

하중증가비에 따른 충주댐 퇴적지반의 압밀 특성

이준대[†] · 오세욱^{*}

세명대학교 토목공학과 · *충북대학교 토목공학과
(2000. 5. 10. 접수 / 2000. 10. 12. 채택)

Consolidation Characteristics of Chungju Dam Deposit Soil in the Load Increment Ratio

Jun-Dae Lee[†] · Se-Wook Oh^{*}

Department of Civil Engineering, Semyung University · *Department of Civil Engineering, Chungbuk National University
(Received May 10, 2000 / Accepted October 12, 2000)

Abstract : This study shows consolidation properties resulted from the experiment made on changes by load increment ratio and consolidation duration of standard consolidation test using deposit soil of Chungju Dam. Though the comparison and analysis of the result turned out that void ratio by load increment ratio was unchanged greatly, the result was inclined as follows : the smaller load increment ratio is, the bigger void ratio is, while the bigger load increment ratio is the bigger settlement is. Also coefficient of consolidation is increased in inverse ratio to load increment ratio. Coefficient of permeability is increased in proportion to load increment ratio, it is not fixed changes by consolidation duration, however. Degree of consolidation is increased to load increment ratio.

Key Words : load increment ratio, consolidation duration, coefficient of consolidation, coefficient of permeability, degree of consolidation

1. 서 론

포화 점토지반에 상재하중이 작용하면 이것에 의해 침하가 발생한다. 이때, 지반이 압축변형하기 위해서 탈수가 필요하고 점토지반의 투수계수가 작으므로 많은 시간이 소요된다. 결과적으로 점토지반의 침하는 재하후 상당히 오랜 시간에 걸쳐 일어나며 압밀은 연약하고 느슨한 액상의 흙이 어떤 작용으로 고결하는 현상을 말한다.

최근 우리나라를 비롯한 세계 각지에서 사회간접자본의 확충과 인간 활동 영역의 확장에 따른 건설기술 향상에 노력하고 있으며, 이 중에서도 특히 건설사업의 많은 부분이 축조된 연약지반 위의 각종 구조물에 대한 압밀침하^{1,2)} 현상과 점토 지반상에 건설된 사원 등 기타 중요한 건축물의 침하방지에 노력하고 있다. 그 건축물이 오랜 기간에 걸쳐

점점 침하하는 모습은 상당히 오랜 시대에서 관측되어 19세기 초에는 압밀현상의 정성적 이해가 어느 정도 되어 있으며, 20세기 초에는 압밀시험기로 실험실에서 측정하게 되었다.

압밀이론을 적용하기 위해서 실내시험을 행하여 토질정수를 구하고, 표준압밀시험에서 규정한 여러 가지 재하조건, 즉 하중증가비, 압밀시간 및 시료의 크기 등을 사용하여 나온 결과를 실제에 그대로 적용한다는 것은 문제가 발생할 수 있다.³⁾ 따라서 실내시험에서도 실제의 현장조건과 동일하게 재하조건을 취하지 않으면 이로 인한 영향은 피할 수 없을 것이다.⁴⁾

그러므로 이 연구는 압밀현상에 영향을 미치는 하중증가비를 달리한 충주댐 상류 퇴적지반의 토질정수를 구하여 비교 분석함으로써 침하량과 침하속도를 보다 합리적으로 추정하고, 압밀특성에 관한 하중증가비와 재하시간의 영향을 비교 분석하여 연약지반에서의 공사시 매립토의 양과 안정에 필요한 시간 결정에 중요한 자료를 제공함과 동시에 연약지반 대책선정에 도움이 되도록 한다.

[†]To whom correspondence should be addressed.
jdlee@venus.semyung.ac.kr

II. 실험 방법

수류에 의한 하상 퇴적토는 형성시의 지형적 환경조건과 수류가 토립자에 미치는 화학작용에 의해 그 성질이 달라지게 된다. 동일크기와 중량의 토립자는 유속이 동일하다면 동일조건의 동일장소에 퇴적되게 되나 일반적으로 하천의 유속과 유로는 일정하지 않으므로 동일장소 동일시기에 퇴적되는 토립자는 크게 다르게 된다.

이 연구에 사용된 시료는 남한강 상류에서 채취한 퇴적토인 유기질의 실트 및 극히 가는 모래, 암분, 소성이 작은 실트질 또는 점토질의 세사 및 점토질실트로 토질시험 결과는 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of soil samples

LL (%)	PL (%)	PI (%)	Gs	USCS
42.20	27.63	14.57	2.62	ML

이 연구에 사용된 시험기는 표준압밀시험기로 최종 압밀하중을 12.8kg/cm²으로 하였다. 표준압밀 시험에서는 하중증가비를 1.0으로 하고 있으나 실제의 연약지반에 압밀이 발생할 경우 하중증가비는 일정하지 않으므로 압밀시험에 의하여 추정된 침하량과 실제의 지반의 침하량은 차이가 있을 것으로 예상되며 이러한 차이점을 규명하기 위하여 하중증가비를 2.0과 4.0으로 변화시켜 압밀시험을 실시하였으며, 각 하중에 대한 압밀량 측정 기록은 24시간을 최종 침하량으로 하였다.

III. 분석 및 고찰

3.1. 하중과 압축의 관계

하중증가비는 점토의 e-log p 곡선에 상당한 영향을 미친다. Leonards et al.⁵⁾가 밝힌 바에 따르면 하중증가비가 매우 클 경우 Terzaghi의 이론⁶⁾이 적용될 수 있기 때문에 압밀계수의 값은 공극수압을 측정하여 구한 것과 압밀시험으로 구한 것이 일치된다고 하였으며, Casagrande방법⁷⁾에 의하여 1차압밀 종료시의 시간을 비교적 정확하게 구할 수 있다.

Fig. 1은 하중증가비를 변화시켰을 때 압밀하중의 변화에 대한 공극비의 변화상태를 나타낸 것으로 표준압밀인 경우 공극비의 감소는 1.652~0.991, 하중증가비가 2.0인 경우 1.629~0.952, 하중증가비가 4.0인 경우 1.681~0.901로 나타났으며,

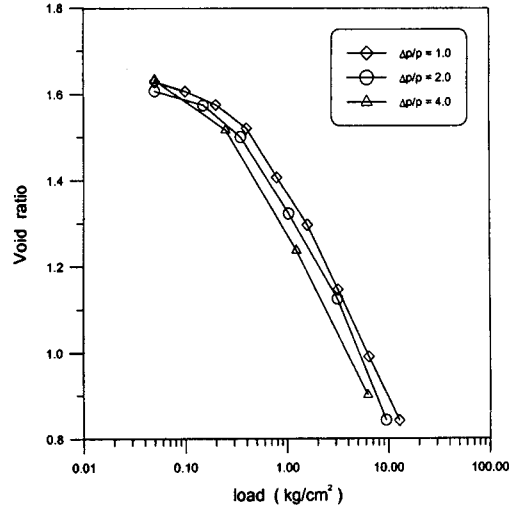


Fig. 1. Relationship curve between void ratio and consolidation load for various load increment ratio

하중증가비에 관계없이 거의 같은 경향을 보이고 있으나 하중증가비가 클수록 공극비의 감소가 더 크게 나타났고 하중증가비가 작을수록 공극비의 감소가 더 적어지는 것을 알 수 있었다.

이러한 이유는 하중증가비가 작을 때에는 하중이 서서히 가해짐에 따라 토립자 내부의 공극수압의 소산도 서서히 이루어지므로 토립자 골격구조의 배열성도 서서히 증대되고 토립자 골격이 강도를 증가시키는데 필요한 시간적 여유를 충분히 가질 수 있어 하중증가비가 클 때 보다 재하중에 대한 구조저항이 크게 나타나기 때문에 공극비의 감소도 작게 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 2는 하중증가비를 각각 1.0, 2.0, 4.0으로 하였을 때 시간과 침하량과의 관계를 나타낸 결과이며 표준압밀일 때의 침하량은 1.127mm, 하중증가비가 2.0일 때의 침하량은 2.146mm, 하중증가비가 4.0일 때의 침하량은 2.508mm를 나타내었다. 하중증가비가 클 때에는 작은 단계의 하중에서도 완전한 S 자형의 반향곡선이 이루어졌으나 하중증가비가 작을 때에는 비교적 큰 단계의 하중에서 S 자형의 반향곡선이 이루어지는 것을 알 수 있었다.

이것은 매우 연약한 유기질점토에서는 2차압밀의 영향이 상당히 크므로 1차압밀이 종료된 후에도 계속하여 2차압밀이 발생하여 이러한 곡선이 나온 것이며, 하중증가비가 작은 경우와 충주댐 퇴적점토에서 유기질이 많이 함유된 경우에는 Terzaghi 이론에 의한 현장에서의 적용은 주의가 필요하다.

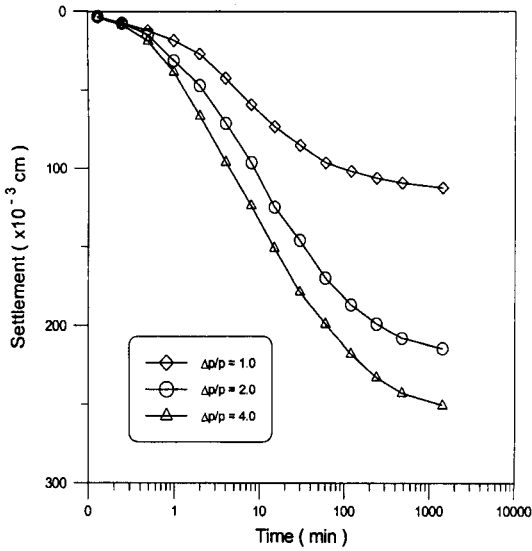


Fig. 2. Relationship curve between settlement and time for various load increment ratio

3.2. 압밀계수에 미치는 영향

많은 공학적인 문제에서 주어진 하중에 따른 압밀특성, 즉 침하의 크기와 침하율을 예상하는 것은 대단히 중요하다. 침하의 크기에 대해서는 공극비와 응력의 관계에서, 침하율에 대해서는 체적압축계수와 투수계수 또는 양쪽을 모두 포함하고 있는 압밀계수에서 얻어지며 압밀계수는 주로 흙의 평균투수계수와 흙 구조의 소성저항에 의하여 좌우

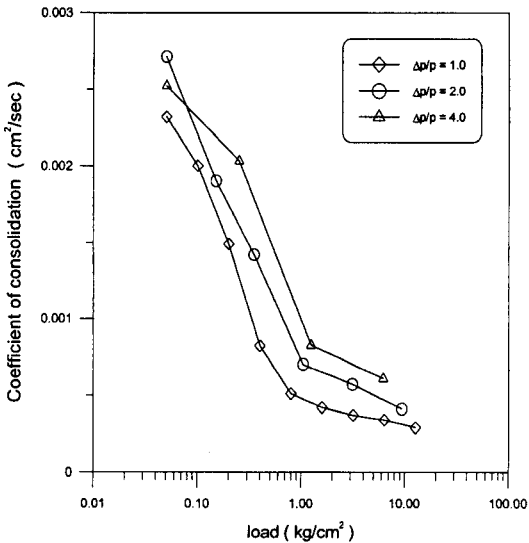


Fig. 3. Relationship curve between coefficient of consolidation and consolidation load for various load increment ratio

된다.

Fig. 3은 하중과 압밀계수와의 관계를 나타낸 것으로 표준압밀인 경우 압밀계수는 $82.32 \times 10^{-3} \sim 3.41 \times 10^{-4}$, 하중증가비가 2.0인 경우 $2.71 \times 10^{-3} \sim 4.82 \times 10^{-4}$, 하중증가비가 4.0인 경우 $2.52 \times 10^{-3} \sim 6.31 \times 10^{-4}$ 로 나타났으며 유효압력이 증가함에 따라 투수계수가 감소하기 때문에 하중이 증가함에 따라 압밀계수는 감소하는 것으로 나타났다.

그리고 하중증가비에 관계없이 1.6 kg/cm^2 이전의 하중에서는 하중증가에 따라 압밀계수가 크게 감소하였으나 1.6 kg/cm^2 이상의 하중에서는 하중의 증가에 따른 압밀계수의 감소 정도가 적게 나타났으며, 하중증가비가 클수록 일차 압밀 종료점까지의 시간이 짧아지기 때문에 압밀계수가 크게 나타났다.

3.3. 투수계수에 미치는 영향

투수계수를 지배하는 주 요소는 공극비와 밀접한 관계가 있으므로 투수계수와 공극비와의 관계를 Fig. 4와 같이 나타내었다. 표준압밀인 경우 투수계수는 $4.04 \times 10^{-4} \sim 7.94 \times 10^{-6}$, 하중증가비가 2.0인 경우 $3.38 \times 10^{-4} \sim 1.33 \times 10^{-5}$, 하중증가비가 4.0인 경우 $9.06 \times 10^{-4} \sim 1.97 \times 10^{-5}$ 로 나타났으며 이 결과 공극비와 투수계수 곡선은 대략 직선적인 경향을 보이고 있고 공극비가 클수록 투수계수가 크게 나타났으며, 하중증가비가 작을수록 입자의 재

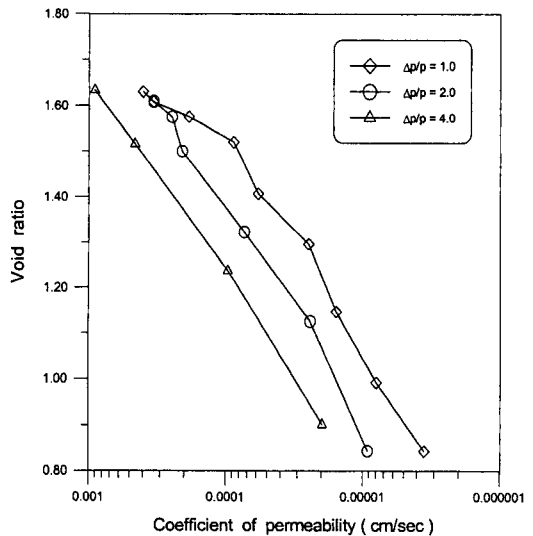


Fig. 4. Relationship curve between coefficient of permeability and void ratio for various load increment ratio

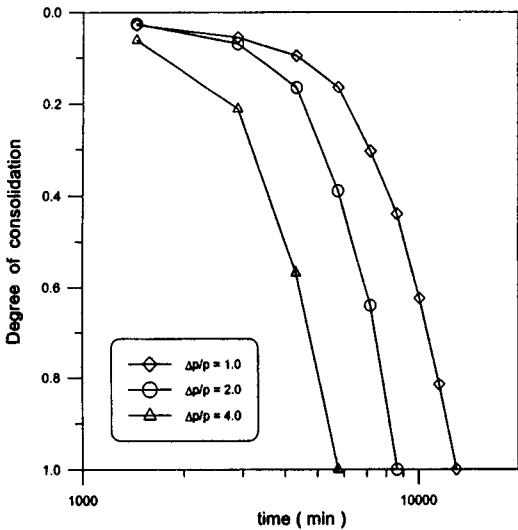


Fig. 5. Relationship curve between degree of consolidation and time for various load increment ratio

배열이 촉진되어 투수계수도 감소하는 경향을 보이고 있다.

3.4. 평균 압밀도에 미치는 영향

하중증가비는 Fig. 5와 같이 압밀속도뿐만 아니라 압밀곡선의 형태까지도 변화시키며 하중증가비가 비교적 작을 때는 이차압밀적인 침하곡선으로 나타났으며 하중증가비가 클수록 평균압밀도의 변화가 크게 나타났다.

IV. 결론

충주댐 상류에서 퇴적된 시료를 사용하여 하중증가비를 변화시켜 실험한 결과를 표준 압밀시험과 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 표준압밀인 경우 공극비의 감소는 1.652~0.991, 하중증가비가 2.0인 경우는 1.629~0.952, 하중증가비가 4.0인 경우는 1.681~0.901로 나타났으며, 하중증가비가 클수록 공극비의 감소는 더 크게 나타나는 경향을 보였다.

2) 시간과 침하량과의 관계에서 하중증가비가

작을 때에는 비교적 큰 단계의 하중에서 S자형의 반향곡선이 이루어졌으며, 하중증가비가 작은 경우와 충주댐 퇴적점에서 유기질이 많이 함유된 경우에는 1차압밀이 종료된 후에도 계속하여 2차압밀이 발생할 것으로 예상된다.

3) 표준압밀인 경우는 압밀계수가 $2.32 \times 10^{-3} \sim 3.41 \times 10^{-4}$, 하중증가비가 2.0인 경우는 $2.71 \times 10^{-3} \sim 4.82 \times 10^{-4}$, 하중증가비가 4.0인 경우는 $2.52 \times 10^{-3} \sim 6.31 \times 10^{-4}$ 로 나타났으며, 하중증가비가 클수록 일차압밀 종료점까지의 시간이 짧아지기 때문에 압밀계수가 크게 나타나는 경향을 보이고 있다.

4) 표준압밀인 경우 투수계수는 $4.04 \times 10^{-4} \sim 7.94 \times 10^{-6}$, 하중증가비가 2.0인 경우는 $3.38 \times 10^{-4} \sim 1.33 \times 10^{-5}$, 하중증가비가 4.0인 경우는 $9.06 \times 10^{-4} \sim 1.97 \times 10^{-5}$ 로 나타났으며, 공극비와 투수계수 곡선은 대략 직선적인 경향을 보이고 있으며, 하중증가비가 작을수록 입자의 재배열이 촉진되어 투수계수도 감소하는 경향을 보이고 있다.

참고문헌

- 1) Das, B. M., "Advanced Soil Mechanics", McGraw-Hill, 1983, pp. 253~338.
- 2) Yukitoshi, M., "Effect of Loading Duration on Results of One-Dimensional Consolidation Tests", Tokyo, 17(4), 1977, pp. 59~69.
- 3) Berre, T. and Iversen, K., "Oedometer Tests with Different Specimen Heights on a Clay Exhibiting Large Secondary Compression", Geotechnique, 22 (SM1), 1972, pp. 53~70.
- 4) 田澤光彌, 若命善雄, "粘性土を亂した場合の壓密係數の變化", 第12回土質工學研究發表會, D-5, 1978, pp. 211~214.
- 5) Leonards, G. A. and Altschaeffl, A. G., "Compressibility of Clay", ASCE, 90(SM5), 1964, pp. 5~155.
- 6) Terzaghi, k. and peck, R. B., "Soil Mechanics in Engineering Practice", 2nd ed. John Wiley & Sons, New York, 1967.
- 7) Casagrande, A., "The Determination of The Preconsolidation Load and Its Practical Significance", Proc. 1st Intl. Conf. on SM. S FE., Vol. 3rd, 1936, p. 60.