

지오멤브레인에 의한 댐의 보수

Rehabilitation of Dam with Geomembrane

최 인 곁*

Choi, In-gul

1. 개 요

일반적으로 기존댐의 국부 파괴는 내부 침식과 파이핑으로 인하여 제방내로 물이 침투하여 발생하며, 이때 누수가 점차 커지게 되면 제방 붕괴로 이어져 인적, 물적으로 큰 손실을 가져오게 된다.

따라서 댐이 누수될 경우 이에 대한 대책으로 많은 공법이 사용되고 있는데 여기에서는 아프리카 남부에 위치한 레소토(Lesotho) 왕국의 Mafeteng댐에서 지오멤브레인(Geomembrane)을 이용하여 누수를 방지한 시공사례를 소개 한다.

레소토 왕국은 아프리카 남부에 있는 산악국가로 인구는 1990년 현재 약 180만명에 이르며, 면적은 30,355km²이다.

Mafeteng댐은 수도 Maseru에서 남서쪽으로 약 80km 떨어진 Mafeteng 마을 근처의 Rasebala강에 위치하며 1988년에 완공되었는데, 누수에 의해 간극수압이 소산되기 쉬운 성토재료를 사용한 것이 원인이 되어 침투수에 의한 내부침식 발생으로 댐 높이가 20m, 길이 500m가 붕괴되었다.

현장 부근에는 댐 복구에 적합한 차수재료가 없었으므로 토목공사에 각광을 받고 있는 지오신세틱스(Geosynthetics)의 일종인 지오멤브레인이 가장 적절한 재료로서 선정되었다.

따라서 본 댐의 복구작업에서 특이한 점은 <사진-1>과 같이 최근의 신소재, 신공법으로서 지오신세틱스(지오멤브레인, 부직포 및 지오그리드)를 광범위하게 이용한 것이다.



<사진-1> 지오멤브레인 시공 광경

2. 토목섬유의 종류와 기능

“Geosynthetics”라는 용어는 “Geomechanics”와 “Synthetics”가 합쳐져서 만들어진 용어로 1986년에 개최된 국제 토목섬유 학술회의에서 국제 통용어로 제안된 용어이다.

토목섬유(Geosynthetics)는 폴리프로필렌(Polypropylene), 폴리에스터(Polyester), 폴리에틸렌(Polyethylene), 나일론 등의 고분자 합성 섬유로 제조된 토목재료로 투수성 제품인 지오텍스타일(Geotextile), 차수성제품인 지오멤브레인, 고강도 제품인 지오그리드(Geogrids) 및 그 관련 제품 등을 포함한다.

토목섬유는 초기에 직포(Woven geotextile)와 부직포(Non-woven geotextile)를 포함하는 지오텍스타일 대변 용어였으나 최근 “Geosynthetics”를 의미하는 용어로 사용되고 있다.

* 농어촌진흥공사 농어촌연구원

댐의 보수에서 사용되는 토목섬유의 종류와 주요 기능은 다음과 같다.

가. 지오텍스타일

1) 직 포

- 형태 : 장섬유사, 모노장섬유사, 평사등을 사용하여 날줄과 씨줄을 직각으로 교차하여 엮어서 만든 형태
- 주요기능 : 분리, 보강, 필터기능

2) 부직포

- 형태 : 장섬유 또는 단섬유를 일정한 방향 없이 배열시켜 놓고 평면으로 함께 결합시킨 형태
(결합방식 : 니들펀칭, 열융합, 스판본딩, 화학적 결합)
- 주요기능 : 분리, 필터, 배수, 보강기능

나. 지오그리드(Geogrids)

- 형태 : 폴리머를 판상으로 압축시키면서 격자모양의 그리드 형태로 구멍을 내어 특수하게 만든 후 여러모양으로 연신한 형태
- 주요기능 : 보강, 분리기능

다. 지오멤브레인

- 형태 : 용융된 폴리머를 밀어내어 정형시키거나 폴리머 합성물로 패브릭(Fabric)을 코팅하거나 폴리머 합성물을 압착시켜 성형된 판상의 형태
- 주요기능 : 차수기능

3. 시 공

Mafeteng댐 복구작업에는 댐 상류면의 누수차

단개로서 지오멤브레인과 부직포 및 지오그리드가 사용되었는데 시공시는 관련분야의 전문가가 작성한 시방서에 따라 실시하였으며, 댐의 복구는 다음과 같이 이루어졌다.

1) 상류 및 하류사면의 누수에 의한 붕괴부분을 굴착하고, 상류사면에서는 붕괴토인 성토재를 얇게 포설한 후 석고와 혼합하여 다진다.

2) 표면 마찰각이 27.5° 이상 되도록 양면을 가공한 2.5mm 두께의 지오멤브레인으로 면적 13,500m²의 상류사면을 덮고, 기초지반을 통한 누수방지를 위하여 기반암을 1m굴착하고 길이 500m, 폭 0.5m, 지표면으로부터 깊이 12~18m인 지수벽을 시공하였다. 멤브레인과 지수벽은 비탈끝의 콘크리트빔으로 이용하여 연결하였다. 그리고 지오멤브레인 위에는 배수, 보호 등을 위하여 성토재를 여러층으로 덮었다.

3) 기존 콘크리트 구조물을 헐고 여수토 구조물의 기초를 굴착한 후 오지형웨어, 측수로, 여수토 및 정수지 설치를 위하여 약 15,000m²의 무근 및 철근 콘크리트를 타설하였다.

4) 콘크리트로 새로운 취수탑과 통관을 설치하고 여수토 날개벽에서 취수탑까지 강제로 진입교량을 설치하였다.

가. 상류사면 시공

1) 댐 상류사면 시공시는 성토재료로 사용이 가능한 재료를 상류사면에 되메움을 하고 자외선 노출, 화학물질에 의한 열화, 미생물 및 쥐등의 공격에 저항성이 강한 부직포(600g / m²)로 12,000m²를 깔고 그 위에 0.4m 두께의 자갈 배수층과 0.15m 두께의 모래층을 부설하였다.

2) 유연성 및 차수성이 있는 두께 2.5mm의 지오멤브레인을 부설하고 그 상부 끝부분은 댐 마루에 있는 앵커트렌치(Anchor trench)에 매설하였으며 또한 하부 끝부분은 580m 길이를 시공한 콘크리트 빔과 여수토에 연결하였다. 연결에는 휨저항이 있고 부식성이 없는 강판, 네오프렌 가스켓 및 부식성이 없는 나사 볼트 등을 이용하였다.

3) 지오멤브레인 1개의 두루말이 규모는 폭이

5.1m, 길이가 100m이며, 상류사면에 펼친 지오멤브레인의 최대길이는 54m이다. 지오멤브레인 사이의 연결은 특별히 제작된 썬기형 금속 용접장치로 용접을 하였으며 모든 결합의 이상 유무는 공기압을 이용하여 확인하였고 기타 용접 확인은 파괴시험과 진공시험으로 하였다.

지오멤브레인 위에는 0.15m 두께의 모래로 덮고 그 위에 다시 지오그리드로 덮었다.

지오그리드의 인장강도는 7,653kgf/m이며 망눈의 크기는 3cm이상이다. 지오그리드 위에는 굵은 필터층 0.2m를 덮고 그 위는 다시 사석 0.6m를 시공하여 노출표면을 보호하였다.

4) 지오멤브레인 설치시 작은 규모의 용접기를 이용하여 손쉽게 설치할 수 있으며, 모서리 부분이나 표면이 불규칙한 장소에서도 별 문제없이 설치 가능하였다.

나. 하류사면 시공

하류사면의 복구는 1.5m 두께의 점토층을 깔고 그 위에 질량 800g/m²인 부직포를 16,500m²의 면적에 펴고, 그 위에 0.3m 두께의 쇠석층을 포설한 후 비탈면 끝에는 배수시설(Toe drain)을 시공하였다.

4. 결 언

복구 완료후 '93~'94년도에 걸쳐 여름 우기에 점차적으로 담수를 하였다. 저수지의 물은 Mafeteng 마을 주민은 물론 레소토 국민에게 유익하게 이용되고 있으며, 부분적으로 붕괴된 Mafeteng 댐 복구에 사용한 지오멤브레인의 장점을 요약하면 다음과 같으며 향후 부분적으로 붕괴된 댐의 보수에 많은 도움이 되었으면 한다.

1) 지오멤브레인은 시공이 용이하였고 아울러 제방과 기초를 확고히 연결하여 누수를 방지할 수 있었다.

2) 댐 상류면의 지오멤브레인은 기존 댐 단면에 무리없이 부설할 수 있으며, 또한 댐의 누수를 방지할 수 있고 아울러 표면 마찰력이 크므로 댐 상류사

면의 경사를 바꿀 필요가 없었다.

3) 지오멤브레인과 여수토의 콘크리트 구조물을 확실하게 접촉시킬 수 있어 콘크리트 구조물과 댐 접속지점의 침투수를 차단할 수 있었다.

참고문헌

- Hedrich, F, 1994. Rehabilitation of Mafeteng Dam-Kingdom of Lesotho, Geosynthetics World Vol. 4, No. 4, pp 15~17.

최인걸



역자약력

1981. 홍익대학교 졸업
 1988. 화란 국제수리공학과정 수료
 현재 농어촌진흥공사
 농어촌연구원 농공기술연구소