

# EMP 방호용 차폐실 설계 및 구축에 대한 고찰

장 태 현

한국산업기술시험원

## I. 개 요

마이크로 회로 기술이 발전하면서, 집적회로(IC)의 복잡성과 기능이 점점 더 높아져 왔다. 각 IC는 마이크로초 내에 엄청난 양의 정보를 처리할 수 있게 되었다. 이러한 IC 기능을 여러 개 결합함으로써, 의료, 금융, 제조, 국방 분야에서 중요한 역할을 수행하는 전자 장치와 기계들을 개발할 수 있게 되었다. 그러나 불행히도 고속, 고밀도 프로세싱 기능을 수행하는 이 기술은 외부 전자기장이나 낙뢰, 스위칭 과도 전류 등에서 나오는 전압 및 전류에 크게 민감한 양상을 띤다. 그렇기 때문에 전자 장비가 그러한 환경에서 전자기적으로 격리되어야 하는 상황이 많다. 예를 들어, 환자 감시 장치는 전기적 과도현상으로 문제가 발생할 수 있으며, 컴퓨터는 낙뢰 과도 전류로 손상되기도 하고, 강력한 복사성 RF 전자파로 데이터 오류가 발생하기도 한다. 그 외 대부분의 신호 프로세서는 이러한 영향에서 격리되어야 한다. 그리고 이를 보호하기 위해서는 전자기적으로 차폐된 공간이 반드시 있어야 한다.

국방 및 외교 관련 정보는 보통 높은 등급으로 분류되어 무단 인터셉트로부터 보호되어야 한다. 이런 등급의 정보를 처리하는 통신 및 정보처리 센터는 TEMPEST 요건을 준수해야 한다. 이 요건은 프로세싱 장비 주위에 알맞은 차폐를 설치하여 충족될 수 있다. 지금까지 차폐 공간의 설계, 구축, 시험은 전자기 장해(EMI), 전자기 펄스(EMP), TEMPEST 분야 전문가의 몫이었다. 보호 기능의 필요성이 모든 전자기적 문제를 방지하고, 군사 시설과 EMI 시험실보다 훨

씬 더 다양한 설비를 보호하는 데까지 확대되면서, 다른 엔지니어링 전문가까지도 전자기 차폐 문제를 다루기 시작하면서 차폐실에 대한 이해가 필요하다.

모듈형 차폐실은 공장에서 제작된 후, 공장 직원이나 특수 교육을 받는 설치자가 지정된 위치에 설치한다. 그러나 건축 차폐 즉, 특정 건물의 구조적 제한 사항이나 사용자 요건에 맞게 맞추어진 건축 차폐는 차폐 공간의 내부 마감벽을 설치하거나, 에어컨 덕트를 설치할 때처럼 접합부와 문, 관통부에 요구되는 고유한 조립 기술이 부족한 일반 건설 인력이나 필요한 특수 조치를 확실히 알고 있지 않은 인력이 현장에서 구축해야 한다. 그렇기 때문에 상세한 지침서가 반드시 제공되어야 하며, 특수한 건축 방법이 자세하게 설명되어야 하고, 해당 인력들은 훈련을 받아야 하는 주의 깊은 현장 시찰이 이루어져야 한다.

건축이 진행되면서는 차폐 성능을 주의 깊게 제어하는 시험이 이루어져야 한다. 보통의 건축 회사에는 없는 특수 시험 장비를 사용해야 한다. 이 장비는 복사성 전자기장에 정통한 시험 요원이 작동해야 한다. 그렇지 않으면 시험 결과가 무의미해질 수 있으며, 비용이 추가로 발생하거나, 차폐가 비효율적으로 설치될 수 있다. 시험은 통상적으로 기본 차폐가 완공되었을 때 한 번 수행하고, 차폐되는 시설물이 완공되었을 때 다시 한 번 수행된다.

시설에 대한 건축 설계 패키지의 필수적인 요소는 건축 및 성능 요건을 상세하게 명시한 사양서이다. 차폐된 시설물의 경우, 사양서는 보호되어야 하는 장비 또는 시스템의 특성을 잘 반영해야 한다. 사양서는 기술적으로 실현 가능해야 하며, 건축 시공사들이 쉽게

해석할 수 있어야 하고, 법적으로 시행 가능해야 한다.

## II. 무선 주파수(RF) 차폐의 필요성

차폐의 필요성은 무선 주파수와 함께 계속 발전해 왔다. 오늘날 EMI에 대한 차폐는 정부와 군사, 민간 기업, 의료 시설 및 R&D 연구소에서 대부분 사용되고 있다. 차폐는 전자파 장애를 방지하고, 전자 도청을 막는 두 가지 기본적인 기능을 수행한다. 필요한 차폐의 타입은 차폐 내의 장비의 용도 또는 목적에 따라 달라진다. 민감한 장비를 근처의 고출력 레이더로부터 보호해야 하는 경우에는 고성능 차폐가 필요하다. 그러나 일반 업무용 컴퓨터에서 기밀로 취급되는 데이터를 처리할 때 해킹을 방지하기 위해서는 중간 성능의 차폐만 있으면 된다. 요구되는 정확한 차폐의 성능 수준은 관련된 장비의 유형과 장비 사이의 거리, 처리되는 정보의 민감성 등 여러 가지 변수에 따라 달라진다.

### 2-1 전자파 환경

차폐실 설계자는 주어진 설비를 위한 특정한 차폐 요건을 명시하기 전에 다양한 간섭원과 위협 상황을 고려해야 한다. 이러한 고려 사항 중에는 라이선스 송신기 등의 로컬 소스, 레이더 등의 정부 장비, 무전기, 전자 시험 장비 등 근처 간섭원을 커버해야 하는 주파수 스펙트럼이 있는데, 보통 1 kHz~40 GHz이다. 위협 상황에는 낙뢰, EMP, 그리고 민감한 도청 수신기가 포함될 수 있다. 파워 레벨과 간섭원 위치를 알면, 구축하고자 하는 차폐실의 주파수와 필드 유형에 따라 차폐 성능 프로파일을 결정할 수 있다. 이와 같은 방식으로, 정보처리 시스템에서의 방출원의 위치와 도감청용 수신기의 민감도를 알고 있다면, TEMPEST 차폐실에 필요한 차폐 성능 정도를 결정할 수 있다.

#### 2-1-1 전자기 장애(EMI)

EMI는 전도성 또는 복사성 간섭을 통해 발생할 수 있다. 전도성 간섭은 전원선이나 데이터, 전화선, 또는 그 외의 간섭을 일으키는 발생원과 간섭을 받는 장비를 연결시키는 금속 경로로 전달된다. 전도성 간섭은 차폐실로 관통하는 모든 도선을 필터링하고, 적절한 접지 및 접촉(Bonding)으로써 제어된다.

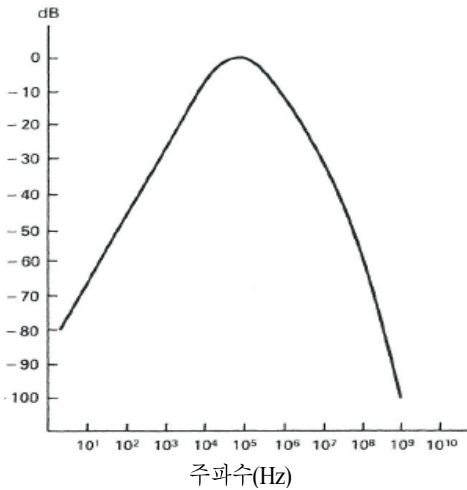
복사성 간섭은 전자기장에 의해 공간으로 전달되는 간섭을 말한다. 간섭의 수준은 발생원의 에너지와 방향성, 장치로의 전파 손실, 결합 정도, 장치의 감응성 등에 따라 달라진다.

#### 2-1-2 TEMPEST

국방 및 일반 업계에서 기밀 정보나 민감 정보의 전자적 도청은 현실 세계의 문제가 되어 왔다. 그 결과, 기밀 정보를 처리하는 장비에서의 방출을 통제하기 위한 표준을 만들기 위해 산업/정부 연합 프로그램을 만들었다. 이것은 일반적으로 TEMPEST 프로그램이라고 알려져 있다. 현재 TEMPEST 인증을 받은 데이터 처리장치는 많이 있다. 그러나 많은 장비가 포함되어 있는 경우, 이들을 차폐실 내에 모두 넣는 것이 통례이다. 그 결과, 최근 국방 산업 전체는 소규모의 조립식 차폐실에서부터 고층 차폐 건물에 이르기까지 차폐된 데이터 센터를 설립해왔다. 차폐 수준은 30 dB에서 120 dB에 이르기까지 다양하다.

#### 2-1-3 전자기 펄스(EMP)

소규모 원자 폭탄이 폭발하더라도, 반도체를 사용하는 전자 장비에 큰 손상을 줄 수 있는 다량의 전자기 에너지가 방출될 수 있다. 높은 고도에서의 원자 폭탄 폭발은 특히 더 많은 손상을 줄 수 있는 것으로 여겨지는데, 그 이유는 높은 고도에서 원자 폭탄이 폭발할 경우, 넓은 지역에 있는 보호되지 않은 통신 또는 디지털 장비를 마비시킬 수 있기 때문이다. 고고도핵전자기파(HEMP)로부터의 보호는 알맞게 설계된 차폐실이 가장 적절하다. [그림 1]에서 볼 수 있



[그림 1] EMP 주파수와 에너지 스펙트럼

듯이, 이 에너지의 대부분은 100 MHz 미만의 주파수 범위에 한정되어 있고, 주파수 스펙트럼의 하단부에 존재한다. 따라서 자기장과 전기장 결합 모두가 보호 받는 장비에 대한 위협으로 간주되어야 한다. 높은 전류 및 전압 서지로부터 보호하는 장치와, 추가적으로 차폐실 내의 장비에 복사성 간섭을 감소시키고 방지할 수 있도록 하는 장치가 차폐 시스템에 포함되어야 한다. 모든 도선은 전원선이나 기타 유도 서비스를 통해 장비에 자기장의 결합 에너지가 도달하지 못하도록 특수하게 설계되어야 한다.

### 2-2 시설 차폐? 또는 장비 차폐?

오늘날에는 수많은 전자 장비가 존재하고, 그 대부분이 디지털 회로를 사용하기 때문에, 전자기 간섭을 방지하기 위해 전자 장비에 방출 제한을 만들었다. 미국의 경우에는 FCC에서 이러한 제한 사항을 결정했다. 그 결과, 모든 상업용 장비는 해당 수준의 복사성 방출량을 충족해야 한다. 그러나 이 수준은 인접 장비와의 간섭을 방지하기 위해 지정된 것이지, 전자 도청을 방지하기 위한 것은 아니었다. 이에 따라 미국 정부는 TEMPEST 요건이라고 알려져 있는 또

하나의 표준을 제정했다. 이 요건은 매우 엄격하기 때문에 이를 만족시키기 위해서는 장비에 많은 비용이 들어가게 되었다. 자격을 갖춘 제품 목록에는 다양한 종류의 사무용 및 데이터 처리 장비가 포함되어 있다. 비용 트레이드오프를 잠깐 검토해 보면, 사무실에서 몇 가지 장비를 사용하고자 하는 경우, 차폐실을 고려해야 한다는 것이 분명하다. 그 이유는 먼저 TEMPEST 장비의 초기 비용이 높다. 그 다음, 장비를 업그레이드하거나 변경하는 경우에는 재 인증을 받아야 한다. 그리고 마지막으로, 오래된 장비를 차세대 장비로 교체해야 하는 경우에는 이 비용들이 또 다시 발생한다. 반면, 차폐실에 포함되는 표준 상업용 장비는 장비의 변경 여부와 상관없이 TEMPEST 요건을 충족하게 된다. 차폐실은 장비를 위한 보호 기능을 충분히 제공하며, 비용도 한 번만 발생한다.

### III. 차폐 이론

통상적으로 세 가지 유형의 전자기장이 존재하며, 각 전자기장은 차폐재의 특성에 따라 다르게 작용한다. 100 kHz 미만의 자기장 차폐는 구현하기가 어려우며, 매우 두꺼운 철로 된 차폐나 투자율이 높은 자재가 필요하다. 전기장 차폐는 얇은 금속 장벽만 있으면 된다는 점에서 비교적 구현이 쉽다고 할 수 있다. 평면파 또는 원거리장 차폐는 주로 RF-밀폐 연결면의 유지에 따라 달라진다. 문, 환풍구, 필터, 배관과 같은 모든 관통부는 RF-밀폐 요건을 유지할 수 있도록 신중하게 설계하여 구축해야 한다.

RF 차폐의 목적은 복사성 에너지가 차폐실로 들어가거나 차폐실에서 나오지 않도록 제한하거나 방지하는 것이다. 복사성 간섭의 메커니즘은 전자기 결합에 의해 일어난다. 두 가지 유형의 결합이 근거리장과 원거리장에서 발생하는데, 이 둘의 차이점은 회로 사이의 거리이다. 근거리장은 전자기장의 특성에 따라 유도성 결합(저 임피던스 결합) 및 용량성

결합(고 임피던스 결합)으로 나누어질 수 있다. 원거리장의 경우에는 전자파에 의한 복사 에너지가 결합 메커니즘의 원리이다.

### 3-1 차폐 성능

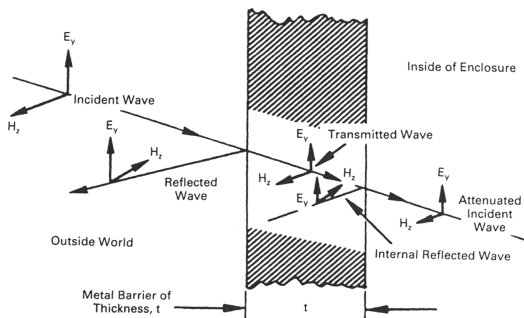
RF 차폐벽에 의한 감쇠 효과는 [그림 2]에서 설명하는 바와 같이 세 가지 메커니즘을 통해 이루어진다.

- 입사 에너지는 공기-금속 경계의 임피던스 불연속으로 인해 차폐의 표면에서 반사된다. 이 메커니즘은 특정한 두께의 재료를 필요로 하지 않고, 임피던스의 불연속 조건만 있으면 된다.
- 차폐 표면을 통과하는 에너지(즉, 반사되지 않은 에너지)는 차폐를 통과하면서 감쇠된다(열에너지로 바뀌어 흡수됨).
- 차폐의 반대쪽 면에 도달하는 에너지는 또 다른 공기-금속 경계를 만나게 되며, 그 중 일부는 차폐 방향으로 재반사된다.

첫 번째 반사를 “단일-반사 손실” R이라고 한다. 차폐를 통한 흡수를 A라고 하며, 두 번째 반사를 “다중-반사손실” B라고 한다. B는  $A < 15$  dB인 경우에만 그 의미가 있다. 따라서 차폐 성능 SE는 다음과 같다.

$$SE = R + A + B \quad (1)$$

금속은 자기장 파동 임피던스 레벨과 비슷한 표면

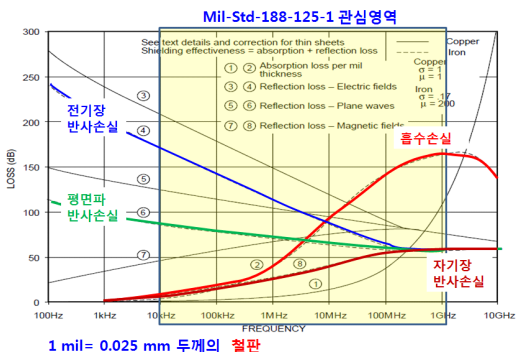
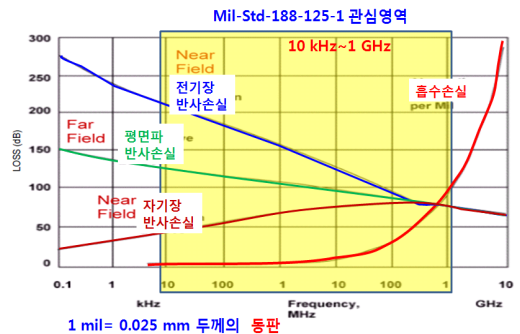


[그림 2] 전자파와 차폐벽의 상호작용

임피던스를 갖는다. 따라서 자기장을 차폐할 경우, 차폐 성능은 거의 흡수 손실 A를 통해 얻어야 한다. 반면, 금속은 고임피던스를 갖는 전기장의 파동 임피던스보다 훨씬 더 낮은 표면 임피던스를 가지고 있어서 전기장을 잘 차폐한다. 따라서 큰 값의 표면 반사 손실 R이 자연적으로 존재하게 되므로, 흡수 손실 값 A를 얻기 위해 차폐의 두께가 그렇게 두꺼울 필요가 없다. 아주 얇은 박막(0.025 mm)의 동판과 철판의 차폐 성능은 [그림 3]과 같다.

### 3-2 총 차폐 성능

단층에서라도 대부분의 차폐재는 대부분의 사용자가 필요로 하는 거의 모든 차폐실 사양에 대해 충분한 수준의 차폐 성능을 제공한다. 대규모 시설에서는 단일 차폐로 100 kHz 이상의 주파수 범위에서 40 dB의 차폐 성능을 달성하는 것이 비교적 쉬우며,



[그림 3] 박막 동판(가)과 철판(하)의 차폐 성능 비교

설치방법에 각별한 주의를 한다면, 100 dB 정도의 수준까지도 달성할 수 있다. 차폐 성능을 120 dB까지 높여야 하는 경우에는 보통 용접 설비나 이중 격리 차폐가 필요하다.

### 3-2-1 차폐 성능의 저하

지금까지 설명한 모든 것은 누설이나 에지 효과(edge effect) 등이 전혀 발생하지 않는 평면에서 차폐재가 동질이고 크다는 것을 전제로 한다. 그러나 실제로 모든 차폐실의 경계에는 이음매와 관통부가 있어 새는 곳이 발생하게 된다. 이에 따라 식 (1)로 표현된 차폐 성능은 다음과 같이 개념적으로 재정의할 수 있다.

$$SE = A + R + B - \text{누설 영향} - \text{정재파 영향} \quad (2)$$

정재파로 인한 성능 저하에는 차폐실이 마이크로웨이브 공명의 역할을 하는 고주파에서 공진의 영향이 관련된다. 이로 인해 차폐실 내의 영역이나 구역이 더 낮은 성능을 보이고 차폐 성능도 더 낮아지게 된다. 정재파로 인한 최대 저하는 약 6 dB 정도로 측정값이 100 dB이고, 정재파가 존재한다면 실제 SE는 94 dB 정도가 된다.

식 (2)은 명시적이라기보다는 개념적으로 표현한 것이다. 차폐 누설(L dB)로 인한 영향과 기본 차폐 성능(SE dB)을 합하는 방식은 다음과 같다.

$$SE = -20 - \log\{1/[\log(-SE/20) + 1/[\log(-L/20)]]\} \text{dB} \quad (3)$$

식 (3)은 모든 누설 영향을 일관되게 합한 것임을 유념한다. 차폐실의 누설 통제가 매우 중요하다.

### 3-2-2 일반적인 차폐재

차폐실에 주로 사용되는 차폐재는 다양한 등급의 아연 도금 철판으로 한쪽 또는 양쪽을 얇게 자른 합

판/파티클보드 패널 (주로 조립식 차폐실에 사용)과 강철 지지 구조물에 용접된 강판이 많이 사용된다.

일반적으로, 0.01 in(0.254 mm)보다 두꺼운 금속의 단단한 표면은 대부분의 용도에 요구되는 차폐 성능보다 더 높은 성능을 제공한다는 점을 유념한다.

차폐재를 선택하는 가장 좋은 법칙은 기본적인 차폐가 최소한 10 MHz 이상에서는 최소 요건의 20 dB 이상의 SE를 제공하고, 10 MHz 아래에는 최소 10 dB를, 100 kHz 아래에서는 6 dB를 제공하도록 하는 것이다. 저주파 자기장 차폐가 가장 어려운 차폐 유형이기 때문에 그 요건을 명시하기 전에 필요성에 대해 충분한 연구를 해야 한다.

## 3-3 이음매(SEAM)

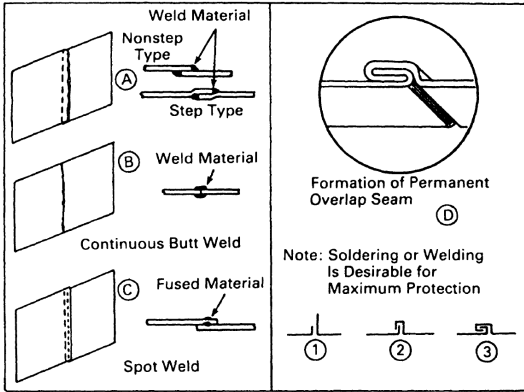
차폐실을 구축할 때 사용되는 이음매는 핀홀 등의 결함이 생기게 되면 누설이 발생할 수 있는 취약한 부분이다. 이음매에 대한 관리가 중요하다.

### 3-3-1 용접형 이음매

가장 신뢰할 수 있는 차폐 이음매는 용접된 이음매이다. 용접 이음매는 강철에 16 게이지(gauge) 이상 최소한의 두께가 있어야 하고, 현장에서의 용접 작업은 많은 시간이 걸리는 작업이기 때문에 가장 비싼 방식이기도 하다. 모든 이음매를 따라 연속 금속 비활성 기체(metal inert gas, MIG) 용접을 한다. 용접한 부분에는 핀홀 등이 허용되지 않는다. 용접이 잘 된 차폐실은 주파수 범위 전체에 120 dB 이상의 차폐 성능을 제공할 수 있다.

### 3-3-2 클램프 이음매

많이 사용되는 RF 이음매 중의 하나는 클램프 이음매이다. 물론, [그림 5]에 나와 있는 그림은 대부분의 차폐실 제조업체에서 사용하는 것이다. 이 디자인을 햇/플랫(hats and flats)이라고 하는데, 너트를 고정하거나 체결하는데 사용되는 부분은 햇 채널 형태이



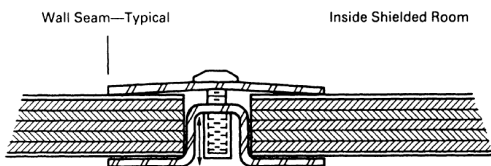
[그림 4] 다양한 용접형 이음매 방식

고, 이러한 설비에 사용되는 굵은 나사를 따라 구멍 간격을 배치한 내부 스트랩핑이 플랫폼이 된다. 이러한 시스템의 차폐 성능은 시스템이 제대로 설치되었는지 여부에 크게 좌우된다.

클램프 이음매는 차폐실의 모든 이음매에 연속적인 금속-대-금속 밀봉이 이루어진다고 가정한다. 이 이상적인 개념을 벗어나면 세 가지 현장 조건 중 하나에서 누설의 원인을 제공하게 된다. 일반적으로 가장 달성하기 어려운 것은 평면과의 차폐 성능이다. 클램프 하드웨어의 갭이나 크랙은 평면과 차폐의 높은 요건을 충족할 수 있도록 내부에 주로 브론즈울이나 메탈 췌기를 사용하여 밀폐한다.

#### IV. 모듈형 차폐실

차폐실은 차폐의 완전성을 유지하기 위해 모든 문과 환풍구, 차폐 관통부들이 처리된 6면 구조물이다



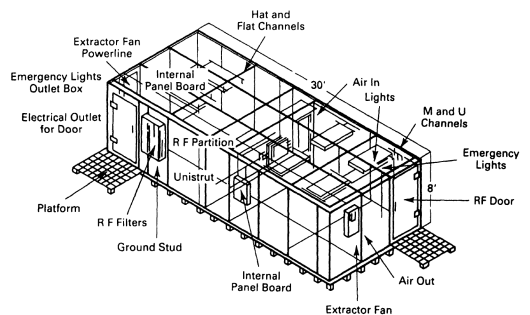
[그림 5] 전자파와 차폐 벽의 상호 작용

[그림 6]. 모듈형 패널 차폐실 중 가장 많이 사용되는 형태는 목재판 양쪽 부분에 도금 강철로 만든 프레임워크로 접합하고, 서로 연결시키는 아연 도금 철판을 사용하는 클램프-업 시스템이다. 아연 도금 패널 시스템은 수많은 공급업체에서 쉽게 구할 수 있고, 광범위한 주파수 범위에서 좋은 성능을 제공하기 때문에 가장 많이 사용된다.

#### 4.1 아연 도금 강철의 모듈형 패널 차폐실

상업용 차폐 회사에서 판매하는 대부분의 차폐실은 모듈형의 탈착 가능한 클램프 업 디자인이다. 양쪽 끝 부분이 아연 도금 강철이나 아연판으로 얇게 자른 합판이나 파티클 보드로 구성되어 있다. 그리고 핫/플랫으로 알려져 있는 스트랩핑 시스템을 사용하여 차폐실을 조립한다.

각 제조업체는 볼트 체결 이음매에 동일한 기본 방식을 사용한다. 제조 기술은 제조업체에 따라 다양하기 때문에 개발 부품은 서로 교환하여 사용할 수 없다. 차폐실의 성능은 패널 사이의 연속성 수준과 패널 사이의 크랙 또는 틈에 따라 달라지기 때문에 설치 작업자의 능력이 매우 중요하다. 작업자의 능력에 의존해야 한다는 특성 때문에, 한 접합 시스템의 신뢰성이 본래 다른 곳보다 높은지 여부를 판단하기는 매우 어렵다. 바닥 패널은 벽면이나 천장 패널과 동일하며, 같은 RF 차폐 속성을 갖는다.



[그림 6] 모듈형 차폐실의 구성 예

미 육군은 여러 모듈형 패널 차폐실의 장기간 안정성 테스트를 실시하면서, 차폐실의 사용 기간이 특히 RF 도어에 대한 포괄적인 유지 보수 없이는 제한될 수밖에 없다는 결론을 내렸다. 또, 다른 문제는 바닥 패널이다. 바닥 패널은 차폐실 바로 위를 이동하는 사람들에 의해 다양한 하중과 끊임없는 응력을 받기 때문에 헐거워지는 경향이 있다. 모듈형 패널 차폐실은 최소한 3년마다 재시험을 받아야 한다.

#### 4.2 일반적인 차폐 성능

아연 도금 철판의 모듈형 패널 차폐실은 알맞게 설치했을 때, 차폐에 대한 현재 사양 대부분을 충족한다. [그림 7]에서와 같이 일반적으로 전기장과 평면파 필드에서 100 dB를 초과한다. 이 차폐실에 대해 실제 측정되는 성능은 설치 작업자의 능력에 따라 달라진다. 따라서 숙련된 설치자를 선택하는 것이 매우 중요한 부분이 된다.

#### 4.3 모듈형 패널 차폐실의 장단점

모듈형 패널 차폐실의 장점은 첫 번째, 재조립 등의 차폐를 변경해야 하는 소규모 차폐실에 이상적이다. 두 번째, 키트 형태로 또는 설치 형태로 표준화된 제품 구입이 용이하다는 것이다. 세 번째, 조립이 용이하며, 비용적으로 효과적이다.

반면에 모듈형 패널 차폐실의 단점 및 주의사항으로는 첫 번째, 이음매 부분에 페인트칠은 차폐 성능을 떨어뜨릴 수 있기 때문에 차폐 패널에 페인트칠을 하는 것은 권장되지 않는다. 두 번째, 물은 모듈형 차폐의 절대적인 적이다. 차폐실의 “사용자”는 바닥에 액체를 흘리지 않도록 각별히 주의해야 한다. 극소량의 물이라도 클램핑 이음매 부분을 오염시킬 수 있기 때문이다. 또한, 녹이 나지 않도록 주의해야 한다. 이음매를 메워야 할 때, 청동이나 스테인리스 스틸 울을 사용해야 한다.

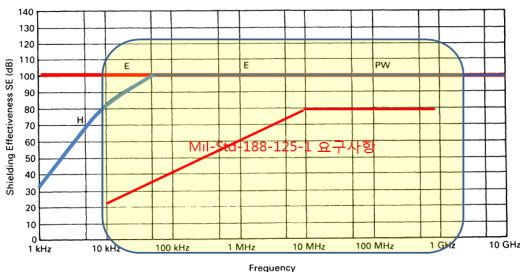
모듈러 팬타입 차폐실은 모듈형 패널 차폐실의 장점을 살리고, 차폐 성능의 단점을 극복하여 현재 많이 사용되고 있는 차폐실 구성 방식이라고 할 수 있다. 모듈러 팬타입 차폐실은 단일 철판을 절단 및 절곡 가공하여 만든 철판을 이용한다. PAN의 사이즈가 표준화 되어 있지는 않으며, 주문자 사양에 따라 설계가 필요하다. 조립은 일반적으로 볼트-너트 조립 방식을 사용한다(“C”자 절곡). 조립 시 개스킷을 이용하여 밀봉한다. [그림 8]은 모듈러 팬타입 차폐실의 이음매 구조를 나타낸다.

#### 4.4 모듈러 팬타입(Modular PAN Type) 차폐실

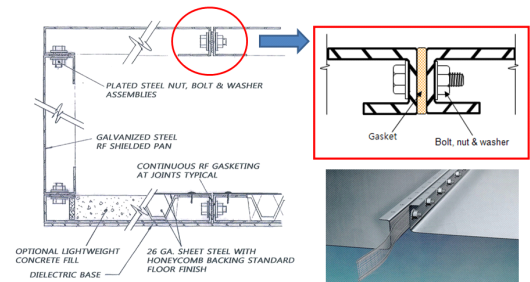
모듈러 팬타입 차폐실의 특징은 <표 1>과 같다.

### V. 용접형 차폐실

잘 구축된 용접형 차폐실은 차폐 시설의 최후 수단이다. 용접 차폐실은 장기간 고성능의 차폐 조건



[그림 7] 모듈형 차폐실의 일반적인 차폐 특성



[그림 8] 모듈러 팬타입 차폐실의 이음매 구조

<표 1> 모듈러 팬타입 차폐실의 특징

철판 두께	· 1.6~2.3 mm
적용 주파수	· 10 kHz~40 GHz
차폐 성능	· 100 dB 이상
시공성	· 가볍고 시공성이 우수 · 내하중성 및 내진동성 우수
특징	· 우수한 차폐 성능 · 이동 설치가 가능하다 · 공사비용 비교적 낮다. · 공사 기간 짧다. · 수명: 약 20년 이상

이 필요한 경우 구축한다. 일반적으로 이 용접형 차폐실의 수명은 30년이고, 전기장 및 평면파에 대한 성능은 120 dB이다. 근본적인 단점은 비용이다. 따라서 설비에 최적의 차폐 기능을 제공하기 위해서는 신중하게 계획을 세워야 한다.

차폐할 공간의 면적은 첫 번째로 시설의 목적, 두 번째로 핵심 팩터에 따라 달라진다. HEMP가 주목적인 경우에는 장비를 개별적으로 선택하여 처리하는 것이 매우 어려울 수 있으므로, 전체 설비를 차폐해야 한다. 그러나 TEMPEST가 주목적인 경우에는 보다 작은 차폐실 안에 데이터 프로세싱 장비만 넣는 것이 실용적이다.

### 5-1 차폐재

강철과 구리, 알루미늄은 가장 자주 사용되는 차폐재이다. 알루미늄은 높은 자재 및 조립 비용과 산화 특성 때문에, 항공기나 모바일 시스템 등 중량 제약 조건이 있는 애플리케이션으로 사용이 제한된다. 고정되는 지면 기반의 시설물에는 권장되지 않는다. 구리의 주요 장점은 작업 용이성이므로, 차폐를 수리해야 할 때 가장 많이 사용된다. 저탄소강은 비교적 자재비용이 저렴한 반면, 저주파수 자기장에 특히 훌륭한 차폐 속성을 제공하기 때문에, 신축 건물에 많이 사용된다.

강철의 유일한 단점은 수분에 노출되었을 때 부식하는 성질이다. 아연 도금 강철로 이러한 문제를 해결할 수 있지만, 아연 도금 강철은 유독 가스를 배출하기 때문에 용접하기가 어렵고, 건축 작업자들을 보호하기 위해 매우 높은 성능의 환기 시스템이 필요하다는 문제가 있다. 일반적으로 용접된 강철은 다량의 아연을 함유한 페인트로 보호된다.

모든 차폐 시스템의 중요한 요소는 차폐 패널 사이의 이음매를 밀봉하는 방식이다. 용접 이음매는 가장 용이한 균질의 RF 밀봉을 제공하고, 구조적으로도 가장 믿을 수 있는 방법이다.

볼트나 클램핑 시스템 또는 리벳을 사용하는 다른 모든 방식은 깨끗한 무도장의 비산화 표면을 금속-대-금속으로 접촉시키거나 차폐 애플리케이션용으로 특수 설계된 개스킷을 사용하여 전자기적으로 밀봉해야 한다. 본래, 이러한 방식은 접합부에 기본적인 박판 자재보다 낮은 수준의 차폐 품질을 제공하게 된다. 게다가, 철저하고 적극적인 모니터링/예비 유지 보수/교정 유지보수 프로그램을 실시하지 않으면, 정상적으로 작동했을 때의 부식이나 진동으로 인해 성능이 저하될 수 있다. 기계적인 접합부에 대한 수명 중의 감쇠 특성 자료는 비교적 비판적이며, 시설의 주요 차폐를 수리하기 위한 비용과 운영에 미치는 영향도 과도하게 크다고 할 수 있다.

반대로, 용접 접합부는 박판 자재와 같이 높은 기술적 품질을 제공함과 동시에 과도한 유지 보수 작업도 필요로 하지 않는다. 이러한 접합부는 점차적이면서 눈에 보이지 않는 성능 저하에 훨씬 적은 영향을 받는다. 따라서 이 방식에서의 초기 투자비용은 높을 수 있지만, 수명 주기 비용은 낮아지게 된다.

강판의 두께는 필요한 자기 차폐 성능의 수준과 용접의 용이성에 따라 달라진다. 쉽게 용접할 수 있는 최소 두께는 약 16 게이지(1.29 mm)이다. 대부분의 군사 설비에서는 10 게이지(2.6 mm)를 사용한다. 건축가와 기술자는 차폐를 신중하게 설계함으로



써 많은 비용을 절감할 수 있다. 설계자는 다음과 같은 부분을 고려해야 한다.

- 용접해야 하는 이음매의 총 길이를 최소화할 수 있도록 구할 수 있는 최대 크기의 강철판을 사용한다.
- 용접을 용이하게 할 수 있도록 자재와 설계 어셈블리를 선택한다.
- 가능하다면, 공장에서 조립할 수 있는 어셈블리를 사용한다.
- 자동 용접이나 기타 혁신적인 기술을 사용할 수 있는 가능성을 연구한다.

### 5-2 용접형 차폐 설계 및 구축

전체 건물의 차폐 개념에서는 연속적으로 용접된 이음매와 접합부가 있는 고품질의 주변 강철 차폐 건축적 관통부와 전도성 전기적 관통부에서의 보호를 사용한다. 초기 설계 단계에서의 시설은 전체 차폐를 시설물에 쉽게 통합할 수 있도록 토폴로지를 조절할 수 있어야 한다.

용접형 차폐실의 구축은 새로운 기술이 아니다. 대부분의 시설은 전자기적인 위협이나 방출에 대항하기 위해 구축되어 왔다. 그러나 차폐를 적절하게 설계하지 못하고 현장에서의 설치 수준이 미흡했기 때문에, 대부분 좋은 성과를 거두지는 못했다. 성공적인 프로그램을 위해 가장 중요한 것은 구축 가능하도록 설계하는 것과, 분명한 성능 요건의 명시, 높은 수준의 관리 조항, 자격이 충분한 용접 작업자, 그리고 제대로 훈련을 받은 품질 관리 검사자이다. 특히 세심한 주의가 필요한 영역은 다음과 같다.

- 바닥 차폐 설계: 이음매 용접 과정 중 가해지는 열 때문에 바닥 차폐의 뒤틀림 현상은 대부분의 프로젝트에서 가장 어려운 부분이다.
- 코너 이음매: 설계자는 모든 코너 이음매, 특히 세 개의 차폐면이 서로 접합되는 이음매 부분을 꼼꼼하게 설계해야 한다. 설계자는 이러한 위치에서 용

접 작업을 수행할 수 있도록 접근이 가능하게 설계해야 한다.

- 진행 중 용접 테스트: 차폐를 조립할 때에는 차후 수리 작업으로 인해 비용이 발생하게 되는 계획상의 절차적 실수를 피하기 위해 진행 중 용접 테스트 프로그램이 반드시 필요하다.

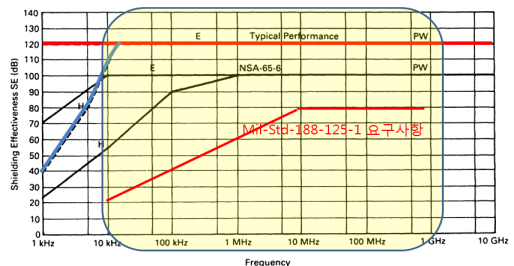
아연 도금이나 페인팅과 같은 일반적인 부식 방지 기술은 비용면에서 가장 효율적인 경제적인 보호 방식으로, 이러한 처리는 작업 현장이나 강철 공급업체에서 수행할 수 있다. 차폐를 조립하기 전에 공장에서 페인트칠하는 경우에는 용접 부위가 오염되어 이음매의 차폐 성능이 저하될 수 있음을 유념한다.

설치 후에는 차폐 표면의 부식을 방지하기 위해 아연이 함유된 페인트를 발라야 한다. 페인트를 칠하는 동안에는 페인트가 차폐의 일부를 형성하는 금속 표면에 닿지 않도록 각별히 주의해야 한다. 도어 프레임이나 EMI 필터 주위에서는 특히 조심한다.

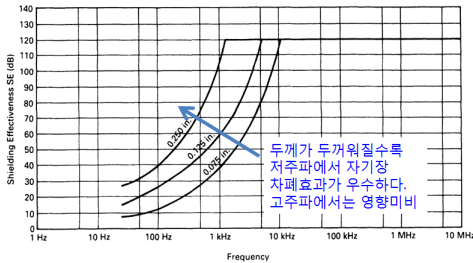
### 5-3 용접형 차폐실의 차폐 성능

[그림 9]는 용접 차폐실의 일반적인 성능이다. 이것은 14 또는 16 게이지강을 기준으로 작성된 것이다. 일부 차폐 시설에서는 높은 수준의 자기 차폐를 요구한다. 이것은 보다 두꺼운 강판을 사용하여 충족할 수 있다. [그림 10]은 자기장 차폐 성능과 강판의 두께의 상관관계를 보여준다.

## VI. 결 론



[그림 9] 용접형 차폐실의 일반적인 차폐 특성



[그림 10] 용접형 차폐실의 두께에 따른 차폐 특성

최근 몇 년 사이에 EMP 방호시설에 대한 관심이 매우 높아졌다. EMP 방호시설은 기본적으로 전자파 차폐실과 EMP 방호용 필터로 구성된다. IEEE 출판사에서 1992년에 발간된 Architectural Electromagnetic shielding handbook은 EMP 방호용 차폐실 설계 및 구

축에 대한 전반적인 정보를 제공하고 있기에 책 내용 중 1장에서 5장 내용을 편집하여 소개하였다. 이 책의 내용이 오래 전 정보를 다루고 있기 때문에 현실과 차이가 있는 부분도 있음을 유의해야 한다. 추가적인 정보는 책의 나머지 부분에서 찾을 수 있다. EMP 방호분야 관련 업무에 도움이 되길 바란다.

### 참 고 문 헌

[1] Leland H. Hemming, *Architectural EM Shielding Handbook*, IEEE Press, 1992.

≡ 필자소개 ≡

장 태 현



1996년 2월: 한양대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 2월: 아주대학교 정보전자공학과 (공학석사)

2008년 2월~현재: 한양대학교 전자제어계측공학과 박사과정

1996년 5월~현재: 한국산업기술시험원

전자파기술센터 센터장

2012년~현재: CISPR H 국제간사

2012년~현재: IEC TC77 SC C 프로젝트팀(PT) 리더

2012년~현재: IEC CISPR SC A ad-hoc group 리더

2007년~현재: TTA 주관 ICT 국제표준화전문가

[주 관심분야] EMI/EMC/EMP 측정 표준화