

A Study on the Improvement of the Legal System Related to Electro-Optical Oxidation Slag

Hyeok-Jung Kim*, Young-Woo Lee**, Se-Hun Park***

*Professor, Industry-Academic Cooperation Foundation, Hankyong National University, Anseong, Korea

**Professor, Dept. of Police & Law, KwangJu Women's University, Gwangju, Korea

***Researcher, Korea Legislation Research Institute, Sejong, Korea

[Abstract]

Currently, electric furnace oxide slag is mostly used for soil or road use due to its nature. Although electric furnace oxidation slag is an industrial byproduct, not a circulating aggregate, the shortcomings of electric furnace oxidation slag are gradually being resolved due to the development of technology, and it is said that electric furnace oxidation slag is enough to be used as aggregates in light of research and technology conditions outside of Korea. However, there are difficulties in expanding construction and application, given that the current standard for electric furnace oxid slag only defines recycling purposes and does not have specific regulations. Therefore, institutional supplementation is needed to utilize oxidation slag as electricity. In this study, the laws and system related to oxidation slag by electricity are reviewed, laws related to recycled aggregate are examined, and measures for improvement are proposed.

▶ **Key words:** Electric Furnace Oxide Slag, Recirculating Aggregate, Industrial Subsidiary Product, Steel Slag, Quality Standard

[요 약]

현재 전기로 산화슬래그는 그 특성상 대부분 성토용 또는 도로용으로 사용되고 있다. 전기로 산화슬래그는 현행 법령상 순환골재가 아닌 산업부산물에 해당되고 있으나 기술의 발전으로 전기로 산화슬래그의 단점이 점차 해소되고 있으며 국내 외 연구 및 기술현황에 비추어 전기로 산화슬래그는 골재로 활용하기 충분하다고 한다. 그러나 전기로 산화슬래그 관련 현행 규범은 재활용 용도만 규정하고 있을 뿐 이에 대한 구체적인 규정을 두고 있지 않다는 점에서 시공 및 적용 확대에 어려움이 존재하고 있다. 따라서 전기로 산화슬래그를 활용할 수 있도록 제도적인 보완 마련이 필요하다. 이에 본 연구에서는 전기로 산화슬래그 관련 법·제도를 검토 및 순환골재 관련 법령과 해당 여부를 살펴보고 그에 대한 개선방안을 제시하고자 한다.

▶ **주제어:** 전기로 산화슬래그, 순환골재, 산업부산물, 철강슬래그, 품질기준

-
- First Author: Hyeok-Jung Kim, Corresponding Author: Young-Woo Lee
 - *Hyeok-Jung Kim (ceasare@hknu.ac.kr), Industry-Academic Cooperation Foundation, Hankyong National University
 - **Young-Woo Lee (lawking77@kwu.ac.kr), Dept. of Police & Law, KwangJu Women's University
 - ***Se-Hun Park (lawpark@klri.re.kr), Korea Legislation Research Institute
 - Received: 2020. 11. 04, Revised: 2020. 11. 22, Accepted: 2020. 12. 07.

I. Introduction

전기로 산화슬래그는 2015년 기준 전체 슬래그 발생량의 약 10%에 해당하는 420만 톤 가량을 차지하고 있으며, 전기로 산화슬래그는 전 세계적으로 발생량이 증가함에 따라 콘크리트 골재 대체 재료로 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 전기로 산화슬래그를 포함하는 제강 슬래그에는 미반응 CaO(free CaO)가 포함되어 있으므로 free CaO에 의한 팽창 붕괴성으로 인하여 재활용에 많은 제약을 받고 있다[1]. 또한 전기로 산화슬래그 관련 현행 규범은 재활용 용도만 규정하고 있을 뿐 이에 대한 구체적인 규정을 두고 있지 않다는 점에서 시공 및 적용 확대에 어려움이 존재한다.

따라서 전기로 산화슬래그를 활용할 수 있도록 제도적인 보완 마련이 필요하며, 전기로 슬래그를 활용 촉진하는 방안으로 철강 슬래그의 의무사용량을 정하는 방안 등 철강 슬래그가 순환골재로 포섭될 수 있도록 한다면 이러한 의무사용 규정에 해당되어 활용이 촉진될 것으로 기대된다. 이에 본 연구에서는 해외 각국의 제도를 검토하여 국제 기술기준에 부합하면서도 국내 실정을 반영할 수 있는 제도적 보완 방안과 전기로 산화슬래그 관련 법·제도를 검토하고 그에 대한 문제점 등을 개선하여 전기로 산화슬래그의 순환골재화에 대한 가능성 여부를 검토하고자한다.

II. Review of Current Electric Furnace Oxide Slag Legislation

1. Review of Laws and Systems Related to Electric Furnace Oxide Slag

1.1 Electric Furnace Oxidation Slag Concept

철강슬래그는 고로 방식에 의해 선철을 제조할 때 발생하는 고로슬래그와 전기로 방식에 의해 선철이나 고철 등의 철 원료를 정련해서 소정의 품질을 갖춘 강을 제조할 때 발생하는 제강슬래그로 구분된다.

전기로 산화슬래그는 철강슬래그의 일종으로서, 생산되는 제강 종류에 따라 물리적·화학적 차이가 크게 나타나는데, 전기로 슬래그의 정련과정이 세분화됨에 따라 “전기로 산화슬래그”와 “전기로 환원슬래그”로 분리 배출 되고 있다[2].

1.2 Electric Furnace Oxide Slag Characteristics and Main Use

전기로 산화슬래그는 2015년 기준 전체 슬래그 발생량의 약 10%에 해당하는 420만 톤 가량을 차지하고 있다.

그러나 전기로 산화슬래그를 포함하는 제강 슬래그에는 미반응 CaO(free CaO)가 포함되어 있으므로 free CaO에 의한 팽창 붕괴성으로 인하여 재활용에 많은 제약을 받고 있다[3]. 따라서 콘크리트 골재 등으로 제강 슬래그를 이용하려면 수개월 정도를 야적하거나 뜨거운 증기를 이용해 속성(에이징)하는 과정이 요구된다[4].

한편 용융된 제강슬래그 중 전기로 슬래그를 대상으로 서냉시키지 않고 급랭시켜 제강슬래그 중의 free CaO를 화합물 상태로 존재시킴으로써 free CaO의 생성량을 감소시키는 방법이 활성화되면서 콘크리트 골재대체재로서 연구가 이루어지고 있는 등 민간에서 선제적으로 재활용 기술을 연구·개발하고 있다.

2. Review of Concepts and Requirements of Recycled Aggregate

2.1 Cyclic Aggregate Concept

순환골재란 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 제2조 제7호에서 “물리적 또는 화학적 처리과정 등을 거쳐 건설폐기물을 순환골재 품질기준에 맞게 만든 것” 이라고 규정하고 있다. 또한 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 제35조에서 “국토교통부 장관은 환경부장관과 협의하여 건설폐기물의 재활용을 촉진하기 위하여 순환골재의 용도별 품질기준 및 설계·시공 등에 관하여 필요한 기준을 정하여야 한다” 고 규정하고 있다.

2.2 Contents of Recycled Aggregate Quality Standards

「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 제35조에 따라 「순환골재 품질기준」은 건설폐기물 중 페콘크리트 및 페아스팔트 콘크리트 등의 파쇄처리에 의하여 생산되는 순환골재를 재활용하기 위하여 건설공사의 안전과 품질확보를 고려하여 용도별 품질기준을 규정하고 있다. 이에 따라 페아스팔트 콘크리트, 순환아스팔트 혼합물 등을 활용하여 골재의 순환이 가능하다. 「순환골재 품질기준」은 순환골재를 사용하여 콘크리트 제조 시, KS L 5201(포틀랜드 시멘트), KS L 5210(고로 슬래그 시멘트), KS L 5211(플라이애시 시멘트)에서 규정한 시멘트를 사용하거나 플라이애쉬(KS L 5405), 고로 슬래그 미분말(KS F 2563) 등을 혼합하여 사용할 수 있다고 규정하고 있다.

2.3 Recycled Aggregate Applicable of Electric Furnace Oxide Slag

「순환골재 품질기준」의 규정에 따라 전기로 산화슬래그는 순환골재에 해당하지 않는다. 페아스팔트 콘크리트란

아스팔트 포장도로를 절삭 또는 철거한 것과 생산시공과정에서 폐기되는 것으로 파분쇄, 이물질 분리선별, 체가름 등을 하지 않는 것을 의미하고 아스팔트 콘크리트용 순환골재란 페아스팔트 콘크리트를 중간처리(파쇄, 체가름)한 골재를 의미한다.

한편 순환아스팔트 혼합물이란 아스팔트 도로포장의 유지보수나 굴착공사 시에 발생한 페아스팔트 콘크리트를 기계 파쇄 또는 가열 파쇄하여 아스팔트 콘크리트용 순환골재를 생산한 후, 소요의 품질이 얻어지도록 보충재(천연골재, 아스팔트 또는 재생첨가제 등)을 가하고 재생장비를 이용하여 생산한 혼합물을 의미한다. 따라서 전기로 산화슬래그는 이러한 페아스팔트 콘크리트 골재가 될 수 없다는 점에서 아스팔트용 순환골재에 해당하지 않는다. 또한 전기로 산화슬래그는 일반적인 골재 개념에 포함되지 않아 일반 골재에 해당하지도 않으며 단지 산업부산물에 해당한다.

3. Review of Guidelines for Recycling Steel Slag

「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」 제25조는 “지정부산물을 배출하는 사업자는 환경부장관과 주무부장관이 대통령령으로 정하는 기본방침과 절차에 따라 통합하여 고시하는 지침을 지켜야 한다” 고 규정하고 있다. 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용지침」에서는 중점관리대상사업자(철강슬래그 또는 석탄재를 배출하는 지정부산물배출사업자)가 철강슬래그를 재활용할 경우에는 스스로 재활용하거나 타인에게 위탁하여 재활용되도록 하여야 한다고 규정하고 있다. 다만, 철강슬래그를 호안공사용 골재 또는 공유수면 매립시 뒷채움재, 옹벽 및 뒷채움재, 기초잡석용으로 재활용하는 경우에는 파쇄하지 아니하고 위탁할 수 있도록 규정하고 있다.

또한 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용지침」에서 철강슬래그를 “도로용·아스콘용·골재 등으로 재활용할 수 있도록 규정하고 있다. 또한 철강슬래그의 재활용을 위한 규격은 한국산업규격 KS F 2535 및 도로공사 표준시방서를 따르게 된다.

4. Review of Standard Specification for Road Construction

도로공사 표준시방서는 아스팔트 콘크리트 포장공사에서 철강슬래그를 보조기층의 재료 중 하나로서 규정하고 있다. 이 중 굵은 골재로서의 철강슬래그는 KS F 2535에 적합한 것이어야 하고, 그 밖에 고로슬래그에 관한 규정은 다수 찾아볼 수 있으나 전기로 산화슬래그에 관한 규정은 찾아보기 어렵다.

III. Foreign Related Institutions and Cases

1. Foreign Case

슬래그 재활용 제품의 기술개발이 미국, 호주, 유럽 등을 중심으로 활발하게 진행되고 있다. 미국의 경우 1930년대부터 콘크리트 도로용 골재로 철강슬래그가 활용되기 시작하였으며, 일본의 경우 연간 200만 톤 정도가 도로 포장용 콘크리트 골재로 활용되고 있으며[5], 1994년부터 제강공정 조업 방법 발전에 따른 불안정한 광물상 함유 감소로 인해 전기로 산화슬래그를 콘크리트용 잔골재로 이용하는 것을 연구해왔다. 또한 유럽의 경우에도 대부분 도로용 또는 매립용에 의존하고 있으며 전기로 산화슬래그를 천연골재 대체재로서의 가능성을 확인하는 연구가 활발하게 진행되어 왔다[6].

2. Foreign Institution

미국은 연방정부 및 대부분의 주는 철강 슬래그를 유해 폐기물이 아닌 “co-Product”로 취급하고 있다[7]. 일본은 광재, 분진 등의 무기성 폐기물은 산업폐기물로 분류하고 있으며, 광재는 폐주물사, 고로슬래그, 제강슬래그, 비철금속계 슬래그인동의 슬래그를 포함한다. 철강슬래그는 1991년 「재생 자원 이용 촉진에 관한 법률」에 의해 지정부산물로 지정되었고, 2000년 「자원의 유효 이용 촉진에 관한 법률」에서 철강 제조 공정에서 발생하는 철강슬래그 제품은 “부산물”로서의 입지가 명확화 되었다.

한편 「폐기물 및 청소에 관한 법률」은 철강슬래그가 유용한 물질로 사용되는 경우 폐기물에 해당하지 않는다고 규정함으로써 재활용 용도로 활용되는 대부분의 슬래그 제품이 동법에 저촉되지 않도록 하였다.

이에 따라 일본 내 99%의 철강슬래그는 “폐기물”이 아니라 “철강슬래그 제품”으로 다양한 용도에서 유용한 재료로 이용 가능하며, 나아가 철강슬래그 제품은 환경우위 및 사용 기간 평가 우위에 따라 2001년에 시행된 「국가 등에 의한 환경 물품 등의 조달 추진 등에 관한 법률」은 공공 공사의 특정 조달 품목(환경부하 저감에 기여하는 제품 등)으로 지정되었다[8].

IV. Improvements of Legal System

1. Establishment of Quality Standards for Recycled Aggregate of Steel Slag

현행법상 철강슬래그는 산업 부산물(지정 부산물)에 포함된다. 따라서 철강슬래그의 무궁무진한 활용 가능성과

민간 차원의 선제적인 기술 대응에도 불구하고 그 부가가치를 충분히 발휘하지 못하고 있는 실정이다. 그러나 철강슬래그는 앞서 검토한 국내 외 활용사례에 비추어 친환경적이며 안전한 골재로 활용할 수 있다. 따라서 철강슬래그를 「건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률」 상 순환골재로 취급될 수 있도록 하여 현재의 규제를 개선하고 그 활용을 촉진할 수 있도록 제도를 개선해야 할 것이다.

이에 동법 제35조에 따라 국토교통부 공고 「순환골재 품질기준」 상 철강슬래그에서 전기로슬래그에 대한 품질기준의 마련은 담당 중앙행정부처인 국토부와 환경부를 주축으로 하여 업계의 기술발달 수준을 우선적으로 의견을 청취하여 품질기준을 마련하는 것이 선행되어야 하고 전기로슬래그의 품질기준 마련 이후 순환골재로 활용될 수 있도록 해야 할 것이다.

2. Improve Quality Standards in Line with Technological Advances

현행 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 제8조 제2항에서 “사업자는 철강슬래그 재활용용도가 별표2의 제1호에 해당하는 경우에는 같은 표 제2호의 철강슬래그 숙성방법에 의하여 숙성한 후 재활용되도록 하여야 한다”고 규정하고 있다. 이에 별표2에서는 슬래그의 크기, 야적높이, 숙성기간, 숙성방법 및 숙성도 측정 등 품질기준을 정하고 있다. 이 중 2. 숙성방법 마. 숙성도 측정 기준은 “KS F 2535에 따라 수침 팽창률이 1.5% 이하여야 한다”고 규정하고 있으며 즉, 철강슬래그의 안정화 기준을 정하고 있다. 한편 동 지침 제8조 제3항은 “사업자는 재활용용도별로 별표3의 한국산업규격 등 관련규격 및 설계시 공지침을 고려하여 재활용되도록 노력하여야 한다”고 규정하며, 관련하여 별표3에서는 도로용·아스콘용 골재의 경우 KS F 2535 및 도로공사 표준시방서를 제시하고 있다.

그러나 전기로 산화슬래그가 가열아스팔트콘크리트에 해당하는 경우, 내구공용성(품질, 성능 등 검증)에 대한 내용이 전무하다. 따라서 기술발전예 따라 적용이 가능하게 된 전기로 산화슬래그를 활용한 아스콘 도로포장에 있어서, 이를 실제 활용할 수 있는 구체적 내용이 없기 때문에 시공 및 적용 확대에 어려움이 있다. 이에 동법 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 상 철강슬래그의 품질기준 및 준용 규격에 관한 사항을 기술 발전 수준에 맞게 재설정할 필요성이 있다.

3. Regulatory Improvements for Cyclical Activation

「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 제4조 제1항은 “중점관리대상사업자는 철강슬래그 또는 석탄재를 재활용할 경우에는 스스로 재활용하거나 타인에게 위탁하여 재활용되도록 하여야 한다”고 규정하고 있다.

그러나 동 규정은 중점관리대상사업자(지정부산물배출사업자로서 철강슬래그를 배출하는 자)가 직접 철강슬래그를 파쇄한 뒤 위탁하도록 하고 있다. 이미 같은 지침 별표 2의 “사용용도별 슬래그 숙성방법”은 “슬래그는 균일한 숙성을 위하여 최대 직경 100mm 이하로 파쇄하되, 슬래그의 사용용도상 직경 100mm 이상의 크기로 하여야 할 필요가 있는 경우에는 예외로 함”을 정하고 있다.

철강슬래그의 재활용 및 숙성 과정에서의 파쇄는 필연적이라는 점에서, 이를 배출자가 1차 파쇄하여 위탁하도록 하는 규정은 시간과 비용을 이중으로 낭비하는 것이다. 또한 철강슬래그를 슬래그 종류별로 구분한다는 문언이 불명확하다는 문제점이 있다.

따라서 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 제4조 제2항 제1호 중 중점관리대상사업자가 철강슬래그를 파쇄한 후 위탁하는 규정을 삭제하고, 제8조 제2항에 따른 재활용이 가능하도록 배출이라는 정도로 개선하여 이중 부담을 삭제하는 방안을 고려하여야 할 것이다. 또한 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 제4조 제2항 제1호 중 철강슬래그를 슬래그 종류별로 구분하는 단위를 명확히 하되, 전기로 산화슬래그와 전기로 환원슬래그를 분리배출 하도록 개정하여야 할 것이다.

V. Conclusions

전기로 산화슬래그 내용에 있어 재활용가치 및 부가가치가 있다. 하지만 전기로 산화슬래그와 관련하여 현재 법규상 재활용 용도만 규정하고 있으며, 구체적 규정을 두고 있지 않다. 이에 전기로 산화슬래그는 순환골재 및 일반골재에 해당하지 않으며 단지 산업부산물에 해당되고 있다. 또한 제도적 미비점으로 인하여 기술이 적극적으로 활용되지 못하고 있다.

이에 개선방안으로 첫째, 「순환골재 품질기준」 상 철강슬래그에 대한 품질기준을 마련하여 전기로 산화슬래그 등 철강슬래그를 순환골재화로 활용될 수 있도록 해야 할 것이다. 둘째, 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활

용 지침」 등 철강슬래그의 품질기준 및 준용 규격에 관한 사항을 기술 발전에 부합하도록 개선할 필요성이 있다. 셋째, 「철강슬래그 및 석탄재 배출사업자의 재활용 지침」 상 분리·파쇄 후 위탁 규정에 있어 순환 활성화를 위한 규제로 개선하여야 할 것이다.

기술의 발전으로 전기로 산화슬래그의 단점이 점차 해소되고, 국내 외 연구 및 기술현황에 비추어 전기로 산화슬래그는 골재로 활용하기 충분하다. 따라서 자원 순환의 개념에서 전기로 산화슬래그 활용촉진을 위한 제도가 개선이 필요할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This paper was carried out by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport/Korea Agency for Infrastructure Technology Advancement in 2020 with the support of research funds. (Assignment number : 20POQW-B152340-02).

REFERENCES

- [1] Tae-Beom Min, Ha-Yeong Kim, Hee-Seob Lim, "Characteristics of Electric Arc Furnace Oxidized Slag and Domestic and International Research Trend", 「Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute」 Vol. 14, No. 2, Korean Recycled Construction Resources Institute, p.41, 2019.
- [2] Seung-Jun Kwon, Sang-Hyun Hwang, Hee-Seob Lim, "Evaluation of mechanical properties of early-age concrete containing electric arc furnace oxidizing slag", 「Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute」 Vol. 7, No. 2, Korean Recycled Construction Resources Institute, p.93-94, 2019.
- [3] Tae-Beom Min, Ha-Yeong Kim, Hee-Seob Lim, "Characteristics of Electric Arc Furnace Oxidized Slag and Domestic and International Research Trend", 「Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute」 Vol. 14, No. 2, Korean Recycled Construction Resources Institute, p.41, 2019.
- [4] Sang-Won Choi, "Research Trends on the Generation, Recycling of Domestic and Foreign Steel Slag and the Environmentally Friendly Use", National Environmental Information Center, p.4, 2008.
- [5] Sang-Hyeong Lee, "Development of Construction Aggregate Using Steel Slag and Future Taskse" 「Steel Technology Symposium Data Sheet」, 2019.
- [6] Tae-Beom Min, Ha-Yeong Kim, Hee-Seob Lim, "Characteristics of Electric Arc Furnace Oxidized Slag and Domestic and International Research Trend", 「Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute」 Vol. 14, No. 2, Korean Recycled Construction Resources Institute, p.45-46, 2019.
- [7] EPA, " Hazardous Wastes, Part VII", <https://bit.ly/32elWNY>
- [8] Kyo-Geun Kim, "A Study on the Improvement of Steel Slag Recycling System" Ministry of Environment, p.64-70, 2011.

Authors



Hyeok-Jung Kim received the Ph.D. degree in Administrative Law From Chonbuk University, Korea, in 2010. Dr. Kim is He is actively working as the head of a research group at 'Development and

demonstration research of reduction technology for road fine dust' supported by the R&D of the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) He is currently a chair professor at Hankyong National University. He is conducting the application and the commercialization of photocatalyst (TiO₂) as an eco-friendly construction materials



Young-Woo Lee received the Ph.D. degree in Administrative Law From Cheongju University, Korea, in 2009. Dr. Lee was an Expert Advisor to the Corruption Impact Assessment. Also he is an International

Director to the Korea Institute for Social Security. He is currently a professor in the Dept. of Police & Law at Kwangju Women's University. He is interested in Administrative Law and Police Administrative Law.



Se-Hun Park received the Ph.D. degree in Administrative Law From Dongguk University, Korea, in 2012. Dr. Park was an outpatient professor to the Central Police School. Also he joined the researcher of

Korea Institute for Social Security, Korea in 2019. He is currently a researcher in Korea Legislation Research Institute. He is interested in Administrative Law.