



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0045030
 (43) 공개일자 2013년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C04B 18/08 (2006.01) *C04B 14/02* (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2011-0109452
 (22) 출원일자 2011년10월25일
 심사청구일자 2011년10월25일

(71) 출원인
한국과학기술원
 대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)
 (72) 발명자
이행기
 대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 건설
 및 환경공학과
김형기
 대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 373-1
진정희
 대전광역시 유성구 구성동 한국과학기술원 응용공
 학동 건설및환경공학과 4218호
 (74) 대리인
정기택, 오위환

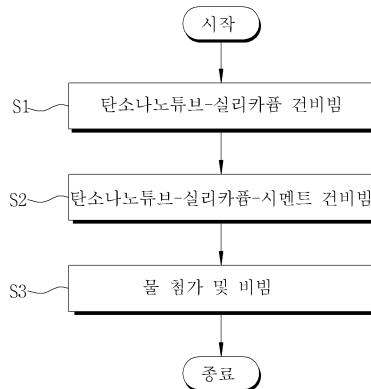
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **전기적 성능을 갖는 시멘트 페이스트의 제조방법과 이 제조방법에 의해 제조된 시멘트 페이스트를 이용한 시멘트 구조물 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 전기적 성질을 갖는 탄소나노튜브를 혼입하여 외부응력 및 변형에 대해 내부 전기저항이 변화하는 압저항 특성(piezoresistivity)을 갖도록 시멘트 페이스트 및 그 제조방법에 관한 것으로, 본 발명의 시멘트 페이스트 제조방법은, 탄소나노튜브와 실리카폼을 혼합하여 설정 시간 동안 1차 건비빔하는 단계와; 상기 1차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼 혼합물에 시멘트를 첨가하여 설정 시간 동안 2차 건비빔하는 단계와; 상기 2차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼-시멘트 혼합물에 물을 첨가하여 설정 시간 동안 비빔하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

탄소나노튜브와 실리카폼(Silica fume)과 시멘트를 주성분으로 하는 시멘트 페이스트.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 탄소나노튜브의 혼입량은 시멘트 중량 기준 0.1 ~ 0.45 중량% 인 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 탄소나노튜브는 다중벽 탄소나노튜브(Multi-wall carbon nanotubes)인 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트.

청구항 4

탄소나노튜브와 실리카폼을 혼합하여 설정 시간 동안 1차 건비빔하는 단계(S1)와;

상기 1차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼 혼합물에 시멘트를 첨가하여 설정 시간 동안 2차 건비빔하는 단계(S2)와;

상기 2차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼-시멘트 혼합물에 물을 첨가하여 설정 시간 동안 비빔하는 단계(S3)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트의 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 1차 건비빔 단계(S1)에서 혼합되는 탄소나노튜브는 시멘트 중량 기준 0.1 ~ 0.45 중량% 인 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트의 제조방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 1차 건비빔 단계(S1)에서 혼합되는 실리카폼은 시멘트 중량 기준 10 ~ 30 중량% 인 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트의 제조방법.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 시멘트 페이스트를 금형에 주입하고, 설정 시간 후 탈형하여 특정 형태의 시멘트 구조물을 얻는 단계(S4)와;

상기 탈형된 시멘트 구조물을 설정 시간동안 수중 양생하는 단계(S5)를 포함하는 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트를 이용한 시멘트 구조물의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 전기적 성능을 갖는 시멘트 페이스트와 이 시멘트 페이스트를 제조하는 방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전기적 성질을 갖는 탄소나노튜브를 혼입하여 외부응력 및 변형에 대해 내부 전기저항이 변화하는 압저항 특성(piezoresistivity)을 갖도록 하고, 이 압저항 특성을 이용하여 외부응력 및 변형을 감지할 수 있도록 한 시멘트 페이스트 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 콘크리트는 다른 재료에 비하여 내구성 및 내열성이 우수하고 임의의 형상을 지닌 구조물을 현장에

서 용이하게 시공할 수 있으므로, 일반 건축물은 물론 교량, 댐과 같은 산업용 구조물 및 원자력발전 설비, 군사시설과 같은 특수 구조물에도 널리 사용되고 있다.

- [0003] 그러나 콘크리트 구조물은 다른 구조물에 비하여 자체 하중이 크고 균열이 생기기 쉬워서 붕괴의 우려성을 내포하고 있다. 콘크리트의 균열은 여러 가지 원인에 의하여 콘크리트의 경화를 전후로 하여 나타나는데, 균열이 표면에서 관측할 수 있을 때면 이미 콘크리트의 내부조직에는 미세 균열로 인하여 조직이 상당히 손상되어 있다. 콘크리트 내에 균열이 생기면 이 콘크리트의 강도는 기대치에 미치지 못할 뿐만 아니라, 주위의 온습도의 변화, 소금물과 같은 화학성분의 침투로 균열이 점차 성장하고 부식되어 콘크리트의 안전도에 큰 문제를 일으키게 된다.
- [0004] 한편, 콘크리트의 강도는 시간이 지남에 따라 변하고 이 변화는 주위의 기후조건, 사용 환경, 콘크리트의 배합 조건 등에 따라 달라진다. 특히 화재, 지진 등의 외부 충격을 받았을 경우 콘크리트의 강도는 현격히 떨어지게 되고 이러한 경우는 안전도 진단을 통하여 재사용 여부를 결정해야 한다.
- [0005] 종래에는 콘크리트 구조물 내에 센서를 장착하여 콘크리트 구조물의 외부응력 및 변형을 감지하고 있다.
- [0006] 그런데, 이와 같이 센서를 이용하여 구조물의 외부응력 및 변형을 감지하는 경우, 센서 설치를 위해 구조물의 일부를 파괴하는 등의 내구성 저하를 일으킬 우려가 있으며, 내구성이 약한 센서의 고장으로 인한 주기적인 교체와 지속적인 전력공급 및 신호전송 등의 문제점을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 상기와 같은 종래의 문제를 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 탄소나노튜브(CNT)를 혼입하여 외부응력 및 변형에 대해 내부 전기저항이 변화하는 압저항 특성(piezoresistivity)을 갖도록 하고, 이 압저항 특성을 이용하여 적용된 구조물의 외부응력 및 변형을 감지하거나 여타 소정의 센싱 기능을 수행할 수 있는 시멘트 페이스트 및 그 제조방법을 제공함에 있다.
- [0008] 본 발명의 다른 목적은 혼입된 탄소나노튜브에 의해 압저항 특성(piezoresistivity)을 갖는 시멘트 페이스트를 이용한 시멘트 구조물 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 한 범주에 따르면, 탄소나노튜브와 실리카폼(Silica fume)과 시멘트를 주성분으로 하는 시멘트 페이스트가 제공된다.
- [0010] 본 발명의 다른 한 범주에 따르면, 탄소나노튜브와 실리카폼을 혼합하여 설정 시간 동안 1차 건비빔하는 단계와; 상기 1차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼 혼합물에 시멘트를 첨가하여 설정 시간 동안 2차 건비빔하는 단계와; 상기 2차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼-시멘트 혼합물에 물을 첨가하여 설정 시간 동안 비빔하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트의 제조방법이 제공된다.
- [0011] 본 발명의 또 다른 한 범주에 따르면, 상술한 주성분을 갖는 시멘트 페이스트를 금형에 주입하고, 설정 시간 후 탈형하여 특정 형태의 시멘트 구조물을 얻는 단계와; 상기 탈형된 시멘트 구조물을 설정 시간동안 수중 양생하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 시멘트 페이스트를 이용한 시멘트 구조물의 제조방법이 제공된다.

발명의 효과

- [0012] 본 발명에 따르면, 시멘트 페이스트에 전기적 성질을 갖는 탄소나노튜브가 혼입되어 외부응력 및 변형에 대해 내부 전기저항이 변화하는 압저항 특성(piezoresistivity)을 갖게 되고, 이러한 압저항 특성을 이용하여 전기적 측정을 필요로 하는 다양한 분야에 적용할 수 있다.
- [0013] 예를 들어, 본 발명의 시멘트 페이스트를 건축물 등의 구조물의 마감재나 미장재로 적용할 경우, 기존의 센서를

사용하지 않고 구조물의 비파괴검사 또는 손상 모니터링을 수행할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 시멘트 페이스트를 도로나 주차장 등의 포장재나 마감재 등으로 적용시 통행량 측정이나 주차 차량의 위치나 진출입 시간 등의 측정 등이 가능한 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명에 따른 시멘트 페이스트의 제조방법을 설명하는 순서도이다.
- 도 2는 본 발명의 시멘트 페이스트를 사용하여 시멘트 구조물을 제조하는 방법을 설명하는 순서도이다.
- 도 3은 본 발명에 따른 시멘트 페이스트의 전기적 성능 측정을 위한 시멘트 구조물을 만드는 예를 나타낸 단면도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 시멘트 구조물의 SEM 관찰 사진이다.
- 도 5는 탄소나노튜브의 혼입률에 따른 전기저항값을 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 탄소나노튜브 혼입률에 따른 압축응력-전기저항값 변화율을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

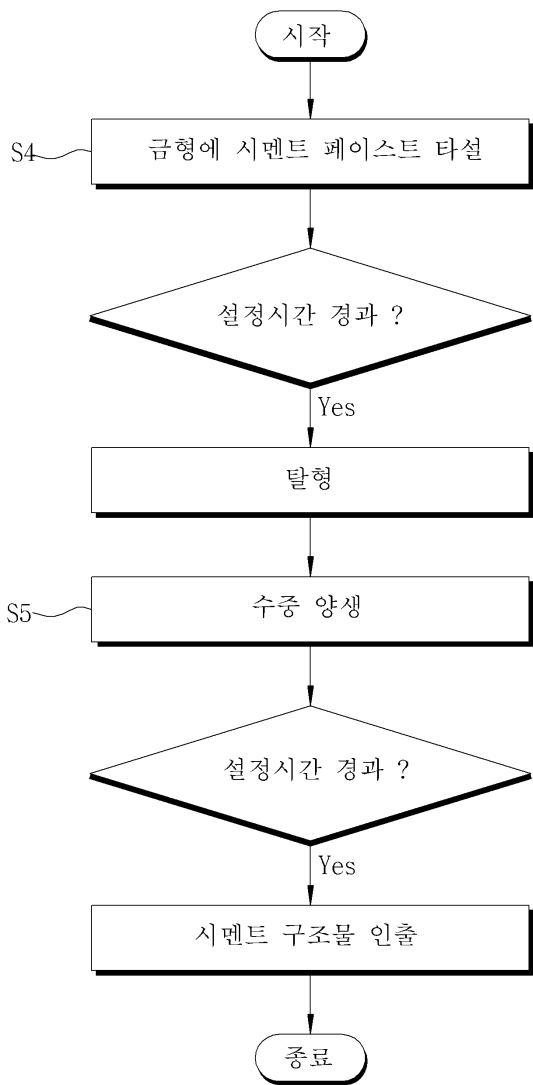
- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 시멘트 페이스트 및 그 제조방법과 이 시멘트 페이스트를 이용한 시멘트 구조물 제조방법의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다.
- [0017] 본 발명에 따른 시멘트 페이스트는 높은 전기전도성을 갖는 탄소나노튜브(CNT : Carbon Nanotube)와 소정량의 실리카폼 및 시멘트를 물과 혼합하여 제조된다.
- [0018] 탄소나노튜브는 튜브형태의 나노크기의 작은 입자로서 sp²라는 강한 화학결합에 의한 독특한 구조적, 화학적, 기계적 및 전기적 성질을 바탕으로 여러 분야에서 활용되고 있다. 상기 탄소나노튜브는 다양한 종류의 것이 사용될 수 있지만, 다양한 길이를 갖는 다중벽 탄소나노튜브(Multi-wall carbon nanotubes)를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0019] 본 발명의 시멘트 페이스트는 상술한 것과 같이 높은 전기전도성을 갖는 탄소나노튜브를 실리카폼과 함께 시멘트에 분산 혼입하여 제조됨으로써, 외부 응력 및 변형이 발생하였을 때 분산된 탄소나노튜브 사이의 시멘트 매트릭스의 간격이 변화하면서 전기전도성이 변화하여 그에 따른 전기저항이 변화하는 특성, 즉 외부응력 및 변형에 대해 내부 전기저항이 변화하는 압저항 특성(piezoresistivity)을 갖는다.
- [0020] 이러한 본 발명의 시멘트 페이스트에 혼입되는 탄소나노튜브는 시멘트 중량 기준 0.1 ~ 0.45 중량% 인 것이 바람직하다.
- [0021] 도 1을 참조하여 본 발명에 따른 시멘트 페이스트를 제조하는 방법을 설명하면 다음과 같다.
- [0022] 먼저, 소정량의 탄소나노튜브와 실리카폼(Silica fume)을 혼합하여 설정 시간(예를 들어 3분 정도) 동안 1차 건비빔한다(단계 S1). 이 1차 건비빔 단계에서 상기 탄소나노튜브는 이후 단계에서 혼합될 시멘트 중량 기준 0.1 ~ 0.45 중량%가 혼합된다. 그리고, 실리카폼은 시멘트 중량 기준 약 10~30%(바람직하기로 20%)가 혼합될 수 있으나 이에 한정하지는 않는다.
- [0023] 1차 건비빔이 완료된 후, 상기 1차 건비빔된 탄소나노튜브-실리카폼 혼합물에 시멘트를 첨가하여 설정 시간(예를 들어 3분 정도) 동안 2차 건비빔을 시행한다(단계 S2).
- [0024] 2차 건비빔이 완료되면, 상기 탄소나노튜브-실리카폼-시멘트 혼합물에 소정량의 물을 첨가하여 설정 시간(예를 들어 2~3분) 동안 비빔을 시행하면 본 발명의 시멘트 페이스트가 완성된다(단계 S3).
- [0025] 상기 시멘트 페이스트에 사용되는 시멘트로는 포틀랜드 시멘트를 사용할 수 있는데, 포틀랜드 시멘트와 실리카폼의 화학적·물리적 성질은 아래의 표 1과 같다.

표 1

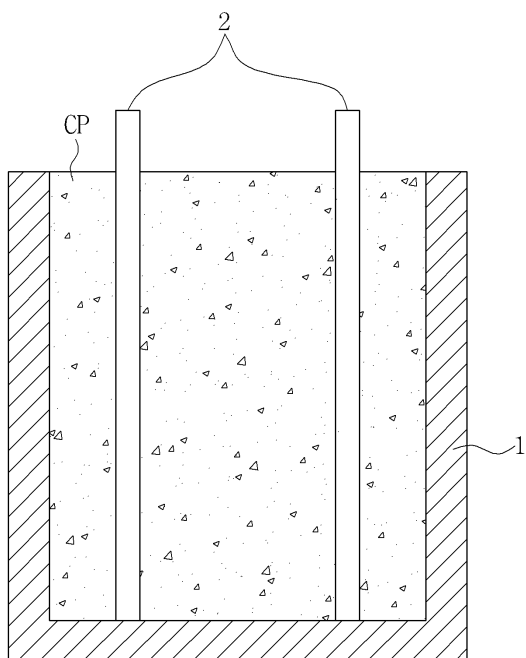
	1종 포틀랜드 시멘트(C)	실리카폼(SF)
화학적 조성(중량 %)		
CaO	64.07	1.30
Al ₂ O ₃	4.96	4.00
SiO ₂	22.00	90.70
Fe ₂ O ₃	3.66	1.09
K ₂ O	0.91	2.00
MgO	1.92	
SO ₃	1.92	
물리적 특성		
비중	3.15	2.20
표면적(m ² /g)	0.35(Blaine)	19.62(BET)

- [0026]
- [0027] 상기와 같은 과정을 통해 만들어진 본 발명의 시멘트 페이스트는 단독으로 또는 모래 등의 골재와 혼합되어 건축물의 마감재나 미장재, 도로 면의 포장재나 마감재 등으로 적용되어, 건축물의 외부 응력 및 변형을 감지하거나 도로 상의 차량 통행량이나 통행속도 측정 등에 이용될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 시멘트 페이스트는 금형에 의해 특정한 형태의 시멘트 구조물로 만들어질 수 있다. 즉, 도 2에 도시한 것과 같이, 본 발명에 따른 시멘트 페이스트를 특정 형태의 캐비티를 갖는 금형에 주입하고, 설정 시간(예를 들어 24시간) 후 탈형하여 특정 형태의 시멘트 구조물을 얻는다(단계 S4). 이어서, 상기 탈형된 시멘트 구조물의 균열 또는 수축을 억제하기 위하여 시멘트 구조물을 설정 시간(예를 들어 14~15일) 동안 수증 양생한다(단계 S5).
- [0029] 도 3은 본 발명에 따른 시멘트 페이스트의 전기적 성능 측정을 위한 시멘트 구조물을 만드는 예를 나타낸 것으로, 정육면체의 금형(1)에 본 발명의 시멘트 페이스트(CP)를 타설한 후 전기저항값 측정을 위해 금형 내에 전극(2)을 두 개 매립하고, 타설 24시간 후 탈형하여 22~23℃에서 14일간 수증양생한다.
- [0030] 도 4는 전술한 방법에 의해 만들어진 시멘트 구조물의 SEM 관찰 사진으로, 시멘트 수화물 사이에 분산되어 있는 탄소나노튜브를 확인할 수 있다.
- [0031] 본 발명에 따른 시멘트 페이스트는 탄소나노튜브의 혼입률에 따라 전기저항값이 달라짐이 확인되었다.
- [0032] 탄소나노튜브의 혼입률을 각각 0.0 중량%, 0.2중량%, 0.4중량%, 0.5중량%, 1.0 중량% 로 달리하여 전술한 시멘트 페이스트의 제조방법에 따라 시멘트 페이스트를 제조한 다음, 도 2 및 도 3에 도시된 것과 같은 방식으로 시멘트 구조물을 제작하고, 이 시멘트 구조물의 전극(2)을 디지털 멀티미터에 연결하여 매초마다 전기저항값을 측정하는 결과 다음과 같은 측정 결과를 얻었다.
- [0033] 도 5에 도시된 것과 같이 탄소나노튜브의 혼입률이 0.0 중량% 일 때, 즉 탄소나노튜브가 전혀 혼입되지 않은 상태에서 시멘트 페이스트로 된 시멘트 구조물은 8.4 ~ 9.6 kΩ, 탄소나노튜브 혼입률이 0.2중량 %일 때 7.5 ~ 7.9 kΩ, 탄소나노튜브 혼입률이 0.4중량 %일 때 6.4 ~ 6.6 kΩ, 탄소나노튜브 혼입률이 0.5중량 %일 때 7.8 ~ 8.6 kΩ, 탄소나노튜브 혼입률이 1.0중량 %일 때 8.2 ~ 8.8 kΩ 인 것으로 나타났다.
- [0034] 결과적으로 탄소나노튜브 혼입률이 본 발명인 0.4 중량%일 때 가장 낮은 것으로 나타났으며 이는 탄소나노튜브를 더 많이 혼입한 0.5, 1.0 중량%때보다도 더 낮은 전기저항값이다. 이와 같은 결과를 통해 전기적 성질을 가지는 탄소나노튜브가 시멘트 페이스트에 분산 혼입되어 전기적 성질을 띠는 것을 알 수 있다. 또한, 탄소나노튜브의 혼입량이 시멘트 중량 기준 0.4 중량% 일 때 시멘트 페이스트가 가장 낮은 전기저항값을 가짐으로써 가장 뛰어난 전기적 성질을 띠는 것을 확인할 수 있었다.
- [0035] 다음으로 탄소나노튜브의 혼입률을 각각 0.0 중량%, 0.2중량%, 0.4중량%, 0.5중량%, 1.0 중량% 로 달리하여 제작한 시멘트 페이스트 구조물로 반복적인 압축응력에 대한 저항 변화 거동을 측정시험한 결과 도 6 내지 도 10에 도시된 것과 같은 시험 결과를 얻었다. 이 측정시험에서는 시멘트 구조물 시험체의 전극(2)(도 3참조)을 디지털 멀티미터에 연결하여 매초마다 전기저항값을 측정하고, 측정과 동시에 Universal Testing Machine(UTM)이라고 하는 시험기를 활용하여 실험체에 최대 40 kN, 변위 0.5 mm/min의 반복적인 압축응력을 가하여 시험을 하

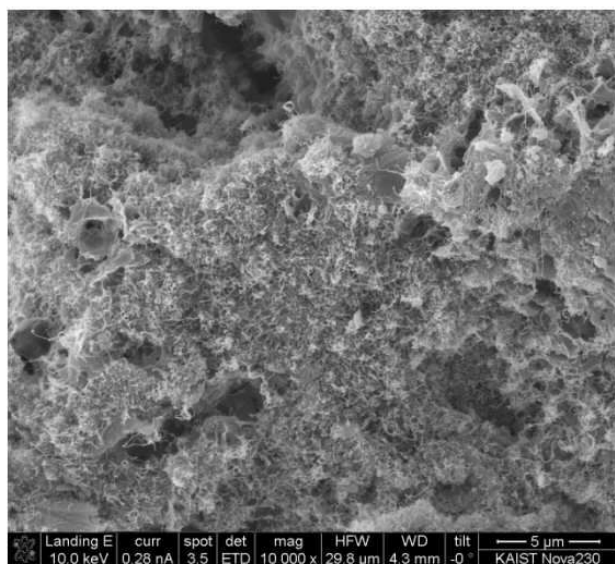
도면2



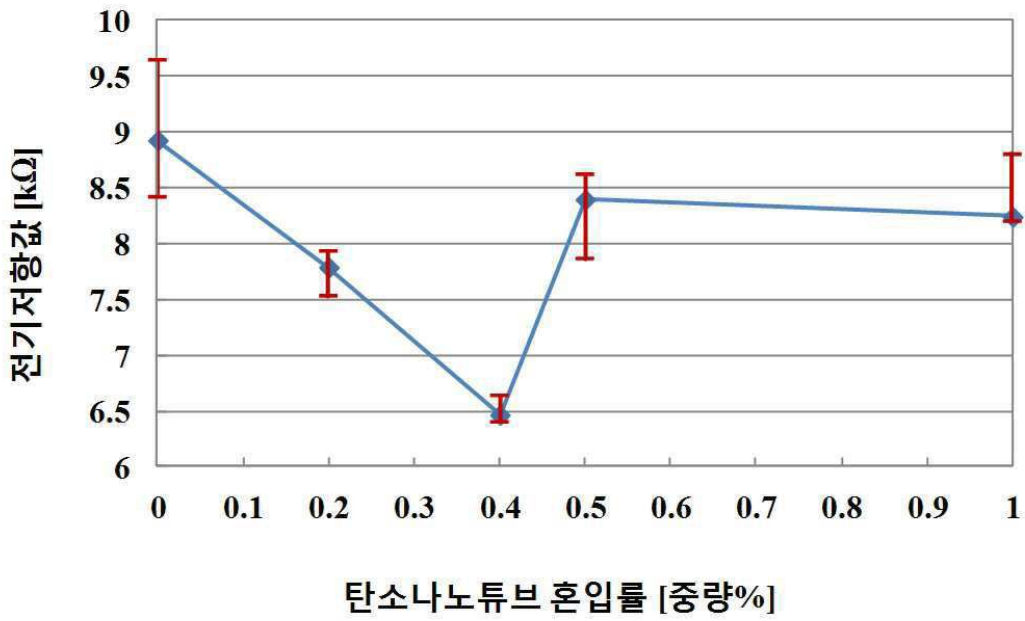
도면3



도면4



도면5



도면6

