Digital Audio를 위한 Speaker 技術

1. 開發의 背景

CD player와 PCM Processor의 發賣가 개시되어 결국 Digital Audio(DA)時代의 막이 오르게 되었다.

Compct Disc로 대표되는 Digital Source는 表1에서와 같이 종래의 Analog Source에 대해서 눈에 띄게 性能의 향상이 이루어지고 있다. 따라서 音의 出口인 Speaker의 성능이 우수한가 아닌가에 따라 Digital Source가 갖고 있는 특징을 충분히 발휘할 수 있는 것이므로, 보다 高性能化를 목표로 삼게 되었다.

○ DA Speaker의 基本的인 考慮

Digital Source의 品質을 갖는 DA Speaker로서는 다음의 特性을 갖추고 있을 필요가 있다.

①평탄한 音壓 周波数 特性

Source를 충실히 재생한다는 점에서, 音壓 周波数 特性이 평탄하지 않으면 안된다. 재래의 Speaker 偏差 폭은 Cone Speaker에서 양호한 것이 ±3dB 정도였다. 따라서 이에 덧붙여서 평탄한 特性이 요구되고 있다.

②低歪曲

스피커에 있어서 歪曲의 要因으로는 振動系에 의한 歪曲, 支持系에 의한 歪曲, 振動板에 의한 歪曲 등이 있다. Digial Source의 Dynamic Range를 고려한 경우, 특히 低域·大振幅 入力時 歪曲의 低減을 도모한 스피커가 요구된다.

③広域의 Power Linearity

Digital Source는 실로 90dB 이상의 Dynamic Range를 갖고 있다. 이 Dynamic Range를 스피커로 再生하기 위해서는 音響出力이 飽和하는 일 없이 Linear를 追從할 필요가 있다.

기타 大入力에 대한 高耐入力化 및 20KHz부근을 제외하면 리니어 페이즈인 Source에 対応하기 위해서 位相 特性의 향상 등도 필요하다.

2. DA Speaker에 採用한 要素 技術

前記의 기본 성능을 지닌 DA 스피커를 실현하기 위한 技術的 課題로서는,

1) 電氣入力信号를 歪曲하지않고 駆動系로 変換하는 駆動系 技術

2) 大振幅이 가능하고 歪曲이 없는 支持系 技術

3) 入力信号 이외의 音을 幅射하지 않는 低歪曲 高剛性 振動板 技術 등이 있다.

DA時代의 스피커는, 構成 요소를 原點으로부터 살펴보면, 材料·形狀 등 여러 면에서의 檢討를 행하고 新技術의 도입을 행하였다.

DA 스피커에 採用한 많은 要素技術 중에서, 여기서는 支持系 技術로서의 Linear Edge, Linear Damper, 高剛性 振動板 技術로서의 軸対稱 하니컴 디스크 振動板에 대해서 서술키로 한다.

○ Linear Edge와 Linear Damper

①DA 스피커의 支持系

스피커의 支持系에는 環狀磁氣空隙 중에 보

이스 Coil 을 保持해서 上下로 왕복운동을 시키는 機能을 지닌 Damper와 振動板의 外周部를 支持하고, 그 외에 振動板 前後의 공기를 차단하는 기능을 지닌 Edge가 있다.

DA 스피커에 필수적인 支持系의 조건으로는 다음 항목이 거론된다.

(1)駆動力—変位 特性의 直線性이 좋다.

현재의 Damper 및 Edge가 공통으로 갖고 있는 문제점은 大振幅時의 駆動力에 대한 変位特性의 非直線性이다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 波形 Damper 및 롤 Edge는 보이스 Coil 및 振動板이 振動하는 방향으로 伸縮하는 応力만이 아니고 円周 방향으로도 신축하려고 하는 応力이 움직이게 된다.

그러나, Damper의 경우에는, 그 材料가 樹脂 등을 含浸한 綿布이기 때문에 伸縮性이 나빠서, 円周 방향의 応力을 흡수하지 못한다.

이 것이 보이스 코일의 振動을 阻害하는 反作用이 되게 작용하고, 駆動力에 대한 変位特性의 直線性을 악화해서 低域에서의 歪曲 원인이 되고 있다. 한편 롤 Edge의 경우, 振動板이 大振幅하면 前記의 応力이 작용하여 어느 정도는 材質의 柔軟하게 흡수할 수 있는 한계를 초과하게 되면 振動板을 阻害하는 反作用이 된다.

또한 이 応力은 上下 非対稱性이 현저하기 때문에, 非対稱性의 원인에도 영향을 주고 있다. 따라서 DA 스피커로서는 駆動力, 즉 変位特性의 直線性이 우수한 새로운 形狀의 Edge, Damper가 필요하다.

(2)面強度의 강한 Edge

북셀프型 Box에 스피커를 組立해서 大入力을 印加하면 振動板의 変位에 의해 Box 내부의 負圧이 크게 된다. 이 負圧에 Edge가 걸리게 되면, 反転현상에 의한 異常音 및 非対稱性에 의한 歪曲이 발생한다.

Power Linearity를 확보하여 歪曲을 低減시키기 위해서는 面圧力 強度가 높은 Edge가 필요하다고 하다.

(3)大入力時의 롤링運動을 억제한다.

駆動力의 불균형, 振動系 質量 및 Box 내부 負壓의 不均一性이 작용해서 振動板은 왕복운동에서는 없는 長楕円 운동을 하려고 한다.

이것이 롤링運動으로, 이 때문에 大振幅時에는 磁氣 Gap으로 보이스 코일이 접촉해 異常音이 발생하는 경우가 있다.

②Linea Edge의 構造와 效果

DA 스피커用 Edge로서, 径 방향과 円周 방향의 伸縮을 동시에 흡수할 수 있으며, 아울러 Edge의 面圧力 強度의 향상이 이루어진 플리트 구조에 착안해서, 이것을 응용한 Linear Edge가 개발되었다.

図 1은 Linear Edge의 部分 확대도와 斜視図를 표시한 것이다.

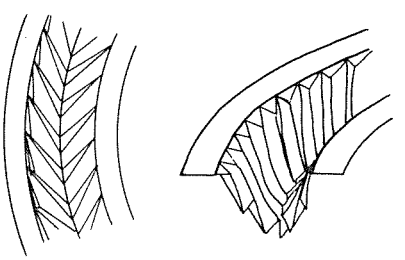

図 1 Linear Edge의 構造 · 形狀

플리트는 2개의 미소한 円錐面의 일부에서 円弧狀으로 형성되어 있으며, 이를 Edge 中央部에서 평면적으로 보아〈字形으로 接合한 구성을 1 Block으로 円周 방향에 多数 배치한 구조이다. 이같은 구성의 Linear Edge는 径 방향, 円周 방향의 어느 방향을 보아도 플리트를 가지고 있다.

振動板이 上下로 変位하였을 때, 플리트를 구성하고 있는 면에는 비틀림이 발생하며 동시에 對角線間의 길이가 변화한다 이 形狀의 변화와 Edge 材質이 지닌 柔軟함과의 相乘效果로 径 방향과 円周 방향의 伸縮을 補償하고 있다.

이와 같은 Mechanism으로 동작하기 위해서 大振幅 영역까지 変位가 가능하게 되어 Linea-

表 1 DA 스피커의 基本的 考慮

項 目	Digital (CD player)	Analog (LP player)
周波数 特性	4Hz~20KHz	30Hz~20KHz
(偏差 幅)	±0.5dB이하	±2dB 정도
Dynamic Range	90dB 이하	65dB 정도
歪 率	0.04%이하	2% 정도
S/N 比	90dB 이상	60dB 정도
Channel Separation	90dB 이상	30dB 정도

rity를 대폭 개선할 수 있게 되었다.

다음으로 Edge의 面圧力 強度의 향상에 대해서는 플리트가 Box 내부의 負圧에 대해 큰 強度를 지니고 있으므로 反転 強度도 롤 Edge 의 약 14倍로 높이는 일이 実験으로 확인되었다.

이상에서 보듯이, 大振幅·大入力時의 非直線 歪曲의 低減과 耐入力 및 Power Linearity 향상의 도모를 할 수 있다.

③Linear Damper와 그 效果

Linear Damper 歪曲의 低減과 Power Linearity의향상을 목적으로 개발한 것으로서, 断面 4角形의 筒体를 円周 방향으로 複数個 배치한 구조를 갖고 있다.

変位時의 径 방향 伸張은 図3의 有限要素法

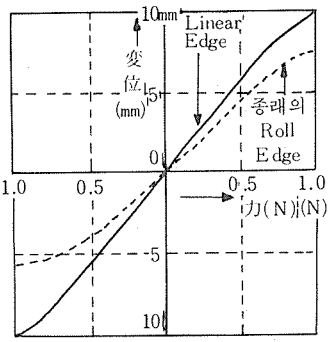

図2 Edge의 力 変位 特性

(이하 FEM이라 略称)에 의해 구해진 変形상태처럼 4角筒体가 菱形으로 변형하는 일에 의해 보상된다. 또한 円周 방향의 伸縮은 4角筒体가 円周 방향으로 독립해 있기 때문에 고려할 필요가 없다.

즉 材料의 伸縮에는 관계없이 Linear Damper가 지닌 構造에 의해 駆動力에 대한 変位特性의 直線性을 개선하고 있다

보이스 코일에 印加된 力에 대한 変位의 FEM 計算値와 実測値를 圖4에 표시하였다. 圖중의 점은 実測値이다.

圖3. Linear Damper의 変位時 伸長

実測値와 計算値와는 훌륭하게 일치하여 Linear Damper가 波形 Damper에 비해서 直線性이 약 3배 확대되고 있다. 다음으로 롤링 現象이라고 하는 観點에서 본 경우, Linear Damper는 4角筒을 円周 방향으로 연속해서 배치한 구조에 의해 不平衡한 力이 작용해서도 断面 2次 모먼트가 커서 비틀림에 대해서 대단히 강하다.

이 때문에 波形 Damper에 비교해서 대폭으로 롤링 현상을 저지할 수 있다.

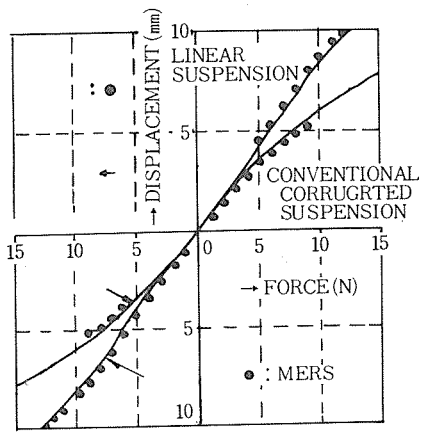

圖4. Damper의 力 変位 特性

이것을 FEM으로 평가한 것이 圖5에 나타나 있다.

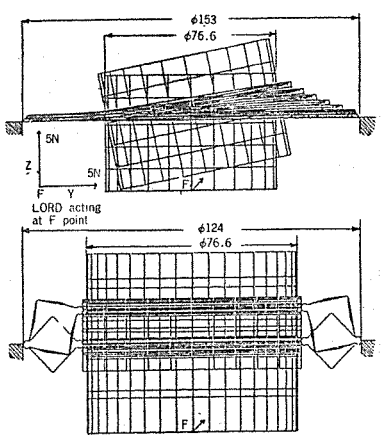

圖5. 롤링 現象

이것은 보이스 코일의 下端에 回転力을 주어 Y, Z軸 방향의 変化分의 比 $R=Y/Z\times100(\%)$에 의해 評價를 행한 것으로서 表2에 이 計算値와 実測値를 나타냈다.

Linear Damper는 波形 Damper에 비해서 롤링 強度로서의 計算値, 実測値 모두 20倍 이상의 개선이 행해졌다.

○하니컴 디스크 振動板

하니컴 디스크 振動板은 종래의 꿀벌의 巢狀異方性 Honeycomb 구조와는 다르게 中心軸으로 同心円狀의 對稱인 Core配置와 함께 중심부를 향하는 등 剛性이 높은 Honeycomb 구조체가 되었다.

材料로서는 高硬度 알루미늄 合金材를 채용하고, 振動板의 設計에는 Computer를 이용한 振動理論 해석에 의해서 軽量이며 高剛性을 얻을 수 있는 最適 구조가 되었다. 따라서, Cone紙와 비교해서 약 2,000배로 대단히 높은 曲剛性을 지니고 있다.

이 高剛性化에 따라 Cone紙로는 大入力時에 材料 非線形性에 의해 Power Linearty가 劣化하여 歪曲이 증가하는 欠點의 해소와 振動板의 平板化를 달성하고 있다.

平板化에 따라, 종래의 Cone型 振動板으로는 피하기 어려운, 前室效果(圖 6)에 의한 音壓周波数 特性 및 位相의 혼란을 해소할 수 있게 되었다.

그리고 振動 Mode 制御法으로 節駆動 이라고 하는 技術이 알려져 있으나, 종래의 Honeycomb Sandwich 구조에서는 振動板의 방향에 따라 기계 強度가 다르다는 欠點이 있고, 振動 Mode의 節이 아주 둥근 円이 되지 못하므로 해서 이 때문에 節駆動을 위하여 복잡한 振動板 형상을 다른 이유없이 하고, 駆動點을 多點으로 하지 않을 수 없다고 하는 결점이 있다.

그러나 松下電子部品의 軸 對稱 Honeycomb Disc 振動板에서는 Core의 배치가 同心円狀이기 때문에 振動 Mode의 節이 똑바른 円이며 안정되어 있다는 메리트를 갖고 있다.

Damper		変位 mm		Y/Z
		Z方向	Y方向	(%)
波形 Damper	計算値	4.04	1.78	43.4
	実測値	3.46	1.94	56.1
Linear Damper	計算値	4.28	0.037	0.9
	実測値	3.74	0.11	2.8

表 2. Damper의 차이에 의한 롤링 強度의 差

이 節에 駆動點을 갖게 하는 節駆動을 행하는 일에 의해 제 1 차 共振周波数의 4배까지 확대가 되어, 필요 帶域을 피스톤 振動으로 커버할 수 있다. 이상에서와 같이 軸對稱 Honeycomb Disc 振動板에 따라서,

(1) 평탄하고 거침없는 音壓周波数 特性
(2) 넓은 피스톤 모션 영역
(3) 低歪・리니어훼이즈化

라는 종래의 Cone型 振動板에 대해 대폭 성능 향상을 도모할 수 있다.

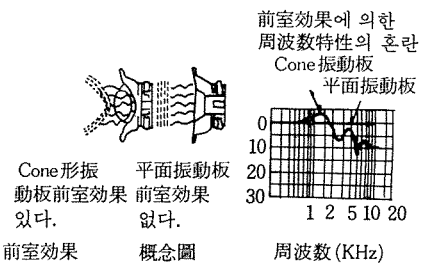

圖 6. Honeycomb Disc 振動板

3. DA Speaker의 特性

前述의 要素技術을 채용한 16cm Woofer의구조 斷面을 圖 7에 표시하였다. 이 Unit는 小型

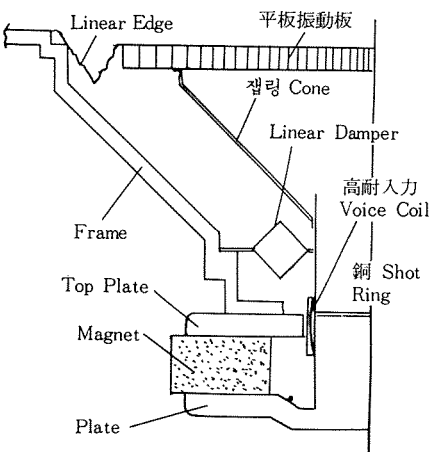

圖 7. 16cm 試作品의 구조 斷面

으로 大口径 Woofer와 같은 音質, 결국은 大口径 Woofer의 低音感을 小型 시스템으로 재생하는 것을 목표로 해서 개발하였다.

각 部에 걸쳐서, 재료면・구조면에서의 검토를 행하고, 音壓周波数 特性의 平坦化, 歪曲의 低感, Power Linearity의 향상 등 성능향상을

도모하였다.

圖 8은 音壓周波数 特性과 歪曲 特性으로 종

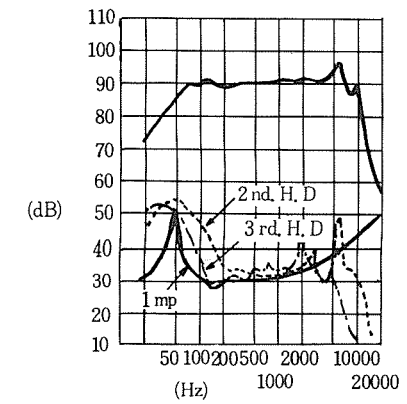

圖 8.

래의 스피커에 비해 대단히 뛰어난 特性으로 歪曲도 低感되었다.

圖 9는 大入力時의 低域(fo)에 있어서 歪曲을,

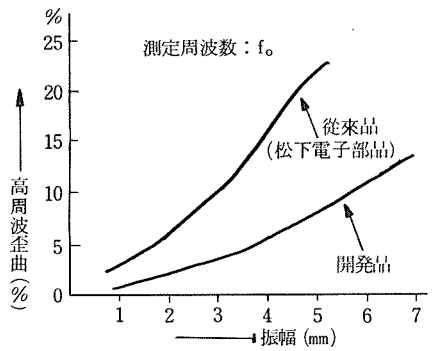

圖 9. 入力(振幅)—歪曲 特性

종래 것과 새로개발된 試作品을 비교한 것이다. 圖에서 알 수 있듯이 특히 大入力時에 優位 差가 생기고 있다.

圖10은 低域(60Hz)에서의 최대 出力 音圧 레벨의 비교를 행한 것이다. 종래품에서는 入力信号— 出力 音圧 레벨의 Linearity가 양호하지 않지만, 試作品에서는 대폭 개선되고, 종래품에 비해 최대 音壓에서 10dB가까이 향상되었다.

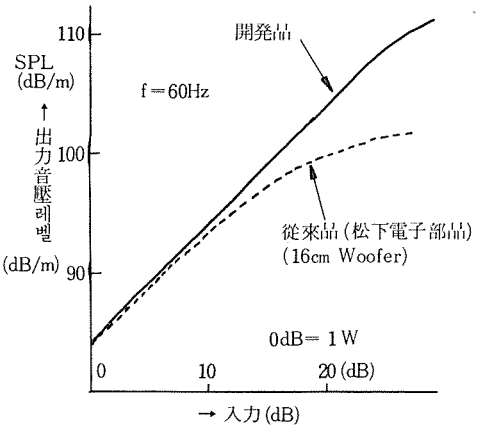

圖 10. Power Linearity의 比較

4. 將來의 DA Speaker

電気— 音響変換器의 新方式으로서 Digital Speaker (Speaker 自体에서 D/A 変換하는 Speaker)의 가능성이 각 방면에서 연구되고 있는데 특히 HiFi用으로의 実用化 展望은 아직 확립되지 않았다.

따라서 금후, 현재의 方式(Dynamic型 Speaker)는 변경되지 않고 각 部를 구성하는 要素技術의 개발에 의해 性能 향상이 추진될 것이다. 이러한 의미에서도 이번의 開発 모델이 今後 DA Speaker에 하나의 방향을 제시한 것이라고 볼 수 있다.

……〈P. 116에서 계속〉……

곳에 이용되고 있는가, 몇 개의 例를 表2에 나타냈다. (表2 생략) 光의 이용 특성을 指向性, 情報를 실은 캐리어로서의 特性 및 光 에네르기로서의 特性으로 대략적으로 分類된다. 이렇게 보면 FA에 있어서의 光 應用이라는 것은 아직 별다른 진전이 없는 것으로도 생각되지만 光커플러에 의한 스위칭 應用과 같이 알지도 못하는 사이에 아무렇지도 않게 사용되는 경우도 많다.

레이저도 단순한 光源의 하나로 그것과는 무관하게 모르는 사이에 어떤 형태로든 사용하게 되는 때가 찾아올 것이다. FA 등을 목표로 光技術도입을 企圖하는 방향으로 생각해볼 만하다.

「光技術」이라는 말은 그 表面的인 의미와는 정반대로 실제적으로는 光通信을 中心으로 출발한 때문인지 「光파이버와 그의 應用」이라는 데에 너무 지나치게 比重을 두고 있는 것으로 느껴진다. 좁은 眼目에서 벗어나 더욱 넓은 의미에서의 光應用技術이라는 방향으로 눈을 돌릴 필요가 있다.

각종 디바이스類의 活用이 가능해진 한편 데이타 処理가 용이하게 됨에 따라 実用的인 기술로서 光應用이 더욱 發展될 것이 기대되고 있다.