

# 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나에 대한 시험장 감쇠량 이론 곡선

## Theoretical Curve of Classical Site Attenuation for Forced Resonant Type EMI Dipole Antennas

주 창 현 · 박 은 정 · 김 기 채

Chang-Hyun Ju · Eun-Jung Park · Ki-Chai Kim

### 요 약

본 논문은 80 MHz 이하의 주파수 대역에서 사용하기 위해 제안된 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나에 대한 시험장 감쇠량 이론 곡선을 계산하고 있다. 이론 해석으로서는 안테나에 흐르는 전류 분포에 관한 연립 적분 방정식을 유도하고 구분 정현 함수를 사용한 Galerkin의 모멘트 법으로 그 해를 구하여 시험장 감쇠량을 검토하고 있다. 그 결과, 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나는 80 MHz 이하 주파수 대역의 수평 편파 시험장 감쇠량 측정에 유용하게 사용할 수 있음을 확인할 수 있었다. 제시된 시험장 감쇠량 이론치는 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하여 야외 시험장의 적합성을 평가할 때 기준 이론 곡선으로 활용할 수 있다.

### Abstract

This paper presents the classical site attenuation characteristics of a forced resonant electromagnetic interference (EMI) dipole antenna for frequencies below 80 MHz. The coupled integral equations for unknown current distribution are solved by the Galerkin's method of moments with piecewise sinusoidal functions. The results show that the forced resonant type EMI dipole antenna for frequencies below 80 MHz can be used effectively for measuring the classical site attenuation of horizontal polarization. The theoretical site attenuation curves presented can be used as reference curves for evaluating the performance of an open area test site.

Key words : EMI Antennas, Forced Resonance, Classical Site Attenuation

### I. 서 론

방사성 장애 전자파의 측정에 사용하는 야외 시험장(OATS: Open Area Test Site)의 적합성 평가에는 적합성 평가 파라미터로서 시험장 감쇠량(CSA: Classical or Conventional Site Attenuation)이 이용되며, 측정 자동화를 위해 광대역 안테나의 사용에 적합한 정규화 시험장 감쇠량(NSA: Normalized Site Attenuation)의 개념도 제안되었다<sup>[1],[2]</sup>.

80 MHz 이하의 주파수 대역에서는 안테나의 물리적 크기가 커지므로 80 MHz에 공진하는 안테나를 사용하여 30~80 MHz의 주파수 대역에 대한 적합성 평가를 실시하도록 하고 있다. 그러나, 80 MHz에 공진하는 안테나는 80 MHz 이하의 주파수 대역에 대해서는 소형 안테나가 되므로 감도 특성이 나쁘다는 단점이 있다. 감도 특성이 좋은 안테나를 사용하고 자 하면 반파장 공진 다이폴 안테나가 적합한데, 이 경우에는 낮은 주파수 대역인 80 MHz 이하의 주파

「본 연구는 대학 IT연구센터인 충남대학교 전파환경기술연구센터의 지원으로 수행되었음.」

영남대학교 전자정보공학부(School of Electrical Engineering and Computer Science, Yeungnam University)

· 논문 번호 : 20050202-013

· 수정완료일자 : 2005년 6월 2일

수 대역에서는 안테나의 물리적 길이가 길어지므로 (예를 들면, 30 MHz에서 반파장 길이는 5 m가 됨) 수평 편파로 사용하는 경우에는 안테나의 끝단이 쳐지고 수직 편파인 경우에는 휘어짐이 발생하여 측정 오차의 원인이 됨과 동시에 취급의 불편함이 있었다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 80 MHz 이하의 주파수 대역에서 방사성 장해 전자파의 측정용으로 사용할 수 있는 소형이면서 감도 특성이 좋은 강제 공진형의 EMI 다이폴 안테나가 제안되었다<sup>[3]</sup>. 이러한 강제 공진형의 EMI 다이폴 안테나를 사용한 정규화 시험장 감쇠량 NSA의 기준 이론 곡선은 참고 문헌 [4]에서 검토되었다.

본 논문에서는 80 MHz 이하의 주파수 대역에서 방사성 장해 전자파의 측정에 사용하기 위해 제안된 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나<sup>[5]</sup>를 야외시험장의 적합성 평가에 사용할 경우, 적합성 평가에 적용할 수 있는 시험장 감쇠량의 기준 이론 곡선을 모멘트 법으로 계산한 결과를 제시하였다. 이론 해석 방법 으로서는, 야외 시험장 위에 강제 공진형 EMI 다이 폴 안테나를 송신 및 수신 안테나로 설치하였을 때, 각 안테나에 흐르는 전류 분포에 관한 연립 적분 방정식을 유도하고, 그 해를 모멘트 법<sup>[6]</sup>으로 구하여 정규화 시험장 감쇠량을 계산하고 있다. 그 결과, 80 MHz 이하의 주파수 대역에서 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용하는 대신, 소형인 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하면 소형이므로 안테나의 취급이 간편할 뿐만 아니라 측정 오차도 줄일 수 있으며, 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용하는 경우와 거의 동일한 감도 특성을 갖는 CSA 측정계를 구성 할 수 있음을 확인할 수 있었다.

## II. CSA 측정계의 이론 해석

그림 1은 야외시험장의 시험장 감쇠량을 측정하기 위한 측정계를 나타낸다. 무한히 넓은 완전 도체 평판 위에 반경이  $a$ 인 송신 안테나(#1) 및 수신 안테나(#2)가 각각, 높이  $h_1$  및  $h_2$ 의 위치에 간격  $d$ 로 설치 되어 있다. 단, 송신 및 수신 안테나는 30~80 MHz 대역에서는 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나<sup>[3]</sup>를 사용하고, 90~1,000 MHz 대역에서는 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용한다. 송신 안테나 #1에는 신호

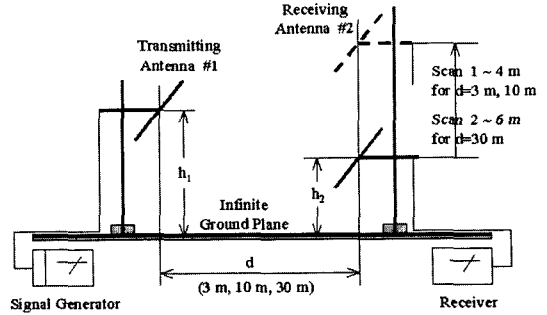


그림 1. 야외시험장의 시험장 감쇠량 측정계  
Fig. 1. Site attenuation measurement system of an open area test site.

발생기로부터 전압  $V$ 가 급전되고, 수신 안테나 #2에는 내부 저항이  $R_L$ 인 수신기가 부하  $Z_L (= R_L + j0)$ 로 접속되어 있다.

그림 1에서 시험장 감쇠량은 송신 안테나 #1으로부터 방사되는 전력의 시험장 전송 손실로서 정의되며 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$C_{SA} = \frac{P_t}{P_r} = \frac{Re(Z_m) |I_1|^2}{Re(Z_L) |I_2|^2} \quad (1)$$

여기서,  $P_t$ 는 송신 안테나 #1에서 방사되는 방사전력,  $P_r$ 은 수신 안테나 #2에서 수신되는 수신 전력을 나타내며,  $Z_m$ 은 수신 안테나 #2에 부하  $Z_L$ 이 접속되었을 때의 송신 안테나 #1의 입력 임피던스,  $I_1$ 은 송신 안테나 #1의 단자 전류,  $I_2$ 는 수신 안테나 #2의 단자 전류를 나타낸다.  $Re$ 는 복소수  $\{*\}$ 의 실수부를 나타낸다.

식 (1)의 시험장 감쇠량을 구하기 위해서는 안테나의 입력 임피던스를 계산하여야 한다. 본 논문에서는 그림 1의 CSA 측정계에서 송, 수신 안테나 #1, #2에 흐르는 전류 분포를 구하여 입력 임피던스를 계산한다.

그림 1의 송신 안테나 #1 및 수신 안테나 #2에 흐르는 전류 분포에 관한 적분 방정식은 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint_{S_1} [\bar{K}_{11}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \mp \bar{K}_{13}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \bar{J}_1(\mathbf{r}') dS_1' \\ & + \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \iint_{S_2} [\bar{K}_{12}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \mp \bar{K}_{14}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \bar{J}_2(\mathbf{r}') dS_2' \\ & = -V\delta(\mathbf{x}) \hat{x} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int_{S_1} [\bar{K}_{21}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \mp \bar{K}_{23}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \bar{J}_1(\mathbf{r}') dS_1 \\ & + \frac{1}{j\omega\epsilon_0} \int_{S_2} [\bar{K}_{22}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \mp \bar{K}_{24}(\mathbf{r}, \mathbf{r}')] \cdot \bar{J}_2(\mathbf{r}') dS_2 \\ & = Z_L I_2(0) \delta(x) \hat{x} \end{aligned} \quad (3)$$

여기서,  $\hat{x}$ 는  $x$ 방향의 단위 벡터,  $\epsilon_0$ 는 진공의 유전율,  $\omega$ 는 각 주파수이고,  $S_1$  및  $S_2$ 는 각각 송신 안테나 #1 및 수신 안테나 #2의 표면이다. 또한,  $\mathbf{r}$  및  $\mathbf{r}'$ 는 각각 관측점 및 파원점의 위치 벡터이고,  $\delta(x)$ 는 Dirac의 델타 함수이다. 연립 적분방정식 식 (2), 식 (3)에서 복호의 마이너스 부호(-)는 수평 편파인 경우, 플러스 부호(+)는 수직 편파인 경우이다.

위의 연립 적분방정식에서 적분핵  $\bar{K}_{ij}(i, j=1, 2, 3, 4)$ 는 자유공간에 놓여진 전류원이 전계를 생성하는 dyadic Green 함수이며 다음 식으로 주어진다.

$$\bar{K}_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = (\bar{I} k_0^2 + \nabla \nabla) \cdot \bar{G}_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') \quad (4)$$

$$\bar{G}_{ij}(\mathbf{r}, \mathbf{r}') = \bar{I} \frac{e^{-jk_0 R_{ij}}}{4\pi R_{ij}} \quad (5)$$

여기서,  $\bar{I}$ 는 단위 dyadic,  $R_{ij}$ 는 파원과 관측점 사이의 거리이며  $k_0 = \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$ 이다. 식 (4)와 식 (5)에서 아래첨자  $i, j=1, 2, 3, 4$ 는 안테나 #1, #2, #3, #4를 나타내며, #3 및 #4는 각각, 송신 안테나 #1 및 수신 안테나 #2의 영상 안테나를 나타낸다.

전류 분포에 관한 연립 적분방정식 식 (2), 식 (3)의 해는 모멘트 법<sup>[5]</sup>을 사용하여 구한다. 먼저 전류 분포를 기저의 함수  $F_m$  및  $F_n$ 으로 다음과 같이 전개한다.

$$J_1 = \sum_{m=1}^M I_m F_m \quad (6)$$

$$J_2 = \sum_{n=1}^N I_n F_n \quad (7)$$

여기서,  $I_m$  및  $I_n$ 은 구해야 할 전류 분포의 복소 전개 계수이다. 식 (6), 식 (7)을 연립 적분 방정식 식 (2), 식 (3)에 대입하고 Galerkin의 방법을 적용하면 식 (2), 식 (3)은 다음과 같은 연립 일차 방정식으로 변환된다.

$$\sum_{m=1}^M I_m Z_{m'm} + \sum_{n=1}^N I_n Z_{m'n} = V_{m'} \quad (8)$$

$$\sum_{m=1}^M I_m Z_{n'm} + \sum_{n=1}^N I_n Z_{n'n} = V_n \quad (9)$$

여기서,  $Z_{m'm}$  및  $V_{m'}$  등은 각각 일반화 임피던스 및 전압이며 구체적인 표현식은 생략한다. 식 (6), 식 (7)

에서 전개함수는 구분정현함수(piecewise sinusoidal function)를 사용하였으며, 전개함수는 입력 임피던스의 수렴을 확인하여  $M, N=29$ 를 선택하였다.

이상과 같이 모멘트 법으로 정식화한 결과식을 이용하여 안테나에 흐르는 전류 분포를 구해 시험장 감쇠량을 계산한다.

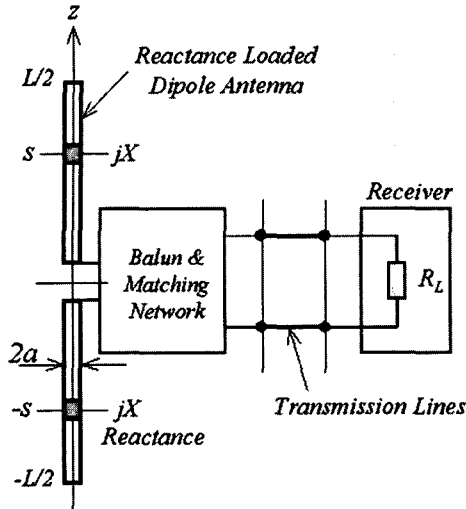
### III. 시험장 감쇠량의 계산 결과

시험장 감쇠량을 계산하기 위해서는 그림 1에 나타낸 송, 수신 안테나 #1, #2의 제원을 결정해야 한다. 30~80 MHz의 주파수 대역에서 사용하기 위해 소형 안테나로 제안된 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나<sup>[3]</sup>의 제원과 구조는 표 1 및 그림 2와 같다. 그림 2에 나타낸 것처럼, 길이가  $L$ 인 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나는 정합을 취하기 위해  $s$ 의 위치에 길이  $l$ 의 리액턴스(특성 임피던스  $Z_0$ , 파수  $k$ )를 장하한 구조이며 안테나에 대한 구체적인 내용은 참고문헌 [3]을 참조하기 바란다.

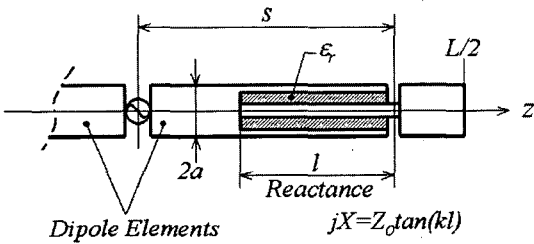
본 논문에서는 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용했을 경우의 시험장 감쇠량과 비교하기 위해 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용하였을 경우의 시험장 감쇠량도 함께 나타내었다. 시험장 감쇠량의 비교를 위해 30~1,000 MHz의 주파수 대역에서 사용한 반파장 공진 다이폴 안테나의 제원은 표 2와 같

표 1. 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나의 제원  
Table 1. Specifications of forced resonant type EMI dipole antennas.

Frequency (MHz)	$L = 0.3 \lambda$ $2a = 6.350 \text{ mm}, s = 0.133 \lambda$		
	Antenna Length (m)	Loading Position (m)	Loading Reactance ( $\Omega$ )
30	3.000	1.333	1732.89
35	2.571	1.143	1654.26
40	2.250	1.000	1586.20
45	2.000	0.889	1526.24
50	1.800	0.800	1472.66
60	1.500	0.667	1380.12
70	1.286	0.571	1302.09
80	1.125	0.500	1234.70



(a) 구성도  
(a) Schematic diagram



(b) 장하 리액턴스의 구성  
(b) Construction of loading reactance

그림 2. 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나  
Fig. 2. Forced resonant type EMI dipole antenna.

다<sup>[6]</sup>. 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나 및 반파장 공진 다이폴 안테나는 모두 Roberts balun이 부착되어 있다.

그림 3 및 그림 4는 각각 수평 편파 및 수직 편파에 대한 하이트 패턴을 나타낸 것이다. 각 주파수에 대한 하이트 패턴에서 삽입 손실이 가장 작은(최대 전계를 수신하는) 높이에서의 삽입 손실을 시험장 감쇠량이라 한다. 그림 4의 수직 편파에 대한 하이트 패턴으로부터 알 수 있는 것처럼, 하이트 패턴의 모양이 심하게 진동하고 있는 것을 알 수 있는데, 이것은 수평 편파인 경우와는 달리 수직 편파인 경우에는 안테나의 급전점에 대하여 접지판 위에 놓여지는 안테나가 비대칭이 되기 때문에 발생하는 현상이다.

그림 5 및 그림 6은 각각 수평 편파 및 수직 편파에 대한 최대 전계를 수신하는(삽입 손실이 최소가

표 2. 반파장 공진 다이폴 안테나의 제원

Table 2. Specifications of half-wavelength resonant dipole antennas.

Frequency (MHz)	Half-wavelength resonant dipole		
	Resonant Length $L$	Antenna Length (cm)	Antenna Diameter (mm)
30	$0.4805 \lambda$	480.50	6.350
35	$0.4799 \lambda$	411.34	6.350
40	$0.4795 \lambda$	359.63	6.350
45	$0.4790 \lambda$	319.33	6.350
50	$0.4786 \lambda$	287.16	6.350
60	$0.4778 \lambda$	238.90	6.350
70	$0.4771 \lambda$	204.47	6.350
80	$0.4765 \lambda$	178.69	6.350
90	$0.4759 \lambda$	158.63	6.350
100	$0.4754 \lambda$	142.62	6.350
125	$0.4742 \lambda$	113.81	6.350
150	$0.4731 \lambda$	94.62	6.350
175	$0.4721 \lambda$	80.93	6.350
200	$0.4712 \lambda$	70.68	6.350
250	$0.4696 \lambda$	56.35	6.350
300	$0.4683 \lambda$	46.83	6.350
350	$0.4761 \lambda$	40.81	1.588
400	$0.4754 \lambda$	35.66	1.588
500	$0.4742 \lambda$	28.45	1.588
600	$0.4731 \lambda$	23.66	1.588
700	$0.4721 \lambda$	20.23	1.588
800	$0.4712 \lambda$	17.67	1.588
900	$0.4704 \lambda$	15.68	1.588
1,000	$0.4699 \lambda$	14.10	1.588

되는) 안테나의 높이를 나타낸 것이다. 그림 5 및 그림 6에서 ● 표시는 강제공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하였을 경우이며, 실선은 반파장 공진다이폴 안테나를 사용하였을 경우이다. 수직 편파인 경우에는 송신 안테나의 높이를  $h_1=1.75$  m로 선택하였을 경우와  $h_1=2.75$  m로 선택하였을 경우의 각각에 대하여 최대 전계를 수신하는 안테나의 높이를 나타내었다.

그림 7은 식 (3)으로부터 계산한 시험장 감쇠량의 주파수 특성을 나타낸다. 그림 7(a)는 수평 편파인

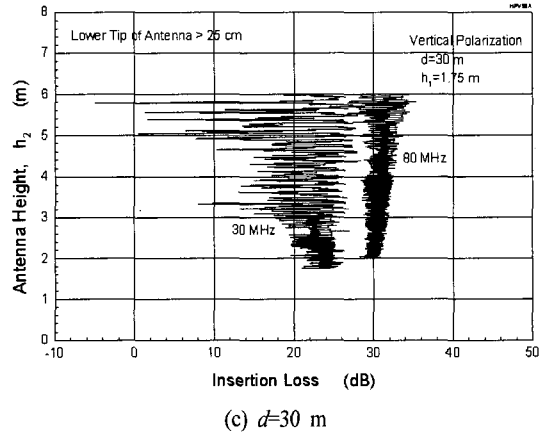
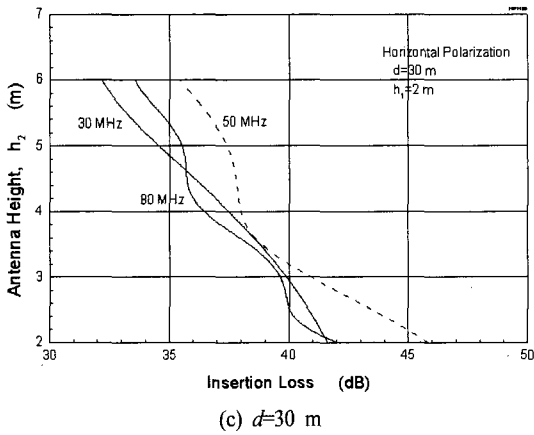
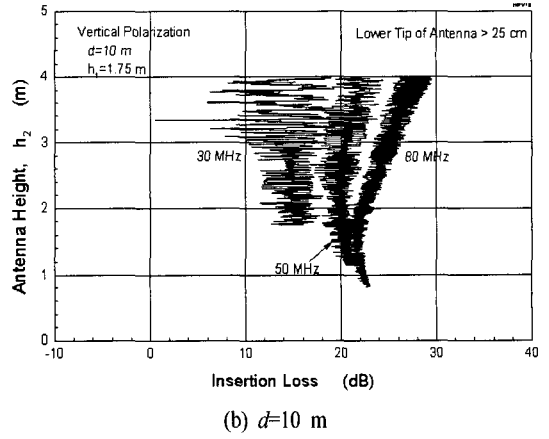
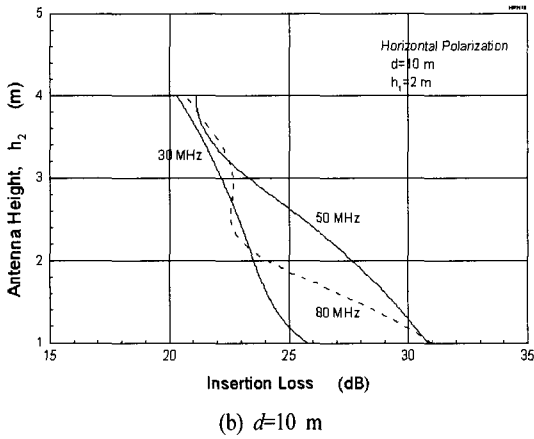
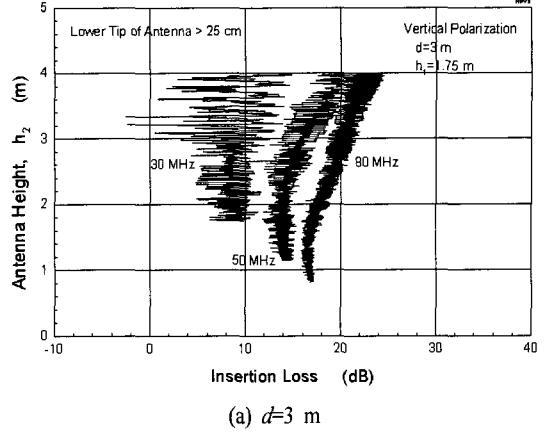
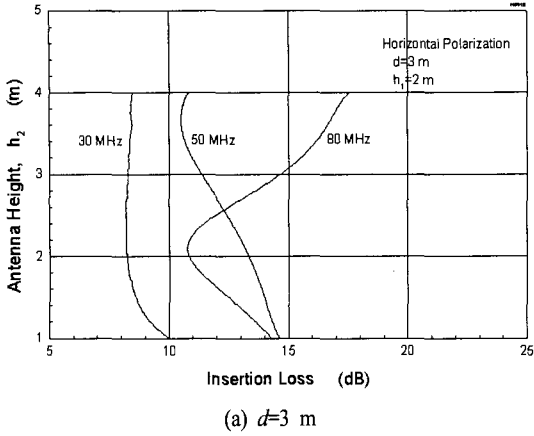


그림 3. 하이트 패턴(수평 편파)  
Fig. 3. Height patterns(Horizontal polarization).

그림 4. 하이트 패턴(수직 편파)  
Fig. 4. Height patterns(Vertical polarization).

경우, 그림 7(b) 및 그림 7(c)는 수직 편파인 경우에 대한 시험장 감쇠량의 주파수 특성이다. 그림 7에서 실선은 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용했을 경우

의 시험장 감쇠량을 나타내며, 사각형( $d=3$  m), 속이 빈 원형( $d=10$  m), 속이 찬 원형( $d=30$  m)을 가진 파선은 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용했을 경

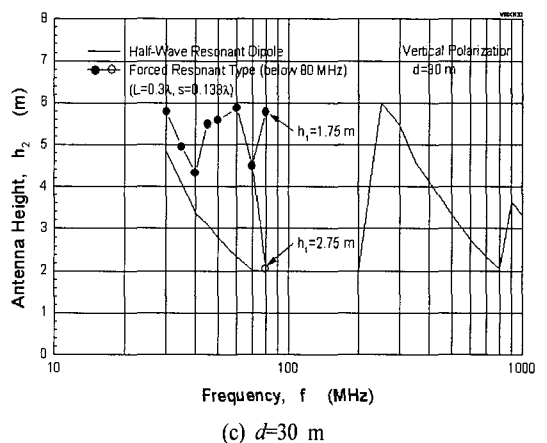
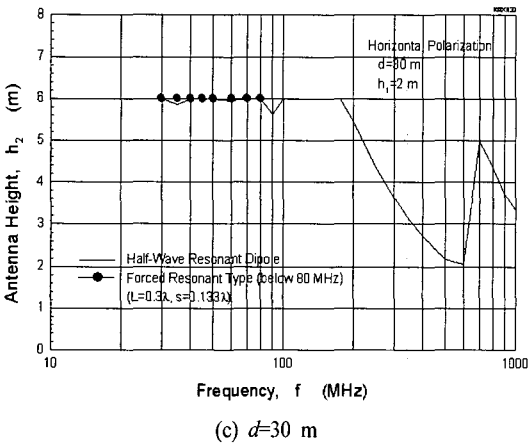
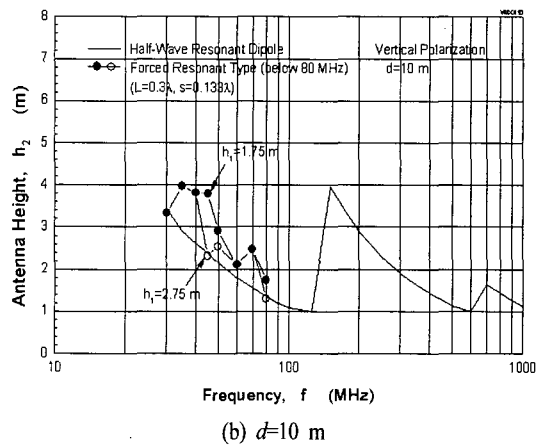
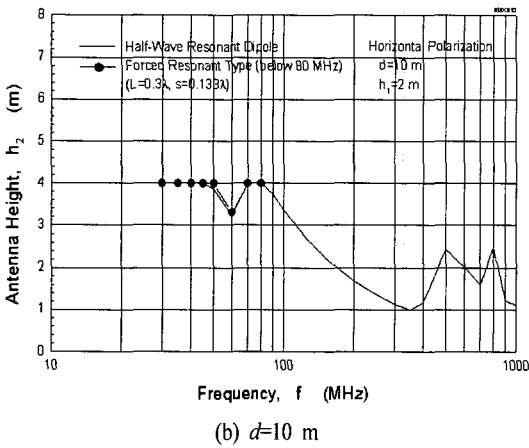
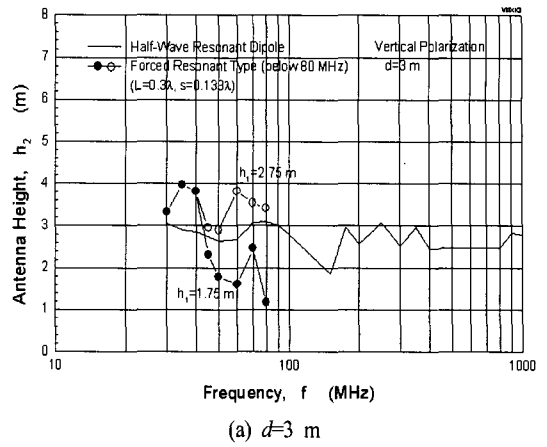
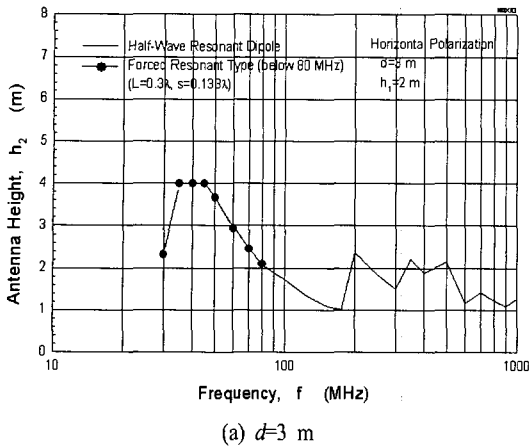
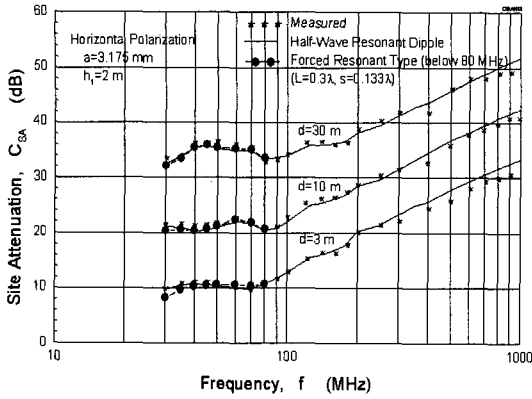


그림 5. 최대 전계를 수신하는 안테나의 높이(수평 편파)  
 Fig. 5. The height of receiving antenna giving maximum electric field(Horizontal polarization).

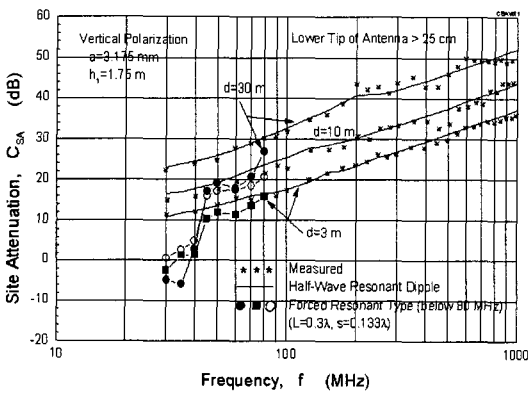
그림 6. 최대 전계를 수신하는 안테나의 높이(수직 편파)  
 Fig. 6. The height of receiving antenna giving maximum electric field(Vertical polarization).

우의 시험장 감쇠량을 나타낸다. \* 표시는 시험장 감쇠량의 측정치를 나타낸다<sup>7)</sup>. 그림 7(a)로부터 알

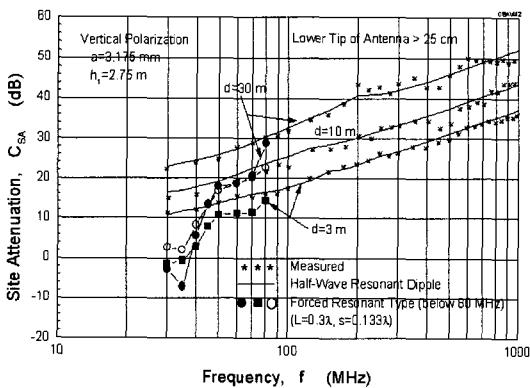
수 있는 것처럼, 수평 편파인 경우 30~80 MHz의 주파수 대역에서 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를



(a) 수평 편파,  $h_1 = 2$  m  
(a) Horizontal polarization,  $h_1 = 2$  m



(b) 수직 편파,  $h_1 = 1.75$  m  
(b) Vertical polarization,  $h_1 = 1.75$  m



(c) 수직 편파,  $h_1 = 2.75$  m  
(c) Vertical polarization,  $h_1 = 2.75$  m

그림 7. 시험장 감쇠량의 주파수 특성  
Fig. 7. Frequency characteristics of classical site attenuation.

사용하면 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용했을 경

우와 거의 동일한 시험장 감쇠량 특성을 얻을 수 있다. 즉, 소형인 안테나로서도 감도가 좋은 안테나를 실현할 수 있으므로 야외 시험장의 적합성 평가용으로 적합함을 알 수 있다. 그러나, 그림 7(b) 및 그림 7(c)에서 알 수 있는 것처럼, 수직 편파인 경우에는 30~80 MHz의 주파수 대역에서 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하면 안테나의 급진점에 대한 안테나의 비대칭성으로 인하여 안테나의 입력 임피던스 특성이 반파장 공진 안테나와는 다른 특성을 가지게 되며, 이로 인하여 시험장 감쇠량 특성은 반파장 공진 안테나의 경우와는 다르게 된다. 즉, 수직 편파인 경우에는 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 야외 시험장의 적합성 평가용으로 사용하기 위해서는 하이트 패턴 특성을 잘 파악하고 있어야 한다.

이와 같이, 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하면 수평 편파인 경우에는 기존의 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용한 시험장 감쇠량의 측정에서 나타나는 문제점(안테나의 길이가 길어지므로 안테나 양 끝단이 쳐지고 휘어지며 측정 오차를 발생시키는 문제점 등)을 극복할 수 있을 것으로 생각된다. 수직 편파인 경우에는 하이트 패턴에 특히 주의할 필요가 있다. 수평 편파와 같이 하이트 패턴을 부드럽게 할 수 있는 방법을 찾는 것은 남겨진 연구 과제이다.

그림 7의 시험장 감쇠량을 구체적인 수치로 나타내면 표 3과 같다. 표 3은 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나(30~80 MHz) 및 반파장 공진 다이폴 안테나(90~1000 MHz)를 사용하였을 경우의 시험장 감쇠량의 이론치를 나타내며 야외시험장의 적합성 평가에 있어서 기준 이론곡선으로 활용할 수 있다. 정규화 시험장 감쇠량(NSA: Normalized Site Attenuation)에 대해서는 별도의 논문에서 검토하였으므로 참고 문헌 [4]를 참조하기 바란다.

#### IV. 결 론

방사성 장애 전자파를 측정하기 위한 측정 시설의 하나인 야외 시험장의 적합성 평가에 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하였을 경우의 시험장 감쇠량 이론 곡선을 검토하였다. 그 결과, 80 MHz 이하의 주파수 대역에서 반파장 공진 다이폴 안테나

표 3. 시험장 감쇠량의 이론치

Table 3. Theoretical site attenuations.

Antenna Type & Frequency (MHz)		Conventional Site Attenuation $C_{SA}$ (dB)					
		Horizontal Polarization			Vertical Polarization ( $h_1 = 2.75$ m)		
		3 m	10 m	30 m	3 m	10 m	30 m
Forced Resonant Type EMI Dipole Antennas	30	8.196	20.305	32.164	-0.154	4.508	3.029
	35	9.656	20.505	33.497	-0.589	2.048	5.663
	40	10.315	20.409	35.394	4.737	10.008	5.629
	45	10.489	20.658	35.864	7.979	13.485	15.404
	50	10.523	21.109	35.418	11.422	17.901	18.853
	60	10.587	22.389	35.308	12.680	18.989	18.790
	70	10.315	21.898	35.030	11.593	20.101	21.539
	80	10.768	20.702	33.546	14.404	22.715	29.433
Half-wavelength Resonant Dipole Antennas	90	11.874	20.888	33.735	17.058	24.600	31.643
	100	12.797	21.872	34.044	17.576	25.453	32.741
	125	15.450	24.887	35.894	19.436	27.563	35.090
	150	16.513	25.760	35.995	21.901	28.486	37.003
	175	17.675	26.639	36.548	22.288	29.383	39.026
	200	20.185	28.545	38.228	23.377	30.298	40.916
	250	21.391	29.775	39.459	25.613	31.950	41.036
	300	23.311	31.618	41.288	26.729	33.295	41.951
	350	24.828	33.212	42.819	28.142	34.578	43.205
	400	25.628	34.568	43.582	29.269	35.694	44.162
	500	27.869	36.792	45.833	31.255	37.595	46.044
	600	29.307	38.224	47.364	32.870	39.322	47.702
	700	30.523	39.444	48.737	34.157	40.705	48.977
	800	31.732	40.758	50.078	35.311	41.743	50.086
900	32.586	41.665	50.987	36.237	42.690	51.162	
1,000	33.413	42.489	51.816	37.239	43.630	52.171	

를 사용하는 대신, 소형인 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용하면 소형이므로 안테나의 취급이 간편할 뿐만 아니라 측정 오차도 줄일 수 있으며, 반파장 공진 다이폴 안테나를 사용하는 경우와 거의 동일한 감도 특성을 갖는 CSA 측정계를 구성할 수 있음을 확인할 수 있었다. 단, 수직 편파인 경우에는 하이트 패턴 특성을 잘 이해하고 있어야 한다. 본 논문에서 제시한 수평 편파에 대한 시험장 감쇠량의 이론치는 강제 공진형 EMI 다이폴 안테나를 사용한 야외 시험장의 적합성 평가에 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] ANSI 63.4-1992, "American national standard for methods of measurement of radio-noise emissions from low-voltage electrical and electronic equipment in the range of 9 kHz to 40 GHz", 1992.  
 [2] A. A. Smith, Jr., R. F. German, and J. B. Pate, "Calculation of site attenuation from antenna factors", *IEEE Trans. EMC-24*, pp. 301-316, Aug. 1982.  
 [3] K. C. Kim, "EMI dipole antennas with forced resonance by reactance loading for frequencies below



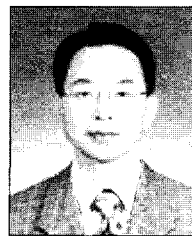
- 80 MHz", *IEICE Trans. Commun.*, vol. E85-B, no. 11, pp. 2489-2494, Nov. 2002.
- [4] 김기채, "강제공진형 EMI 다이폴 안테나에 대한 정규화 시험장 감쇠량", *한국전자과학회논문지*, 15(5), pp. 467-472, 2004년 5월.
- [5] R. F. Harrington, *Field Computation by Moment Methods*, IEEE Press, New York, 1993.
- [6] Ki-Chai Kim, S. Tokumaru, "Antenna factors of half-wavelength dipole antennas with Roberts balun", *IEICE Trans.*, vol. J78-B-II, no. 11, pp. 717-724, Nov. 1996(in Japanese).
- [7] 박병권, 김정환, 강찬구, 박정일, 강웅택, "안테나 성능 평가기술 개발", *과학기술처*, 1994.

주 창 현



2002년: 경일대학교 전기공학과 (공학사)  
 2002년 2월~2004년 2월: 경일대학교 전기공학과 조교  
 2004년 3월~현재: 영남대학교 전기공학과 석사과정  
 [주 관심분야] EMI/EMC관련 안테나

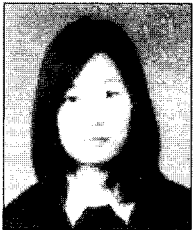
김 기 채



1984년: 영남대학교 전자공학과 (공학사)  
 1986년: Keio Univ. (공학석사)  
 1989년: Keio Univ. (공학박사)  
 1988년: 일본 IEICE Young Engineer Award  
 1989년 4월~1993년 3월: 한국표준

과학연구원 전자파연구실 선임연구원  
 1993년 4월~1995년 8월: 일본 후쿠오카공업대학 정보공학과 조교수  
 1994년: 일본 전기학회 논문발표상 수상  
 1995년 9월~2004년 9월: 영남대학교 전자정보공학부 조교수, 부교수  
 2004년 9월~현재: 영남대학교 전기공학과 교수, 공과대학 부학장  
 2000년 1월~현재: 한국전자과학회 편집위원장, 상임이사  
 [주 관심분야] EMC/EMI관련 안테나 및 측정시설, 소형 안테나 및 전자파 응용

박 은 정



2004년: 경일대학교 전기공학과 (공학사)  
 2004년 3월~현재: 영남대학교 전기공학과 석사과정  
 [주 관심분야] EMI/EMC관련 전자파 차폐