

전파반무향실의 특성평가에 관한 연구

김민석* · 김동일**

A Study on the Evaluation of Semi-Anechoic Chamber Characteristics

Min-seok Kim · Dong-Il Kim***

〈 목 차 〉

Abstract

1. 서론

2. 이론

2.1 시험장감쇠량

2.2 입력입퍼턴스

2.3 상호결합

3. 결과 및 고찰

3.1 시뮬레이션에 사용한 전파흡수체의 특성

3.2 수평편파

3.3 수직편파

4. 결 과

참고문헌

Abstract

Because of the result of a large use of electronic equipments, the occupation density of microwave frequency band is highly increased, and electromagnentic environment is getting more seriously bad. It is sometimes reported that electronic machines are not normally operated on account of the influence of undesired electromagnetic wave, which often gives fatal blow to even human life and thus becomes serious social problems. OATS(Open Area Test Site) is principally used to measure EMI or examine electromagnetic emission. Because of various restrictions we often build semi-anechoic chamber which has the function of OATS to measure EMI or EMS other than OATS. If the difference of the site attenuation between semi-anechoic chamber and OATS is within $\pm 3\text{dB}$, the semi-anechoic chamber is recognized as adequate facility to measure EMI or EMS. Accordingly authors evaluate and analyze site attenuation due to absorbent materials, polarization, mutual coupling effects, etc. The calculated and the measured site attenuation in semi-anechoic chamber are compared. As a result good agreement is obtained.

* 부경대학교 교수

** 한국해양대학교 교수

(※ 이 연구는 1997년도 한국과학재단 특정기초연구지원(과제번호 : 97-01-01-04-01-2)에 의한 연구결과임.)

1. 서 론

최근에 전자산업의 급속한 발전은 전기 전자제품 사용의 급증은 물론 특히 사무기기, 정보통신과 관련된 장비들이 디지털화, 초소형화, 자동화하여 사회 각 분야에 보급됨으로써 정보화 사회에 대한 시대적 요구에 부응해 나아가고 있는데 반해 이들 장비의 사용이 급증하고, 장비간에 서로 불필요한 전자파를 발생시킴으로써 전자파장해(EMI)가 사회적으로 큰 문제로 대두되고 있고, 불요 전자파에 의한 기기의 오동작으로 인하여 인명에 치명적인 영향을 미친 사례들이 많이 보고되고 있다[1,2]. 이런 문제를 해결하기 위한 방법은 우선 두 가지로 나눌 수 있는데 하나는 불요 전자파의 방출을 규제치 이하로 억제하는 방법이고 다른 하나는 장비들이 외부로부터의 불요 전자파에 의해 오동작을 일으키지 않고 정상적인 작동을 할 수 있도록 전자파 내성을 강화시키는 방법이 그것이다.

이 두 가지를 EMC(Electro-Magnetic Compatibility) 즉 전자파 양립성이라 하며, EMC 연구의 궁극적인 목표라고 할 수 있다. 국제적으로는 전기 전자기기에서 방사되는 불요 전자파를 측정하는 장소로는 외부로부터 전파의 영향을 전혀 받지 않는 야외에 설치된 야외시험장(Open Area Test Site)에서 하는 것을 원칙으로 하고 있으나 현실적으로 외부로부터 전파의 영향을 전혀받지않는 장소를 선정한다는 것은 어렵기 때문에 오픈사이트와 똑같은 성능을 가진 시험장을 실내에 만들어서 여기에서 전자파장해를 측정한다. 이 시험장을 전파암실 또는 전파반무향실이라 칭하는데 오픈사이트와 특성의 차이가 3dB이내이면 시험장으로서 만족하는 것으로 하고 있다. 따라서 본 논문에서는 전파반무향실을 만들기 전에 계산 시뮬레이션을 통하여 미리 전파반무향실의 특성을 평가해 봄으로써 더욱 좋은 성능의 전파반무향실을 만들 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

2. 이 론

2.1 시험장감쇠량

신호발생기를 접속한 송신용 다이폴 안테나를 이

용하여 측정할 송·수신 안테나 사이의 전송손실을 야외시험장의 시험장감쇠량(Site Attenuation)이라고 수직편파의 경우 시험장감쇠량

$$A = \frac{VAF_R 79.58 AF_T \sqrt{49.2}}{2Vf_M CE_{vc} \max} \dots\dots\dots (1)$$

이며, 수평편파의 경우는

$$A = \frac{VAF_R 79.58 AF_T \sqrt{49.2}}{2Vf_M CE_{Hc} \max} \dots\dots\dots (2)$$

과 같이 나타낼 수 있다[3,4].

단, V : 신호발생기의 개회로전압

f_M : 주파수(MHz)

AF_R : 수신안테나 인자

AF_T : 송신안테나 인자

$CE_{vc} \max$: 수직편파일 경우 전파반무향실의 전계강도의 최대치

$CE_{Hc} \max$: 수평편파일 경우 전파반무향실의 전계강도의 최대치

2.2 입력임피던스(Input Impedance)

길이가 1인 다이폴 안테나의 입력임피던스는

$$ZI = K_a \frac{(K_a - M) \cos \beta l + j(Z_a + jwC_t K_a^2 - jN) \sin \beta l}{(Z_a + jwC_t K_a^2 + jN) \cos \beta l + j(K_a + M) \sin \beta l} \dots\dots\dots (3)$$

과 같다[5,6].

단, $K_a = 120(\log \frac{2l}{a} - 1)$

a : 안테나 끝 부분의 반경

$$M(\beta l) = \beta \int_0^l [K_a - K(z, \rho)] \sin 2\beta z dz$$

$$N(\beta l) = \beta \int_0^l [K_a - K(z, \rho)] \cos 2\beta z dz$$

$$R_a(\beta l) = 60 \text{Cin} 2\beta l + 30(2\text{Cin} 2\beta l - \text{Cin} 4\beta l) \cos 2\beta l + 30(\text{Si} 4\beta l - 2\text{Si} 2\beta l) \sin 2\beta l$$

$$X_a(\beta l) = 60 \text{Si} 2\beta l - 30(\text{Cin} 4\beta l - \log 4) \sin 2\beta l - 30 \text{Si} 4\beta l \cos 2\beta l$$

C_t : Capacitance

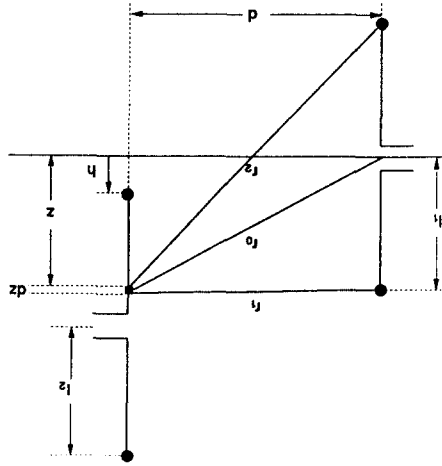


Fig. 1. Two Parallel antennas of Arbitrary Length in Echelon.

2.3 상호결합(Mutual Impedance)

접근해 있는 두 안테나는 서로 전자계에 영향을 주고 있으며 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$-\frac{V_{21}}{I_1} = Z_{21} = Z_{12} = -\frac{V_{12}}{I_2} \dots\dots\dots (4)$$

Fig. 1에서 안테나1의 전류 I_1 에 의하여 유도된 안테나2의 개방전압 V_{21} 은 가역정리에 의해서

$$V_{21} = \int \frac{1}{I_2} \left(\int_h^{l_2+h} E_{z1} I_2(z) dz + \int_{h_1}^{2l_1+h} E_{z1} I_2(z) dz \right) dz \dots\dots\dots (5)$$

로 나타낼 수 있다. 또 안테나의 전류분포는

$$I_z = I_2 \sin \beta z dz \dots\dots\dots (6)$$

와 같다.

안테나1의 전류 I_1 에 의하여 안테나2에 유도된 전장 E_{z1} 은

$$E_{z1} = 30 I_1 \left[\frac{-je^{-j\beta r_1}}{r_1} + \frac{-je^{-j\beta r_2}}{r_2} + 2j\cos\beta l_1 \frac{e^{-j\beta r_0}}{r_0} \right] \dots\dots\dots (7)$$

와 같다. 식(5)~(7)을 식(4)에 대입하여 정리하면

$$Z_{12} = -30 \left[\int_h^{l_2+h} \sin\beta(z-h) + \int_{l_1+h}^{2l_1+h} \sin\beta(2l_1+h-z) \left(\frac{-je^{-j\beta r_1}}{r_1} + \frac{-je^{-j\beta r_2}}{r_2} + \frac{2j\cos\beta l_1 e^{-j\beta r_0}}{r_0} \right) dz \right] \dots\dots\dots (8)$$

과 같다[7,8].

$$\begin{aligned} \text{단, } r_0 &= \sqrt{d^2 + z^2} \\ r_1 &= \sqrt{d^2 + (l_1 - z)^2} \\ r_2 &= \sqrt{d^2 + (l_1 + z)^2} \end{aligned}$$

3. 결과 및 고찰

3.1 시뮬레이션에 사용한 전파흡수체의 특성

전파가 전파흡수체에 사입사할 경우의 특성을 전파흡수체의 종류와 전파의 mode 별로 구분하여 그리드형에서 TM mode의 경우 Fig. 2, TE mode의 경우에 Fig. 3에 나타내었고, 타일형에서 TM mode의 경우 Fig. 4, TE mode의 경우 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 2에서 주파수가 높아짐에 따라 반사 감쇠량이 최대가 되는 주파수가 570MHz이었으며, 570MHz를 정점으로 주파수가 높아짐에 따라 반사 감쇠량도 작아지기 시작하였다. TE mode의 경우를 나타낸 Fig. 3에서 주파수가 같을 경우 입사각이 작을수록 반사 감쇠량이 큰 것으로 나타났다.

타일형이고 전파의 모드가 TM인 경우를 나타낸 Fig. 4에서 입사각도가 20도에서 입사할 경우 반사 감쇠량이 가장 컸으며, 반사감쇠량의 변화가 그리드형의 TM mode와 비슷한 경향을 나타내었다. 또 타일형이고 TE mode인 경우를 나타낸 Fig. 5에서 입사각도가 작을수록 반사 감쇠량은 크게 나타났다. 주파수가 높을수록 반사 감쇠량은 작아져서 그리드형의 TE mode 와 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 전파가 전파흡수체에 비스듬하게 입사할 경우 30MHz부터 1000MHz까지 전주파수

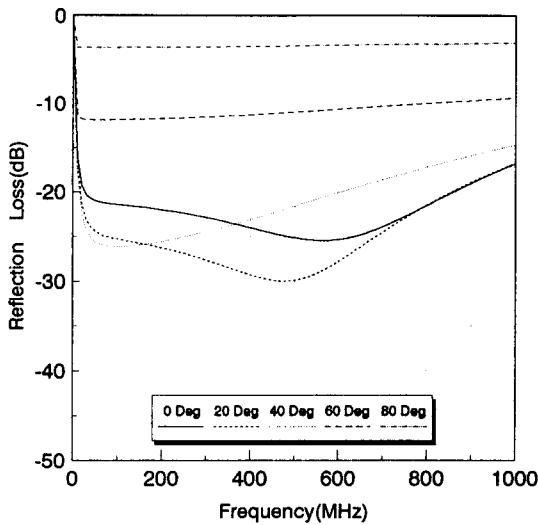


Fig. 2. Reflectivity Characteristics by TM Mode for Ferrite Grid

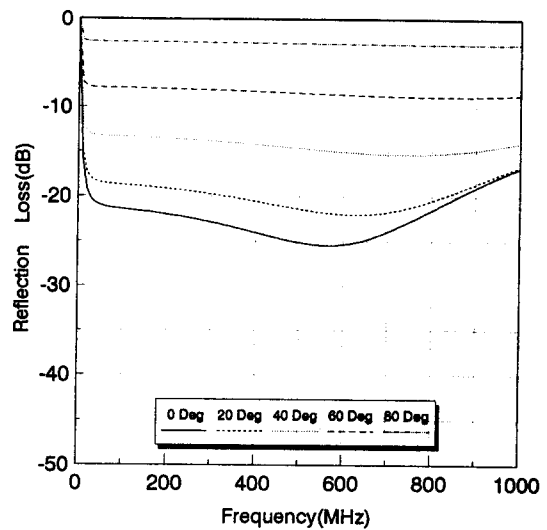


Fig. 3. Reflectivity Characteristics by TE Mode for Ferrite Grid

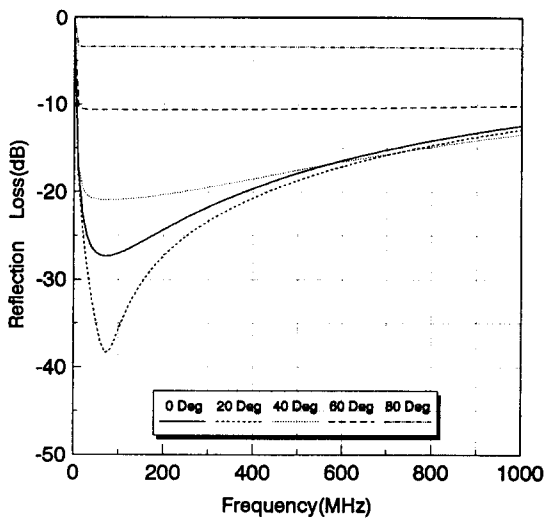


Fig. 4. Reflectivity Characteristics by TM Mode for Ferrite Tile.

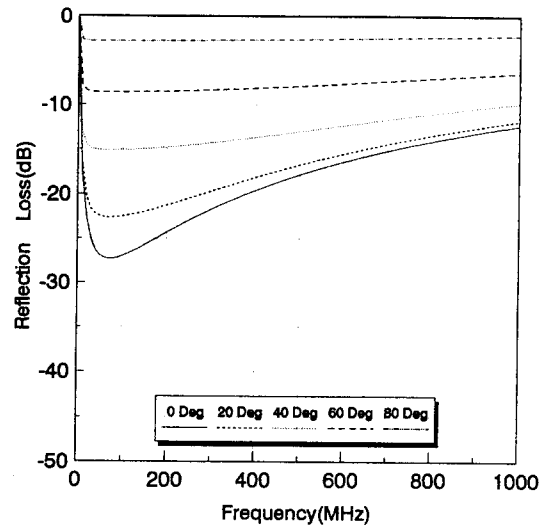


Fig. 5. Reflectivity Characteristics by TE Mode for Ferrite Tile.

의 범위에 걸쳐서 반사 감쇠량이 변화하는 모양은 전파흡수체의 종류가 달라도 전파 mode가 같을 경우 반사 감쇠량의 변화하는 모양도 서로 비슷함을 알 수 있다[9,10].

3.2 수평편파

3.2.1 전파흡수재료에 따른 시험장감쇠량의 변화

전파반무향실에 타일형과 그리드형의 전파흡수체를 사용했을 경우의 시험장감쇠량과 오픈사이트에 있어서 시험장감쇠량을 계산 시뮬레이션을 한 결과를 각각 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 6에서 30MHz에서부터 100MHz까지 오픈사이트와 타일형 전파반무향실에 있어서 감쇠량 차이의 평균치는 0.96dB로 30MHz부터 1000MHz까지

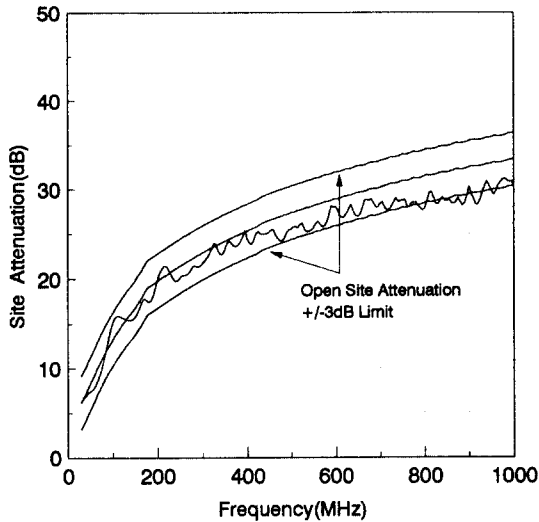


Fig. 6. Horizontal Site Attenuation for Semi-Anechoic Chamber with Ferrite Tile.

감쇠량 차이의 평균치 1.76dB의 약 절반 정도로 그 차이가 작게 나타났다. 또 30MHz부터 700MHz까지 100MHz 오픈사이트와 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 이내의 범위이었으나 765MHz부터 그 차이가 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어나기 시작하였다.

한편 그리드형의 경우를 나타낸 Fig. 7에서 30MHz부터 100MHz까지 이들 차이의 평균치는 1.54dB로 30MHz부터 1000MHz까지 전체 평균치인 1.23dB보다 0.31dB 높게 나타났다. 30MHz부터 1000MHz까지 전 주파수의 범위에 걸쳐서 오픈사이트와 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 이내의 범위에 있었다. 또 100MHz이하의 낮은 주파수에서는 타일형의 전파흡수체를 사용하여 만든 전파반무향실에서 전파의 전파가 오픈사이트에 있어서 전파의 전파에 가까웠으나 그 사용 상한 주파수의 범위는 대략 760MHz 정도이었다. 이와같이 타일형의 경우 사용 가능 상한 주파수 대역이 그리드형에 비하여 좁은 것은 전파흡수체로서 성능을 발휘할 수 있는 -20dB 의 반사감쇠량을 가지는 상한 주파수가 370MHz로 그리드형에 비하여 좁기 때문이다.

따라서 100MHz 이하의 낮은 주파수에서는 그리

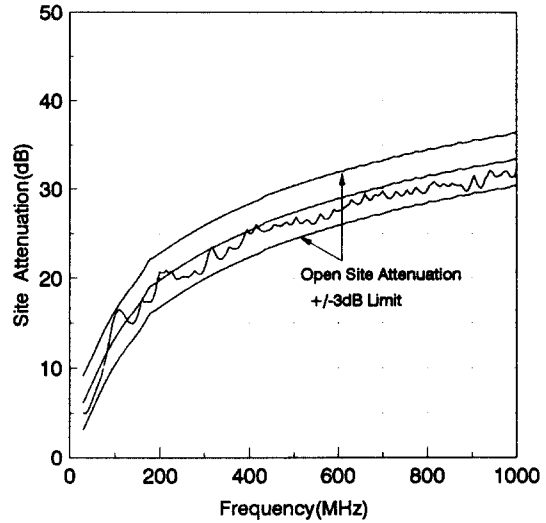


Fig. 7. Horizontal Site Attenuation for Semi-Anechoic Chamber with Ferrite Grid.

드형의 전파흡수체보다 타일형의 전파흡수체가 성능이 좋았으나 그 사용 상한 주파수의 범위는 대략 760MHz 정도 이었고, 그 이상의 주파수에서는 그리드형의 전파흡수체를 사용해야 함을 알 수 있다.

3.2.2 시험장감쇠량의 계산치와 실측치의 비교

전파반무향실에 그리드형의 전파흡수체를 사용했을 경우 계산 시뮬레이션에 의한 시험장감쇠량과 실제로 그리드형의 전파흡수체를 사용하여 만든 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 실측치[11]를 Fig. 8에 나타내었다. Fig. 8에서 주파수가 30MHz에서 50MHz까지 계산치와 실측치의 차이는 각각 6.7, 6.8, 6.5, 5.7 4.7dB로, 50MHz 이하의 주파수에서는 계산치와 실측치의 차이가 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났다. 60MHz부터 100MHz까지 10MHz 간격으로 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 계산치와 실측치의 차이는 각각 3.4, 1.8, 0.5, 2.0, 3.4dB로 60MHz와 100MHz에서도 계산치와 실측치의 차이가 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났다.

또 125MHz부터 1000MHz까지 실측치와 계산치의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 만족하고 있다. 이와같이 100MHz 이하에서 시험장감쇠량의 계산치와 실측치의 차이가 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어나 큰 차이를 보인 것은 주파수가 낮을 경우 파장에 비하여

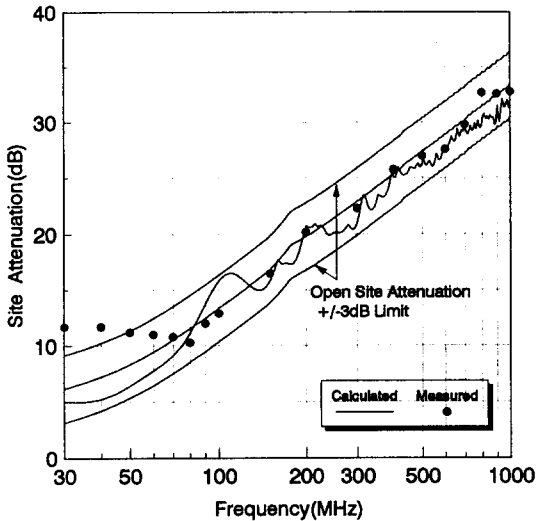


Fig. 8. Comparison of Horizontal Site Attenuation, Calculated and Measured.

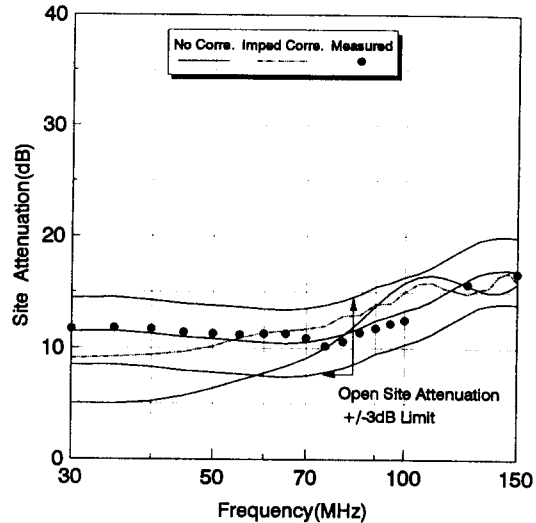


Fig. 9. Comparison of Horizontal Site Attenuation with Mutual Impedance Correction or Not.

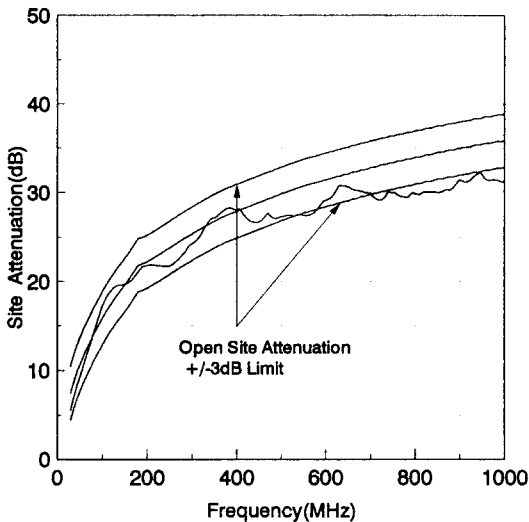


Fig. 10. Vertical Site Attenuation for Semi-Anechoic Chamber with Ferrite Tile.

전파반무향실의 크기가 작아서 충분한 감쇠가 이루어지지 않고 반사파의 영향이 크게 작용하며 안테나 사이의 결합을 고려하지 않았기 때문이라 생각된다.

3.2.3 상호결합을 고려한 시험장감쇠량
두 안테나 사이의 상호결합이 다른 주파수의 경

우에 비하여 비교적 크게 작용하는 150MHz 이하의 낮은 주파수의 범위에서 시험장감쇠량의 계산치와 실측치 그리고 송·수신 안테나 사이의 상호결합효과를 고려했을 경우 계산 시뮬레이션한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. Fig. 9에서 안테나 사이의 상호결합을 고려하지 않았을 경우 30MHz부터 100MHz까지 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 계산치와 실측치의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났다. 그러나 안테나 사이의 상호결합을 고려했을 경우 계산치와 실측치의 차이가 모두 $\pm 3\text{dB}$ 이내에 있었다.

따라서 전파반무향실에서 100MHz 이하의 낮은 주파수의 시험장감쇠량을 계산할 때 상호결합효과를 고려함으로써 실측치에 가까운 이론치를 구할 수 있었다.

3.3 수직편파

3.3.1 전파흡수재료에 따른 시험장감쇠량의 변화
전파흡수체의 종류에 따른 시험장감쇠량의 변화를 구하기 위해 계산 시뮬레이션을 하여 그 결과를 타일형의 경우를 Fig. 10에, 그리드형 경우를 Fig. 11에 나타내었다.

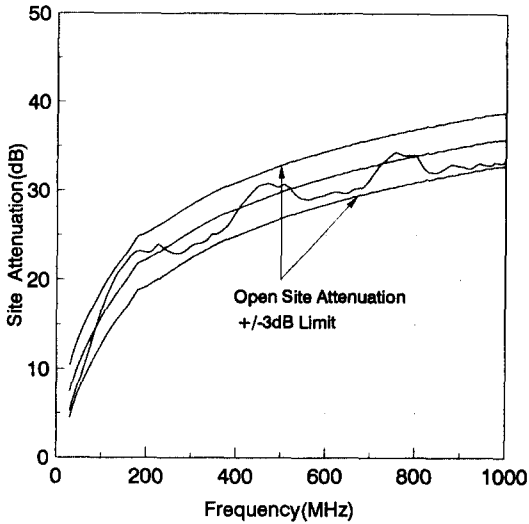


Fig. 11. Vertical Site Attenuation for Semi-Anechoic Chamber with Ferrite Grid.

Fig. 10에서 주파수가 30MHz에서 부터 100 MHz까지 전파반무향실과 오픈사이트에서 시험장 감쇠량의 차이의 평균치는 1.07dB로, 30MHz부터 1000MHz까지 오픈사이트와 전파반무향실에서 시험장감쇠량 차이의 평균치 2.25dB보다 1.18dB 작게 나타났다. 그러나 같은 주파수의 범위에서 그리드 형을 사용했을 경우 그 차이의 평균치는 1.35dB로 100MHz 이하의 낮은 주파수에서는 타일형을 사용하는 것이 오픈사이트에 있어서의 시험장감쇠량에 가깝다는 것을 알 수 있다. 또 100MHz부터 500MHz까지 오픈사이트와 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 차이가 모두 $\pm 3\text{dB}$ 이내의 범위에 있었으나, 510MHz부터 그 차이가 $\pm 3\text{dB}$ 를 벗어나고 있어서 타일형의 경우 사용할 수 있는 주파수의 범위는 대략 500MHz 정도 이었다.

그리드형의 경우를 나타낸 Fig. 11에서 30MHz 부터 1000MHz까지 오픈사이트에 있어서 시험장감쇠량과 전파반무향실에서 감쇠량과의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 이내의 범위에 있었다. 한편, 전 주파수의 범위에 걸쳐서 전파반무향실과 오픈사이트에 있어서 감쇠량의 차이는 평균 1.48dB이었으나, 830MHz부터 1000MHz 사이에 있어서 감쇠량 차이의 평균치는 2.29dB로 전체 평균치 보다도 0.8dB 높았다. 따

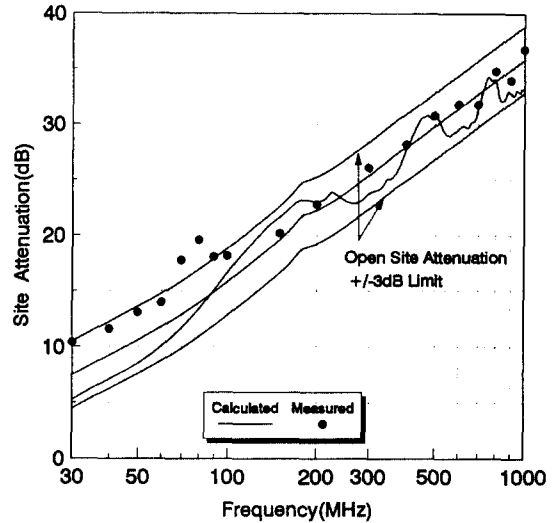


Fig. 12. Comparison of Vertical Site Attenuation, Calculated and Measured.

라서 전파반무향실에서 타일형의 사용주파수의 대역폭은 500MHz정도이며, 이상의 높은 주파수에서는 그리드형을 사용해야 하며, 그리드형의 경우 1000MHz까지 사용은 가능하나, 더욱 좋은 성능의 전파반무향실을 만들려면 800MHz 이상의 높은 주파수에서는 광대역형 전파흡수체를 사용해야 함을 알 수 있다.

3.3.2 시험장감쇠량의 계산치와 실측치의 비교

전파반무향실에서 그리드형의 전파흡수체를 사용했을때 주파수 변화에 따르는 시험장감쇠량을 계산 시뮬레이션한 결과와 실제로 그리드형의 전파흡수체를 사용하여 만든 전파반무향실에서 시험장감쇠량을 측정하여 얻은 결과[11]를 Fig. 12에 나타내었다.

Fig. 12에서 100MHz에서 1000MHz까지 계산치와 실측치와의 차이는 1000MHz를 제외한 전 주파수 범위에서 계산치와 실측치의 차이가 $\pm 3\text{dB}$ 이내에 있었으나 30MHz부터 90MHz까지 계산치와 실측치의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났다. 이처럼 수평편파에서와 같이 수직편파의 경우도 100MHz 이하의 전주파수에 걸쳐서 계산치와 실측치의 차이가 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어나고 있는 것은 송·수신 안테나 사이의 상호결합을 고

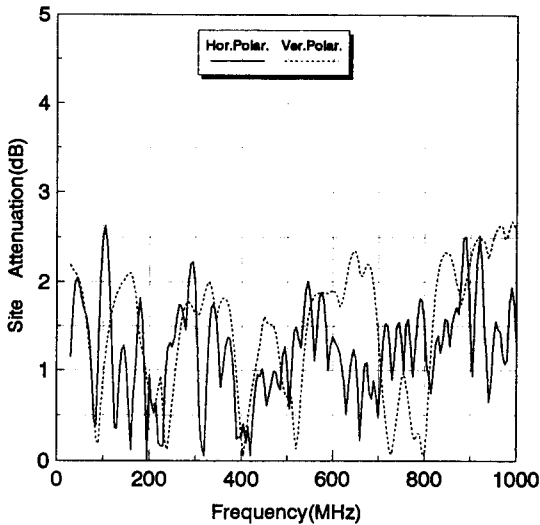


Fig. 13. Comparison of Site Attenuation for Ferrite Grid by Horizontal and Vertical Polarization.

려하지 않았기 때문이라 생각된다

3.3.3 수평편파에 대한 시험장감쇠량과의 비교

전파반무향실에서 같은 종류의 전파흡수체를 사용하였을 때 수평편파와 수직편파에 따라서 시험장감쇠량이 변화하는 모양을 그리드형의 경우를 Fig. 13에 타일형의 경우를 Fig. 14에 나타내었다.

Fig. 13에서 수평편파의 경우 30MHz부터 1000MHz까지 전파반무향실과 오픈사이트의 시험장감쇠량의 차이는 평균 1.23dB이었고, 30MHz부터 100MHz까지 10MHz 간격으로 오픈사이트와 전파반무향실에서 시험장감쇠량의 차이의 평균치는 1.54dB로, 전체평균치 1.23dB보다 1.31dB 낮았으며, 800MHz부터 1000MHz까지 20MHz 간격으로 그 평균치는 1.58dB이었고 전체 평균치 1.23dB보다 0.35dB 높았다. 수직편파의 경우 30MHz부터 1000MHz까지 차이의 평균치는 1.48dB로 수평편파의 경우보다 0.25dB 높았다. 30MHz에서 60MHz까지 평균치는 2.04dB로 전체 평균치 1.48dB보다 0.56dB 높았고, 800MHz에서 1000MHz까지 20MHz 간격으로 오픈사이트와 시험장감쇠량의 차이의 평균치는 2.14dB로 전체 평균치 1.48dB보다 0.66dB 높게 나타났다.

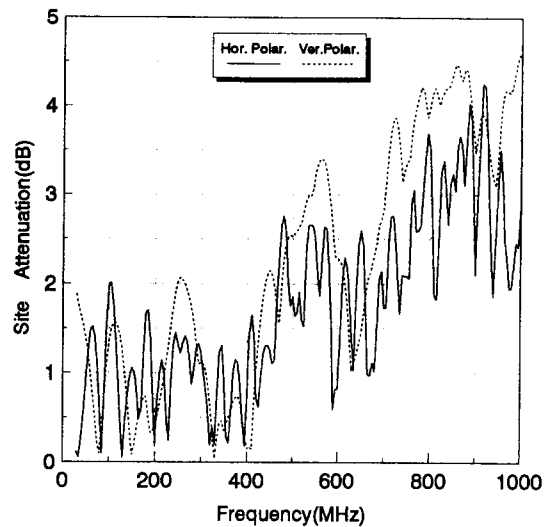


Fig. 14. Comparison of Site Attenuation for Ferrite Tile by Horizontal and Vertical Polarization.

한편 타일형을 사용한 Fig. 14에서 수평편파의 경우 30MHz부터 1000MHz까지 전파반무향실과 오픈사이트의 시험장감쇠량 차이는 평균 1.77dB이었고, 30MHz부터 60MHz까지 평균치는 0.69dB로 전체 평균치보다 1.08dB 작게 나타났다. 또 오픈사이트와 전파반무향실의 시험장감쇠량 차이가 ± 3 dB가 넘기 시작하는 주파수는 765MHz이었다. 수직편파의 경우 30MHz부터 1000MHz까지 전파반무향실과 오픈사이트의 시험장감쇠량 차이의 평균치는 2.25dB로 수평편파의 경우보다 0.48dB 높았으며, 30MHz부터 60MHz까지 차이의 평균치는 1.48dB로 전체평균치 2.25dB보다 0.77dB 작았다. 전파반무향실과 오픈사이트의 시험장감쇠량의 차이가 ± 3 dB를 벗어나기 시작하는 주파수는 530MHz로 수평편파의 경우보다도 훨씬 낮아서 수직편파의 경우 전파반무향실에서 사용할 수 있는 주파수의 대역폭이 수평편파의 경우에 비하여 매우 좁았다. 또 전파반무향실에서 같은 종류의 전파흡수체를 사용할 경우라도 수직편파의 경우가 수평편파보다도 오픈사이트와 전파반무향실과의 시험장감쇠량 차이가 크게 나타남을 알 수 있다. 이처럼 같은 종류의 전파흡수체를 사용했을 때 수평편파의 경우 보다도 수직편파의 경우 감쇠량 차이가 큰것은 수직편파의 경우

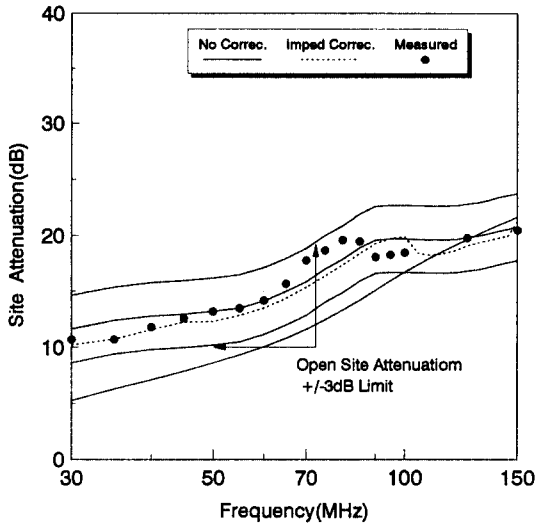


Fig. 15. Comparison of Vertical Site Attenuation with Mutual Impedance Correction or Not.

측정용 안테나는 지면과 수직방향으로 설치되고 수신 안테나로부터 연결된 동축선을 비롯한 여러가지의 전파 장애물과 수신 안테나 사이에 상호결합현상이 수평편파의 경우에 비하여 더욱 크게 나타나기 때문이라 생각된다.

3.3.4 상호결합을 고려한 시험장감쇠량

전파반무향실에서 송·수신 안테나 사이에 상호결합효과를 고려하지 않았을 경우와 고려했을 경우 시험장감쇠량을 계산 시뮬레이션을 한 결과와 실제로 그리드형의 전파흡수체를 사용하여 만든 전파반무향실에서 시험장감쇠량을 측정하여 구한 실측치를 Fig. 15에 나타내었다. Fig. 15에서 30MHz부터 95MHz까지 계산치와 실측치와의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났다. 100MHz부터 150MHz까지 25MHz 간격으로 시험장감쇠량의 계산치는 16.7, 19.7, 21.7dB이고 실측치는 18.5, 19.8, 20.5dB로 계산치와 실측치의 차이는 각각 1.8, 0.1, 1.2dB로 안테나 사이의 상호결합을 고려하지 않았을 경우 30MHz부터 90MHz까지 계산치와 실측치의 차이가 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났다. 그런데 안테나 사이의 상호결합을 고려했을 경우 30MHz부터 5MHz 간격으로 60MHz까지 계산치와 실측치

와의 차이는 모두 $\pm 3\text{dB}$ 이내의 범위에 있었다.

따라서 전파반무향실에서 100MHz 이하의 주파수에서 시험장감쇠량을 계산할 때 수평편파의 경우와 마찬가지로 수직편파의 경우도 상호결합효과를 고려함으로써 실측치에 가까운 계산치를 구할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 결 론

전자파장애와 관련된 여러 가지 검사나 시험을 하는 야외시험장의 대응시험장으로서 전파반무향실의 성능 평가방법에 관하여 연구한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 송·수신 안테나 사이의 거리가 3m이고 반무향실의 치수가 $6 \times 8.7 \times 5.1(\text{m})$ 인 전파반무향실에서 100MHz이상의 주파수대에서는 타일형의 전파반무향실의 사용 가능 상한주파수는 수평편파의 경우 700MHz, 수직편파의 경우 500MHz 정도이었으며, 그리드형 전파반무향실은 사용 가능 상한주파수가 1000MHz정도이었다.
2. 그리드형 전파반무향실에서 송·수신 안테나 사이의 상호결합을 고려하지 않으면 수평·수직편파인 경우 30MHz부터 100MHz까지의 주파수대에서 계산치와 실측치의 차이가 모두 $\pm 3\text{dB}$ 의 범위를 벗어났으나 송·수신 안테나 간의 상호결합을 고려함으로써 30MHz~100MHz의 주파수대에서 시험장감쇠량의 계산치는 실측치와의 차이가 모두 허용치인 $\pm 3\text{dB}$ 이내임을 확인하였다.
3. 따라서, 송·수신 안테나간의 상호결합을 고려한 본 논문에서 제안한 전파반 무향실의 평가 방법은 편파에 관계없이 유효함을 입증하였으며, 이 결과는 전 파반무향실의 설계 및 성능평가 단계에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) 김동일, 전상엽, "EMI/EMC 대책용 광대역화 전파흡수체의 개발에 관한 연구", 한국항해학

- 회지 제15권 제4호, pp.13~26, 1991. 12
- 2) 長谷川伸, 杉浦行, 剛村滿春夫, 黒沼弘, 電磁波障害, pp.136-179, 産業圖書, 1991
 - 3) A.A.Smith, "Calculation of Site Attenuation from Antenna Factors", IEEE Trans. EMC-24, 3, pp.301-316, Aug.1982
 - 4) J.David Gavenda, "Near-Field Corrections to Site Attenuation", IEEE Trans. on EMC, Vol.36, No.3, pp.213-220, Aug. 1994
 - 5) Sergei A.Schelkunoff, Antennas Theory and Practice, pp.403-434, New York : willey,1952
 - 6) Howard E.King, "Mutual Impedance of UnequalLength Antennas in Echolen", IRE Transactions on Antennas and Propagation, pp.306-313, July, 1956
 - 7) John.D.Kraus, Antennas, pp.251-278, McGraw Hill Book Company, 1950
 - 8) Constantine A.Balanis, Antenna Theory Analysis and Design, pp.283-303, Happer & Low Publishers, New York 1982
 - 9) Yoshiyuki Naito, Tetsuya Mizumoto, Hiroki Anzai, Michiharu Takahashi, "Anechoic Chamber Fitted with Ferrite Grid or Ferrite Multi-Layer Electromagnetic Wave Absorbers", Int'l Symposium on EMC, pp.239-234, Sep. 13-16, 1994
 - 10) 김동일, 정세모, 전상엽, "초광대역 특성을 가지는 Ferrite 전파흡수체의 설계법", 한국항해학회지, 제18권 제2호, pp.151-158, 1994. 5
 - 11) "Measured Technical Data Exhibiting Anechoic Chamber Lined by 'TOYO' FFG-1000 Ferrite Grid Absorber", Toyo Corporation, Japan, 1991