용수가 8%, 생활용수가 5% 및 주운용수가 3%로서

대부분 관개용수로 수자원이 이용되고 있다.

이집트에서는 기원전 7,000년전 부터 나일강 주변에서 농경을 시작하여 기원전 3,050년 부터는 농경지에 관개가 시작되었다.

홍수시 Nile강의 수천km 상류로부터 흘러 내려온 Silt 및 Clay 등 비옥한 성분이 나일강 각주 평야에 침전되어, 홍수가 끝나는 8월이나 9월에 경작을 시작하여 다음 해에 추수하였다.

이집트인들은 고대로부터 홍수기에 물을 경작지로 유도하기 위하여 인수로를 만들어서 물을 경작지로 흘러 보냈다. 따라서 큰 홍수가 오지 않는 해는 농경지에 비옥도가 떨어져 다음 해에 흉년이 들어 기근이 불가피 하였으며, 자연적인 홍수가 이집트인들에게는 오히려 식량을 가져다 주는 좋은 선물로 믿고 살아왔다.

## 2. Nile江과 水利施設

고대로부터 현재까지 이집트인들의 유일한 젖줄인 Nile강은 유로연장 6,700km, 유역면적 290만km<sup>2</sup>로서 그 유역은 아프리카 북부의 9개국 (Burundi, Egypt, Ethiopia, Kenya, Rwanda, Sudan, Tanzania, Uganda)을 포함하고 있으며 (Fig. 1 참조), 적도부근의 Tanzania의 고원지대(표고 1,000m)에서 발원하는 White Nile강과 Ethiopia의 고원지대(표고 1,800m)에서 발원하는 Blue Nile강의 두지류가 있으며 이는 유로연장의 약 3,000km 지점인 Khartoum에서 합류하여 Nile강의 본류를 이루고 있다.

Nile강의 연평균 유출량은 840억 톤으로 홍

**Technical Data of High Aswan Dam**

**Hydrological Data**

Max. Discharge at Aswan 14,000m <sup>3</sup> /sec. & Max. Annual Flow	1,520억 m <sup>3</sup> /year
Min. Discharge at Aswan 274m <sup>3</sup> /sec. & Min. Annual Flow	420억 m <sup>3</sup> /year
Max. Water Level 183m. Storage Capacity	1,689억 m <sup>3</sup> /year
Dead Storage at El. 147m Capacity(for Sedimentation)	310억 m <sup>3</sup> /year
Live Storage at El. 175m Capacity	909억 m <sup>3</sup> /year
Flood Control Room till 183m Capacity	470억 m <sup>3</sup> /year
Reservoir Length and Surface Area at Max. Level	500km, 6,750km <sup>2</sup>
Losses in Average by Seepage & Evaporation	105억 m <sup>3</sup> /year
Total Flow Guaranteed for Egypt & Sudan	740억 m <sup>3</sup> /year
Egypt Share	555억 m <sup>3</sup> /year

**Dam**

Length	3,830m
Height above River Bed	111m
Base Width	980m at El. 85.0m
Crest Width	40m at El. 196.0m
Volume of Materials	45.4백만 m <sup>3</sup>

**Diversion Canal**

Length of Upstream Open Part	1,150m
Length of Tunnels & Power House	315m
Length of Downstream Part	485m
Volume of Excavated Material	10.7백만 m <sup>3</sup>
No. of Tunnels	6EA
Diameter of Tunnels(Internal)	15m

**Power Station**

Turbines Type and Diameter	Francis, 6.3m
No. of Turbines	12EA
Head	35m
Capacity of Each Turbine	175Mw
Total Installed Capacity	2,100Mw
Max. Power can be Generated Annually	10,000백만Kwh

**Transmission Lines**

Voltage on Aswan-Carion(2Lines)	50Kv
Length	2×787m
No. of Transformers	500Kv
Voltage on Branch Lines	220-132Kv
Length of Branch Lines	337Km
No. of Transformers 220, 132Kv	10EA

수시 연간 최대 유출량은 1,380억 톤이며 갈수년의 연간 최소 유출량은 420억톤으로 홍수년과 갈수년의 유출량에 큰 차이를 나타내고 있어, 이로 인하여 갈수년에는 극심한 한발을 겪고 있으며 심한 기근현상이 발생하고 있다. 이와 같은 현상들을 극복하기 위하여 Egypt인들은 고대로부터 현재에 이르기까지 관개수확보를 위한 각종 수리시설들(제방, Barrage 및 Dam)을 Nile강에 건설하였다. 기록에 의하면 B. C 3,050년경 부터 이와같은 시설들을 건설하여 농경지에 관개를 시작하였으며, 1900년 이후에는 Old Aswan Dam 등 각종 현대적인 Dam이 건설되었고 1964년에는 High Aswan Dam이 건설되었다. (Fig. 2 참조)

### 3. High Aswan Dam의 現況과 그 效果

High Aswan Dam은 Egypt Cairo에서 Nile강 상류쪽으로 약 930km 지점 위치하고 있으며, 1902년에 건설된 Old Aswan Dam 상류 7.5km 지점에 건설되었다. 이 댐은 구 소련의 기술진 및 자금원조에 의하여 1961년도에 건설하기 시작하여 1964년도에 최종 체결을 실시하였고 1971년도에 완공되었다.

Dam은 축방향으로는 Arch형이며 단면은 중심코아형 Rockfill Dam으로서, Dam의 높이는 111.0m, 길이는 3,830m, 저수지(Nasser호)의 길이는 Sudan 영토까지 거슬러 올라가는 약 500km이며, 총 저수량은 표고 183m에서 1,689억 톤으로 우리나라의 소양호의 저수량 29억 톤에

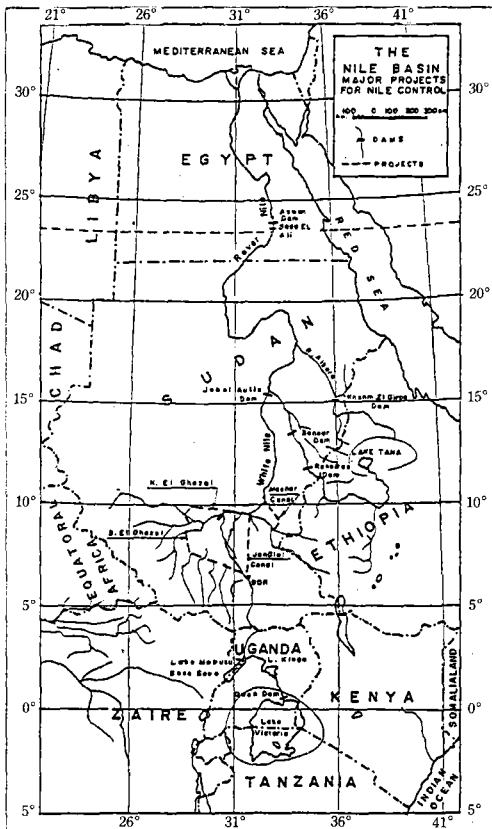


Fig. 1. Nile River Basin

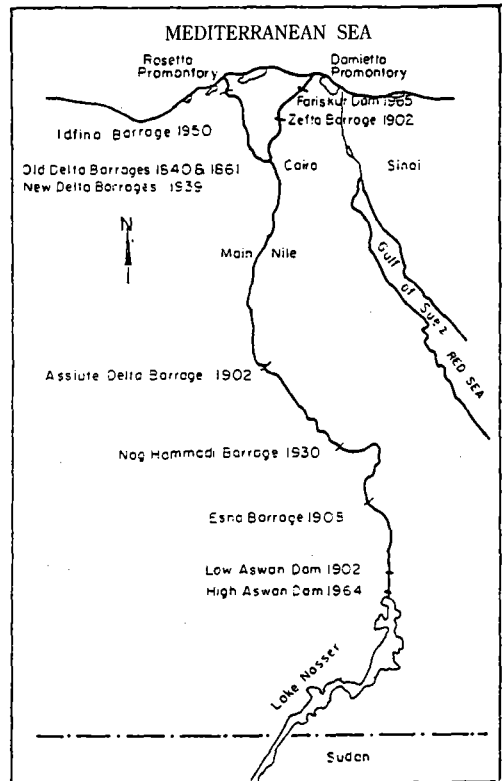


Fig. 2. Regulation works and dams along the Nile river

비유한다면 그의 Dam 규모를 짐작할 수 있다. (Fig. 3 참조)

이 Dam은 Nile강의 홍수조절, 관개 및 생활용수의 확보, 발전, 관광 등 다목적 Dam으로서, Dam 관계자의 설명에 의하면 준공 후 10년간의 효율은 Dam 건설비의 약 3배에 달하는 3억3천만불의 개발이익을 환수하였다고 한다.

Egypt 정부에서는 High Aswan Dam 건설에 따라 차세대를 위한 식량증산과 생활수준 향상을 위하여 국토종합 확장계획을 수립하였으며, High Aswan Dam은 이 계획에 절대적으로 필요로 하는 용수공급원이 되었다. 이로 인하여 연간 555억 톤의 용수량을 확보할 수 있었다.

일단계로 1964년부터 1971년 사이에 이집트 전체 농경지 면적인 315만 ha의 11.5%인 36만 ha가 다모작이 가능토록 관개개선 되었으며, 68만 ha의 새로운 농경지가 확장되었다. 또한 2000년까지는 기존 농경지의 약 40%인 114만 ha의 개발계획이 수립되었으며 현재 그 계획이 진행되고 있다.

이러한 관개개선과 농경지 확장을 위해 1,000 km 이상의 용수간선과 8,500km 상당의 용수지선, 3,600개의 수리구조물 및 7개소의 다단계 양수장이 건설되었다.

High Aswan Dam 건설의 효과로서는 1972~

1973년 및 1979~1987년 사이의 극심한 한발에도 관개수를 계속적으로 농경지에 공급하여 6,000만 인구를 기근으로부터 구할 수 있었으며, 또한 1975년과 1988년에 큰 홍수가 있었는데 이를 모두 조절하여 하류에 전혀 피해가 입지 않도록 할 수 있었다.

High Aswan Dam 건설에 따른 부정적인 효과로서는 나일삼각주 평야에 홍수시 퇴적에 의하여 공급되던 비효분(Silt 및 Clay)의 공급이 중단되어 농경지의 비옥도가 떨어져 비료의 사용이 증가되어 농토의 산성화가 우려되고 관개수에 의한 농경지의 염해문제도 대두되고 있으며, 또한 퇴적된 silt와 clay를 원료로 하여 생산하던 벽돌산업에도 문제점으로 대두되고 있다. 또한 나일강 지류나 용수로에 잡초가 번성하여 이의 제거에 어려움을 겪고 있다. 그리고 홍수시에 일시에 방류시킬 수 있었던 각종 생활용수 및 공업용 폐수를 방류시킬 수 없어 이를 처리할 수 있는 공장의 건설이 필요하게 되었다. 또한 삼각주 연안의 침식현상이 급격히 증가하여 Nile 삼각주 연안의 보호계획의 수립이 필요하게 되었다.

#### 4. Nile 삼각주沿岸의 浸蝕現況과 保護計劃

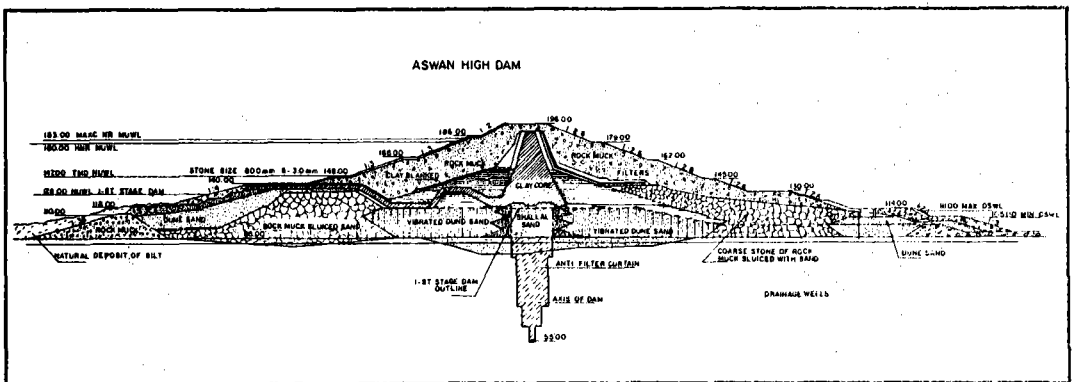


Fig. 3. Cross Section of High Aswan Dam

Nile 삼각주 연안, 즉 Abu Quir로부터 Port Said 항구까지 약 240km에 대한 해안선의 변화(전진 및 후퇴)는 바다로 유입되는 Nile강의 유량과 그의 유송토사에 좌우됨을 알 수 있고, 이는 Nile강에 건설된 High Aswan Dam 등 각종 구조물의 준공에 의한 영향 때문이다. 또한 이러한 현상은 Nile강 유역의 강우량을 감소시켜 Nile강의 유량과 유송토사의 양을 줄여주는 등 동아프리카 지역의 기후의 변화에 영향을 주고 있다. 이것은 1900년을 전후하여 다음과 같은 두 가지의 현상을 보여주고 있다. 1900년 이전에는 Nile강에 High Aswan Dam 등 각종 구조물들이 없어 대규모 홍수는 물론 유송토사의 양이 많아 해안선을 바다쪽으로 전진시켰으나 1900년 이후에는 High Aswan Dam 등 각종 구조물들을 Nile강에 건설하므로써 홍수량이 작아지는 것은 물론 유송토사의 양이 줄어들므로써 해안선을 침식시켰으며, 이는 해안선을 후퇴시키는 현상을 일으키고 있다. 이를 요약

하면 다음과 같다.

- 1900년 이전에는 Rosetta와 Damietta 지역은 해안선이 퇴적되어 매년 30m 정도 전진하였다.

- 1900년 부터 1964년 까지는 해안선이 침식되어 매년 20m 정도씩 후퇴하였다.

- High Aswan Dam의 최종 체질이 완료된 1964년 이후에는 해안선이 매년 100m 이상씩 후퇴하였다.

이는 High Aswan Dam 건설 후 해안선의 침식이 급격히 증가하였음을 나타낸다. (Fig. 4, 5,6 참조)

이상과 같은 침식현상에 대한 연안보호계획 및 공사의 내용은 다음과 같다.

#### 가. Stanley 海岸에 굽은 모래의 鋪設

Stanley 해안은 심한 침식현상으로 완전히 노출되었고 해변의 모래사장이 거의 유실되었으며, 해안가의 집들은 붕괴위기를 맞게 되었

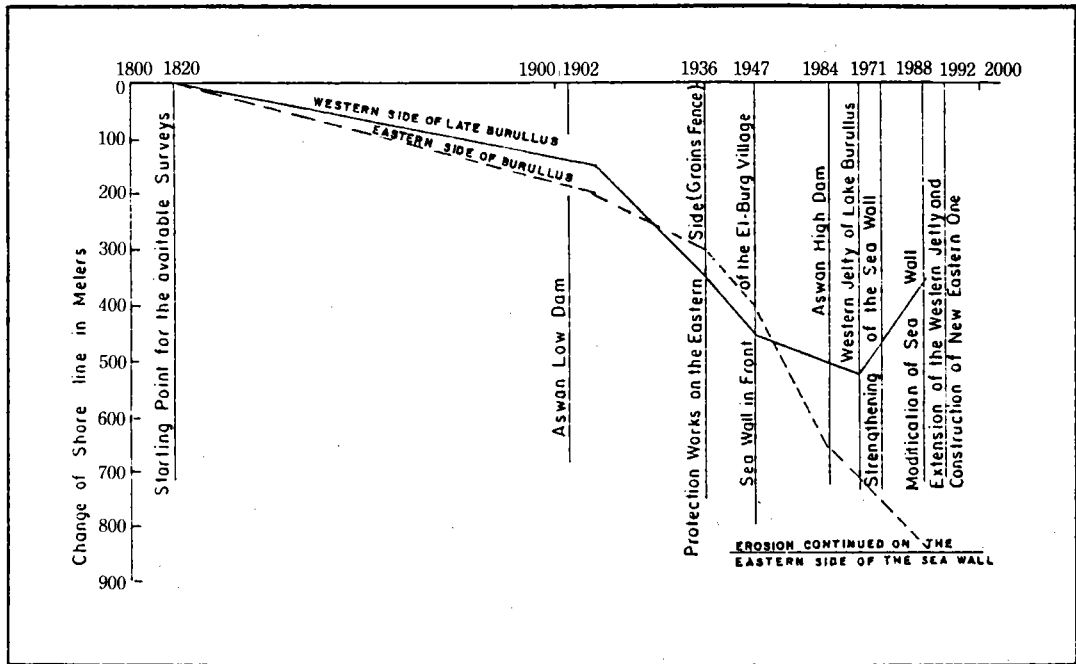


Fig. 4. Erosion accretion of shoreline at Burullus

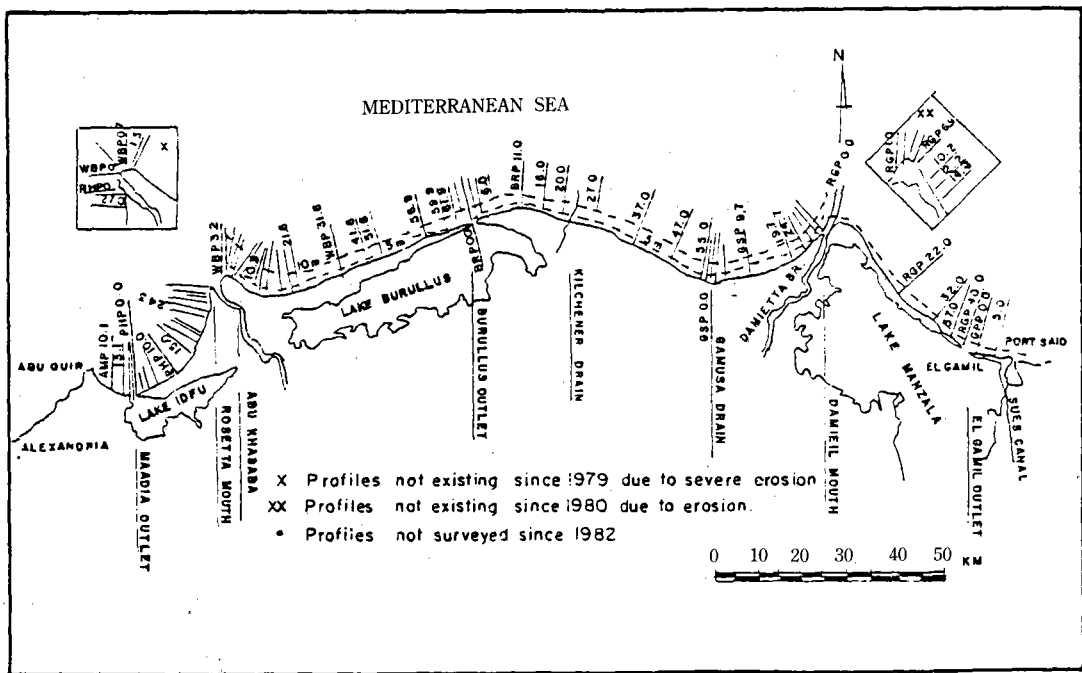


Fig. 5. General layout of main profiles along the Delta coast

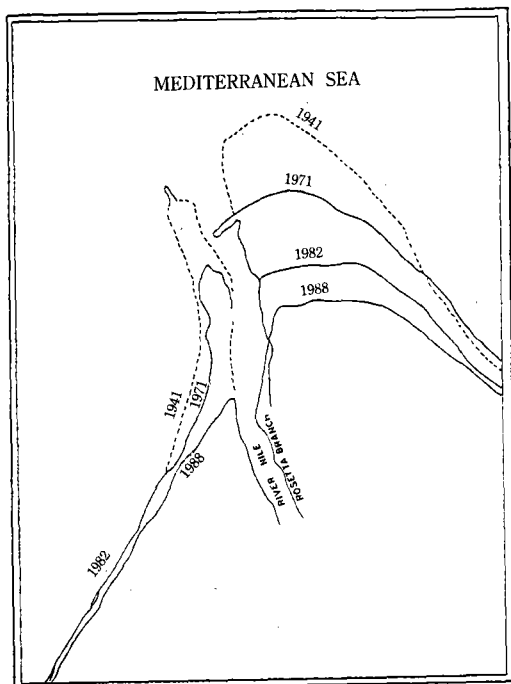


Fig. 6. Rate of erosion in Rosetta location

다. 그리하여 이 해안에 굵은 모래를 포설하게 되었다. 이 공사는 1986년 4월에 완공되었으며, 공사비는 약 15만불이 소요되었다.

#### 나. Miami와 Asafra 海岸의 保護計劃

이 해안들은 Stanley 해안과 거의 유사한 조건을 가지고 있으며, 침식에 의해 해변의 모래사장들이 거의 없어지고 방파제가 붕괴위기를 맞게되었다. 이 계획은 이들 해안 사이에 굵은 모래를 포설하는 것으로서, 총공사비는 44만불이 소요되었으며 1990년 5월에 완공되었다.

#### 다. Mandara 海岸에 굵은 모래의 鋪設

이 해안도 침식에 의해 모래사장이 거의 없어졌으며 이로 인하여 관광지로서 역할을 할 수 없게 되었다. 그리하여 이 해안에 굵은 모래를 포설하므로써 관광지로서의 역할을 증대시킬 수 있었다.

이 공사는 1988년 5월에 완공되었으며 약 18만불이 소요되었다.

#### 라. Abou Kir만 防波堤의 1,2段階 保障計劃

1830년에 이집트의 지배자 Mohammed Ali는 Abou Kir만 서쪽 10km 지점에 방파제를 건설하여 강풍시(nawats)에 지중해의 범람으로 인한 Beheira Governorate 지방의 경작지를 보호하였다.

그러나 이 방파제의 대부분이 파손 및 유실되어 매년 유지관리에 많은 비용이 지출되었음에도 불구하고 방파제로서 역할을 하지 못하고 있다.

지난 30년 동안 Alexandria와 Rosetta간의 산업도로와 해안선 사이에는 대규모 산업지구가 형성되었다. 이 지역에는 국립재제소, Abou Kir 화력발전소, Racta 재제소, 비료공장, Aid Defence Faculty 등이 건설되었다.

농업 및 산업분야에 있어서 국가경제보호에 절대적으로 중요한 전략적 지형이라는 관점에서 Abou Kir 방파제 계획이 수립되었다.

이 계획은 2단계로 분리 시행되었고 총공사비는 253만불이었으며, 2단계 공사가 1989년 4월에 완공되었다. 이 공사의 설계와 시공에는 해안보호 공학에 관한 최첨단 과학공법이 적용되었다.

#### 마. Rosetta 海岸의 保護計劃

Resetta 지류의 출구의 동쪽 및 서쪽에 위치한 Roestta 해안은 이집트내에서 가장 심하게 침식현상을 받고 있는 곳이며, 계속적으로 해안선이 후퇴하고 있으며, 어떤 해에는 해안선의 후퇴율이 1년에 150m에 달한 적도 있었다.

이러한 침식현상으로 인하여 몇개의 구조물과 방파제가 완전히 바다속에 잠기게 되었다. 또한 Resetta의 낮은 등대도 사라졌다. 1970년에 해안에서 1km 정도 떨어진 내륙에 새로운 등대를

건설하였으나, 지금은 육지로 부터 상당히 떨어진 바다 위에서 있게 되었다.

이 지역의 보호계획은 Resetta지류 출구에서 서쪽으로 1.5km, 동쪽으로 3.5km, 총 5km 길이의 방파제를 건설하는 것이다.

이 방파제 단면은 Rubble Mound Type 단면으로서 기초지반의 모래의 세굴을 방지하기 위하여 기초지반에 Geotextile Synthetic Fibers Mat를 포설하는 것이다.

그 매트 위에는 무게 50kg 내지 300kg의 현무암으로 구성된 매트보호층을 시공하고 그 위에 다시 무게 1,000kg~2,200kg의 현무암으로 한층을 시공한 후 파도로 부터 비탈면을 보호하기 위하여 무게 4,000kg의 Dollos Type 콘크리트 Block을 두 줄로 시공하였다.

이와 같이 방파제의 비탈면을 보호하기 위하여 수십만개의 Dollos Type 콘크리트 Block이 시공되었다.

방파제 비탈면 보호공의 바닥표고는 해면하 6m이며, 비탈면 보호공의 침단높이는 해면상 6.75m로서 방파제 비탈면 보호공의 전체높이는 12.75m가 된다.

이 공사는 1990년 12월 12일에 완공되었으며 공사비는 약 5천만불이 소요되었다.

#### 바. Baltim 海岸의 防波堤 建設計劃

이 해안은 굽은 모래를 포설하였음에도 불구하고 침식이 계속되어 영구적인 해안보호 계획을 수립되었으며, 수심 3m 깊이에 4조의 방파제를 건설하였다.

그 중 3조의 방파제의 길이는 각각 약 250m이고, 한조의 방파제의 길이는 350m로서 이 길이는 구조물에 따라 다소 변동될 수 있다. 이 방파제의 설계단면은 Rubble Mound Type 으로서, 총공사비는 310만 불이었으며 이 공사는 1993년에 완공되었다.

### 사. Burullus 海峽 保護計劃

Burullus 해협은 급격하고 계속적인 침전 현상으로 인하여 Burullus 호수로의 항해 및 어로작업에 지장을 초래하고 있다.

이 계획은 Burullus 해협 항로를 폭 44m와 깊이 3.5m로 유지시키기 위한 준설계획이다. 또한 해협의 중간지점에 200m 길이의 방파제를 건설하여 해협의 항로를 원활하게 하고 서쪽 앞바다의 오래된 돌출부(곶)를 120m 연장시키는 계획도 포함된다. 이 계획의 총공사비는 120만불이었으며, 이 공사는 1992년 말에 완공되었다.

이 계획의 궁극적인 목적은 Burullus 해협 입구의 지속적인 침전을 중단시키고, 해운의 효율을 높이고 이 호수의 어자원을 개발하는 것이다.

### 아. Ras El Bar 海岸 保護計劃

Ras El Bar 해안은 심각한 침식피해를 받고 있으며 모래사장이 거의 유실되었으며, 수많은 방파제가 위협에 처해 있으며 몇 개는 붕괴되었다.

이 계획은 해면하 4m 깊이에 방파제를 건설하는 것으로서 각각의 길이는 200m이며, 각 조의 사이간격은 200m씩 떨어져 있다.

이 계획에 관계된 수학적 모델에 관한 연구가 네델란드의 Delft 공대에서 행해졌다. 또한 이

계획은 해안에 굽은 모래를 포설하는 것도 포함되었다. 이 계획의 총공사비는 375만불이며, 1993년 12월 30일에 준공될 예정이다.

Nile 삼각주 평야의 연안해안선은 유송토사의 침전으로 인하여 1900년 이전까지는 문제점이 없었으나 1900년 이후에는 서서히 침식현상이 일어나기 시작하였으며, 1964년 High Aswan Dam 건설 이후 부터는 침식현상이 급격히 증가하여 이에 따른 문제가 점점 심각하게 되었고 이에 대한 대책이 요망되었다. 이는 모든 유송토사가 High Aswan Dam의 Nasser 호에 침전되기 때문이다.

1981년에는 이집트 건설 및 수자원성내에 Shore Protection Authority가 발족되었는데, 이는 이집트의 해안보호 계획과 공사를 총괄하는 기구이다. 그 이후로 Shore Protection Authority는 국제연합의 개발 Program 지원하에 Nile 삼각주 연안해안에 대한 장기보호계획을 수립하였다. 각 보호계획은 침식현상의 정도 및 우선순위에 따라 계획되었고, 그 결과를 분석 및 점검하기 위하여 현장조사 및 지속적인 모니터링 등이 행하여졌다.

이러한 배경에 의하여 Rosetta 해안의 보호 계획과 같은 몇몇 계획은 해안침식을 성공적으로 방지한 것으로 나타났으며, 또한 어떤 지역에서는 이와 같은 계획을 성공적으로 수행한 결과 새로운 토지가 형성된 곳도 있다.