



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0059098
(43) 공개일자 2023년05월03일

- | | |
|--|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>C04B 14/48</i> (2006.01) <i>C04B 14/34</i> (2006.01)
 <i>C04B 14/36</i> (2006.01) <i>C04B 20/00</i> (2006.01)
 <i>C04B 28/02</i> (2006.01) <i>C04B 111/00</i> (2006.01)
 <i>C04B 111/90</i> (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 <i>C04B 14/48</i> (2013.01)
 <i>C04B 14/34</i> (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2021-0164047
 (22) 출원일자 2021년11월25일
 심사청구일자 2021년11월25일
 (30) 우선권주장
 1020210142507 2021년10월25일 대한민국(KR)</p> | <p>(71) 출원인
 충남대학교산학협력단
 대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
 (72) 발명자
 김규용
 대전광역시 서구 둔산로 201 국화아파트 604동 803호
 남정수
 대전광역시 서구 도안동로 177 113동 403호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 조성광</p> |
|--|---|

전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 전자파 차폐용 모르타르 조성물

(57) 요약

본 발명은 전자파 차폐용 모르타르 조성물에 관한 것으로서, 고가의 전자파 흡수시트나 보강패널을 사용하지 않으면서도 미국방부의 EMP 방호 기준인 전자파 차폐율 80 dB 이상을 확보할 수 있는 기능성 전자파 차폐용 모르타르 조성물에 관한 것이다.

본 발명은 「비정질 강섬유가 혼입되어, 0.0008 S/cm 이상의 전기전도성이 발현되어, 벽체두께 30 cm에서 전자파 차폐율 80 dB 이상이 확보되는 전자파 차폐용 모르타르 조성물」을 제공한다.

(52) CPC특허분류

C04B 14/363 (2013.01)
C04B 20/0048 (2013.01)
C04B 20/0076 (2013.01)
C04B 20/008 (2013.01)
C04B 28/021 (2013.01)
C04B 2111/00258 (2013.01)
C04B 2111/90 (2013.01)

(72) 발명자

이상규

충북 제천시 원뜰로 14 코아루 1차 아파트 101동
 1302호

황의철

전주시 덕진구 만성동로 47 만성동 시티프라디움아
 파트 108동 1605호

손민재

대전광역시 유성구 대학로 75번길 12-8 수오피스텔
 508호

서동균

대전 유성구 대학로 76번길 21, 씨앤유빌딩 602호

유하민

대전광역시 서구 신갈마로 211번길 77, 대호빌라
 나동 301호

이예찬

대전 대덕구 아리랑로 211 107동 501호 (영진아파
 트, 법동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1615012026
과제번호	21SCIP-B146646-04
부처명	국토교통부
과제관리(전문)기관명	국토교통과학기술진흥원
연구사업명	건설기술연구사업
연구과제명	EMP 차폐 성능 향상 비정질 강섬유 적용성 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국건설기술연구원
연구기간	2019.01.01 ~ 2021.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

비정질 강섬유가 혼입되어, 0.0008 S/cm 이상의 전기전도성이 발현되어, 벽체두께 30 cm에서 전자파 차폐율 80 dB 이상이 확보되는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 2

제1항에서,

상기 비정질 강섬유는 모르타르 조성물의 외할로 1.5~2.0 vol% 포함된 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 3

제2항에서,

상기 비정질 강섬유는 등가직경 0.18~0.25 mm, 길이 25~30 mm, 폭 1.0~1.6 mm, 두께 24~29 μm , 밀도 7.2 g/cm^3 및 비표면적 9.6~11.6 m^2/kg 인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 4

제3항에서,

상기 비정질 강섬유는 Fe_2O_3 (산화철)이 80~85 wt% 포함된 합금으로서, 전기전도율 750~850 S/mm인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 5

제1항에서,

밀도 6.0~8.0 g/cm^3 의 비정질 금속분말이 모르타르 조성물의 외할로 0.3 wt% 더 포함된 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 6

제5항에서,

상기 비정질 금속분말은 Fe(철)을 85~90 wt% 포함하는 합금인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 7

제6항에서,

상기 비정질 금속분말은 전체 금속분말 대비 직경 12 μm 이하의 입자가 8~12%, 직경 12 μm ~26 μm 입자가 35~45%, 직경 27 μm ~49 μm 입자가 35~45%의 비율로 포함된 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 8

제1항 중 어느 한 항에서,

밀도 $4.0\sim 6.0\text{ g/cm}^3$ 의 페라이트 분말이 모르타르 조성물의 외할로 0.3 wt% 더 포함된 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 9

제8항에서,

상기 페라이트 분말은 Fe(철)을 60~65 wt% 포함하는 합금인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 10

제9항에서,

상기 페라이트 분말은 직경 $0.45\mu\text{m}$ 이하의 입자가 8~12%, 직경 $0.46\mu\text{m}\sim 0.72\mu\text{m}$ 입자가 35~45%, 직경 $0.73\mu\text{m}\sim 1.39\mu\text{m}$ 입자가 35~45%의 비율로 포함된 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에서,

시멘트 및 플라이애시가 혼합된 결합재가 단위체적 1 m^3 당 900~1,100 kg 혼합되고,

잔골재가 단위체적 1 m^3 당 300~400 kg 혼합되고,

물-결합재비 30~40 wt%인 것을 특징으로 하는 전자파 차폐용 모르타르 조성물.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전자파 차폐용 모르타르 조성물에 관한 것으로서, 고가의 전자파 흡수시트나 방호패널을 사용하지 않으면서도 미국방부의 EMP 방호 기준인 전자파 차폐율 80 dB 이상을 확보할 수 있는 기능성 전자파 차폐용 모르타르 조성물에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 전자, 통신기술의 발달과 함께 전자, 통신수단은 가전제품은 물론 농업, 제조업, 의료분야 등 대부분의 산업분야에서 사용되고 있으며, 군사분야에서도 전자, 통신수단을 적용한 무기나 장비의 비중이 높아져 해킹이나 전자기 펄스(EMP)에 대한 방호능력의 중요성이 점차 증가하고 있다.

[0004] 전자기 펄스(EMP)란 펄스 형태로 방출되는 전자기파로, 주로 핵폭발에 의하여 발생하는 높은 밀도와 짧은 지속시간을 갖는 강력한 전자기파이다. 핵폭발이 발생할 경우 고에너지의 감마선(전자기 펄스)이 발생하며 이때 감마선 광자와 원자핵이 충돌함으로써 원자핵보다 질량이 작은 전자를 방출한다. 방출된 고에너지의 전자는 물질 형태의 진동운동을 하면서 이동하는데 이 과정에서 전기장과 자기장이 형성된다. 이러한 전자기장은 전자기기에 유도전류를 의한 과전류를 일으켜 영구적인 파손을 발생시킨다.

[0005] 특히, 최근 군사분야에서 사용되는 장비와 무기들은 통신속도의 향상, 명중률 및 목표탐지 능력의 향상 등을 위하여 각종 전자기기가 적용되어 운영되고 있으며, 기계식 장비, 무기와는 달리 전자기기로 제어되는 전자식 장

비, 무기들은 EMP에 노출될 경우 무력화될 가능성이 높아 국가 안보에 심각한 위협이 된다.

- [0006] EMP는 군사분야만이 아니라 국가 인프라망에도 큰 위협이 되는데, 전력망, 통신망, 금융망, 도로망 등 국가의 기반이 되는 인프라망의 대부분은 전자기기로 제어되고 있어 이와 같은 인프라망에 EMP에 의한 공격이 가해질 경우 공공기관의 업무 마비, 사회적 혼란 등이 발생할 우려가 있다.
- [0007] 최근 북한에서는 EMP를 발생시키는 핵무기의 개발뿐만 아니라, 전자기기를 무력화 할 수 있는 EMP탄을 개발하는 등 투자되는 비용대비 높은 무력화 효과를 가지는 전자전 역량을 강화하는데 집중하고 있어 EMP에 대한 방호 능력에 대한 필요성이 증가하고 있으나, 국내의 경우 대부분 정보통신장치와 전자기기로 운용되어 EMP공격에 대한 방호능력이 요구되는 군사지휘통제(C4I)시설 중 전자파 차폐능력을 구비한 시설은 전체의 1.4%에 불과하여 약 99%의 군사지휘통제(C4I)시설이 EMP 무기에 무방비한 상태이다.
- [0008] EMP 차폐를 위한 기준에는 미국방부 기준 MIL-STD-188-125-1/2가 있으며, 이 기준은 긴급하고 중요한 임무를 수행하는 지상 군사지휘통제(C4I)시설의 방호를 목적으로 한다. 주한미군 및 국방부 청사 및 일부 지휘시설도 상기 미국방부의 기준을 준용하고 있으며, 상기 기준에서 적용되는 전자파 차폐기준은 80 dB로 국내의 군사시설에도 이 기준이 적용되고 있다.
- [0009] 일반적으로 철근콘크리트 구조물은 콘크리트가 전자파를 반사하고, 격자로 형성된 철근이 전자파를 차폐하며, 이 두 가지 요소가 복합적으로 작용하여 EMP를 차폐할 수 있는 능력을 가지고 있다.
- [0010] 그러나, 국내에서 진행된 철근콘크리트의 차폐능력 시험 결과 3 m 두께의 콘크리트에 3 cm 이상의 굵은 철근을 15 cm 간격을 가지도록 4겹으로 배치할 경우에도, 40~50 dB 정도의 차폐능력을 가지는 것으로 확인되어, 보통의 철근 콘크리트 구조물로 80 dB의 전자파 차폐기준을 달성하는 것은 매우 어렵다는 것이 확인되었다.
- [0011] 따라서, 차폐기준을 만족하기 위하여 벽체두께를 증가시키거나 전기 전도율이 우수한 금속 차폐벽, 전자파 흡수 시트, 전자파 방호패널 등을 추가 시공하여 EMP 방호성능을 보강하는 방법으로 EMP 방호 시설을 시공하였으나, 이는 구조체의 하중을 증가시켜 건축물의 설치높이가 제한되며 활용공간이 줄어들고, 공사비용이 과도하게 증가하는 단점이 있다.
- [0012] 위와 같은 문제점으로 인하여 EMP 방호 필요시설 중 극히 일부만이 80 dB의 전자파 차폐기준을 만족하도록 시공된 상태로, EMP 방호 필요시설을 시공할 때 고가의 차폐용 보강 시트를 추가하지 않고, 벽체의 두께증가를 최소화하여 공간의 활용도를 높일 수 있으며, 경제적으로 시공 할 수 있는 전자파 차폐기술과 이를 적용한 재료의 개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0014] (특허문헌 0001) 1. 등록특허 10-2217333 "전자파 차폐용 콘크리트 조성물"
- (특허문헌 0002) 2. 등록특허 10-2000446 "전자파 차폐성 시멘트 조성물, 이를 이용한 전자파 차폐성 시멘트 모르타르 및 전자파 차폐성 시멘트 콘크리트"
- (특허문헌 0003) 3. 등록특허 10-2246779 "도전성 탄소를 포함하여 전자파 차폐효과를 구현함과 동시에 우수한 압축강도를 갖는 초고성능 콘크리트 조성물 및 그 제조방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0015] 본 발명은 벽체의 두께를 늘리거나 전자파 방호용 보강재를 추가하는 공사를 진행하지 않더라도, 비정질 강섬유 및 금속분말을 혼입하여 벽체두께 30 cm에서 전자파 차폐율 80 dB 이상이 확보되는 전자파 차폐용 모르타르 조성물을 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0017] 본 발명은 「비정질 강섬유가 혼입되어, 0.0008 S/cm 이상의 전기전도성이 발현되어, 벽체두께 30 cm에서 전자파 차폐율 80 dB 이상이 확보되는 전자파 차폐용 모르타르 조성물」을 제공한다.
- [0019] 상기 비정질 강섬유는 모르타르 조성물의 외할로 1.5~2.0 vol% 포함될 수 있다.
- [0020] 상기 비정질 강섬유는 등가직경 0.18~0.25 mm, 길이 25~30 mm, 폭 1.0~1.6 mm, 두께 24~29 μm , 밀도 7.2 g/cm³ 및 비표면적 9.6~11.6 m²/kg인 것을 적용할 수 있다.
- [0021] 상기 비정질 강섬유는 Fe₂O₃(산화철)이 80~85 wt% 포함된 합금으로서, 전기전도율 750~850 S/mm인 것을 적용할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 모르타르 조성물에는 밀도 6.0~8.0 g/cm³의 비정질 금속분말이 모르타르 조성물의 외할로 0.3 wt% 더 포함될 수 있다.
- [0024] 상기 비정질 금속분말은 Fe(철)을 85~90 wt% 포함하는 합금인 것을 적용할 수 있다.
- [0025] 상기 비정질 금속분말은 전체 금속분말 대비 직경 12 μm 이하의 입자가 8~12%, 직경 12 μm ~26 μm 입자가 35~45%, 직경 27 μm ~49 μm 입자가 35~45%의 비율로 포함된 것을 적용할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 모르타르 조성물에는 밀도 4.0~6.0 g/cm³의 페라이트 분말이 모르타르 조성물의 외할로 0.3 wt% 더 포함될 수 있다.
- [0028] 상기 페라이트 분말은 Fe(철)을 60~65 wt% 포함하는 합금인 것을 적용할 수 있다.
- [0029] 상기 페라이트 분말은 직경 0.45 μm 이하의 입자가 8~12%, 직경 0.46 μm ~0.72 μm 입자가 35~45%, 직경 0.73 μm ~1.39 μm 입자가 35~45%의 비율로 포함된 것을 적용할 수 있다.
- [0031] 또한, 상기 모르타르 조성물에는 시멘트 및 플라이애시가 혼합된 결합재가 단위체적 1 m³ 당 900~1,100 kg 혼합되고, 잔골재가 단위체적 1 m³ 당 300~400 kg 혼합되고, 물-결합재비 30~40 wt%가 되도록 물을 배합할 수 있다.

발명의 효과

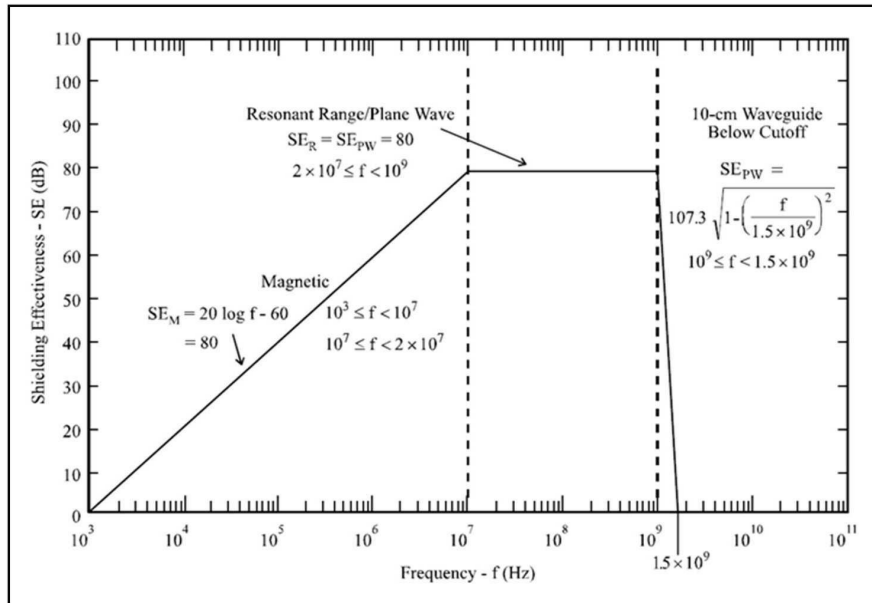
- [0033] 전술한 본 발명에 따르면, 고가의 전자파 흡수시트나 방호페닐을 사용하지 않으면서도 콘크리트 벽체 시공시 적용하는 것만으로도 전자파 차폐효과를 발현할 수 있다.
- [0034] 비표면적이 넓은 비정질 강섬유를 적용하여 고밀도의 전도성 네트워크를 형성함에 따라 전자파 차폐성능을 향상시킬 수 있다.
- [0035] 또한, 다양한 입자크기의 금속분말을 혼입하여 비정질 강섬유 사이의 공간을 채움으로써 전자파의 점핑 거리를 감소시켜 전도성 네트워크의 안정성을 향상시킬 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0037] 본 발명은 「비정질 강섬유가 혼입되어, 0.0008 S/cm 이상의 전기전도성이 발현되어, 벽체두께 30 cm에서 전자파 차폐율 80 dB 이상이 확보되는 전자파 차폐용 모르타르 조성물」을 제공한다.

[0039] 미국방부의 전자파 차폐 기준 MIL-STD-188-125-1에서는 긴급하고 중요한 임무를 수행하는 지상의 지휘 통제시설의 HEMP(고도 30km 이상의 상공에서 핵폭발로 인해 발생하는 전자기 펄스)급 전자기 펄스를 방호하기 위한 목적으로 전자파 차폐율 80 dB 이상을 확보할 것을 명시하고 있다.([참고도] 1 참조)

[0040] [참고도 1] HEMP급 최소 차폐율 요구 사항(MIL-STD-188-125-1 기준)



[0041]

[0042] 전자파 차폐율 80 dB 이상은 현재 군시설에서 요구하는 전자기 차폐 성능 중 핵폭발을 상정한 HEMP급 전자기 펄스를 차폐하기 위한 최소한의 요구사항으로, 본 발명은 30cm의 벽체두께에서 전자파 차폐율 80 dB을 확보할 수 있는 전자파 차폐용 모르타르 조성물을 제공한다.

[0043] 또한, 30cm의 벽체두께에서 전자파 차폐율 80 dB 이상을 실현하기 위하여 벽체는 0.0008 S/cm 이상의 전기전도성이 발현되어야 한다.

[0045] 상기 비정질 강섬유는 모르타르 조성물의 외할로 1.5~2.0 vol% 포함되되, 등가직경 0.18~0.25 mm, 길이 25~30 mm, 폭 1.0~1.6 mm, 두께 24~29 μ m, 밀도 7.2 g/cm³ 및 비표면적 9.6~11.6 m²/kg인 것을 적용하는 것이 바람직하다.

[0046] 상기 비정질 강섬유는 폭이 넓은 장방형으로 형성되어 넓은 비표면적을 가지게 되므로 전자파의 흡수 면적이 증가함에 따라 전자파의 흡수력이 우수하며, 일반 강섬유 대비 고밀도의 전도성 네트워크를 형성할 수 있어 전자파 차폐능력이 우수하다.

[0047] 이때, 상기 비정질 강섬유를 모르타르 조성물의 외할로 1.5~2.0 vol% 포함되도록 하여 모르타르 조성물의 강성 및 유동성의 저하를 방지하는 것이 바람직하다.

[0049] 또한, 상기 비정질 강섬유는 Fe₂O₃(산화철)이 80~85 wt% 포함된 합금으로서, 전기전도율 750~850 S/mm인 것이 바람직하다. 상기 비정질 강섬유가 본 발명이 요구하는 전기전도성인 0.0008 S/cm을 발현하기 위하여 Fe₂O₃(산화철)이 80~85 wt% 포함된 강섬유를 사용하는 것이 바람직하며, 이때의 전기전도율은 750~850 S/mm를 유지하도록 형성되는 것이 바람직하다.

[0051] 상기 모르타르 조성물에는 밀도 6.0~8.0 g/cm³의 비정질 금속분말이 모르타르 조성물의 외할로 0.3 wt% 더 포함되되, 상기 비정질 금속분말은 Fe(철)을 85~90 wt% 포함하는 합금인 것을 적용하는 것이 바람직하다.

[0052] 또한, 상기 비정질 금속분말은 전체 금속분말 대비 직경 12 μ m 이하의 입자가 8~12%, 직경 12 μ m~26 μ m 입자가

35~45%, 직경 $27\mu\text{m}$ ~ $49\mu\text{m}$ 입자가 35~45%의 비율로 포함된 것을 적용하는 것이 바람직하다.

[0053] 비정질 강섬유가 고밀도의 전도성 네트워크를 형성할 경우 인접한 비정질 강섬유 사이 공간을 전자파가 점핑하여 전달됨에 따라 상기 전도성 네트워크를 통하여 전자파가 전달될 때마다 전자파가 반사, 흡수되어 전자파가 구조물의 내부로 투과되지 않고 차폐될 수 있다.

[0054] 또한, 비정질 금속분말을 혼입하여 인접한 비정질 강섬유 사이의 공간을 채워 전자파의 점핑 거리를 감소시켜 전도성 네트워크를 강화하여 전자파 차폐율을 증가시킬 수 있다. 상기 비정질 금속분말은 혼입 시 비정질 금속분말 사이의 공극을 최소화 하기 위하여 직경 $12\mu\text{m}$ 이하의 입자가 8~12%, 직경 $12\mu\text{m}$ ~ $26\mu\text{m}$ 입자가 35~45%, 직경 $27\mu\text{m}$ ~ $49\mu\text{m}$ 입자가 35~45%의 비율로 포함될 경우 최적의 공극비율이 형성되어 바람직하다. 상기와 같이 각기 다른 크기의 직경을 가진 비정질 금속분말이 혼합될 경우 비정질 금속분말 사이의 공극을 채워 보다 고밀도의 전도성 네트워크를 형성할 수 있다.

[0056] 상기 모르타르 조성물에는 밀도 $4.0\sim 6.0\text{ g/cm}^3$ 의 페라이트 분말이 모르타르 조성물의 외함로 0.3 wt% 더 포함되되, 상기 페라이트 분말은 Fe(철)을 60~65 wt% 포함하는 합금인 것을 적용하는 것이 바람직하다.

[0057] 페라이트 분말은 산화 철(Fe_2O_3)을 주성분으로 형성된 것으로, 투자율이 높은 강자성체이다. 투자율이 높은 페라이트 분말은 전자기장을 감싸 전달되는 전자기장의 크기를 줄이고 외부의 전자기장이 차폐체의 표면을 타고 흘러서 내부로 투과되지 않도록 유도하여 전자파 차폐력이 우수하다.

[0059] 이때, 상기 페라이트 분말은 상기 비정질 금속분말과 마찬가지로 직경 $0.45\mu\text{m}$ 이하의 입자가 8~12%, 직경 $0.46\mu\text{m}$ ~ $0.72\mu\text{m}$ 입자가 35~45%, 직경 $0.73\mu\text{m}$ ~ $1.39\mu\text{m}$ 입자가 35~45%의 비율로 포함된 것을 적용하여 페라이트 분말 사이의 공극을 줄일 수 있도록 구성되는 것이 바람직하다.

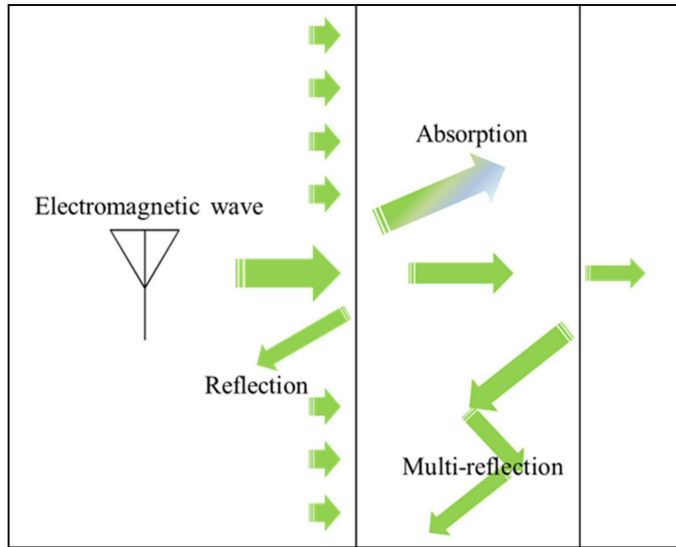
[0061] 또한, 상기 모르타르 조성물에는 시멘트 및 플라이애시가 혼합된 결합재가 단위체적 1 m^3 당 900~1,100 kg 혼합되고, 잔골재가 단위체적 1 m^3 당 300~400 kg 혼합되고, 물-결합재비 30~40 wt%가 되도록 물을 배합하는 것이 바람직하다.

[0063] 이하에서는, 전자파 차폐용 모르타르 조성물의 여러 가지 성능을 타 시험체와 비교하여 평가한 결과를 바탕으로 설명하기로 한다.

[0065] 1. 기술도출과정

[0066] 전자파 차폐는 전자파 에너지의 경로를 변경해주는 과정을 의미하는 것으로, 아래 [참고도 2]에 도시된 바와 같이, 전자기 펄스가 공기 중에 파장의 형태로 진행하여 차폐물에 입사할 경우 전자기 에너지는 차폐물에 반사, 흡수, 투과의 과정을 거쳐 전계강도가 손실되는 과정으로 진행되는 것이 전자파 차폐의 개념이다.

[0067] [참고도 2]



[0068]

[0069] 전자파 차폐는 에너지 보존 법칙에 의하여 입사에너지는 반사 에너지, 흡수 에너지, 투과 에너지의 합으로 산출될 수 있으며, 완전 차폐가 이루어졌음을 기준으로 하면 에너지 보존 법칙에 의한 차폐율은 아래 [수학식 1]으로 표현할 수 있다.

수학식 1

$$SE=A+R+K$$

[0070]

[0071] SE : 차폐율 A : 흡수손실

[0072] R : 반사손실 K : 다중 반사손실

[0074] 전자파를 방호하기 위한 차폐재의 성능을 평가하기 위한 차폐율 시험에 적용되는 차폐율 계산식은 아래 [수학식 2]와 같다.

수학식 2

$$SE=20\log \frac{Vc}{Vm}$$

[0075]

[0076] SE : 차폐율

[0077] Vc : 차폐재 없이 수신된 전자파

[0078] Vm : 차폐재를 통과하여 수신된 전자파

[0080] 따라서, 전자파 차폐를 위해서는 반사손실, 흡수손실, 다중반사 손실이 종합적으로 작용하여 최종적으로 전자파 에너지의 소실시켜 구조물의 내부로 투과되는 전자파를 최소화 하여야 한다.

[0081] 이를 위해서 본 발명의 발명자는 전자파를 반사, 흡수, 다중반사를 하기 위해서 건축 구조물이 전기전도성을 가지도록 구성되어야 하며, 이를 위해서 전기전도성을 띄는 강섬유, 금속분말을 혼입한 모르타르 조성물에 대한

연구를 진행하게 되어 30cm의 벽체두께에서 전자파 차폐율 80 dB 이상을 실현할 수 있는 최적의 모르타르 조성비를 도출하였다.

2. 모르타르 조성물의 차폐성능 시험과정

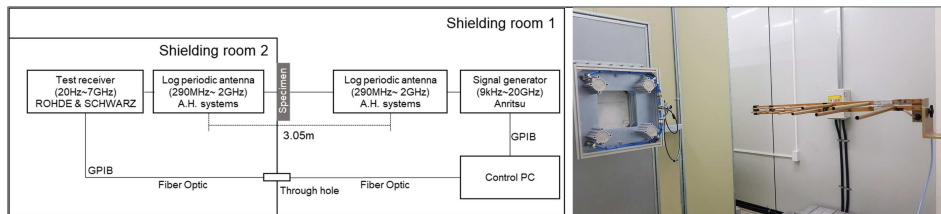
모르타르 조성물의 전자파 차폐성능 시험은 미국방부의 전자파 차폐 기준(MIL-STD-188-125)에 따라 측정하였다.

이를 위하여, 측정 시스템은 아래 [참고도 3]에 도시된 바와 같이 290MHz~2GHz의 측정 주파수 대역을 가지는 Log periodic antenna 송수신 안테나를 적용하였다.

시험실은 금속벽을 통해 분리된 차폐실 1과 2로 구성되고, 차폐실 1에는 송신안테나를 배치하고, 차폐실 2에는 수신안테나를 배치하며, 양 안테나 사이는 3.05m의 거리로 이격배치 하였다.

시험체 거치 지그의 개구부는 양 안테나 사이의 중심축과 동일선상에 배치되었다. 수신 안테나의 정보를 수신하는 수신기는 유입되는 전자기파에 의한 영향을 줄이기 위해 차폐실 2의 내부에 설치하였으며, 제어 PC와 수신기는 광케이블을 사용하여 연결하였다. 본 시험에서는 0.6GHz~1.5GHz 범위의 주파수 대역을 측정하였다.

[참고도 3]



시험체(시험예)는 거치 지그에 수용되며, 차폐실 1의 송신안테나에서 송신된 전자파는 시험체를 거쳐 차폐실 2의 수신안테나에 도달하게 된다.

이때의 전자파 차폐율은 [수학식 2]에 표기된 바와 같이 차폐재가 없는 상태에서 수신된 신호 대비 차폐재가 있는 상태에서 수신된 신호의 차이로 산출되며, 단위는 dB이다.

아래 [표 1]은 시멘트 및 플라이애시가 혼합된 결합재가 1,000 kg/m³ (시멘트 850 kg/m³, 플라이애시 150 kg/m³), 잔골재가 350 kg/m³ 및 물 400 kg/m³(물-결합재비 40 wt%)을 혼합한 모르타르 조성물의 배합예이다. [표 1]의 모르타르 조성물에 외할로 비정질 강섬유, 비정질 금속분말 및 페라이트 분말이 각각 혼입되게 된다.

표 1

W/B (%)	물 (kg/m ³)	단위 질량 (kg/m ³)		
		시멘트	잔골재	플라이애시
40	400	850	350	150

위 배합의 모르타르 조성물은 후술할 시험예1이다.

시험예에 혼입되는 강섬유는 일반적인 구조재용 강섬유로 주로 사용되는 후크형 강섬유와 비정질 강섬유를 비교하였으며, 각 시험예에 사용된 후크형 강섬유와 비정질 강섬유의 물성은 아래 [표 2]와 같다.

표 2

재료	물성
후크형 강섬유 (HF)	길이: 25 mm, 직경: 0.5 mm, 밀도: 7.85 g/cm ³ , 인장강도: 1,140 MPa, 섬유 수: 22,000/kg, 비표면적: 1.0m ² /kg

비정질 강섬유 (AF)	길이: 25 mm, 폭: 1.6 mm, 두께: 29 μm , 등가직경: 0.25mm, 밀도: 7.2 g/cm^3 , 인장강도: 1,400 MPa, 섬유 수: 100,000/kg , 비표면적 : 9.6 m^2/kg
	길이: 15 mm, 폭: 1.0 mm, 두께: 24 μm , 등가직경: 0.18 mm, 밀도: 7.2 g/cm^3 , 인장강도: 1,400 MPa, 섬유 수: 385,000/kg, 비표면적: 11.6 m^2/kg

[0100] 또한, 시험예에 혼입되는 후크형 강섬유와 비정질 강섬유의 화학 조성비는 아래 [표 3]과 같다.

표 3

섬유	조성비 (%)						
	산화철 (Fe_2O_3)	오산화인 (P_2O_5)	산화크롬 (Cr_2O_3)	이산화규소 (SiO_2)	삼산화황 (SO_3)	산화칼슘 (CaO)	산화망간 (MnO)
후크형 강섬유	97.40	-	-	1.27	0.47	0.84	-
비정질 강섬유	82.70	9.57	6.61	0.67	-	-	0.45

[0103] 본 시험예에 혼입되는 비정질 금속분말(AP)의 밀도는 7.0 g/cm^3 이며, 구성 원소의 비율은 아래 [표 4]와 같다.

표 4

원소	철(Fe)	규소(Si)	붕소(B)	크롬(Cr)	탄소(C)	산소(O)
비율(wt%)	87.8	6.46	2.60	2.48	0.62	0.04

[0106] 이때, 위의 비정질 금속분말(AP)의 직경에 따른 입자 비율은 아래 [표 5]와 같다.

표 5

포함비 (%)	10%	45%	45%
입자크기 (μm)	11.82	25.85	48.76

[0109] 본 시험예에 혼입되는 페라이트 분말(αP)의 밀도는 4.9 g/cm^3 이며, 구성 원소의 비율은 아래 [표 6]과 같다.

표 6

원소	철(Fe)	아연(Zn)	니켈(Ni)	구리(Cu)	크롬(Cr)	요오드(I)
비율(wt%)	63.5791	18.4470	9.7115	8.1412	0.363	0.0372
원소	황(S)	마그네슘(Mg)	염소(Cl)	규소(Si)	인(P)	
비율(wt%)	0.0336	0.0058	0.0049	0.0022	0.0011	

[0111] 이때, 위의 페라이트 분말(αP)의 직경에 따른 입자 비율은 아래 [표 7]와 같다.

표 7

포함비 (%)	10%	45%	45%
입자크기 (μm)	0.45	0.72	1.39

[0115] 이하에서는, 각 재료의 혼입률의 단위표기에서 비정질 강섬유(AF)의 부피비(vol%)는 [표 1]에 표기된 모르타르 조성물(시험예1)의 외할로 포함된 부피비(vol%)이고, 비정질 금속분말(AP) 및 페라이트 분말(α P)의 중량비(wt%)는 [표 1]에 표기된 모르타르 조성물(시험예1)의 외할로 포함된 중량비(wt%)로 모두 동일하게 적용하여 시험을 진행하도록 한다.

[0116] 시험예1은 [표 1]의 모르타르 조성물만으로 구성된 시험체이고, 시험예2 이상은 시험예1의 모르타르 조성물에 강섬유 및 금속분말 중 하나 이상이 혼입된 시험체이다.

[0118] 3. 강섬유 및 금속분말 혼입률에 따른 전기전도성 비교시험

[0119] 섬유의 혼입률에 따른 전기전도성을 비교하기 위하여 각 시험예별 강섬유 및 금속분말을 혼입비는 아래 [표 8]에 나타난 바와 같다.

[0120] 시험예1은 모르타르 조성물만으로 구성된 것이고, 시험예 2 내지 시험예10은 상기 시험예1에서 비정질 강섬유(AF), 비정질 금속분말(AP) 및 페라이트 분말(α P) 중 어느 하나 이상을 외할로 혼합하되, 강섬유의 길이, 강섬유의 혼합비, 금속분말의 혼합비를 다르게 적용한 것이다.

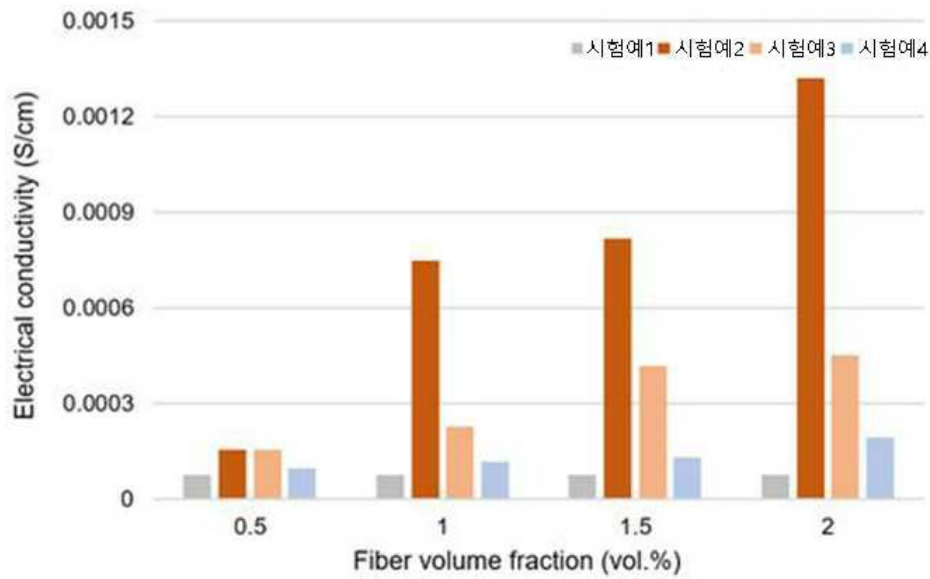
표 8

구분	강섬유			금속분말	
	강섬유 종류	섬유길이 (mm)	혼입비 (vol.%)	금속분말 종류	혼입비 (wt%)
시험예1	-	-	-		
시험예2	비정질(AF)	25	0.5~2.0	-	-
시험예3	비정질(AF)	15	0.5~2.0	-	-
시험예4	후크형(HF)	25	0.5~2.0	-	-
시험예5	비정질(AF)	25	1.0	-	-
시험예6	비정질(AF)	25	1.0	비정질(AP)	0.3
시험예7	비정질(AF)	25	1.0	페라이트(α P)	0.3
시험예8	비정질(AF)	25	2.0	-	-
시험예9	비정질(AF)	25	2.0	비정질(AP)	0.3
시험예10	비정질(AF)	25	2.0	페라이트(α P)	0.3

[0123] 아래 참고도 4 및 참고도 6은 각 시험예의 전기전도성을 측정한 것으로 세로축은 전기전도성(S/cm)의 전도도이고, 가로축은 섬유길이 별로 혼합비를 변경한 값을 나열한 것이다.

[0125] 아래 [참고도 4]는 모르타르 조성물만으로 구성된 시험예1과 각 섬유길이별로 혼합비를 변경한 시험예 2 내지 4 이 전기전도성을 정리하여 나타낸 것이다.

[0126] [참고도 4]



[0127]

[0128] 모르타르 조성물만으로 구성된 시험예1은 가장 낮은 전기전도성을 보였으며, 비정질 강섬유가 혼합된 시험예2 및 3은 후크형 강섬유가 혼합된 시험예4보다 전기전도성이 우수하며, 같은 비정질 강섬유를 혼합하더라도 25 mm 길이의 비정질 강섬유를 혼합한 시험예2가 시험예3 대비 전기전도성이 월등히 우수한 것으로 나타났다.

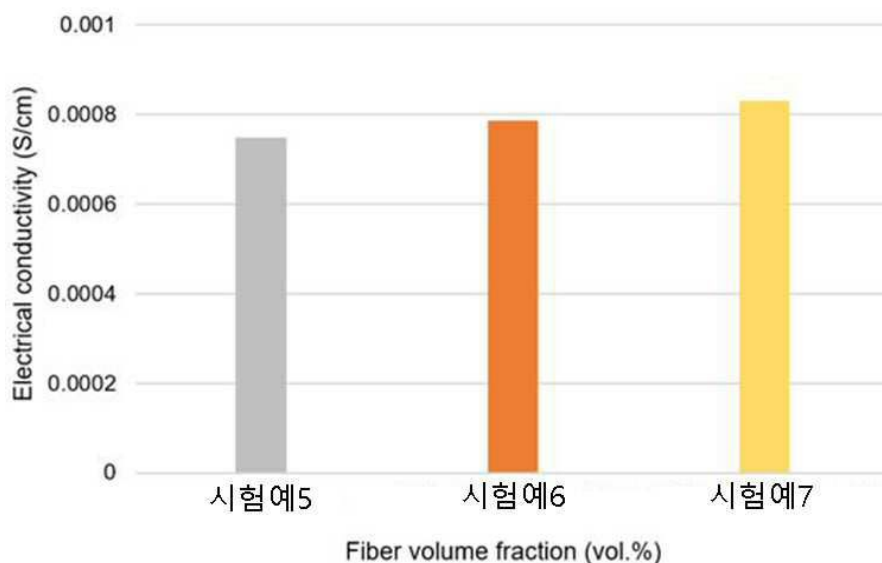
[0129] 또한, 시험예2 내지 4에서 모두 강섬유의 혼합율이 증가할수록 전기전도성이 높아지는 것을 알 수 있다.

[0130] 정리하자면, 비정질 강섬유가 후크형 강섬유보다 전기전도성이 높으며, 강섬유의 길이 및 혼합율은 전기전도성과 비례관계를 보이는 것으로 확인되었다.

[0131] 또한, 25 mm 길이의 비정질 강섬유가 1.5 vol% 포함될 경우 본 발명에서 제시하는 기준인 전기전도성 0.0008 S/cm를 만족하는 것이 확인된다.

[0133] 아래 [참고도 5]는 모르타르 조성물에 각각 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.0 vol% 혼합한 시험예5, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.0 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 비정질 금속분말(AP)을 혼합한 시험예6, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.0 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 페라이트 분말(α P)을 혼합한 시험예7의 전기전도성을 정리하여 나타낸 것이다.

[0134] [참고도 5]

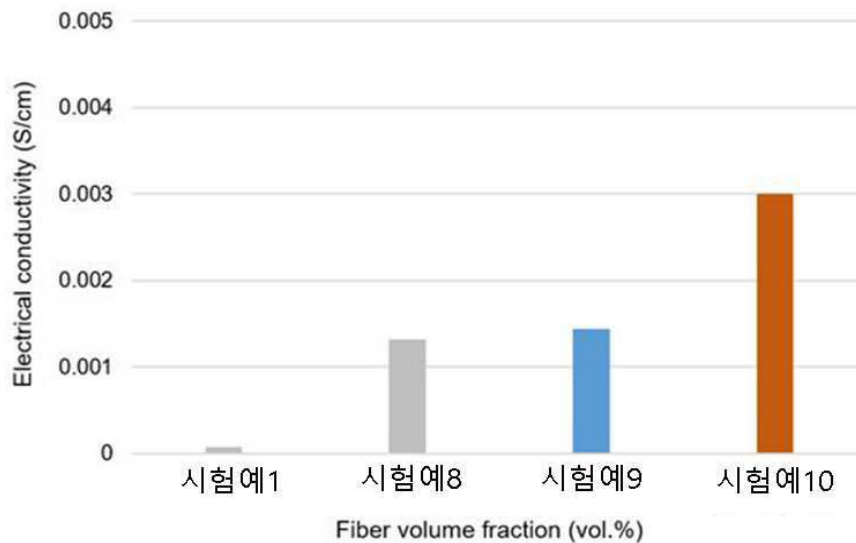


[0135]

[0137] 위의 [참고도 5]의 시험예 각각의 전기전도성을 비교하면, 비정질 강섬유에 비정질 금속분말을 혼합한 시험예6은 비정질 강섬유만 혼합한 시험예5 보다 전기전도성이 우수하며, 페라이트 분말을 혼합한 시험예7은 비정질 금속분말을 혼합한 시험예6보다 우수한 전기전도성을 가지는 것으로 확인된다.

[0139] 아래 [참고도 6]은 모르타르 조성물만으로 구성된 시험예1과 모르타르 조성물에 각각 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 2.0 vol% 혼합한 시험예8, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 2.0 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 비정질 금속분말(AP)을 혼합한 시험예9, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 2.0 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 페라이트 분말(α P)을 혼합한 시험예10의 전기전도성을 정리하여 나타낸 것이다.

[0140] [참고도 6]



[0141]

[0143] 위의 [참고도 6]의 시험예 각각의 전기전도성을 비교하면, 비정질 강섬유를 혼합한 시험예8은 모르타르 조성물만으로 구성된 시험예1 보다 전기전도성이 우수하고, 비정질 강섬유에 비정질 금속분말을 혼합한 시험예9은 비정질 강섬유만 혼합한 시험예8 보다 전기전도성이 우수하며, 페라이트 분말을 혼합한 시험예10은 비정질 금속분말을 혼합한 시험예9보다 월등히 우수한 전기전도성을 가지는 것으로 확인된다.

[0145] 특히, 강섬유를 1.0 vol% 혼합한 시험예 대비 2.0 vol% 혼합한 시험예가 약 1.5배 이상 전기전도성이 우수한 것으로 나타났으며, 특히 25 mm 길이의 강섬유를 2.0 vol% 혼합한 상태에서 페라이트 분말을 0.3 wt% 혼합한 시험예10의 경우 타 시험예 대비 2배가 넘는 우수한 전기전도성을 가지는 것을 확인할 수 있다.

[0147] 4. 벽 두께별 전자파 차폐율 비교시험

[0148] 섬유의 혼입률에 따른 전기전도성을 비교하기 위하여 각 시험예의 벽 두께별 강섬유 및 금속분말의 혼입비는 아래 [표 9]에 나타난 바와 같다.

표 9

[0149]

구분	벽 두께 (mm)	강섬유			금속분말	
		강섬유 종류	섬유길이 (mm)	혼입비 (vol.%)	금속분말 종류	혼입비 (wt%)
시험예11	100	-	-	-	-	-
시험예12	100	비정질(AF)	25	0.5~2.0	-	-

시험예13	100	비정질(AF)	15	0.5~2.0	-	-
시험예14	100	후크형(HF)	25	0.5~2.0	-	-
시험예15	200	비정질(AF)	25	1.5	-	-
시험예16	200	비정질(AF)	25	1.5	비정질(AP)	0.3
시험예17	200	비정질(AF)	25	1.5	페라이트(α P)	0.3
시험예18	300	비정질(AF)	25	1.5	-	-
시험예19	300	비정질(AF)	25	1.5	비정질(AP)	0.3
시험예20	300	비정질(AF)	25	1.5	페라이트(α P)	0.3

[0150] 시험예11 내지 14는 벽 두께 100 mm, 시험예15 내지 17은 벽 두께 200 mm, 시험예18 내지 20은 벽 두께 300 mm로 형성하여 차폐효과 성능 비교 시험을 진행하였다.

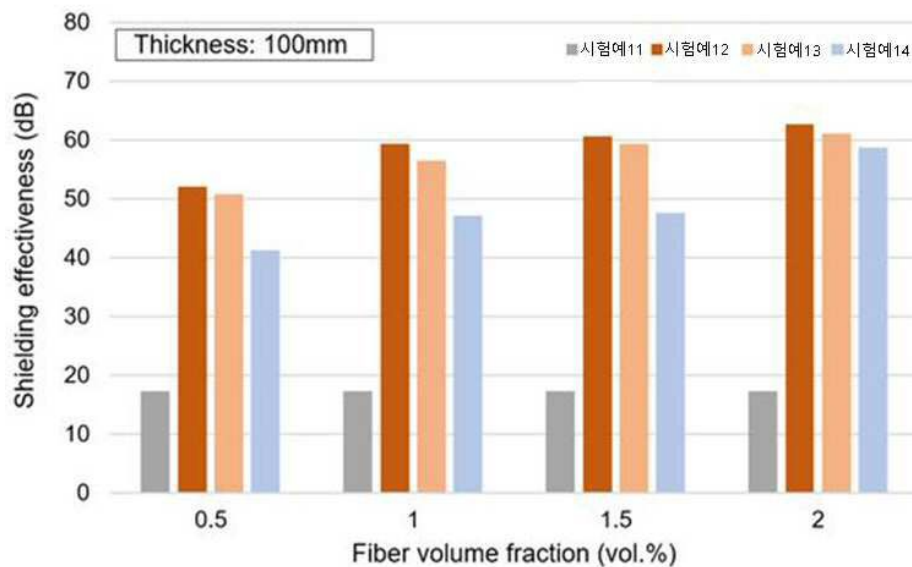
[0151] 시험예11은 모르타르 조성물만으로 100 mm 두께의 벽을 구성한 것이고, 시험예12 내지 시험예20은 상기 시험예1에서 비정질 강섬유(AF), 비정질 금속분말(AP) 및 페라이트 분말(α P) 중 어느 하나 이상을 외할로 혼합하되, 벽 두께, 강섬유의 길이, 강섬유의 혼합비, 금속분말의 혼합비를 다르게 적용한 것이다.

[0152] 또한, 시험예15 내지 20은 본 발명 비정질 강섬유 관련 권리범위의 최소값인 25 mm 길이의 섬유길이와 1.5 vol%의 혼합비를 적용하여 최소치의 전자파 차폐율을 시험하였다.

[0153] 아래 참고도 7 및 참고도 9는 각 시험예의 전자파 차폐율을 측정된 것으로 세로축은 전자파 차폐율(dB)의 정도이고, 가로축은 각각의 구성을 변경한 값을 나열한 것이다.

[0155] 아래 [참고도 7]은 벽 두께 100mm 일때 모르타르 조성물만으로 구성된 시험예11과 각 섬유길이별로 혼합비를 변경한 시험예12 내지 14의 전자파 차폐율을 정리하여 나타낸 것이다.

[0156] [참고도 7]



[0157]

[0158] 모르타르 조성물만으로 구성된 시험예11은 가장 낮은 전자파 차폐율을 보였으며, 비정질 강섬유가 혼합된 시험예 12 및 13은 후크형 강섬유가 혼합된 시험예 14보다 전자파 차폐율이 우수하며, 같은 비정질 강섬유를 혼합하더라도 25 mm 길이의 비정질 강섬유를 혼합한 시험예12가 시험예13 대비 전자파 차폐율이 우수한 것으로 나타났다.

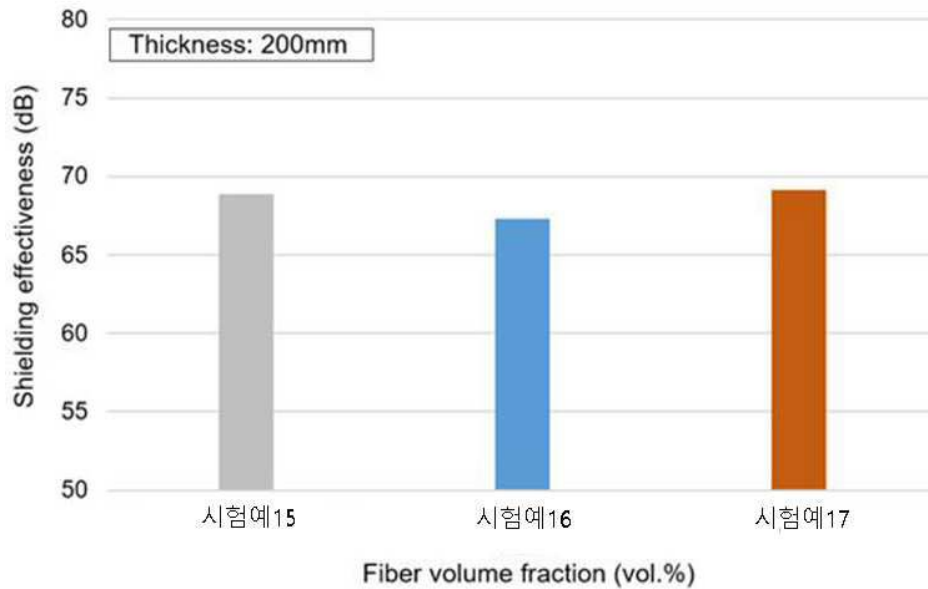
[0159] 시험예 12 내지 14에서 모두 강섬유의 혼합율이 증가할수록 전자파 차폐율이 높아지는 것을 알 수 있다.

[0160] 정리하자면, 비정질 강섬유가 후크형 강섬유보다 전자파 차폐율이 높으며, 강섬유의 길이 및 혼합율은 전자파 차폐율과 비례관계를 보이는 것으로 확인되었다.

[0161] 또한, 전자전도성이 높을수록 전자파 차폐율도 높은 것을 알 수 있다. 벽 두께 100 mm에서는 25 mm 길이의 비정질 강섬유를 1.5 vol% 혼합하더라도 약 60dB의 전자파 차폐율이 확보되는 것으로 확인된다.

[0163] 아래 [참고도 8]은 벽 두께 200 mm일 때 모르타르 조성물에 각각 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.5 vol% 혼합한 시험예15, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.5 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 비정질 금속분말(AP)을 혼합한 시험예16, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.5 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 페라이트 분말(α P)을 혼합한 시험예17의 전기전도성을 정리하여 나타낸 것이다.

[0164] [참고도 8]



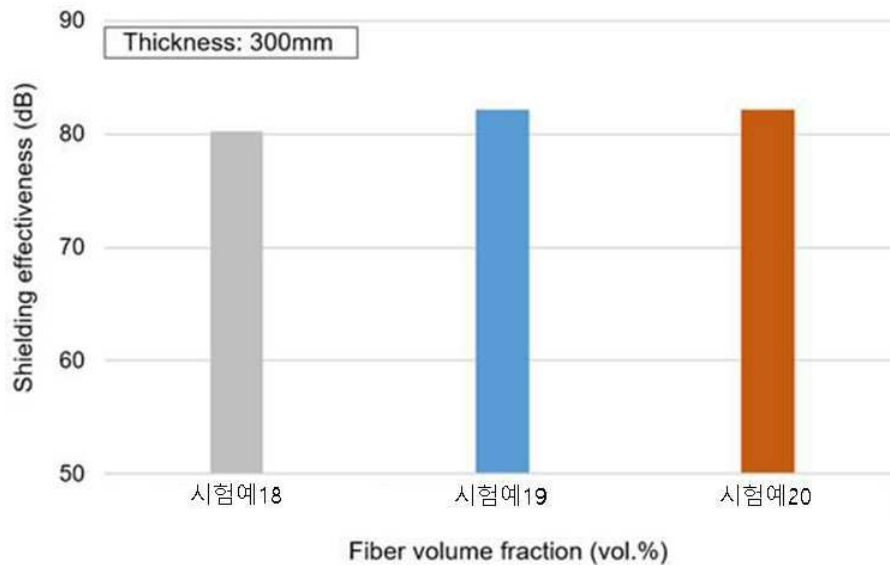
[0165]

[0166] 위의 [참고도 8]의 시험예 각각의 전자파 차폐율을 비교하면, 비정질 강섬유에 비정질 금속분말을 혼합한 시험예16은 비정질 강섬유만 혼합한 시험예15 보다 전자파 차폐율이 우수하며, 페라이트 분말을 혼합한 시험예17은 비정질 금속분말을 혼합한 시험예16보다 우수한 전자파 차폐율을 가지는 것으로 확인된다.

[0167] 벽 두께 200 mm에서는 25 mm 길이의 비정질 강섬유를 1.5 vol% 혼합하고 추가로 페라이트 분말 0.3 wt%을 혼합하여도 약 69dB의 전자파 차폐율이 확보되는 것으로 확인된다.

[0169] 아래 [참고도 9]는 벽 두께 300 mm일 때 모르타르 조성물에 각각 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.5 vol% 혼합한 시험예18, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.5 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 비정질 금속분말(AP)을 혼합한 시험예19, 25 mm 길이의 비정질 강섬유(AF)를 1.5 vol% 혼합하고 0.3 wt%의 페라이트 분말(α P)을 혼합한 시험예20의 전기전도성을 정리하여 나타낸 것이다.

[0170] [참고도 9]



[0171]

[0172] 위의 [참고도 9]의 시험예 각각의 전자파 차폐율을 비교하면, 비정질 강섬유에 비정질 금속분말을 혼합한 시험예19는 비정질 강섬유만 혼합한 시험예18 보다 전자파 차폐율이 우수하며, 페라이트 분말을 혼합한 시험예20은 비정질 금속분말을 혼합한 시험예19보다 우수한 전자파 차폐율을 가지는 것으로 확인된다.

[0173] 벽 두께 300 mm에서는 25 mm 길이의 비정질 강섬유를 1.5 vol% 혼합할 경우 약 80dB의 전자파 차폐율이 확보되는 것으로 확인된다.

[0175] 따라서, 25 mm 길이의 비정질 강섬유를 1.5 vol% 혼합할 경우 30 cm의 벽 두께에서도 80dB의 전자파 차폐율을 확보할 수 있는 것을 알 수 있으며, 비정질 강섬유의 길이 및 혼합율은 전자파 차폐율과 비례관계를 보이므로, 비정질 강섬유의 길이와 혼합율을 증가시킬 경우 80dB를 초과하는 전자파 차폐율을 확보할 수 있음은 용이하게 유추할 수 있다.

[0176] 그러나, 비정질 강섬유의 길이가 30 mm를 초과할 경우 전자파 차폐율은 증가할 수 있으나 섬유응집 현상이 발생하여 분산성이 저하되고 충전불량이 발생하는 등 시공성의 저하가 우려되어, 비정질 강섬유의 길이는 25~30 mm 범위로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 강섬유가 2.0 vol%를 초과할 경우에도 마찬가지로 위와 같이 모르타르의 레올로지 성능이 저하되므로 비정질 강섬유는 모르타르 조성물의 외할로 1.5~2.0 vol% 혼합되는 것이 바람직하다.

[0178] 이상의 시험을 통하여 정리된 결과를 종합해보면 다음과 같다.

- [0179] 1. 전기전도성과 전자파 차폐율은 비례관계이다.
- [0180] 2. 비정질 강섬유가 후크형 강섬유보다 전자파 차폐율이 우수하다.
- [0181] 3. 강섬유의 길이 및 혼합율은 전자파 차폐율과 비례관계를 보이는 것으로 확인되었다.
- [0182] 4. 25 mm 길이의 비정질 강섬유가 1.5 vol% 포함될 경우 전기전도성 0.0008 S/cm를 만족하는 것이 확인된다.
- [0183] 5. 따라서, 벽체두께 30 cm에서 전자파 차폐율 80 dB 이상이 확보되기 위해서는 비정질 강섬유가 혼입되어, 0.0008 S/cm 이상의 전기전도성을 발현하기 위한 최소수치는 25 mm 길이의 비정질 강섬유의 혼입률이 1.5 vol% 인 것으로 확인된다.
- [0184] 6. 다양한 입자크기의 금속분말을 혼입하여 비정질 강섬유 사이의 공간을 채움으로써 전자파의 점핑 거리를 감소시켜 전도성 네트워크의 안정성이 향상되어 전자파 차폐율이 높아지는 것으로 나타난다.
- [0185] 7. 동일한 비율로 혼입되었을 때 비정질 금속분말보다 페라이트 분말의 전자파 차폐능력이 더 우수하다.

- [0186] 8. 벽체의 시공시 물성과 시공성을 저하하지 않는 범위에서 비정질 강섬유의 길이는 25~30 mm 이고, 비정질 강섬유는 모르타르 조성물의 외함로 1.5~2.0 vol% 혼합되는 것이 바람직하다.
- [0188] 본 발명은 위에서 언급한 바와 같이 시험예와 관련하여 설명되었으나, 본 발명의 요지를 벗어남이 없는 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능하며, 다양한 분야에서 사용 가능하다. 따라서 본 발명의 청구범위는 이전 발명의 진정한 범위 내에 속하는 수정 및 변형을 포함한다.