

Soil-Cement를 이용한 지하댐 차수벽 재료의 강도 특성 평가

임은상, 서민우, 김형수, 신동훈

한국수자원공사 수자원연구원

e-mail : esim89@hanmail.net

요 약 문

본 연구는 지하수를 생활용수로 활용하기 위한 시설물로 검토되고 있는 지하댐을 건설함에 있어 유력한 공법으로 제안되고 있는 SCW(Soil Cement Wall) 차수벽 설계지침을 마련하기 위하여 수행된 시험결과이다. 실험을 통해 SCW 각 혼합재료의 함유율에 따른 일축압축강도와 차수벽체의 강성을 나타내는 평균탄성계수를 산정하였으며, 혼합재료의 함유율과 양생조건을 조절하면 지하댐과 같은 구조물에 최적의 조건이라고 할 수 있는 고강도 저강성 벽체의 구현이 가능하다는 것을 확인하였다.

Key word : 지하댐, SCW(Soil Cement Wall), 차수벽 강도(Strength), 탄성계수

1. 서론

최근 우리나라는 생활수준의 선진국화와 경제규모의 확대 등 수자원에 대한 수요가 급증하고 있는 반면에, 생태 환경적인 관심이 높아지면서 수자원을 확보하기 위한 댐건설은 점점 더 어려워지고 있다. 이러한 어려움을 극복하기 위한 친환경적인 대안으로 지하수를 활용하는 다양한 방안이 추진 중에 있으며, 이 중에서 인공적으로 지하수자원을 확보하는 방법으로 지하댐의 설치와 유용한 대안으로 제안되어 왔다¹⁾. 지하댐 형식은 일반적으로 연속벽공법형(DW)과 파일이나 sheet pile을 타설하여 차수벽을 형성하는 타입공법형 등으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 지하댐의 건설방식 중에서 비교적 경제적·친환경적이며 시공성과 적용성에서 우수하다고 알려진 Soil-Cement Wall(SCW)를 대상으로 연구를 수행하였다. SCW는 일반적으로 지하댐과 같이 고강도가 요구되어지지 않고 댐체의 강성이 낮아 주변지반의 거동과 함께 거동하는 특성이 있으며, 댐체에 작용하는 토압을 감소시키기 위해서는 가장 적합한 공법이라고 알려져 있다.

2. 시험계획 및 방법

본 시험은 최대입경이 10mm인 산토(전라남도 장흥군)와 모래시료를 사용하였으며, 혼합재료로는 보통 포틀랜드시멘트와 벤토나이트를 적용하였다. 시험 Case는 표 1에 나타난 바와 같이 벤토나이트 및 시멘트의 함유율, 양생조건을 달리하여 재령별 일축압축강도와 탄성계수의 변화를 평가하였다. 본 실험은 지하댐 SCW의 설계지침을 마련하게 위한 목적으로 수행되었으며, Soil-Cement 공시체는 심층혼합방식(Deep Soil Mixing)을 재현할 수 있도록 큰 슬럼프 값을 가지도록 성형하였다. 또한 본 연구에서는 산토에 대한 시험결과만을 검토하였다. 시험의 절차는 다음과 같다.

- ① $\phi 100\text{mm}$ 의 공시체 사용하므로 산토를 최대입경이 10mm가 되도록 분리한다.
- ② 흙에 벤토나이트, 시멘트, 물 순으로 첨가하였으며 이 때 각각 혼합물을 첨가한 후 충분히 혼합하고

다시 다음 혼합재를 첨가하여 혼합한다.

- ③ 이 혼합물을 공시체에 넣고 항온항습실에서 양생을 한다.
- ④ 각 재렬별로 일축압축강도시험을 수행한다.

표 1. Soil-Cement 차수벽 재료에 대한 실내시험

Case	목적	배합비 (각중량/흙의 중량)			재하하중 (kPa)	양생조건	슬럼프 (cm)	비고
		시멘트	벤토나이트	물				
1	벤토나이트의 영향	0.1	0.03	0.35	0	20℃ 80%	17	일축, 투수
2		0.1	0.04	0.35	0	20℃ 80%	13	일축, 투수
3		0.1	0.05	0.35	0	20℃ 80%	5.5	일축, 투수
4		0.1	0.06	0.35	0	20℃ 80%	1.0	일축, 투수
5	시멘트의 영향	0.05	0.04	0.35	0	20℃ 80%	11.5	일축
2		0.1	0.04	0.35	0	20℃ 80%	13	일축
6		0.15	0.04	0.35	0	20℃ 80%	13	일축
7	양생조건의 영향	0.2	0.04	0.35	0	20℃ 80%	12	일축
8		0.1	0.04	0.35	0	20℃ 수침	12	일축
9		0.1	0.04	0.35	0	20℃ 100%	12	일축
2		0.1	0.04	0.35	0	20℃ 80%	13	일축
10		0.1	0.04	0.35	0	20℃ 60%		

- 일축압축시험 : 재령일 3, 7, 14, 28일에 대하여 실시하며 3가지 시험값의 평균값 채택
- 투수시험 : 재령일 28일에 대하여 실시
- 삼축시험 : 재령일 28일에 대하여 실시

3. 시험의 결과 및 고찰

그림 1은 벤토나이트의 함유량이 압축강도에 미치는 영향을 나타낸 그림으로서 벤토나이트의 함유량이 흙의 중량에 4%이상 함유되어 있을 경우에는 함유량이 증가함에 따라서 증가한다는 것과 그 증가율은 각 재령일에 관계없이 일정하다는 것을 알 수 있었다. 이에 반하여 함유량이 4%이하인 경우에는 양생초기에는 압축강도에 대한 영향이 없지만 재령일이 지남에 따라서 압축강도가 감소하는 비율이 커진다는 것을 알 수 있다. 또한 SCW의 압축강도는 증가재령 28일 후에도 계속적으로 증가하며 그 증가율은 재령일 7일을 경계로 감소하는 것을 알 수 있었다. 그림 2는 최대압축강도를 이 강도가 발현한 변형률로 나눈 평균탄성계수를 나타낸 그림으로서 재령일이 증가할수록 벤토나이트의 함유량에 따르는 평균탄성계수의 감소량이 작아지고 벤토나이트의 함유량에 상관없이 재령일이 증가할수록 평균탄성계수가 증가한다는 것을 알 수 있었다. 이는 세립분인 벤토나이트를 일정량이상으로 증가시키게 되면 압축강도는 저하시키지 않고 강성만을 저하시킨 차수벽을 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

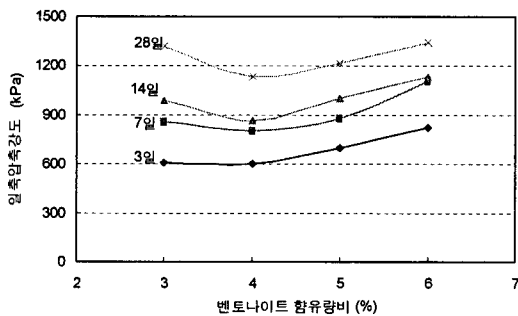


그림 1. 압축강도에 대한 재령일별 벤토나이트 함유량 영향

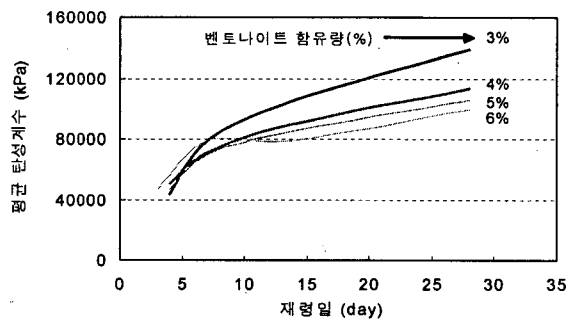


그림 2. 평균탄성계수에 대한 벤토나이트 함유량별 재령일의 영향

그림 3은 시멘트의 함유량이 압축강도에 미치는 영향을 나타낸 그림으로서 시멘트양이 증가할수록 압축강도가 증가하며 그 증가율은 각 재령일이 증가할수록 증가하는 것을 알 수 있다. 또한 시멘트 함유량이 5%이하일 경우에는 재령일에 관계없이 일정하며 함유량이 증가할수록 재령일에 대한 영향이 크다는 것을 알 수 있었다. 이는 시멘트의 함유량이 증가할수록 흡입자간의 결합량이 증가하기 때문으로 판단되어진다. 또한 이 시멘트 함유량이 15%이상으로 되면 일본의 강도에 관한 지하차수벽체의 설계기준²⁾인 차수벽체의 최저강도인 1,000kPa보다 크게 산정되어 안전한 것을 알 수 있다. 그림 4는 시멘트 함유량이 평균탄성계수에 미치는 영향을 보인 그림으로서 압축강도와 동일한 경향을 보이고 있다.

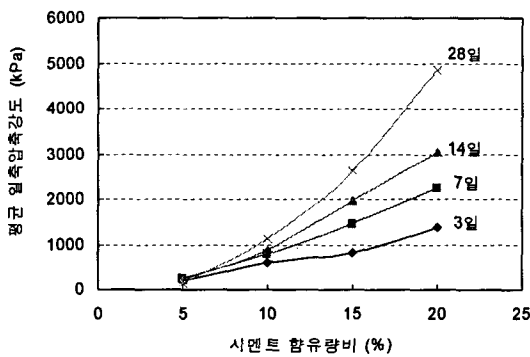


그림 3. 압축강도에 대한 재령일별 시멘트 함유량의 영향

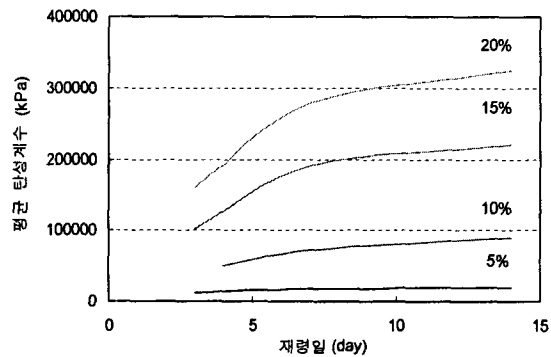


그림 4. 평균탄성계수에 대한 시멘트 함유량별 재령일의 영향

그림 5와 그림 6은 양생조건의 영향을 보인 그림으로서 습도가 낮은 양생조건에서는 시멘트 고결이 진행되는 동안 충분한 수분을 공급하여주지 못하기 때문에 압축강도와 평균탄성계수가 작고 재령일의 영향 역시 작다는 것을 알 수 있다. 또한 수중에서 양생되어진 SCW보다 습도가 높은 양생조건에서 조성된 SCW가 강도는 크고 평균탄성계수가 작아야 하는 지하댐의 차수벽으로서 적당하다는 것을 알 수 있다.

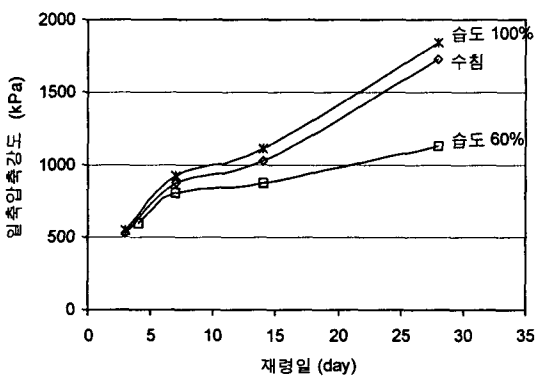


그림 5. 압축강도에 대한 양생조건별 재령일의 영향

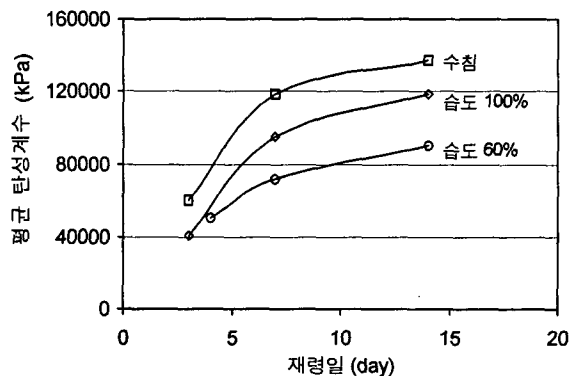


그림 6. 평균탄성계수에 대한 양생조건별 재령일의 영향

4. 결 론

본 연구는 생활용수로 활용할 수 있는 지하수를 확보하기 위한 대안으로 검토되고 있는 지하댐의 SCW 차수벽의 설계지침을 마련하기 위해 수행되었다. 시험을 통해 주동토압을 최소화하기 위한 차수벽체의 최적조건인 고강도 저항성 지중구조물을 축조하기 위해서는 시멘트량을 증가시켜 충분히 안전한 강도를 확보해야 할 뿐만 아니라, 벤토나이트의 함유량을 증가시켜 강성을 저하시킬 필요가 있으며, 습윤 상태에서 양생을 실시하는 것이 유리함을 확인하였다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제 번호 3-4-2)에 의해 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

- 1) 김형수 등, 2004, “지속가능한 지하수개발 및 함양기술개발” 보고서, 한국수자원공사 연구보고서, KIWE-GG-04-1, 21세기 프론티어 연구개발사업 “수자원의 지속적 확보기술개발” 세부과제 (3-4-1) 1단계 최종보고서.
- 2) 신동훈, 김형수, 2003, “지하수댐 건설을 위한 지하차수벽체의 투수성 및 강도특성에 관한 실험적 연구” 토목공학회 논문발표회