

저소음·분진회수형 도로포장절단기 개발

김균태

한국건설기술연구원 건설정책연구소

Development of Low Noise and Dust Recovery Type Pavement Cutter

Kyoon-Tai Kim

Construction Policy Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

요약 본 연구에서는 도로 포장 절단작업에서 유발되는 소음과 절단슬러지 등의 환경오염을 예방하고자, 저소음·분진회수형 도로절단기를 개발하였다. 이를 위하여 진공 팬, 진공 탱크, 슬러지 펌프 등의 절단슬러지 회수시스템을 위한 주요 구성품을 도출하고, 각각의 구성품을 설계·제작하였다. 그리고 도로절단기와 슬러지 회수 시스템을 통합하고, 통합된 저소음·분진회수형 도로절단기를 테스트 베드에 적용하였다. 적용 결과, 개발된 장비로 절단 깊이 150mm~300mm를 절단하는 데에 큰 무리가 없었다. 또한 절단 깊이 150mm로 안정적으로 절단 작업할 때, 절단 길이 1m 당 약 25초에서 35초가 소요되어 생산성도 기존장비와 유사할 것으로 예상되었다. 그리고 육안 검사 결과, 대부분의 슬러지가 잘 회수되어 잔존 슬러지가 거의 없었고, Ø4mm 이상 입도의 돌가루는 진공 탱크에서 잘 분리되었다. 다만 개발된 장치는 프로토타입으로 안정성이 다소 낮다는 한계가 있었다. 따라서 향후에 튜닝 등을 통해 안정성이 향상되어야 한다. 또한 기존 저소음 도로 절단기 등과 절단 성능 등 정량적인 성능 비교 분석도 이루어져야 할 것으로 생각된다.

Abstract This study developed a low-noise and dust recovering pavement cutter to prevent environmental pollution such as cutting noise and sludge. Various components such as a vacuum fan, a vacuum tank, and a sludge pump for recovering cutting sludge were derived, designed, and manufactured towards developing the proposed pavement cutter. Following the design and development, the cutter and the sludge recovery system were integrated, and this assembly was applied to the test bed for further tests. The test results suggest that there was no difficulty in cutting a depth of 150 mm to 300 mm with the new pavement cutter. In addition, while working stably and cutting a depth of 150 mm, the new pavement cutter took about 25 to 35 seconds to cut per 1 m of length. So, the productivity of the new pavement cutter is expected to be similar to that of the existing equipment. Moreover, through visual inspection, it was confirmed that most of the sludge was well recovered, and the stone fragments with a particle size of Ø4mm or more were well separated in the vacuum tank. However, the developed device was less stable as a prototype. Therefore, the stability of the newly proposed pavement cutter has to be improved through tuning of the processes and components in the future. In addition, quantitative performance evaluations such as the comparison of the cutting performance of the new pavement cutter with the existing equipment should also be conducted.

Keywords : Low Noise, Dust Recovery, Pavement Cutter, Road Cutter, Performance Evaluation

본 논문은 건설교통부 R&D "도로 미세먼지 저감 기술 개발 및 실증연구(과제번호 21POQW-B152342-03)" 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Kyoon-Tai Kim(Korea Institute of Civil engineering and building Technology)

email: ktkim@kict.re.kr

Received September 23, 2021

Revised November 10, 2021

Accepted December 6, 2021

Published December 31, 2021

1. 서론

1.1 배경 및 목적

2018년 11월에 소위 통신대란을 유발한 서울 서대문구 KT 아현지사의 지하통신구 화재 사고[1], 같은 해 12월에 1명의 사망과 23명의 부상을 유발한 고양시 백석역 인근의 지하 열수송관 파열 사고[2] 등으로 인하여 기반시설 노후화에 대한 관심과 생활안전도 향상에 대한 요구가 증가하고 있다. 이에 정부도 2019년 6월에 ‘지속가능한 기반시설 안전강화 종합대책’을 마련하는[3] 등 노후 기반시설 관리체계 구축의 기반을 마련하고 있다. 이 종합대책에 따르면, 2015년부터 노후 상하수도 관로 정비 위한 국비지원이 크게 증가하였으며, 정부는 2027년까지 광역하수도 922km 중 835km(84%)를 개량할 계획이다[4].

도로 하부에 매설된 하수관로 등 지하시설물을 유지보수하기 위해서는 도로를 굴착하여야 하며, 그 첫 공정은 도로포장을 절단하는 것이다. 절단 장비로는 도로포장 절단기(이하 도로절단기)가 사용되는데, 기존의 도로절단기는 대부분이 절단 과정에 과다한 소음과 분진(절단슬러지)을 발생시키는 등 많은 환경문제를 야기하고 있다. 따라서 주거지나 도심지의 도로절단 공사 수행 시에 민원이 발생하여 공사가 중단되는 등 애로사항이 많은 상황이다[5].

이와 같은 문제를 해결하기 위하여, J. Joo & Y. Park (2014)이 절단분진을 회수하는 건식방식의 친환경 도로절단기를 개발하였다[6]. 하지만 개발된 장비는 절단속도가 느리고 절단가능 깊이도 깊지 않아 현장에 적용하는데 한계가 있다.

본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고자, 국내에서 가장 많이 활용되는 습식방식을 적용한 저소음·분진회수형 도로절단기를 개발하는 것을 목표로 하였다. 구체적으로는 우선 기존 장비의 한계와 개선사항을 분석하여, 저소음·분진회수형 도로절단기를 설계·제작하고, 그 성능을 검토하는 것이 목표이다.

1.2 범위 및 방법

본 연구에서는 습식 도로절단기의 친환경성을 높이고자, 절단슬러지 회수 시스템이 구비된 저소음 도로절단기를 개발하는 것으로 범위를 한정하였다. 또한 흡음재 충전 등으로 소음문제를 대부분 해결할 수 있으므로, 절단슬러지 회수 시스템 개발에 집중하였다. 기존의 도로절단

기는 다양한 규격이 있고, 규격별로 성능에 큰 차이를 보인다. 따라서 본 연구에서는 개발대상 장비와 규격이 유사한 저소음 도로절단기를 성능비교 대상으로 삼았다.

연구의 방법은 우선, 기존의 상용화된 도로절단기, 도로절단기에 분진회수 시스템이 추가된 사례, 저소음 도로절단기 사례 등을 조사분석 하였다. 다음으로 저소음·분진회수형 도로절단기의 개념을 도출하고, 분진회수 시스템을 위한 부품을 설계·제작하여, 장비를 개발하였다. 다음으로 개발된 장비의 적용성을 확인하기 위한 테스트베드를 구축하였다. 마지막으로 개발된 장비를 테스트베드에 적용하여, 절단성능과 슬러지 회수 성능을 검토하였다.

2. 기존 도로절단 기술

2.1 기존의 국내 도로절단기

국내에서 주로 사용되는 기존 도로절단기는 벵가드 엔진(vanguard engine)을 사용하며, 최대 24인치의 절단날을 장착할 수 있는 습식 장비로(Fig. 1), 일반적으로 150mm 이하를 절단한다[7]. 습식 장비는 도로절단시에 발생하는 절단날의 열을 냉각하고 분진(비산먼지)을 줄이기 위해, 물탱크에 저장된 물을 절단부위에 분사하면서 절단한다. 이러한 습식 도로절단기는 분진 발생을 줄일 수 있으나, 작업 중에 발생된 슬러지가 작업을 방해하며, 물과 섞인 분진 찌꺼기가 하수구로 흘러들어 토양오염이나 수질오염을 유발할 수 있다. 또한 절단된 부위의 물이 마르게 되면, 바닥에 붙어있던 분진이 바람에 날려 대기오염을 발생시킬 수 있다[6].



Fig. 1. Conventional pavement cutter(Ex. Top tool Co.)[7]

한편, 국내 도심지 주거지역의 도로도장은 덧씌우기 등으로 인하여, 두께가 300mm에 이르기기도 한다. 따라서 이 절단기로는 150mm까지 절단한 후, 큰 날로 바꾸어 한 번 더 절단하거나 또는 미절단된 나머지 부위를 브레이커로 파쇄하여야 한다[8]. 그러나 이중 작업으로 인해 생산성이 저하되며, 공사비가 상승하고, 파쇄 작업에 따른 소음, 진동, 분진 등의 환경문제가 유발되고 있다. 또한 도심지에서는 주민들의 민원제기 가능성에 대비하여, 살수차를 이용해 물청소하여 슬러지 등 오염물질을 처리하고 있다. 그러나 소음, 오염수의 하천 및 토양오염 등의 문제가 근원적으로 해결되지는 못하는 실정이다.

2.2 건식 친환경 도로절단기

J. Joo & Y. Park (2014)는 습식의 단점을 개선하고자, 건식 다이아몬드 절단날과 분진 집진 시스템을 개발하였다(Fig. 2). 하지만 이 장치는 깊이 90mm를 절단할 때 절단속도가 1.5m/min(40sec/m), 150mm를 절단할 때 0.75m/min(80sec/m)[6]에 불과하였다. 통상 절단 깊이가 깊어질수록 절단속도는 기하급수적으로 저하되므로, 깊이 200mm 이상을 절단하는 경우에는 생산성이 매우 낮을 것으로 예상된다. 따라서 절단속도 등 생산성을 증시하는 현장에서는 개발된 장비를 사용하는 데에 한계가 있을 것으로 우려된다.



Fig. 2. A dry type eco-friendly pavement cutter[6]

2.3 기존의 습식 저소음 도로절단기

서울시 등 일부 지방자치단체에서는 소음민원을 예방하고자, 조례로 주거지역에서는 저소음 도로절단기를 사용하도록 하고 있다. 그리고 일부 업체에서는 이에 대응하여 절단날에 밀폐형 커버를 씌워서 소음을 줄이는 저소음 도로절단기를 국산화하였다[8]. 이 장비는 소음은 어느 정도 해소하나, 분진(절단슬러지)문제는 해소되지 않는다는 한계가 있다(Fig. 3).



Fig. 3. Conventional low noise pavement cutter[7]

2.4 소결

기존에 많이 사용되는 도로절단기는 소음과 분진(절단슬러지) 등 환경위해요소를 다량 유발한다. 이를 개선한 건식 친환경 도로절단기는 분진은 회수할 수 있으나, 생산성이 낮고 소음저감 효과도 없다. 또 기존의 습식 저소음 도로절단기는 소음은 저감시키나, 절단슬러지 문제는 해소하지 못하고 있다. 따라서 소음을 줄이고 절단슬러지를 회수하면서도 생산성 저하가 없는 장비의 개발이 필요한 상황이다.

3. 저소음·분진회수형 도로절단기 개발

3.1 개념 도출

저소음·분진회수 중 저소음이란, 도로절단기에서 발생하는 기계소음, 절단소음을 줄이는 것을 말한다. 그런데 소음은 밀폐형 커버 장착, 흡음재 충전, 방진패드 부착 등으로 상당부분이 해소될 수 있다[9]. 따라서 본 연구에서는 분진 및 절단슬러지 회수(이하 슬러지 회수라 함) 시스템 도출에 집중하였다. 슬러지 회수장치는 진공(vacuum)장치와 진공흡입부로 구성되며, 진공장치는 진공팬(⑨), 진공탱크(⑧), 슬러지펌프(⑩) 등으로 구성된다. 진공흡입부는 밀폐형 절단날 커버(⑤), 진공흡입구(⑦) 등으로 구성된다. 이렇게 구성된 슬러지 회수 장치의 전체 조건은 다음과 같다.

- (1) 슬러지 회수에 필요한 동력은 추가 동력원 없이 구동엔진(①)에서 배분
- (2) 진공팬(⑨) 작동 시 절단날 커버(⑤)에 발생되는 직경 4mm이상의 콘크리트 또는 아스팔트 슬러지는 1차적으로 진공탱크(⑧)에 분리저장
- (3) 진공탱크에 저장되지 않은 오수, 직경 4mm미만의 미세 슬러지 등은 슬러지 펌프(⑩)에 의하여 슬러지 저장탱크(⑪)로 이송되어 저장

본 연구에서 도출한 슬러지 회수기능이 구비된 도로절단기의 개념은 Fig. 4와 같다.

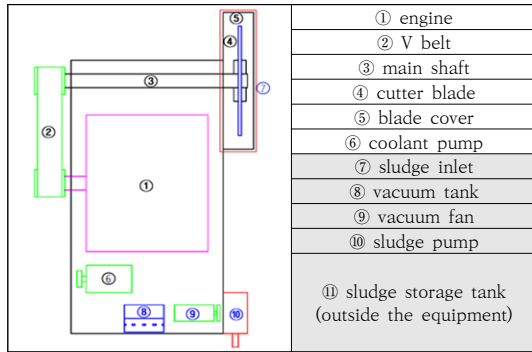


Fig. 4. Concept of the low noise and dust recovery type pavement cutter[10]

3.2 부품 설계 및 제작

본 연구에서 개발하는 저소음·분진회수형 도로절단기의 주요 구성품 제작과정은 Fig. 5와 같다. 우선 프레임 을 구성하고, 구성된 프레임의 상부에 엔진, 트랜스미션, HST 등을 설치하였다. 다음으로 슬러지펌프, 진공팬 등 슬러지 회수장치를 설치하였다. 그리고 조작부, 파워팩 등을 설치한 후, 마지막으로 절단날 구동장치, 틸팅장치 등을 설치하였다. 개발된 저소음·분진회수형 도로절단기 형 상에 주요 구성품을 표시하여 도식화하면 Fig. 6과 같다.

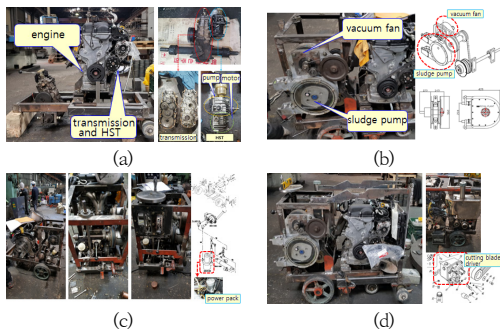


Fig. 5. Manufacturing process of main components
 (a) engine, transmission and HST installed on top of frame
 (b) sludge recovery device installation
 (c) control panel, power pack installation
 (d) cutting blade driver and tilting device installation

3.3 장치 제작

본 연구에서는 도로절단기와 슬러지 회수 시스템을 통

합하여, Fig. 7과 같이 저소음·분진회수형 도로절단기를 개발하였다. 트럭의 냉각수 저장탱크에서 공급된 냉각수가 절단날에 분사되고, 이때 발생된 절단슬러그는 오수탱 크로 회수되는 것이다.



Fig. 6. Main components of the developed equipment

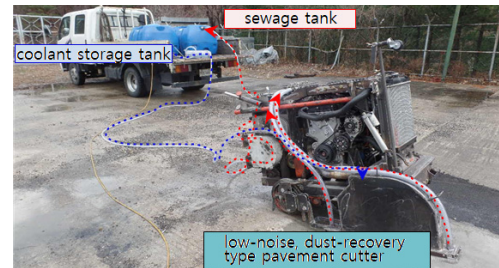


Fig. 7. Low noise and dust recovery type pavement cutter

4. 테스트베드 적용 및 성능평가

4.1 테스트베드 구축

본 연구에서는 개발된 장비의 성능실험을 위해 강원도 소재 ㈜○○의 개활지인 주차장 부지에 테스트 베드를 구축하였다. 절단 깊이 300mm까지 시험절단할 수 있도록, 포장두께는 400mm로 하였고, 장치가 정속주행하면서 충분한 거리를 절단할 수 있도록 폭 2,000mm, 길이

5,000mm로 하였다. 도로포장에는 통상 콘크리트와 아스콘이 사용되므로 테스트베드에도 두 재료를 모두 사용하였는데, 폭 2,000mm중 1,000mm는 콘크리트, 나머지는 아스콘 포장하였다. 이와 같은 테스트베드 구축 전경은 Fig. 8과 같다.

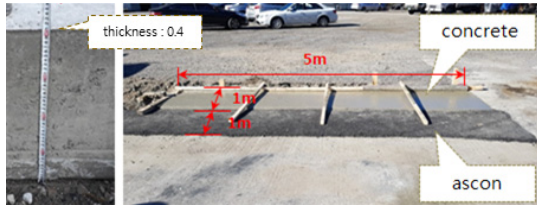


Fig. 8. Build a test bed

4.2 절단 성능

개발 장비의 테스트베드 적용 결과, 150~30mm 깊이로 절단하는 데에 무리가 없었다. 또 절단 깊이 150mm로 안정적으로 작업할 때, 1m 절단에 25초에서 35초가 소요되었다(Fig. 9 (a)-(b)). 다만 프로토타입의 한계로 인하여 엔진이 정지하거나 냉각수 공급이 원활하지 않는 등의 오동작이 가끔 발생하였고, 이에 대한, 수리시간이 소요되었다. 개발 장치를 현장에 적용하기 전에 튜닝을 통해 안정성이 향상되어야 할 것으로 판단되었다.

또 테스트베드 적용 시기가 12월이었고, 대상지역에 우천 후 기온이 급감하여 냉각수가 결빙하기도 하였다. 이에 냉각수 공급관과 오수 회수관을 핫팩(hot pack)으로 가열하고, 온수를 공급하는 등의 방법으로 결빙을 해소하였다. 하지만 정상적인 환경 하에서 절단이 안정적으로 수행되었다고 판단하기는 어려웠다. 이로 인하여 m당 절단 소요시간을 유의미하게 도출하는 데에 한계가 있었다. 다만 본 연구팀이 조사한 결과, 기존 저소음 도로절단기로 200mm 깊이를 절단할 때, 1m당 절단 소요시간이 평균 37.6초이었다. 절단 깊이가 상이하고 개발된 장비가 다소 불안정하므로 직접적으로 비교하기는 어려우나, 개발된 장치가 튜닝되어 안정성이 향상된다면 기존 저소음 도로절단기와 동등 이상의 절단성능은 구현할 것으로 예상된다. 향후 이에 대한 정량적인 성능 비교분석도 이루어져야 할 것으로 판단된다.

4.3 슬러지 회수 성능

슬러지 회수의 경우, 국내에는 평가 기준이 미비하고,

일본에서도 역시 육안검사에 의존하고 있다. 따라서 본 연구에서도 육안검사 하였는데, 아스콘과 콘크리트에서 모두 잔존 슬러지가 거의 없고, 대부분의 슬러지가 잘 회수되어 슬러지 저장탱크로 이송되었다(Fig. 9 (c)-(e)). 다만 일부 오작동 구간에서는 슬러지 회수성능도 저하되어, 안정성 향상을 위한 튜닝이 반드시 필요한 것으로 판단된다. Fig. 9 (f)는 진공탱크내의 슬러지망에 $\phi 4\sim 7\text{mm}$ 까지 입도의 작은 돌가루가 잘 분리되어 쌓인 모습을 보여준다.

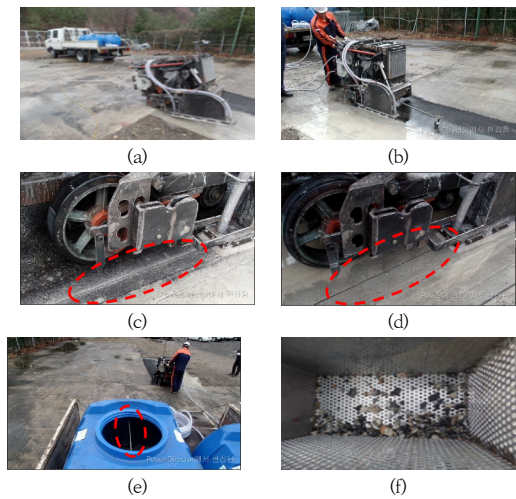


Fig. 9. Performance evaluation of developed cutter

- (a) view of Test bed
- (b) device drive
- (c) ascon cutting
- (d) concrete cutting
- (e) sludge recovery
- (f) Filtering sludge with a size of $\phi 4\text{mm}$ or more

4.4 소결

슬러지회수, 생산성, 소음유발 측면에서 개발된 장비의 개선사항을 재래식 장비, 기존 저소음장비와 비교하여 요약하면 Table 1과 같다.

Table 1. Performance comparison

Function	Conventional equipment	Existing low-noise equipment	Development equipment
Sludge recovery	Impossible	Impossible	Mostly recovered
Cutting speed (cutting depth 200mm)	Approx. 40 sec/m	Approx. 38 sec/m	Approx. 36 sec/m
Generated noise(10m gap)	120~130dB or more	110dB or more	85dB or less

5. 결론

지하시설물에 대한 유지관리가 중요해지면서, 노후관로 보수 등 도로굴착이 빈번해지고 있다. 도로굴착을 위해서는 사전에 도로포장을 절단하여야 하는데, 기존 도로절단기는 소음과 분진(절단슬러지)을 유발하여 환경오염의 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 이러한 환경오염 문제를 예방하고자, 저소음·분진회수형 도로절단기를 개발하였다.

이를 위하여 우선, 진공팬, 진공탱크, 슬러지펌프 등의 절단슬러지 회수를 위한 주요 구성품을 도출하고, 각각을 설계·제작하였다. 그리고 도로절단기와 슬러지 회수 시스템을 통합하고, 이를 테스트베드에 적용하였다. 적용결과, 절단 깊이 150~300mm를 절단하는 데에 큰 무리가 없었다. 또한 절단 깊이 150mm로 안정적으로 작업할 때, 절단길이 1m당 약 25초에서 35초가 소요되어 생산성도 기존장비와 유사할 것으로 예상되었다. 그리고 육안 검사 결과, 대부분의 슬러지를 잘 회수하여 잔존 슬러지가 거의 없었고, Ø4mm 이상 입도의 돌가루도 진공탱크에 잘 분리되었다. 다만 개발된 장치는 프로토타입으로 안정성이 다소 낮다는 한계가 있었다. 따라서 튜닝 등을 통해 안정성이 향상된다면 기존 저소음 도로절단기와 유사한 절단성능은 구현할 것으로 기대할 수 있다. 그리고 향후에 절단깊이별 절단성능 등의 정량적인 성능도 비교 분석되어야 할 것으로 판단된다.

<https://www.hankookilbo.com/News/Read/201906181616075932> (accessed Sep. 2, 2021)

- [5] K. Kim, Y. Jun, "Analysis of pavement cutting technology to develop eco-friendly pavement cutting machine", *Proceedings of KICEM Annual Conference 2018*, KICEM, Seoul, Korea, pp.175-176, November 2018.
- [6] J. Joo, Y. Park, "Development of eco-friendly a road cutter", *Journal of the Institute of Construction Technology*, Vol.22, No.2, pp.97-103, Dec. 2014.
- [7] Top tool Co., Vanguard road cutter 31hp (24"), Available From: <http://top094989.cafe24.com/product/%EB%B1%85EA%B0%80%EB%93%9C-%EB%8F%84%EB%A1%9C%EC%B%B7%ED%8C%85EA%B8%B0-%EB%8F%84%EB%A1%9C%EC%A0%88%EB%8B%A8%EA%B8%B0-31%EB%A7%88%EB%A0%A524/1079/category/1002/display/1/> (accessed Sep. 2, 2021)
- [8] K. Kim, Y. Jun, K. Kim, "A study on the field performance analysis of eco-friendly road cutter", *Korea Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.21, No.4, pp.12-20, Jul. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.6106/KICEM.2020.21.4.012>
- [9] K. Kim, E. Jeon, Y. Jun, "Derivation of conceptual design of pavement cutter for eco-friendly work", *Proceedings of KICEM Annual Conference 2020*, KICEM, Seoul, Korea, pp.223-224, November 2020.
- [10] K. Kim, "A Feasibility Analysis of a Low Noise and Dust Suction Type Pavement Cutter", *Ecology and Resilient Infrastructure*, Vol.7, No.4, pp.274-283, Jul. 2020. DOI: <https://doi.org/10.17820/eri.2020.7.4.274>

References

- [1] Editorial. Fire in KT telecommunication area paralyzed in daily life, is this country strong in IT? [Internet]. The Korea Times, c2018 [cited 2018 September 26]. Available From: <https://www.hankookilbo.com/News/Read/201811251751363718> (accessed Sep. 2, 2021)
- [2] H. Park, The rupture of the heat pipeline at Baekseok Station... "One dead, 23 injured... Heating disruption for 20,000 households" [Internet]. KBS news, c2018 [cited 2018 December 5]. Available From: <https://news.kbs.co.kr/news/view.do?ncd=4088041&ref=D> (accessed Sep. 2, 2021)
- [3] Joint Ministries, Comprehensive measures to strengthen the safety of sustainable infrastructure, pp 1-26, Jun. 2019.
- [4] K. Kim, Investing 32 trillion won in 4 years to repair the old SOC [Internet]. The Korea Times, c2018 [cited 2018 June 18]. Available From:

김 균 태(Kyoon-Tai Kim)

[중심회원]



- 1995년 2월 : 경희대학교 일반대학원 건축공학과 (공학석사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 일반대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1995년 5월 ~ 현재 : 한국건설기술연구원 연구위원

- 2018년 3월 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교 한국건설기술연구원캠퍼스 정교수

<관심분야>

스마트건설, 건설자동화, 건설-IT융합, 건설관리, 건축시공