

침사지 효율성 제고를 위한 에너지 소산 구조물의 설계

Design of Energy Dissipaters for Improving on Efficiency in Settling Basin

정상화*, 김창완**, 이민호***

Sang Hwa Jung, Chang Wan Kim, Min Ho Lee

요 지

일반적으로 화력발전소는 원활한 원료 및 냉각수의 공급과 환경적인 요인으로 인해 내륙보다는 해안에 위치하고 있다. 발전소의 안정성을 확보하기 위해서는 고열의 발전기를 냉각하는 냉각 설비들이 반드시 필요하며 이를 위해 취수로를 통한 냉각수의 원활한 공급이 이루어져야 한다. 이러한 냉각수 공급은 대용량 펌프에 의해 이루어지며, 취수로 구조물의 형상 및 냉각수의 흐름조건에 따라 성능과 수명이 좌우된다. 특히 해안에 위치하는 지리적 여건상 직접취수가 많으며 이러한 경우 유사가 취수로에 유입되어 펌프 흡입 시 균열과 임펠러 마모 등을 유발시켜 펌프의 안전에 악영향을 미치게 된다. 따라서 취수로에 유사의 퇴적을 유도하는 침사지를 설계하게 되며 Hydraulic Institute Standards(1998)에서는 허용설계유속을 0.2 m/s 이하로 정하고 있다.

B 발전소는 직경 3 m의 대형 취수관로 3개를 통해 매우 빠른 유속으로 취수로에 유입되는 냉각수 계통 구조물을 가지고 있어 침사지 내 유속이 허용기준을 초과하였다. 본 연구에서는 침사지 내 유속을 만족시키기 위해 다양한 에너지 소산 구조물 설계방안을 제시하였다. 각 설계방안에 따른 흐름 특성 및 유속 분포를 파악하고 common bay 내에서의 난류특성을 분석하여 비교·검토하였다. 수리모형실험 결과를 통해 각각의 설계방안에 따른 침사지의 효율을 평가하였으며 최적의 에너지 소산 구조물에 대한 설계방안을 제안하였다.

핵심용어 : 취수로, 냉각수, 침사지, 에너지 소산, 취수 펌프, 설계 방안

1. 서 론

B복합화력발전소의 경우 바다에서 심층 취수관로를 통해 직접 취수 방식을 채택하고 있어 적절한 침사지를 설계하지 않을 경우 유사가 펌프로 유입되어 마모 또는 충돌로 인한 파괴의 위험을 가지고 있다. 이러한 위험을 줄이기 위해 침사지 전면에 bar screen과 후면에 traveling band screen을 설치하여 유사뿐만아니라 다양한 부유물의 제거가 가능하나 screen의 격자 크기는 적정 수두차 유지와 흐름을 방해하지 않기 위해 제한되어 있다. 따라서 screen의 격자크기보다 작은 유사의 경우 펌프로 유입될 가능성이 있으므로 이러한 유사는 침사지에서 제거할 필요

* 한국건설기술연구원 연구원·031-910-0590(E-mail : kikimorah@kict.re.kr)

** 한국건설기술연구원 수석연구원·031-910-0260(E-mail : cwkim@kict.re.kr)

*** 한국건설기술연구원 연구원·031-910-0277(E-mail : minho518@kict.re.kr)

가 있다. Hydraulic Institute Standards(1998)에서는 침사지내 설계 유속을 0.2 m/s로 제안하였으며 이러한 설계 유속을 만족시키기 위한 침사지의 규모를 결정하게 된다. 그러나 침사지의 규모는 경제적 측면과 지형적 측면에서 제한을 받고 있기 때문에 취수관로에서 유입되는 빠른 유속의 흐름을 특정 구조물로 감소시키지 않을 경우 침사지는 무한정 커지게 된다. 따라서 본 연구에서는 침사지의 규모가 결정되어 있는 상황에서 설계 유속을 만족시키기 위해 적절한 에너지 소산 구조물을 설계하고 수리모형실험을 통해 검토하였다.

2. 침사지 설계

침사지의 설계는 일반적으로 다음과 같은 설계 절차를 가지고 있다.

유사 입자가 침사지를 통과하기 위해 걸리는 시간은 식(1)과 같다.

$$T_Q = \frac{L}{Q/WD} \quad (1)$$

유사입자가 침사지내에서 침강하는 시간은 식(2)와 같다.

$$T_V = \frac{D}{V_s} \quad (2)$$

유사 입자가 침사지에서 퇴적되기 위해서는 침사지 출구에 도달하기 전에 침강되어야 한다. 따라서 통과시간과 침강시간은 동일해야 하며 식 (3)과 같다. 식(3)을 식

(4)를 통해 침사지의 길이 L 로 나타내면 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$T_Q = T_V = \frac{D}{V_s} = \frac{V}{Q/WD} \quad (3)$$

$$V_s \cdot L = \frac{D \cdot Q}{W \cdot D} \quad \text{또는} \quad V_s = \frac{Q}{W \cdot L} \quad (4)$$

$$L \geq \frac{Q}{V_s \cdot W} = \frac{W \cdot D \cdot V}{V_s \cdot W} = \frac{V}{V_s} \times D \quad (5)$$

$$L \geq \frac{V}{V_s} \times D \quad (6)$$

여기서 Q 는 유량, D 는 수심, W 는 침사지의 폭, L 은 침사지의 길이, V_s 는 유사의 침강속도, 그리고 V 는 평균유속이다.

상기 식(6)과 같은 침사지 길이 결정식은 실제 흐름의 난류 효과를 고려하지 않은 이상적인 흐름에 대해서 설계되었기 때문에 20% 정도의 안전율을 고려하도록 권장하고 있다.

3. 수리모형실험

3.1 실험 조건

기존 에너지 소산 구조물의 성능을 검토하고 허용기준을 만족시키는 여부를 확인하기 위해 모

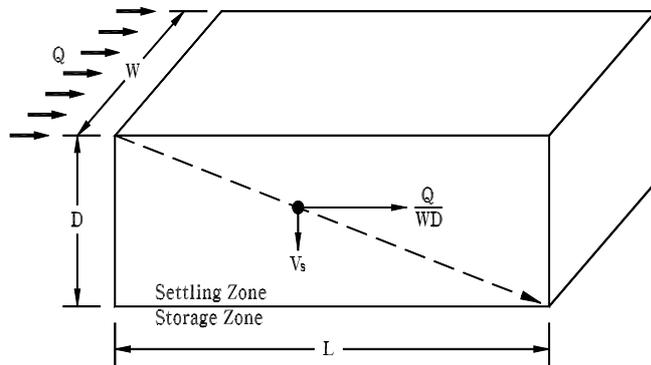


그림 1. 침사지 조건

형축척이 1:10인 모형을 제작하였으며(그림 2 참조), 유속 측정은 2차원 전자기 유속계(ADM-250D)를 사용하고 수심 측정은 초음파 수위측정 기기를 이용하였다. 측정지점은 그림 3과 같으며 침사지 및 펌프의 운영조건에 따라 공급유량은 0.03255 ~ 0.09398 m³/s까지 변화하였다. 또한 다양한 운영조건에 대해서 기본 실험을 실시하여 최악의 침사지 수리조건을 나타내는 조건(최악 조건)과 연중 가장 많이 운영하는 조건(상시 조건)에 대해서만 침사지 효율을 비교·분석하였다.



그림 2. 아크릴 수리모형

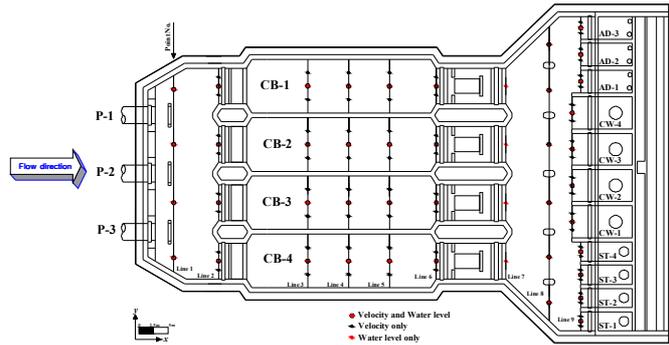
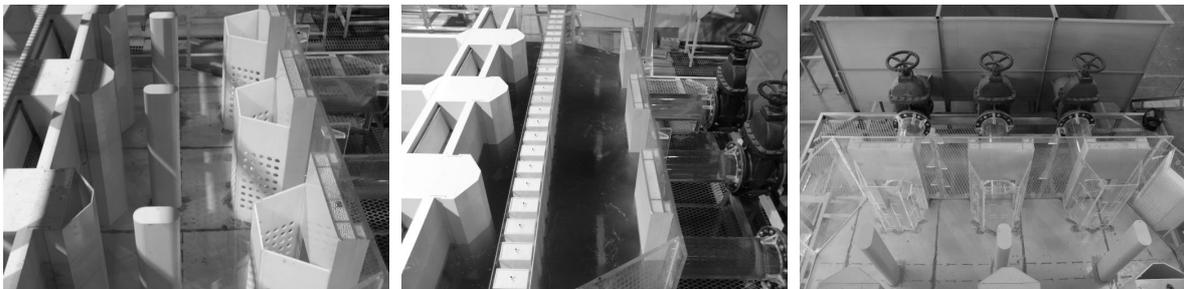


그림 3. 유속 및 수심 측정지점

3.2 실험 결과

그림 4는 설계안과 개선안에 적용된 에너지 소산 구조물을 보여주며 표 1은 설계안과 개선안에 대한 각각의 침사지로 분배되는 유량 분포를 나타낸 표이다. 그리고 그림 5는 침사지내 유속의 표준편차를 나타낸다. 동일 단면에서 유속 편차의 증가는 흐름의 집중현상이나 난류의 증가를 초래하고 이로 인해 침사지내 유사입자의 침전에 악영향을 미치게 된다. 표1을 살펴보면 개선안은 설계안보다 침사지도 유입되는 유량의 분배가 적절히 이루어지고 있음을 알 수 있다. 그러나 개선2안의 경우 최악 조건에서 유량 분배가 설계안보다 악화되는 것으로 나타났다. 이는 수위가 낮아지고 유속이 증가하면서 통수단면적이 감소된 상황에서 특정 지점으로 흐름이 집중되어 나타난 현상으로 판단된다. 또한 에너지 소산 기둥 후면에서 급격한 유속의 감소가 나타나고 사각기둥의 형상으로 인해 유사 입자가 소산 기둥 후면에서 퇴적될 우려가 있는 것으로 사료된다. 그림 5를 살펴보면 동일단면에서 유속의 편차가 설계안보다 크게 줄어든 것을 알 수 있다. 이는 와류의 발생 가능성이 줄어들 것으로 판단된다.



개선1안

개선2안

개선3안

그림 4. 개선안 에너지 소산 구조물 수리모형

표 1. 침사지별 유량 분배 비율

구분		CB-1	CB-2	CB-3	CB-4
최악 조건	설계안	27 %	40 %	33 %	
	개선1안	31 %	37 %	32 %	
	개선2안	25 %	40 %	35 %	
	개선3안	36 %	31 %	33 %	
상시 조건	설계안	17 %	27 %	33 %	23 %
	개선1안	23 %	23 %	26 %	28 %
	개선2안	20 %	30 %	31 %	19 %
	개선3안	25 %	21 %	28 %	26 %

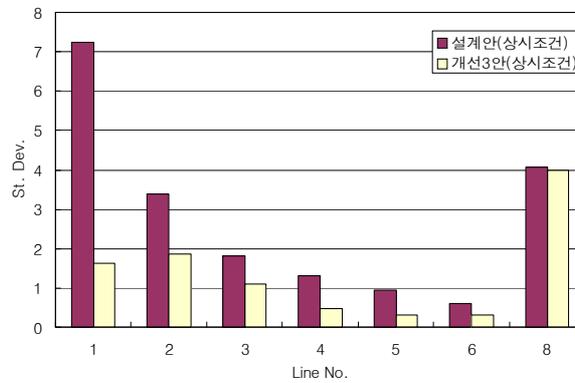
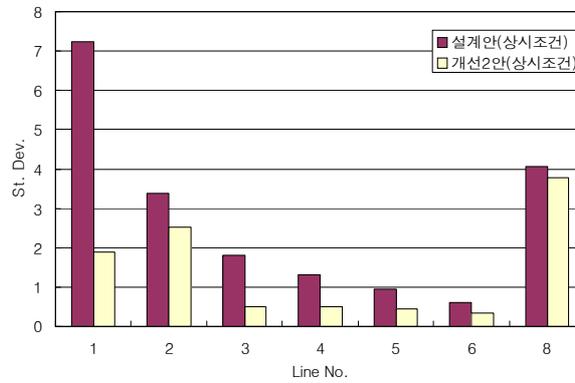
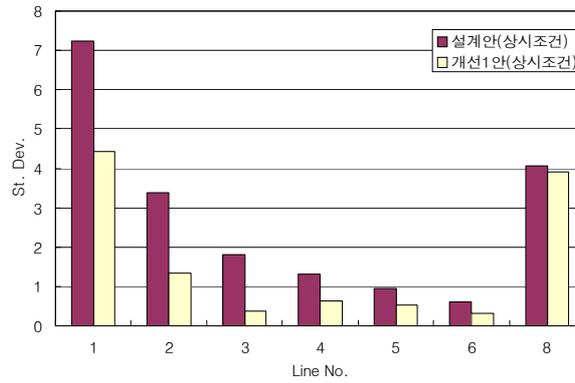


그림 5. 설계안과 개선안별 침사지내 유속 편차 비교

4. 결 론

침사지는 바다에서 유입되는 유사로부터 펌프의 안전을 확보하기 위해 설계되는 구조물이다. 그러나 취수관로부터 유입되는 빠른 유속의 흐름을 적절히 감쇄시키지 않을 경우 침사지의 규모는 크게 증가하며 이는 경제적 또는 지형적인 조건을 만족시키지 못하는 결과를 초래하게 된다. 따라서 본 연구에서는 기존 설계안이 침사지내의 허용 유속을 만족시키는가를 검토하고 침사지 효율을 증가시키는 새로운 에너지 소산 구조물을 제안하였다. 본 수리실험을 통해 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 설계안에서 에너지 소산 구조물은 침사지내의 최대 유속이 0.256 m/s로 허용 유속을 초과하였으며 각 침사지로 분배되는 유량은 최악 조건인 경우 13%의 차이를 보이며 상시 조건에서는 16%의 분배 유량 차이를 보였다.
- (2) 유량 분배면에서 개선안은 최악조건에서 개선2안을 제외하고 설계안보다 약 35 %이상의 효율이 증가하였으며 침사지내 유속은 약 20 %이상 감소하여 허용 유속을 만족하는 것으로 나타났다.
- (3) 개선안은 설계안보다 유량분배 및 침사지내 유속에서 향상된 결과를 나타내었으며 침사지내 유속은 에너지 소산 기둥을 설치한 개선2안이 가장 좋은 효율을 보였다. 그러나 개선2안은 시공비가 많이 들고 추후 취수장(Intake basin)의 관리측면에서 어려움이 있으므로 이에 대한 대책을 마련해야 한다.

참 고 문 헌

1. 이용곤, 정상화, 김창완 (2005). “순환수취수펌프장 내의 흐름에 대한 수리 및 수치모형실험”, 한국수자원학회 논문집, 제38권 제8호, pp. 631 - 643.
2. Hydraulic Institute. (1998), *American National Standard for Pump Intake Design*, ANSI/HI 9.8-1998. Hydraulic Institute, Parsippany, NJ, USA.
3. R.J. Garde, K.G. Ranga Rajv. (1978), *Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Stream Problems*, Willey Eastern limited, New York.
4. Steven J. Goldman, Katharine Jackson, Taras A. Bursztynsky. P. E. (1986), *Erosion & Sediment Control Handbook*, McGraw-Hill Publishing Company, New York.