

가청화를 이용한 G예술회관의 대공연장 음향 성능평가에 관한 연구

A Study on Valuation about Acoustic Performance utilizing Auditory-Evocation for Grand
Performance Hall of G Art Hall

김남돈†·윤재현*·김재수**

Kim, Nam-Don, Yun, Jae-Hyun, Kim Jae-Soo

Key Words : Computer simulation(컴퓨터 시뮬레이션), Auralization(가청화), Psycho-acoustic Experiment(청감실험)

ABSTRACT

In case of the Grand Performance Hall, in view of its distinctiveness, since various Assembly Activity as well as Lecture together with the use for Music are important besides the purpose of Performance itself, the consideration with regard to the sound environment which enables to minimize the acoustic defect has appeared on the stage as an essential factor. On this viewpoint, this Study has attempted to examine the acoustic satisfaction degree and its response regarding to the grand performance hall by means of the measurement and valuation about the psychological volume of human-being using the auditory-evoked technology that possible to experience the Virtual Sound Field at the designing stage, after practice of the optimized acoustic design for the object of the grand performance hall on the step of construction. As the result of auditory-evocation, it was known that the valuation about the acoustic performance after reformation has been improved affirmatively than before reformation. It is considered that such outcome of the study could be utilized as the useful material that enables to improve the curtailment effect of construction cost and the acoustic performance, by means of the presupposition-control about the acoustic problem from the stage of design, for the occasion when the similar Performance Hall is planning to build, hereafter.

1. 서 론

대공연장의 경우 그 특성상 공연의 목적 외에도 음악의 사용과 더불어 각종 집회활동 및 강연이 중요하여 음향적 결함을 최소화 할 수 있는 음환경에 대한 고려가 중요시 된다. 따라서 본 연구는 건립단계에 있는 대공연장을 대상으로 음향시뮬레이션을 통해 실의 용도와 체적에 맞는 적정 잔향시간을 확보 할 수 있도록 개선한 후 설계단계에서 완성 후 음장을 체험할 수 있는 가청화 실험을 실시하여 대공연장에 대한 음향 만족도 및 반응을 조사 하고자 하였다. 이렇게 분석된 자료는 향후 이와 유사한 공연시설의 계획 및 설계 단계에서 기초적인 자료로 활용하여 시공비 절감효과 및 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 측정방법 및 개요

2.1 가청화 음향시뮬레이션

가청화(可聽化)란 홀의 설계 단계에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 음향설계를 한 뒤 객석의 수음점에서 구한 임펄스 응답(Impulse Response)과 무향실에서 녹음한 원음(Dry Source)을 합성연산(Convolution)하여 음향시뮬레이션의 결과에 따라 에코 패턴 및 잔향시간데이터를 직접음 2채널, 방향에 따른 반사음을 12채널로 분할하고, 그 결과를 스피커를 통하여 재생하는 것을 말한다. 기존의 음향 시뮬레이션에 의한 건축음향설계는 건축가에게 설계단계에서는 많은 도움을 주었지만 실제 개관했을 경우 어떤 소리로 들릴 것인가에 대한 신뢰성은 거의 없었다. 그러나 가청화 시스템은 홀의 설계단계에서 완성 후의 음장을 체험할 수 있으며, 발주자와 설계자가 실험대, 내장재 및 음원의 지향성 등 변화에 따른 상황을 실제의 음, 즉 음의 건본을 들음으로써 희망하는 음장을 결정하는데 이용한다. 가청화의 과정은 그림 1.과 같다.

† 김남돈, 삼선엔지니어링

E-mail : namdon-k@hanmail.net

Tel : (063) 857-6712, Fax : (063) 843-0782

* 원광대학교 건축공학과 석사과정

** 원광대학교 건축공학과 교수



그림 1. 가청화 프로세스

2.2 연구대상 대공연장의 개요

측정대상 대공연장은 G시 내에 위치하고 있으며 제원과 형태는 표 1.과 그림 2.와 같다.

표 1. 대상 대공연장의 제원

구분	제원	구분	제원
높이	14m ³	길이	32m
폭	20m	체적	5,458m ³

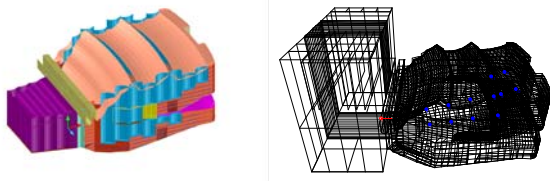


그림 2. 음향시물레이션을 통한 대상 대공연장의 모델링

선행연구 결과와 음향시물레이션을 통한 개선 전·후 실내음향 특성 비교는 표 2.와 같다.¹⁾

표 2. 개선 전·후 실내음향 특성 비교(500Hz)

	RT(sec)	SPL(dB)	D ₅₀ (%)	C ₈₀ (dB)	RASTI(%)
개선전	1.01	76.65	52.42	3.51	55
개선후	1.33	80.76	32.50	0.52	48.88

표 2.에서 보면 개선 전 흡음력이 강한 마감 재료의 사용으로 인해 잔향시간이 평균 1.01초로 짧게 나타났다. 또한 대상 대공연장의 체적은 약 5,458m³로서 최적 잔향시간은 약 1.35초가 적정하리라 판단되어 음향 시물레이션 상에서 마감 재료의 변경을 통해 리모델링을 실시하여 최적 잔향시간을 갖춘 대공연장을 설계하였다.

1) 김남돈, 주덕훈, 김재수 ; G예술회관의 건축음향설계, 한국소음진동 공학회, 2007.5.

2.3 청감평가를 위한 평가어휘 조사

실내음향 특성을 정확하게 평가하기 위해 Beranek, Barron등에 의해 연구되어진 내용을 바탕으로 대상 공간의 주관적인 효과를 대변할 수 있는 어휘들을 물리적인 파라메타들과 연관지어 찾고자 하였다. 따라서 대상 대공연장의 특성상 공연의 목적 외에도 음악의 사용과 더불어 각종 집회활동 및 강연이 중요함을 고려하여 선행연구의 평가안을 기초로 적절한 어휘를 선정하여 주관적인 평가를 하도록 하였다. 음향 평가에 사용된 어휘와 물리적인 파라메타와의 관계를 분석한 것은 표 3.과 같다.

표 3. 대상 대공연장의 음향성능 구성요소

사용된 어휘	주관적 요소	물리적 요소
건조하다/총만하다	음의 울림	잔향시간(RT)
먼곳에서 연주하는 느낌이다/ 가까운곳에서 연주하는 느낌이다	음의 친밀감	초기지연시간 (ITDG)
작게 들린다/크게 들린다	음의 크기	음압레벨(SPL)
탁하다/명료하다	음의 명료성	명료도(D ₅₀ , C ₈₀)
둔하다/선명하다	음의 선명함	
날카롭다/부드럽다	음의 포근함	저음비(BR)
음이 한쪽으로 치우친다/ 음이 균형있다	음의 균형	공간감 (IACC)
한쪽으로 집중된다/넓게 확산된다	음의 확산감	

이렇게 추출된 평가어휘를 바탕으로 미국의 심리학자 Osgood에 의해 제안된 의미분별법(SD; Method of Semantic Differential)을 이용한 청취 실험에 사용되어질 설문지는 표 4.와 같이 구성하였다.

표 4. 주관적 반응을 평가하기 위한 평가시트

항 목 별	평 가						
	← 전혀 그렇지 않다 매우 그렇다 →						
음의 울림(잔향감) (Reverberance)	1	2	3	4	5	6	7
음의 친밀감 (Intimacy)	1	2	3	4	5	6	7
음의 크기 (Loudness)	1	2	3	4	5	6	7
음의 명료성 (Intelligibility)	1	2	3	4	5	6	7
음의 선명함 (Clarity)	1	2	3	4	5	6	7
음의 포근함 (Warmth)	1	2	3	4	5	6	7
음의 균형 (Balance)	1	2	3	4	5	6	7
음의 확산감 (Envelopment)	1	2	3	4	5	6	7

2.4 청감평가를 위한 음원의 구성

대상 대공연장의 청감 실험에 사용될 평가 가청화 음원은 공연의 목적 외에도 음악의 사용과 더불어 각종 집회활동 및 강연이 중요한 점을 고려하여 CD 및 Odeon Sample에서 추출하여 표 5.와 같이 구성하였다.

표 5. 가청화 음원의 구성

음원번호	음원종류
1	박수소리
2	강의음성 (여)
3	악기소리 (바이올린)
4	악기소리 (피아노)
5	악기소리 (오케스트라)
6	독창 (아리아)
7	합창 (어린이)

이러한 청취실험 음원은 반드시 잔향음이 없는 무향실에서 녹음한 Dry Source를 사용해야 한다. 그 이유는 음이 실내에 울려 퍼지는 감동의 음향적 인상은 초기 반사음의 영향이 큰데 약간의 잔향음이 포함되어도 가청화 시 음의 건본을 들음으로써 희망하는 음장을 정확히 결정하기 어렵기 때문이다. 본 연구에 사용된 Dry Source를 개선 전·후 Coll Edit Pro 2.1로 분석한 음원형태는 그림 3.과 같다.

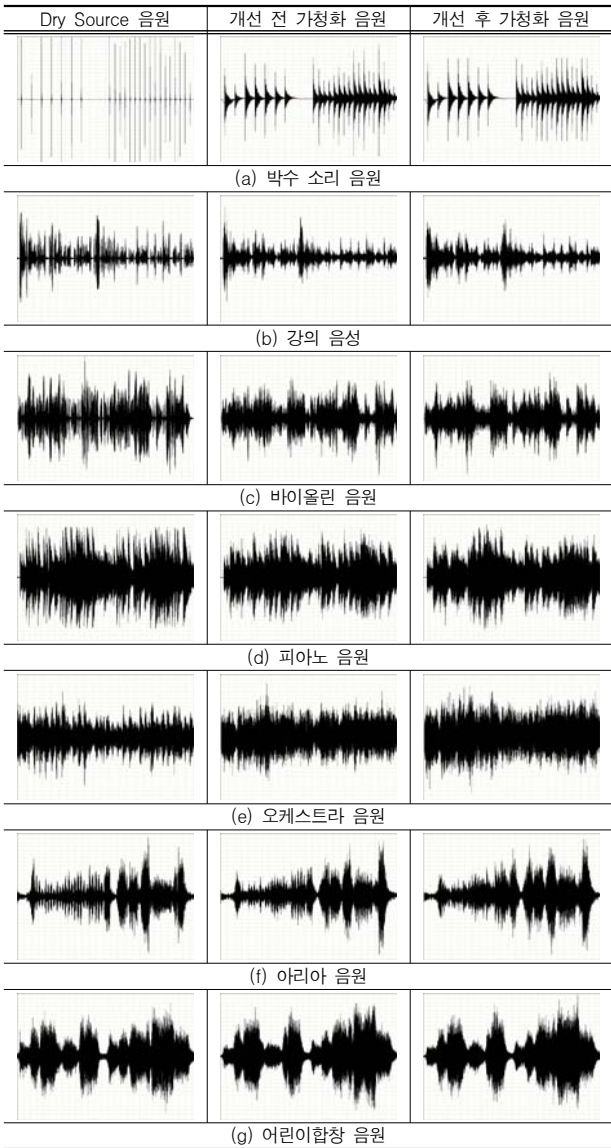


그림 3. 가청화 음원형태 비교

그림 3.에서 보면 Dry Source는 잔향음이 없어 깨끗하

지만 홀의 공간적 정보를 반영한 가청화 음원은 소리에 잔향감과 공간감이 포함되어 있음을 알 수 있다. 또한 Dry Source 음원에 비해 개선전·후 음원형태의 폭이 줄어든 이유는 기둥과 벽면, 천장에 흡음재를 설치하였기 때문인 것으로 판단된다.

2.5 청감 평가방법 및 실험

청감실험은 헤드셋을 이용해 동시에 8명씩 진행하였으며 청감시 일정한 음량을 유지하기 위해 헤드앰프를 사용하였다. 피험자로 선정된 20명중 남성은 16명 여성은 4명이며 실험에 대한 이해력과 참여도, 분석에 유효한 성의 있는 응답을 위해 정상청력의 20대가 참여하였다. 청감평가를 실시하기 전에 실험에 대한 이해를 돕기 위해 평가시트를 사전에 나누어 주고 설명과 함께 음원을 들려준 뒤 실험에 참가하도록 하였다. 음원의 제시과정은 그림 4.와 같으며 순서대로 6개의 음원을 개선전·후로 나누어 평가를 하였다. 청감평가 실험장비 및 실시 장면은 그림 5.와 같다.



그림 4. 음원의 제시과정

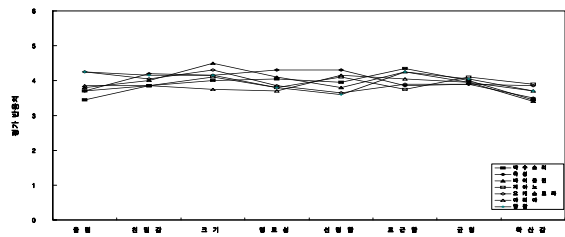


그림 5. 청감실험 장비 및 실험장면

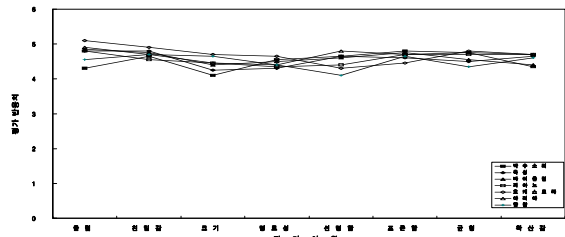
3. 분석 및 고찰

3.1 각 평가어휘에 따른 평균적 반응 분석

대공연장의 개선 전·후의 평가를 각 항목별 응답결과를 정리한 결과는 다음 그림 6.과 같다.



(a) 개선 전 평균적 반응



(b) 개선 후 평균적 반응

그림 6. 개선 전·후 각 어휘에 따른 평균적 반응

그림 6.을 보면 개선 전에는 “울림”과 “확산감”의 항목에 대한 평균 반응치는 3.45~4.25의 결과로 낮게 나타났고, “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형” 항목 또한 다소 낮게 평가되고 있다. 그러나 개선 후에는 적정 잔향시간에 맞춘 결과 “울림”과 “확산감” 항목의 평균 반응치가 4.30~5.10으로 높게 나타나 “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형” 항목에 대한 성능이 개선되었음을 알 수 있다. 또한 개선 후의 “포근함”, “균형” 어휘를 살펴보면 음악을 사용한 “바이올린”, “피아노”, “오케스트라”, “아리아”, “어린이합창”, 음원이 다른 음원에 비해 비교적 높은 반응치를 보여 음악적 요소가 많이 개선되었음을 알 수 있다.

3.2 대상 대공연장의 개선 정도 비교 분석

가칭화를 실시한 대공연장의 전체적인 인상을 알아보기 위해 각 평가 어휘별로 6개 음원 전체에 대한 개선 전·후 응답분포 밀집도는 그림 7.과 같다.

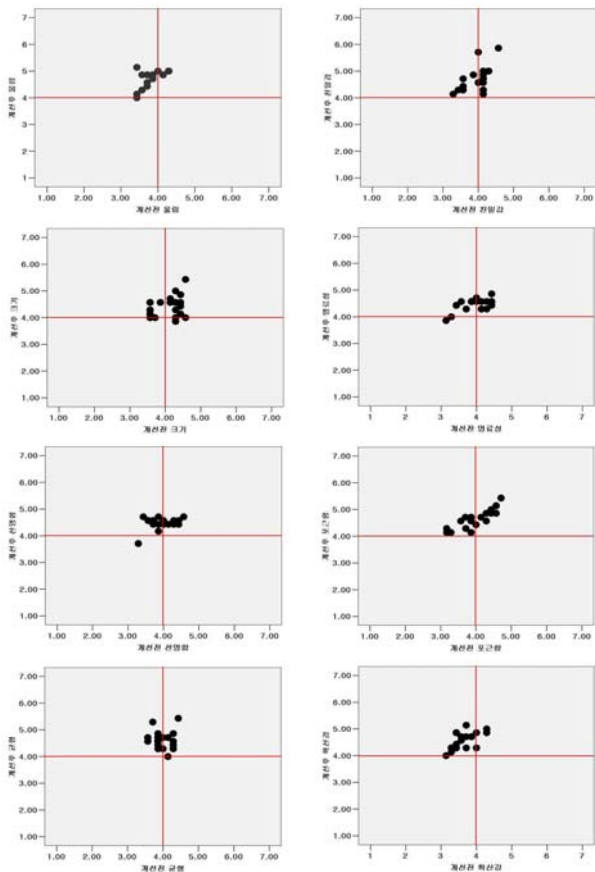


그림 7. 개선 전·후 응답분포의 밀집도

그림 7.을 살펴보면 음의 “울림”과 “확산감”은 좌측위 쪽과 우측위쪽에 걸쳐서 분포하며, “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형” 또한 동일하게 밀집하여 분포하고 있어 개선 후 실내음향 성능이 상향 평가되었음을 알 수 있다. 이처럼 개선 후 음향성능에 대한 평가가 긍정적으로 나타난 이유는 실의 용도와 체적에 맞는 최적 잔향시간을 확보하였기 때문으로 사료된다. 개선 전·후의 빈도분석결과를 정규분포곡선으로 나타낸 것은 그림 8.과 같다.

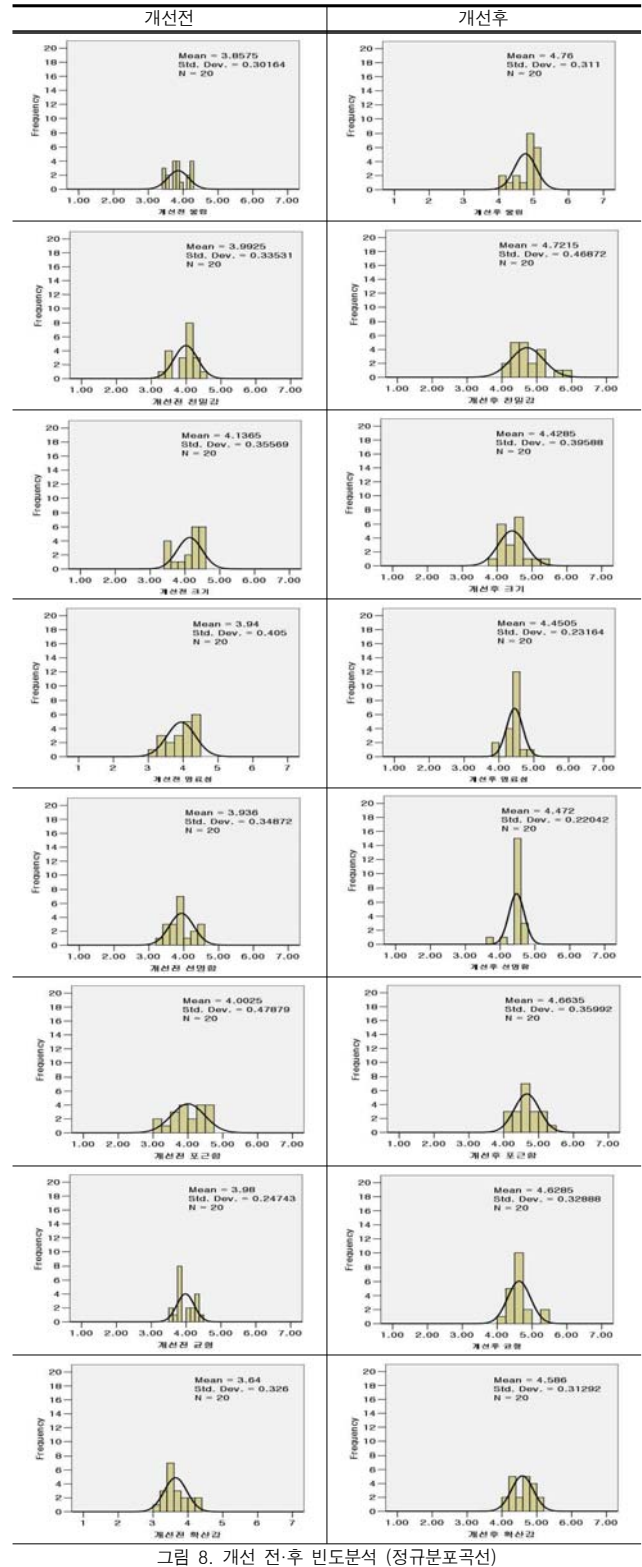


그림 8. 개선 전·후 빈도분석 (정규분포곡선)

개선 전·후의 정규분포곡선을 비교해보면 개선 후 최적 잔향시간에 맞춰 늘린 결과 “울림”과 “확산감”의 반응은 증가하였고, “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형” 항목의 반응도 상향평가 되어 실내음향성능의 개선에 대한 매우 긍정적인 반응을 보였다고 사료된다. 또한 그림과 같이 개선 후 음원형태의 폭이 늘어난 것처럼

피험자가 느끼는 “크기”의 반응도 늘어났지만 응답평균의 변함은 크지 않음을 보아 “울림”과 “확산감”에 따른 음의 “크기”변화는 큰 상관성이 없다고 판단된다.

4. 결론

잔향시간이 짧아 음향적 결함이 발생한 대공연장을 시뮬레이션을 통해 리모델링한 뒤 가청화 청감실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 개선 전에는 “울림”, “확산감”의 항목에 대한 평균 반응치는 3.45~4.25의 결과로 낮게 평가되었으나 개선 후에는 “울림”, “확산감” 항목의 평균 반응치가 4.30~5.10로 높게 나타나 “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형”항목에 대한 성능이 개선됨을 알 수 있다.

2. 각 어휘의 개선 전·후의 평균적 반응을 비교해 본 결과 “박수소리”나 “강의음성”보다는 음악을 사용한 “바이올린”, “피아노”, “오케스트라”, “아리아”, “어린이 합창”음원이 각 항목에서 개선 전·후 뚜렷한 반응차이를 보여 음악적 요소가 많이 개선되었음을 알 수 있다.

3. 대상 대공연장의 음향성능 개선 정도를 비교해본 결과 최적 잔향시간에 맞춰 늘린 결과 상향평가 되어 음향성능이 매우 개선되었음을 알 수 있다. 따라서 강연의 목적 외에도 음악의 사용과 더불어 각종 집회활동 및 강연이 중요시 되는 대공연장에서 최적화된 음향성능을 가질 수 있도록 변화되었다고 판단된다.

위와 같은 연구결과는 대공연장 한 곳에서만 이루진 평가 결과로 향후 이와 유사한 대공연장을 대상으로 많은 연구가 이루어진다면 결과들이 축적되어 건립시 설계 단계에서부터 음향적 문제를 예측·제어하여 시공비 절감효과 및 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

5. 감사의 글

본 연구는 2007년 (사)대학산업기술지원단의 지원에 의한 결과의 일부임.

참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계(개정판), 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.
3. 김남돈, 주덕훈, 김재수 ; G예술회관의 건축음향설계, 한국소음진동공학회, 2007.5.
4. 정철운, 정은정, 김재수 ; 동형 체조연습장의 음향특성에 관한 연구, 대한환경공학회 학술발표대회, 2006.11.
5. 윤희경, 김재수 ; 대형 실내체육관 음향성능의 주관적 반응 평가에 관한 연구, 한국주거학회 추계학술발표대회 14권, 2003.11.
6. 한경연 김재수 ; 실내체육관 리노베이션을 위한 음향성능 평가에 관한연구, 대한건축학회 학술발표대회 25권, 2005.10.24

7. CADP2 Manual, ODEON Manual, Raynoise Manual, CATT-acoustics Manual
8. Heinrich Kuttruff; Room Acoustics, Elsevier Applied Science, 1991
9. James P.Cowan; Handbook of Environmental Acoustics, Van Nostrand Reinhold, 1994
10. Leslie L.Doelle; Environmental Acoustics, McGRAW-Hill Book Company, 1972
11. M.David Egan; Concepts in Architectural Acoustics, McGRAW-Hill Book Company, 1972
12. William J. Cavanaugh & Joseph A. Wilks; Architectural Acoustics, John. Wiley & sons
13. Yochi Ando; Architectural Acoustics, Springer, 1998
14. Bril l & Kjær; Sound & Vibration Catalogue, 1997
15. Bril l & Kjær; Measuring Sound, 1984