

가청화를 이용한 댐 수차 발전기실의 음성정보전달 개선효과에 관한 연구

A Study on Improvement Effect of voice information transmission using Auralization at the hydraulic turbine dynamo room in Dam

국정훈[†], 주덕훈*, 정은정*, 김재수**

Kook Joung-Hun, Ju Duck-Hoon, Jung Eun-Jung, Kim, Jae-Soo

Key Words : Computer Simulation(컴퓨터시뮬레이션), Auralization(가청화), Psycho-acoustic Experiment(청감실험)

Abstract

Even though Waterpower Generation as pollution-free has its own merit of contribution by supply of good quality electricity, due to the noise made at the time of its operation, a normal mutual communication among the workers and technicians engaging at the hydraulic turbine dynamo room is almost impossible, and since those finishing materials had been used mainly by reflection material, it is actual situation that when working for maintenance in the hydraulic turbine dynamo room, as counterpart's voice vibrates, its working efficiency is difficult to ensure. On such view point, this Research has conducted Psycho-acoustics Experiment about voice Definition using Auralizational Technique, on the object for the hydraulic turbine dynamo room that improved its acoustic performance by computer simulation. As the result of Study, it was known that the clearness of sound with regard to voice information transmission was apparently improved in all items than before improvement.

Therefore, it is considering that these results would be utilized usefully when renovation on the hydraulic turbine dynamo room in the future.

1. 서론

수력발전은 무공해로 양질의 전력공급에 기여하여 한다는 장점을 가지고 있지만 발전기 가동시의 소음으로 인해, 작업장 내에서 발전기의 보수 보강 작업 시 상대방의 말을 알아듣기 힘들어 일의 능률성을 확보하기 힘들다. 또한, 반사재 위주로 마감된 수차발전기실은 음향적 특성으로 인해, 목소리를 울리게 만들고 이로 인해 제대로 된 의사소통이 불가능한 실정이다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 음향적 결함이 발생한 수차발전기실을 대상으로 가상음장을 체험할 수 있는 가청화 기법을 이용하여 음성의 명료도에 대한 청감실험을 실시하였다. 이렇게 명료도에 대한 각 항목에 대해 조사한 결과는 향후 수차발전기실의 시공시 기초 자료로 유용하게 사용될 것으로 사료된다.

2. 실험방법 및 개요

2.1 가청화 음향 시뮬레이션

본 연구에서 사용한 가청화(可聽化)기법은 시뮬레이션을 통해 음향적으로 최적화된 수차발전기실을 설계한 후, 수음점에서 구한 임펄스 응답(Impulse Response)과 아나운서의 원음(Dry Source)을 합성연산(Convolution)하여 개선전과 개선후의 음향 상태를 직접 들어 볼 수 있는 방법이다.

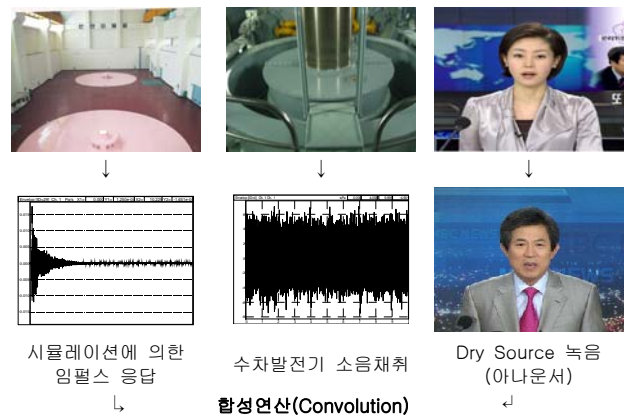


그림 1. 연구에 쓰인 가청화 프로세스

따라서 본 연구에서는 이러한 가청화 프로세스를 이용하여, 수차발전기실 내에서 작업자들의 음성이 얼마나 명확하게 들리는지 청감실험을 통해 평가해 보았다.

2.2 연구 대상 수차발전기실의 개요

연구대상 수차발전기실은 체적이 매우 크고, 반사재 위주로 마감되어 있어 실측결과¹⁾ 잔향시간이 8.66초로 나타났다. 수차발전기실의 모습 및 제원은 그림 2., 표 1.과

[†] 국정훈, 원광대학교 건축음향연구실
E-mail : kookcrew@hanmail.net
Tel 063-857-6712
* 원광대학교 건축학부 석사과정
** 원광대학교 건축학부 교수

같다.



그림 2. 수차발전기실의 모습

표 1. 수차발전기실의 제원

구분	제원	구분	제원
길이	약 53.5m	폭	약 21.7m
면적	약 1,160㎡	체적	약 22,800㎡

2.3 수차발전실의 음향성능 개선

울림에 의한 음압레벨을 저감시키기 위해 시뮬레이션 상에서 반사재를 흡음위주의 마감 재료로 바꾼 결과, 잔향 시간은 8.66초에서 1.71초로 줄었으며, SPL은 개선전에 비해 500Hz에서 약 8.7dB정도 낮게 나타났다.²⁾

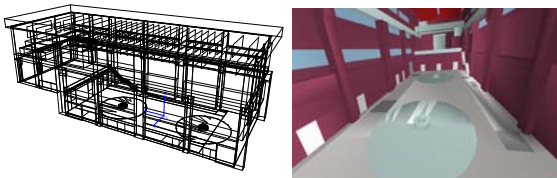


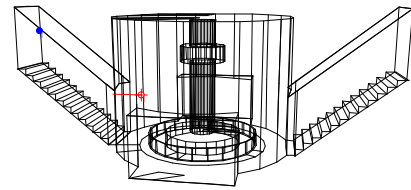
그림 3. 수차발전기실의 모습

표 2. 개선 전·후 실내음향 특성 비교(500Hz)

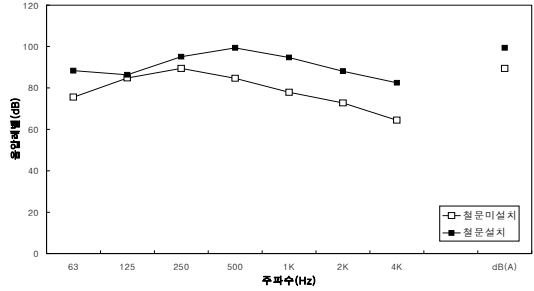
	RT(sec)	SPL(dB)	D ₅₀ (%)	C ₈₀ (dB)	RASTI(%)
개선 전	8.66	66.95	10.6	-7.11	33.25
개선 후	1.71	58.24	80.13	7.28	69.13

또한, 수차발전기 소음의 1차 감쇠를 위하여 본 연구에서는 수차발전기 출입구에 철문을 설치하고자 하였다. 시뮬레이션에 의해 수차발전기 출입구에 철문을 설치할 경우, 철문에 의해 빠져나가지 못한 음에너지가 수차실로 되돌아와 그림 4.(b)와 같이 수차실 내부에서의 음향에너지가 증폭됨을 알 수 있었다. 이렇게 증폭된 음향에너지는 수차실의 외부를 감싸고 있는 강성과 질량이 큰 콘크리트 보다는 수차발전기실과 연결된 상부철판으로 그 에너지의 일부가 방사될 것으로 사료된다.

1) 국정훈, 김재수 : “댐 수차발전기실의 건축음향 특성에 관한 연구”
 2) 정은정, 김재수 : “음향 시뮬레이션을 이용한 댐 수차 발전기실의 음향성능 개선”



(a) 수차실 컴퓨터 시뮬레이션



(b) 철문설치에 따른 SPL변화



(c) 수차실 외부모습 (d) 수차실 상부철판

그림 4. 철문에 의한 소음저감

따라서 수차실 입구에 철문을 설치할 경우 실제 투과손실(TL, Transmission Loss)효과는 우회전달음 및 발전기 내부에서 증폭되어 방사되는 음향에너지등을 고려하여 표 3. 과같이 계산하였다.

표 3. 철문의 투과손실 및 보정치

항목	주파수(Hz)						
	63	125	250	500	1k	2k	4k
철문 TL	12.0	17.7	19.6	14.4	16.4	16.9	19.3
증폭된 음향에너지의 50%	6.3	0.8	2.8	7.3	8.4	7.6	9.2
실제 적용된 TL	5.7	16.9	16.8	7.1	8.0	9.3	10.1

3. 청감평가

3.1 청감평가를 위한 음원의 구성

가청화 음원의 위치는 총 5곳을 선정하여 실험을 실시하였으며, 아나운서 음성의 크기는 일반적인 대화시 (65dB(A))로 설정하였다. 각 음원의 위치 및 음원 구성은 그림 5., 표 4.와 같다.

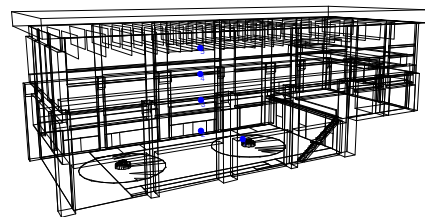


그림 5. 음원의 위치

표 4. 가청화 음원

음원번호	음원위치	음원번호	음원위치
1	지하 1층 수차실 위	2	지하 1층 복도쪽 창

3	1층 복도쪽 창	4	2층 복도쪽 창
5	3층 복도쪽 창		

청감실험시 개선전음원은 현장에서 녹음한 수차발전기 소음에 CD에서 채취한 아나운서음성을 Cool Edit Pro 2.1을 통해 합성연산(Convolution)하여 구성하였으며, 개선후 음원은 개선전 음원에서 철문에 의한 차음효과와 수차발전기실의 흡음처리에 의한 소음레벨 감쇠를 고려하여 합성 연산하여 구성하였다. 연구에 사용된 음원을 개선 전·후로 나누어 분석한 음원형태는 그림 6.과 같다.

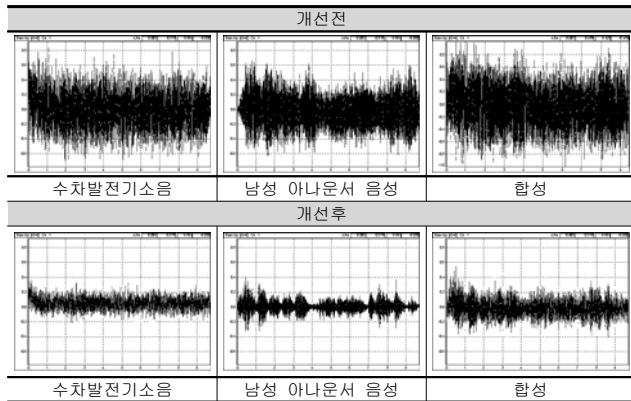


그림 6. 가청화 음원형태 비교 (1번수음점)

그림 6.에서 보면 개선전에는 아나운서 음성보다 수차발전기 소음의 파형의 폭이 더 넓게 나타났으며, 합성 후 아나운서 음성의 파형은 수차발전기 파형에 가려져 패턴이 거의 나타나지 않았다. 하지만 개선후에는 흡음 대책을 통해 수차발전기소음이 대폭 감소하여 합성 후 남성아나운서의 음성의 패턴이 많이 나타나고 있음을 알 수 있다.

3.2 청감평가를 위한 평가어휘 조사

대상 공간의 명료도에 관한 어휘를 찾기 위해, 정상청력을 가진 20명의 학생들을 대상으로 실험을 실시하였으며, 소음에 대한 600여개의 표현 어휘³⁾중 명료도에 관한 주관적인 반응을 대변할 수 있는 어휘 6개를 찾아 표 5.와 같은 설문지를 구성하였다.

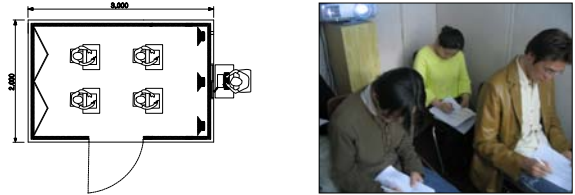
표 5. 명료도에 관한 주관적 반응을 평가하기 위한 평가시트

항 목 별	평 가						
	← 전혀 그렇지 않다 → 매우 그렇다 →						
뚜렷하다	1	2	3	4	5	6	7
명료하다	1	2	3	4	5	6	7
명확하다	1	2	3	4	5	6	7
편안하다	1	2	3	4	5	6	7
확실하다	1	2	3	4	5	6	7
선명하다	1	2	3	4	5	6	7

3) 정광용 : "한국어 어휘를 이용한 주거환경소음 심리평가에 관한 연구", 전남대 대학원 박사학위논문, 2000. 2.

3.3 청감실험 및 평가방법

명료도에 관한 청감실험은 정상청력을 가지고 있는 대학생 18명을 대상으로 그림 7.과 같이 무향실과 같은 조건의 원광대학교 청감실험실(Psycho-acoustics chamber)에서 실시하였다.



(a) 청감실험실 (b) 청감실험 장면

그림 7. 청감실험 모습

음원의 제시과정은 그림 8.과 같으며 하나의 음원을 개선전과 개선후로 들려주는 방식으로 진행하였다.

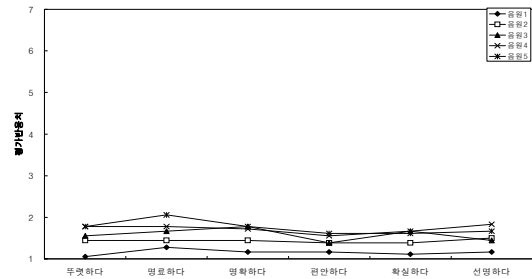


그림 8. 음원의 제시과정

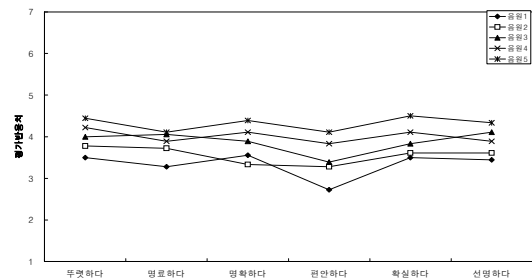
4. 분석 및 고찰

4.1 각 평가어휘에 대한 평균적 반응 항목

대상 수차발전기실 개선 전·후의 각 항목별 응답을 평균한 결과는 다음 그림 9.와 같다.



(a) 개선 전 평균적 반응



(b) 개선 후 평균적 반응

그림 9. 개선 전·후 각 어휘에 대한 평균적 반응

그림 9.를 보면 개선 전에는 반응치가 '편안하다' 평균 1.42, '명료하다' 평균 1.64로 낮게 나타났다. 이는 반사재에 의한 확산음장으로 수차발전기의 소음이 증폭되었고, 긴 잔향시간으로 인해 음성이 울리기 때문에 나타난 결과로써 수차발전기실 내부에서는 정상적인 대화를 전혀 할 수 없음을 알 수 있었다. 그러나 개선 후에는 음압레벨이 저하되고 울림이 감소하여 평균반

응치가 ‘뚜렷하다’ 3.5~4.44 ‘명료하다’ 3.28~4.11 ‘명확하다’ 3.33~4.39, ‘편안하다’ 2.72~4.11, ‘확실하다’ 3.5~4.5, ‘선명하다’ 3.44~4.33로 나타나 음향성능이 많이 개선되었음을 알 수 있다.

4.2 대상 소규모 수차발전기실의 개선 정도 비교 분석

가청화를 실시한 수차발전기실의 전체적인 인상을 알아보기 위해 각 평가 어휘별 개선 전·후 응답분포 밀집도를 보면 그림 10.과 같다.

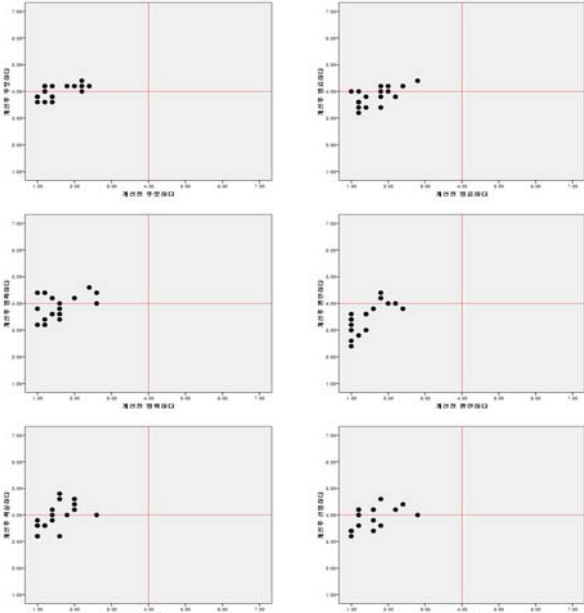


그림 10. 개선 전·후 응답분포의 밀집도

그림 10.을 보면 “뚜렷하다”, “명료하다”, “명확하다”, “편안하다”, “확실하다”, “선명하다”등 모든 항목에서 평가치가 높게 나타나지는 않았으나, 대화를 하기에 무리가 없는 정도의 수준이 된 것은 알 수 있었다. 만약 수차발전기소음에 대해 더 완벽하게 차단한다면 더 높은 평가를 받을수 있을 것으로 사료된다.

그림 11.은 개선 전·후의 빈도분석결과를 정규분포곡선으로 나타낸 것이다.

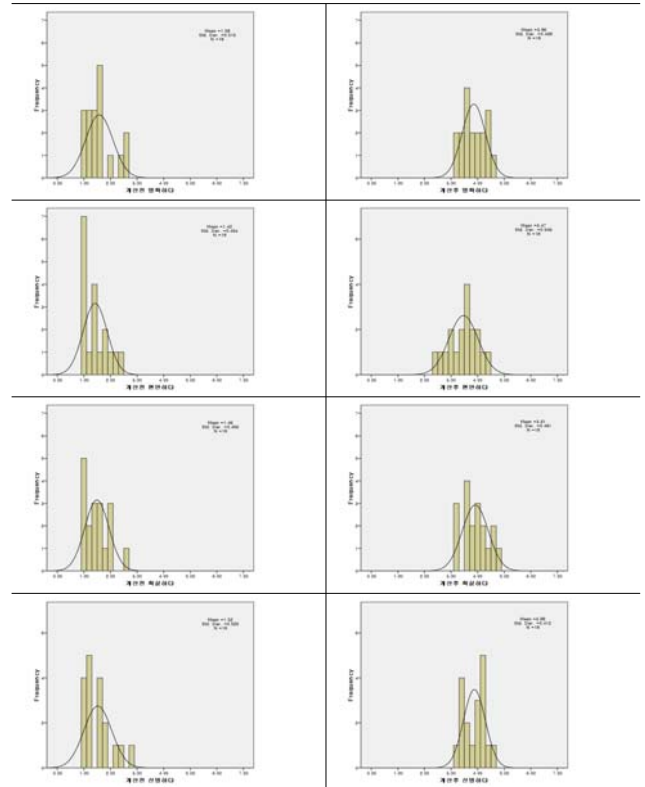
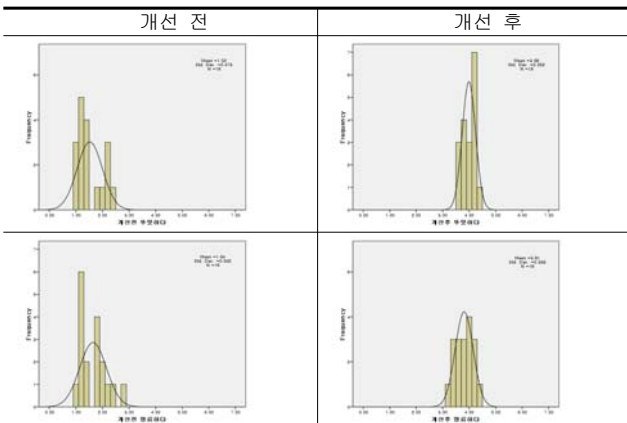


그림 11. 개선 후 빈도분석 (정규분포곡선)

그림 11.에서 정규분포곡선을 비교해보면 개선후의 평가 항목들이 더 긍정적으로 평가받은 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 체적에 따른 긴 잔향시간에 의해 명료성이 결여되어 있는 수차발전기실을 대상으로 시뮬레이션을 통해 리모델링한 후, 가청화 기법을 이용하여 명료도 평가를 위한 청감실험을 실시하였다.

개선 전의 명료도에 대한 반응치는 평균 1.64로 나타나 음성을 알아듣기 거의 힘든 것으로 나타났으나, 개선후 수차발전기실내 음압레벨이 저하되고 울림이 감소하여 평균반응치가 ‘뚜렷하다’ 3.5~4.44 ‘명료하다’ 3.28~4.11 ‘명확하다’ 3.33~4.39, ‘편안하다’ 2.72~4.11, ‘확실하다’ 3.5~4.5, ‘선명하다’ 3.44~4.33로 나타나 개선 전보다 음향성능이 많이 개선되었음을 알 수 있었다.

또한 각 어휘의 개선 전·후의 평균적 반응을 비교해본 결과 모든 평가항목에서 뚜렷하게 반응차이를 보였다. 이로서 개선후 수차발전기실내 울림과 수차발전기의 소음이 많이 감소하여 작업자들 간의 의사소통이 원활하게 이루어질 것으로 사료된다.

위와 같은 연구결과는 향후 이와 유사한 수차발전기실의 건립 시 설계 단계에서부터 음향적 문제를 예측·제어하여 시공비 절감효과 및 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. 김재수 : 건축음향설계(개정판), 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 : 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.

3. 가청화를 이용한 실내체육관의 음향 성능평가에 관한 연구

대한환경공학회 학술발표대회, 2007.5.3

4. 김남돈, 윤재현, 김재수 : “가청화를 이용한 G예술회관의 대공연장 음향 성능평가에 관한 연구”

5. 윤재현, 김재수 : “음향성능 개선을 위한 소규모 다목적홀의 건축음향성능 평가.”

6. 주덕훈, 김재수 : “소규모 다목적 홀의 음향성능 개선 사례”

7. 가청화를 이용한 건축음향성능 평가기법

(사)한국음향재료협회 음향재료기술 3호, 2007.8