

댐여수로 수문교각의 정적 거동 예측을 위한 구조 모형시험

Structural Model Testing of Spillway Pier Subjected to Static Load

이 명 규* 장 봉 석** 이 형 준*** 하 익 수**** 김 형 수***** 고 성 기*****
Lee, Myung Kue Jang, Bong Seok Lee, Hyung Joon Ha, Ik Soo Kim, Hyung Soo Koh, Sung Ki

Abstact

In this study, small scale model test was performed to verify the ultimate load capacity of spillway pier structure under static load. The 1/20 scale test specimen was made of specially designed micro-concrete and wire mesh. From the test result, the cracking load of specimen was 10 tonf and the ultimate was 19tonf. From the similarity rule, cracking and ultimate load of prototype pier structure were predicted 4000 tonf, 7600 ton, respectively.

1. 서론

우리나라에서는 90년대 이후에 사회·경제적인 필요성과 시공기술의 발전에 따라 새로운 고층건물, 사장교, 현수교 등 여러형태의 장대구조물이 계획, 시공되고 있다. 최근에 시공되고 있는 장대 교량의 경우에는 구조물의 사회적 중요성에 입각하여 계획단계에서 구조물의 거동을 파악하기 위한 풍동시험 등 기초적인 구조물 모형시험이 행해졌다. 그러나, 현재까지 우리나라의 구조물 축소모형시험에 관한 연구분야는 여러 가지 장기간 건축구조물이나, 장대교량, 원자력발전소의 축소모형시험을 장기간 수행해온 다른 선진국에 비해볼 때 아직 초보적인 단계에 머물고 있으며, 몇몇의 연구자에 의해서 부재모형을 중심으로한 연구가 수행되어져 왔을 뿐이다.

본 연구에서는 사회적 중요성을 갖는 다목적댐의 여수로 수문 교각 구조물의 극한 하중상태에서의 거동을 평가하기 위하여 축소모형시험을 수행하였다.

* 정회원, 전주대학교 토목환경도시공학과 교수

** 정회원, 한국수자원공사 수자원연구원 댐안전연구소 선임연구원

*** 정회원, 한밭대학교 토목공학과 교수

**** 한국수자원공사 수자원연구원 지하수지반연구소 선임연구원

***** 한국수자원공사 수자원연구원 지하수지반연구소 소장

***** 전주대학교 토목환경도시공학과 대학원

2. 구조물의 축소모형구조물을 이용한 안전도 평가 절차의 개요

일반적으로 구조물 모형시험은 구조물의 설계 및 시공단계에서 해석적으로 예측할 수 없는 복잡한 구조물의 거동을 검토하기 위해서 주로 실시된다. 이러한 축소모형을 통한 극한 거동의 평가작업에서는 적절한 모형제작을 위하여 기존구조물의 시공상태를 조사 분석해야 한다.

모형구조물의 제작의 첫 번째 단계에서는 구조물의 거동을 나타낼 수 있는 적절한 상사비를 결정하며 모형실험에 관한 문헌분석과 구입가능한 재료, 작업성 등을 고려하여 상사비를 결정한다. 이러한 상사모형이 결정되면 원형구조물의 시공도면을 기준으로하여 상사비를 고려한 구조물의 축소모형제작이 이루어지게 된다. 모형구조물의 제작에는 먼저 모형콘크리트의 선정, 모형철근의 제작 등의 절차가 필요하다. 특히, 모형콘크리트의 선정시에는 재료 특성을 적절히 모델링하기 위하여 시멘트의 선정, 골재의 적당한 크기 및 입도 선정, 골재의 구입, 콘크리트의 시험배합, 압축과 활렬인장강도를 포함한 기본 특성시험등의 분석과정이 뒤따라야 한다.

모형구조물 제작의 두번째 단계는 준비한 재료로 시공도면을 기준하여 실제 모형을 제작하는 것이다. 일반적으로 철근콘크리트 구조물의 제작은 거푸집제작, 철근조립, 콘크리트 타설의 단계를 거쳐지며 모형구조물에서도 같은 절차를 거쳐서 제작된다.

일반적으로 구조물 재하시험에 앞서 원형구조물에 대한 수치해석과 모형시험체에 대한 예비해석(Pre-analysis)을 수행하고 해석결과를 분석하여 재하실험에서의 측정항목을 선정한다. 재하시험후에는 모형구조물에 대한 사후해석(Post-analysis)을 실시하여 사전해석과 구조물의 실제 거동의 차이를 분석하여 재하시험과 수치해석의 결과로부터 최종적으로 원형구조물의 안전도를 평가하게 된다. 이러한 안전도 평가절차는 그림 1과 같이 정리할 수 있다.

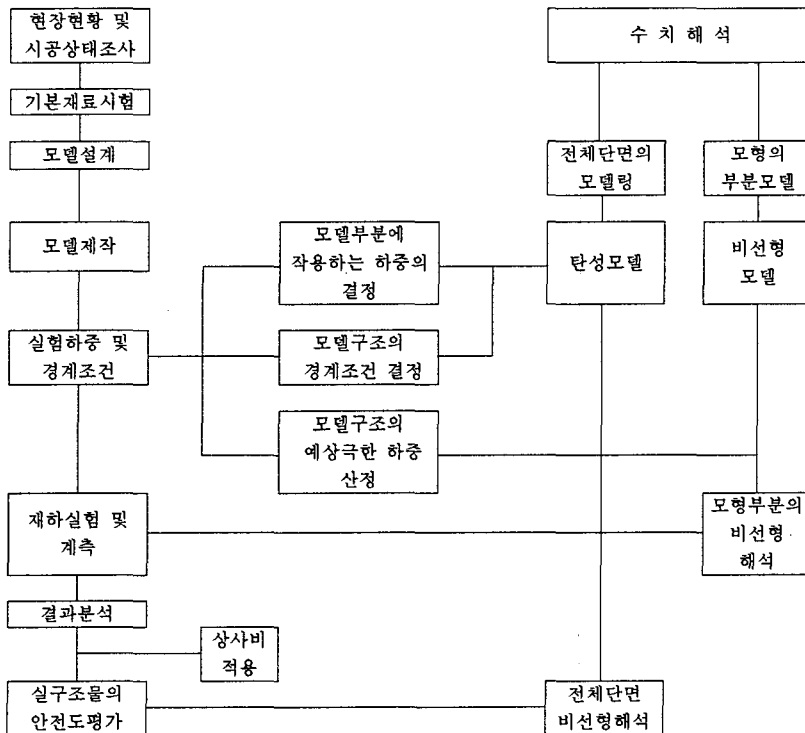


그림 1 구조물 축소모형시험 및 수치해석 절차의 흐름도

3. 모형시험체의 제작

모형 시험체는 시험체 제작의 용이성, 재하장치시험의 용량 등을 고려하여 실구조물의 1/20 크기로 지진하중 시험용, 극한강도 시험용으로 2개를 제작하였다. 모형 시험체는 마이크로 콘크리트를 이용하여 제작되었으며, 교각부의 철근은 철망을 이용하여 제작하였다.

3.1 마이크로 콘크리트의 선정

모형 시험체 제작을 위하여 마이크로 콘크리트의 배합시험을 수행하였다. 일반적으로 굵은골재 없이 일반 잔골재만으로 콘크리트를 모델링하는 경우에는 압축파괴시의 극한변형이 크게 발생하고, 압축강도에 대한 인장강도의 비율이 크게 된다. 따라서, 마이크로 콘크리트에서는 연속입도의 일반 잔골재를 사용하지 않고 불연속 입도의 잔골재를 이용하여, 입도별 혼합비율을 변화시켜가면서 구조물에 사용된 보통 콘크리트와 유사하게 압축파괴시의 극한 변형률이 0.0025에서 0.004범위에서 발생하고, 압축강도에서의 변형이 0.002 근처로 발생하는 혼합비율을 선정해야 한다.

실험에서 사용된 골재의 치수를 살펴보면 원형 구조물의 굵은 골재는 40mm를 사용한 것을 감안하여, 마이크로 콘크리트에서는 2mm(1.7mm~2.4mm)골재를 굵은 골재로, 0.5mm(No.30~No.50체 사이에 남는 골재)골재를 잔골재로 보고 시편을 제작하여 강도와 압축 응력-변형 곡선을 분석하여 혼합비율을 선정하였다. 작업성과 강도조절을 위하여 시멘트 중량 1.0%의 AE제를 사용하였다. 배합에서는 시험체 여건 및 양생기간을 고려하여 초조강 시멘트를 사용하였다. 다음 표 1 은 마이크로 콘크리트 선정을 위한 시험 배합표이다. 실험은 모형제작의 용이성 검토를 위하여 모르타의 흐름값을 측정하여 작업성 판단의 기준으로 사용하였다. 시험결과 배합 4의 강도가 약 210kg/cm²으로 나왔으며, 압축강도에서의 변형값이 0.002정도로 발생하였다. 따라서, 배합 4를 역학적 특성이 원형과 가장 유사한 것으로 판단되어 모형제작용 마이크로 콘크리트 배합으로 선정하였다.

표 4.1 마이크로 콘크리트 선정을 위한 배합표

Model concrete (단위: g)						
No.	cement	water	fine (0.5mm)	glass ball (2mm)	coarse (2mm)	flow (cm)
1	400	240	1200	0	1200	18.5
2	400	240	720	0	1680	16.6
3	400	200	1200	0	1200	16.1
4	400	200	720	0	1680	12.7
5	400	240	1200	0	1200	15.9
6	400	240	720	0	1680	13.6
7	400	200	720	336	1344	17.5
8	400	200	720	0	1680	16.5

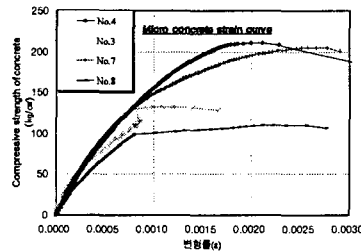


그림 2 마이크로 콘크리트의 응력변형곡선

3.2 마이크로 콘크리트의 선정

도면 분석에 의하며 교각부에 사용된 철근은 주로 D22, D19 철근이므로 1/20의 형상비를 적용하면 약 1mm 철근이 필요하게 된다. 그러나 1mm 모형철근의 제작의 어려움과 시편내에서의 부착 특성의 영향을 고려하여 시험체 제작에서는 10mm 철망을 사용하여 1mm 철근을 모델링하였다. 철망내의 철선은 표면이 매끄러우나 구부러진 상태로 격자모양을 형성하여 철선간의 구속이 발생하게 되는데, 이러한 현상은 정량적으로는 판단하기 어려우나 철근과 콘크리트의 부착거동을 모델링하는 것으로 볼 수 있다.

3.3 시험체의 제작

여수로 교각부를 1/20축척으로 제작하였다. 시편은 기초압반부, 윗류부, 교각부로 나누어 타설하였

다. 이 중 기초암반부는 40mm 골재의 240kg/cm² 강도의 레미콘으로 타설하여 제작하였으며, 월류부와 교각부는 마이크로 콘크리트를 이용하여 제작하였다.

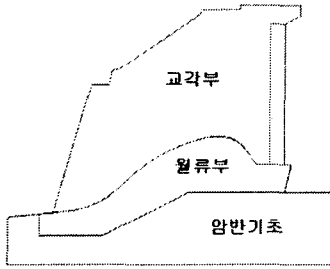


그림 3 모형시험체의 구성



그림 4 제작완료된 시험체 형상

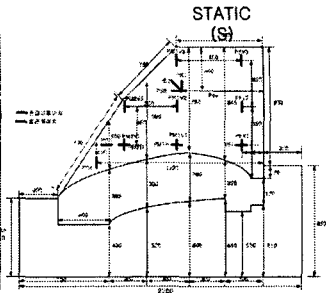


그림 5 측정계이지 위치도

4. 정적 시험결과

교각 전면부 상단으로부터 43cm(아래로부터 높이 50cm)의 하중 변위 곡선은 그림 .6과 같다. 균열은 10.0 Ton 근처에서 관찰되었다. 모형시험체의 파괴하중은 약 19.0 Ton으로 측정되었다.

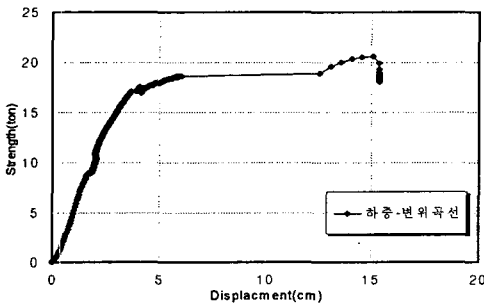


그림 6 교각 전면부의 하중-변위 곡선

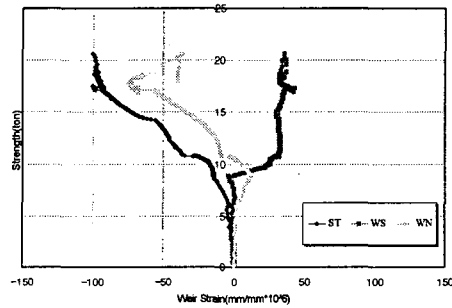


그림 7 월류부 정상과 기초부 전면에서 측정된 변형

5. 결론

댐 여수로 수문교각의 성능 검증을 위한 구조물 모형시험연구를 통하여 다음과 같은 원형구조물의 추정강도를 얻었다.

구분	모형구조물	형상비	원형구조물
균열하중(Ton)	10.0	1/20	4,000
극한하중(Ton)	19.0		7,600

6. 참고문헌

- 1) Noor, F. A. and Boswell, L. F., Small Scale Modelling of Concrete Structures, Elsevier Applied Science, 1992
- 2) Sabnis, G. M., etc, Structural Modeling and Experimental Techniques, Prentice Hall, 1983
- 3) ABAQUS User's Manual Ver. 6.4, Hibbit, Karson & Sorensen, Inc, 2003,
- 4) ABAQUS Example Manual Ver. 6.4, Hibbit, Karson & Sorensen, Inc 2003