KOSDI ISSN : 1976-2208 (Print)
ISSN : 2671-5287 (On-line)
www.sodi.or.kr

Journal of the Society of Disaster Information
Vol. 17, No. 2, pp. 266-274, June 2021
https://doi.org/10.15683/kosdi.2021.6.30.266

Original Article

콘크리트 공공 사인 블록 개발에 대한 연구

Study on the Development of Concrete Public Sign Block

이웅균[1] · 이성철[2] · 김종윤[3] · 김백중[4]*
Ung-Kyun Lee[1], Sung-Chul Lee[2], Jong Yoon Kim[3], Baek-Joong Kim[4]*

[1]Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Catholic Kwandong University, Gangneung, Republic of Korea
[2]Chief Executive Officer, Floorworks, Yeongwol, Republic of Korea
[3]Associate Professor, Department of Fire safety management, Seojeong University, Yangju, Republic of Korea
[4]Assistant professor, Department of Fire safety management, Seojeong University, Yangju, Republic of Korea

***Corresponding author:** Baek-Joong Kim, bjkim0714@seojeong.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to develop a concrete public sign block for floors that can provide pedestrian safety and various information. **Method:** In order to achieve these research objectives, step-by-step block manufacturing techniques applied in relation to the development of public sign blocks were proposed, and the field applicability of the developed concrete public sign blocks was evaluated. **Result:** The concrete public sign block for floors developed in this study is expected to be capable of expressing public signs of various shapes and to reduce manufacturing cost. As a result of the usability evaluation for two years, no problems such as cracks, edge dropouts, discoloration, and abrasion were found, so it is judged that sufficient durability was secured. **Conclusion:** Based on these research results, it is expected that the concrete public sign block will be used as an alternative to secure the weaknesses such as stickers, stone and brass plates that have been used in the existing public sign for floors. It is expected that it can be applied in various fields.

Keywords: Public Sign, Block, Concrete, Mix Proportion, Durability

요 약

연구목적: 본 연구는 보행자의 안전 및 다양한 정보를 제공할 수 있는 바닥용 콘크리트 공공 사인 블록의 개발을 목적으로 한다. **연구방법:** 이러한 연구목적을 달성하기 위하여 위하여 공공 사인 블록 개발과 관련하여 적용한 단계별 블록 제작 기술을 제시하고, 개발된 콘크리트 공공 사인 블록의 현장적용성을 평가하였다. **연구결과:** 본 연구에서 개발된 바닥용 콘크리트 공공 사인 블록은 다양한 형상의 공공 사인의 표현이 가능하고, 제조 단가를 절감할 수 있을 것으로 보인다. 2년간의 사용성 평가결과 균열, 모서리 탈락, 변색, 마모 등의 문제는 발견되지 않아 충분한 내구성을 확보한 것으로 판단된다. **결론:** 이러한 연구 결과를 토대로 콘크리트 공공 사인 블록이 기존의 바닥용 공공 사인에 활용되어 오던 스티커, 석재 및 황동판 등의 취약점을 보안할 수 있는 대안으로 활용될 것으로 보이며, 향 후 블록 디자인의 다양화를 도모하여 여러 분야에 적용될 수 있기를 기대한다.

핵심용어: 공공 사인, 블록, 콘크리트, 배합, 내구성

Received | 19 March, 2021
Revised | 20 May, 2021
Accepted | 9 June, 2021

OPEN ACCESS

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

ⓒ Society of Disaster Information All rights reserved.

서 론

우리가 살아가는 공간에는 여러 형태의 공공 사인이 있고, 공공 사인은 다양한 형식으로 거리 및 건축물 외부에 게재되어 다양한 정보를 제공하고 있다(Cho, 2009). 하지만, 스마트폰 사용의 급격한 증가로 인해 보행 중 공공 사인을 인지하지 못하여 발생하는 교통사고는 지속적으로 증가하고 있는 추세이다(Lim et al., 2016). 이와 같은 문제를 해결하기 위해 보도 또는 차도에 직접 설치하여 보행자가 쉽게 인지할 수 있는 바닥용 공공 사인에 대한 관심과 수요가 증대되고 있다. 현재 활용되고 있는 바닥용 공공 사인은 Fig. 1과 같이 보도에 스티커를 부착하거나 석재 또는 황동판을 가공하여 부착하는 경우가 대부분이다. 하지만, 스티커는 단시간 내에 마모되어 공공 사인의 기능을 상실하고 도시 미관을 해치는 요소가 될 수 있고, 석재는 다양한 형상의 구현이 어려울 뿐 아니라 보행자가 원거리에서는 쉽게 인지하지 못하는 경우가 많으며, 제도 단가가 높은 황동판은 도난 위험이 높아 이를 대체할 방안의 마련이 요구되고 있다.

Fig. 1. Fire suppression test

이에 본 연구에서는 새로운 형태의 바닥용 콘크리트 공공 사인 블록을 개발하고자 하며, 이를 통해 앞서 언급한 기존의 바닥용 공공 사인에 내제되어 있던 문제점을 해결하고자 한다. 또한, 개발된 공공 사인 블록의 적용 대상을 확대하여 일상생활에서 필요로 하는 단순 정보를 제공하는 범주를 넘어 다양한 재난 상황 속에서도 쉽게 인지하여 피난 방향 또는 대피 공간 등에 대한 정보를 충실히 제공할 수 있는 소방·재난 대비용 물품으로서도 확대 적용되기를 기대한다. 이를 위해 본 연구에서는 바닥용 콘크리트 공공 사인 블록의 개발과 관련한 1) 블록 원형 제작, 2) 블록 몰드 제작, 3) 콘크리트 배합의 결정 및 콘크리트 물성평가, 4) 시작품 제작 및 시인성 확보 방안을 제시하고, 5) 개발된 콘크리트 공공 사인 블록을 현장적용한 후 사용성을 평가하고자 한다.

연구 내용

콘크리트 공공 사인 블록 원형 제작

콘크리트 공공 사인 블록 원형의 제작 방식을 결정하기 위하여 3D 프린터 방식과 아크릴 가공 방식의 적용성을 평가하였다. Fig. 2와 Fig. 3는 3D 프린터 방식을 위해 적용한 FDM(Fused deposition modeling) 3D 프린터와 SLS(Selective Laser Sintering) 3D 프린터와 이를 활용하여 제작한 공공 사인 블록 원형을 나타낸다. FDM방식 3D 프린터는 3Dsystems사의

Cube pro(Dual head)와 신도사의 DP200을 사용하였고, 필라멘트는 ABS, PLA수지를 사용하였다. FDM 방식 3D 프린터는 150mm x 150mm 내외의 원형 제작에는 적합하였지만, 대형 공공 사인 블록 원형의 직접적인 출력은 불가능하였다. 또한, ABS수지는 온도 변화로 인한 출력물의 변형과 적층부의 크랙 등이 빈번하게 발생하여 품질 관리에 어려움이 있고, PLA수지는 변형은 적으나 원형 제작 완료 후 적층부에서 발생된 계단 형상의 재가공의 용이하지 않은 단점이 나타났다. SLS 방식 3D프린터로는 EOS사의 P 396 모델을 사용하였고, 레진이나 금속 파우더를 레이저로 선택 용융하여 적층하여 방식으로 원형을 제작하였다. SLS방식 3D 프린터는 FDM방식 3D 프린터와 비교하여 대형 공공 사인 블록 원형의 제작은 가능하였지만, 원형제작에 있어 많은 시간이 소요되고, 원재료인 레진 파우더의 가격이 현재 고가이기 때문에 제작비용이 많다는 단점이 있다. 결과적으로 공공 사인 블록 원형 제작에 3D 프린터의 적용은 가능할 것으로 사료되나, 3D 프린터 기술의 발전 및 원재료의 원가 절감이 선행되어야 할 것으로 사료된다.

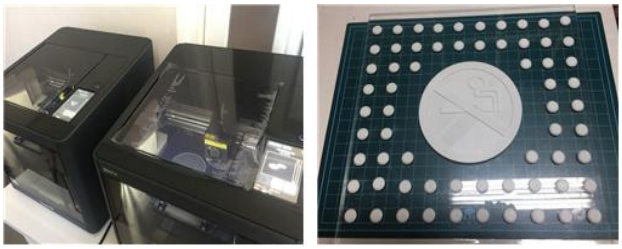

Fig. 2. FDM 3D printer

Fig. 3. SLS 3D printer

Fig. 4는 아크릴 가공 방식에 사용된 레이저 절단기 및 이를 통해 제작된 공공 사인 블록 원형을 나타낸다. 아크릴 가공 방식에는 Laserfixkorea사의 X cut 9060을 사용하였다. 레이저 절단기를 활용하여 제작한 공공 사인 블록 원형은 치수 정밀도가 우수하고 일정한 품질의 원형을 얻을 수 있었으며, 3D 프린터와 비교하여 제조 원가를 절감할 수 있는 장점을 보였다. 향후 원형 제작에 보다 다양한 방식의 적용이 가능할 것으로 보이나, 현 시점에서는 레이저 절단기를 활용한 아크릴 가공방식이 본 연구에서의 콘크리트 공공 사인 블록 원형 제작에 가장 적합할 것으로 사료된다.

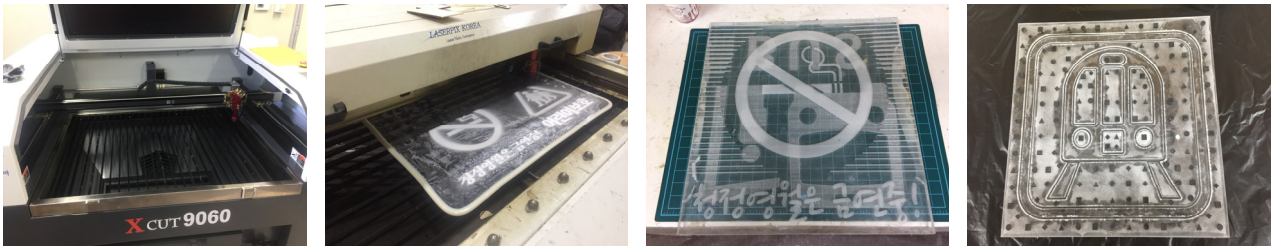

Fig. 4. Laser cutting machine

콘크리트 공공 사인 블록 몰드 제작

공공 사인 블록의 표면 사인을 표현하기 위한 스킨용 몰드를 제작하기 위하여 실리콘과 연질 우레탄의 적용성 평가를 실시

하였다. 예비 실험결과 실리콘은 인장강도 등이 약하여 콘크리트 실험체의 성형에 부적합한 것으로 판정되어 , 본 실험에는 연질 우레탄을 활용하였다. 연질 우레탄의 적용성 평가에는 쇼어경도시험(Shore hardness test) 기준 30A, 40A, 60A의 연질 우레탄을 사용하였으며, 연질 우레탄의 성능 시험 결과는 Table 1과 같다. 표면 스킨용 몰드 제작에 있어 쇼어경도 30A 이상의 연질 우레탄은 모두 적용이 가능하나, 몰드의 재사용 횟수를 고려할 때 쇼어경도 60A의 연질 우레탄의 적용이 적합할 것으로 사료된다. Fig. 5는 60A 연질 우레탄을 활용하여 제작한 스킨용 몰드를 나타낸다.

Table 1. Properties of Soft Urethane

분류 (쇼어경도 기준)	점도 (CPS)	비중	인장강도 (kgf/㎠)	100% 모듈러스	파단 시 신장률	접착 강도
30A	1,800	1.02	35	65	1,000%	78 Pli
40A	2,000	1.03	36.7	100	660%	82 Pli
60A	2,000	1.04	62	300	480%	136 Pli

Fig. 5. Skin mold

또한, 콘크리트 타설용 몰드는 코팅목재를 활용하여 제작하였으며, 그 형상은 Fig. 6과 같다. 콘크리트 타설용 몰드는 4개의 테두리 부재와 블록의 높이를 조정할 수 있는 하부 판으로 구성되며, 조립 후 내부에 스킨용 몰드를 장착할 수 있도록 구성하였다. 다만, 코팅목재를 활용하여 제작한 콘크리트 타설용 몰드는 콘크리트의 급격한 수화열로 인하여 목재의 코팅이 열화될 가능성이 있고, 코팅되지 않은 목재의 면은 콘크리트 잔여물로 쉽게 오염될 수 있어 박리제를 사용한 관리가 요구되었다 (Kim et al., 2007).

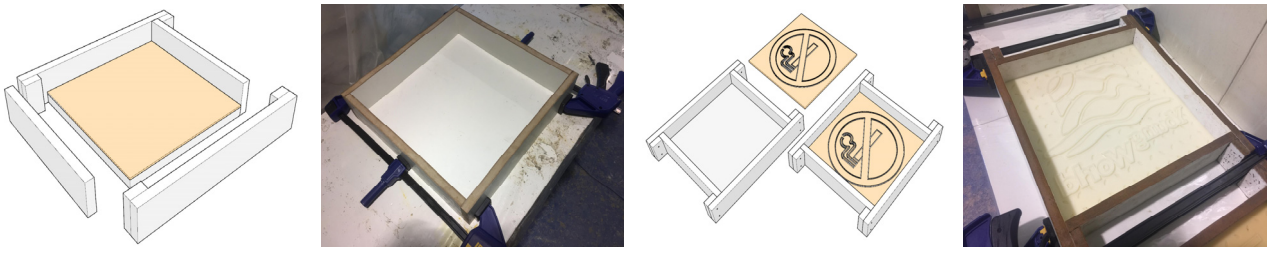

Fig. 6. Final shape of the mold

콘크리트 배합의 결정 및 기초물성 평가

콘크리트 공공 사인 블록은 실용화시 다품종 소량생산이 요구되므로 기존의 대량생산을 위한 콘크리트 배합과는 다른 접근이 요구된다. 이에 본 연구에서는 다수의 실험체를 한 번에 제작하는 것 보다는 몰드의 회전율을 높여 생산량을 유지할 수 있도록 초속경 시멘트를 베이스로 하는 배합을 설정하고자 하였다. 총 35회에 걸친 기초실험을 실시하여 설정된 최종 실험배합은 Table 2와 같다. Table 2에는 콘크리트 공공 사인 블록(400mm X 400mm X 60mm) 5개를 제작할 수 있는 배합의 양을 제시하였으며, 이는 블록 생산 현장에서의 재현성을 높이기 위하여 결정하였다.

Table 2. Mix proportions and properties of concrete

배합	초속경 시멘트 (kg)	굵은 골재 (kg)	잔골재 (kg)	혼화재 (실리카흄) (kg)	혼합수지 (아크릴) (kg)	물 (kg)	토목섬유 (g)	혼화제		실험 결과			
								지연제 (g)	유동화제 (g)	경화시간	슬럼프 (cm)	재령7일 압축강도 (MPa)	재령28일 압축강도 (MPa)
No.1	20	38	46	1	6	3.4	40	100	50	24분	14	33	48
No.2	20	38	46	1	6	3.4	40	120	50	31분	13	31	45
No.3	20	38	46	1	6	3.4	40	160	50	46분	14	30	44

제시된 실험배합에서 기본 결합재로 초속경 시멘트를 사용하였고(Kwon, 1990), 콘크리트의 강도 증진과 동결융해 저항성을 확보하기 위해 혼화재로 실리카흄을 사용하였으며, 골재는 최대직경 13mm의 굵은 골재와 부순모래를 잔골재로 사용하였다. 혼화제로는 배합 후 타설시간을 확보하기 위해 지연제를 사용하였고, 블록 표면의 복잡한 형상을 원활하게 표현할 수 있도록 유동화제를 첨가하였으며, 경화 된 콘크리트의 흡수율을 낮추기 위하여 혼합수지로는 아크릴을 사용하였다. 또한, 휨성능 향상을 위하여 토목섬유를 일부 적용하였다. 실험 배합의 압축강도를 측정하기 위한 공시체는 Fig. 7과 같이 제작하였으며, 콘크리트 배합별 경화시간, 슬럼프 및 경화된 콘크리트의 압축강도는 Table 2와 같다.

Fig. 7. Experiment on the property of concrete

콘크리트 공공 사인 블록 시제품 제작 및 시인성 확보

콘크리트 공공 사인 블록 시작품 제작은 기초물성 평가 결과를 토대로 No.3 배합을 활용하여 진행하였고, Fig. 8과 같이 타설 후 재령 4시간에 탈형하여 상온에서 기건양생 하였다. 제작된 시작품의 품질을 확인하기 위하여 동일한 No.3배합으로 공시체를 제작하여 성능평가를 실시하였고, 그 결과는 Table 3과 같으며 바닥용 블록에 대한 KS 기준을 모두 만족함을 확인하였다. 다만, 음각형으로 제작된 블록의 경우, 사인부를 제외한 면적이 커질 경우 미끄럼 저항성이 차도 기준인 60BPN보다 낮아질 수 있어 현장 적용성 평가에는 양각형 블록을 적용하고자 하였다.

Fig. 8. Prototype production of public sign block

Table 3. Properties of prototype public sign block

시험명	목표치	측정치	판정	비고
휨강도	5 Mpa 이상	8.4 Mpa	적합	KS F 2408
흡수율	10%이내	2%	적합	KS F 4419
동결융해시험 후 휨강도	5 Mpa 이상	8.7 Mpa	적합	KS F 2408
내마모성	0.15mg/㎟ 이하	0.12mg/㎟	적합	KS F 4041

양각형 콘크리트 공공 사인 블록은 채색 후 채색된 부위가 쉽게 벗겨질 우려가 있으므로 조색된 코팅제를 활용하여 채색을 실시하여야한다. 공공 사인을 표현할 조색 코팅제의 적용성 평가에는 옥외 환경에서 사용성이 보장되는 MMA코팅제와 하이브리드 코팅제를 사용하였으며, 에폭시와 우레탄 등 자외선에 취약하여 쉽게 황변이 발생하는 코팅제는 제외하였다. MMA 코팅제와 하이브리드 코팅제의 성능은 경화 후 도막의 내마모성 측정으로 평가하였고 평가 결과는 Table 4와 같다. 두 코팅제 모두 도로의 미끄럼 방지 포장재의 기준인 300mg의 10% 이하의 내마모성을 갖고 있어 우수한 내마모성 성능을 가지고 있는 것으로 파악되었다. 하지만, MMA코팅제는 자체의 냄새가 심하여 실내에서 사용이 불가능한 점과 빠른 경화속도로 인하여 다량의 블록을 채색하기에 적합하지 않아 콘크리트 공공 사인 블록의 상부 코팅제로는 하이브리드 코팅제를 사용하는 것이 타당할 것으로 사료되었다.

Table 4. Abrasion resistance test results of coating agent

코팅제의 종류	내마모성 측정 (CS-17, 1000g, 1000회) / KS F 2813:2016
MMA 코팅제	25mg
하이브리드 코팅제	22mg

조색에 사용하는 안료는 자외선 등에 쉽게 탈색되는 산화철 안료는 제외하였고 발색이 우수하고 색상의 변화가 적은 코발트계 및 카드뮴계 안료를 사용하였고, 색상변화를 줄이기 위하여 코팅제에 자외선 안정제와 자외선 차단제를 첨가하여 색상 변화율을 감소시켰다. 이러한 과정을 통해 하이브리드 코팅제에 각 안료를 조색하여 콘크리트 공공 사인 블록의 채색을 위한 색상표를 제작하였고, 이를 활용하여 조색한 콘크리트 공공 사인 블록의 최종 형상은 Fig. 9와 같다.

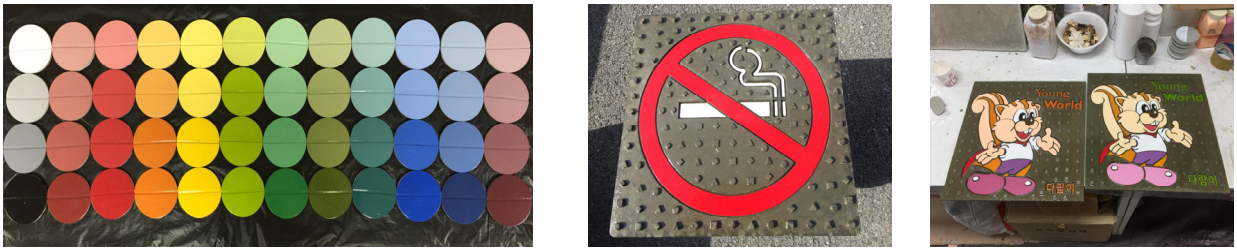

Fig. 9. Paintion of prototype public sign block

콘크리트 공공 사인 블록 현장적용 및 평가

본 연구를 통해 개발된 콘크리트 공공 사인 블록은 2018년 9월 강원도 영월군 하송리 분수대 후면부 도시계획도로 개설 공사 에 68개를 시험 적용하였다. Fig. 10은 콘크리트 공공 사인 블록을 시공한 2018년 9월의 현장 사진이고, Fig. 11은 완성된 콘크리트 공공 사인 블록 일부의 사진이며 , Fig. 12는 현장 적용 후 2년이 지난 2020년 9월의 사진이다. 시험 적용된 68개의 콘크리트 공공 사인 블록 공통적으로 장기간의 자외선 노출에 따른 채색부의 색상퇴색이 관찰되었으나 공공 사인부의 시인성은 유지하고 있는 것을 확인하였고 일부 주차 등을 위해 차량의 이동이 허용된 곳에 설치한 공공 사인 블록에서 미끄럼 방지용 양각 부위가 일부 마모된 것이 관찰되었을 뿐 모든 콘크리트 공공 사인 블록에서 균열 및 동결융해에 따른 파손, 모서리 탈락, 공공 사인부 손상 등의 문제는 발견되지 않았다. 색상퇴색의 경우 공공 사인을 인식하는데 문제없는 수준으로 오히려 공공 사인부의 색상 변화보다 콘크리트 블록 몸체의 색상 변화가 두드러졌음을 볼 때 공공 사인 채색 시 블록 전체를 채색하는 것이 공공 사인부의 시인성 유지에 유리함을 확인할 수 있었다. 또한 블록 상부에 형성되어 있는 미끄럼 방지용 양각 부위는 미끄럼 방지 기능 외에도 보행자와 차량의 신발과 타이어가 공공 사인부에 직접 접촉하는 것을 방지하는 역할을 하여 공공 사인부의 마모 및 파손 예방에 도움을 주고 있다고 평가할 수 있다.

Fig. 10. Field application of prototype public sign block

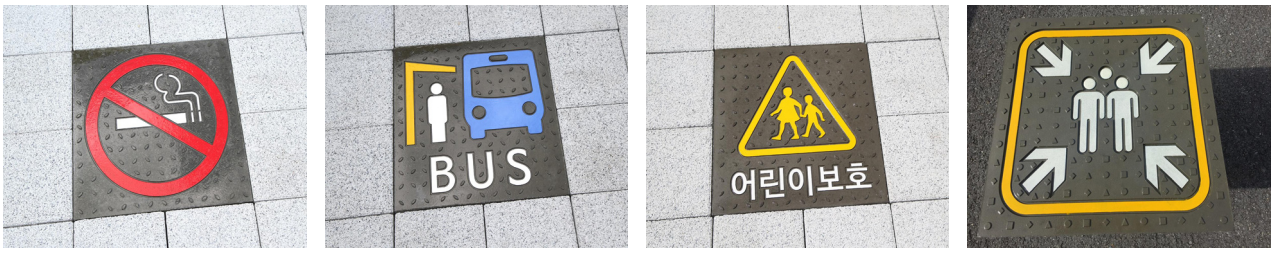

Fig. 11. Shape of prototype public sign block

Fig. 12. Shape of prototype public sign block used for 2 years

결 론

본 연구에서는 기존의 바닥용 공공 사인에 내제되어 있는 문제점을 해결할 수 있는 새로운 형태의 바닥용 콘크리트 공공 사인 블록을 개발하고자 하였다. 이와 관련하여 콘크리트 공공 사인 블록의 공공 사인 원형, 블록 몰드, 콘크리트 배합 및 시인성 확보 방안을 마련하였고, 이와 함께 제작된 시작품을 현장 적용하여 사용성을 평가하였다. 본 연구에서 개발된 바닥용 콘크리트 공공 사인 블록은 다양한 형상의 공공 사인의 표현이 가능하고, 제조 단가를 절감할 수 있음과 동시에 2년간의 사용성 평가결과 균열, 모서리 탈락, 변색, 사인부 마모 등의 문제는 발견되지 않아 충분한 내구성을 확보한 것으로 판단된다. 이러한 연구 결과를 토대로 콘크리트 공공 사인 블록이 기존의 바닥용 공공 사인에 활용되어 오던 스티커, 석재 및 황동판 등의 취약점을 보안할 수 있는 대안으로 활용될 것으로 보이며, 향 후 블록 디자인의 다양화를 도모하여 여러 분야에 적용될 수 있기를 기대한다.

Acknowledgement

본 연구는 2017년도 중소벤처기업부의 기술개발사업 지원에 의한 연구임[C0531158].

References

[1] Cho, Y.-H. (2009). “An evaluation of sign system in regional public facilities and recommendations - Focused on Pusan City.” Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 25. No. 2, pp. 185-192.

[2] Lim, J.-B., Lee, S.-I., Choi, J.-C., Joo, S.-K. (2016). “The comparative study on travel behavior and traffic accident characteristics on a community road - With focus on Seoul Metropolitan City.” Journal of the Korean Society of Civil

Engineers, Vol. 36, No. 1, pp. 97-104.

[3] Kim, B.-J., Jin, I.-G., Choi, H.-B., Kang, K.-I. (2007). “The effect of form oils on bond characteristics of reinforced concrete members.” Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 23, No. 12, pp. 89-96.

[4] Kwon, K.-H. (1990). Mix Design and Strength for the Regulated Set Cement Concrete. Master’s Thesis, Korea advanced institute for science and technology (KAIST), Korea.

[5] Korean Industrial Standard (KS)