

超音波による電気炉スラグのエージング処理について

大同工業大学大学院 ○ 学 野呂和司
大同工業大学 正 桑山 忠
大同特殊鋼㈱ 福本行男

1. まえがき

電気炉スラグは鉄くずを原料とした鉄鋼生産で産出され、精錬過程により酸化スラグと還元スラグがある。これらは主として道路の路盤材料などの土木材料に有効利用されてきている。しかし、電気炉スラグは吸水によって膨張する特性をもっているため^{2), 3)}、膨張に対する安定化をエージング処理で行ってから利用している。現在、エージング処理には大気中にスラグを放置する大気エージングと水蒸気を利用して水和反応を促進させる蒸気エージングの2種類がある。しかし、両方法ともエージング処理に多大な時間を必要とするため、短時間で処理できる方法が求められている。そこでエージング時間を短縮するために、超音波を利用したエージング処理について着目してみた。超音波はキャビテーション現象⁴⁾という特性がある。キャビテーションとは液体中で密度波による圧力の増減が起こり、液体を引き裂く力が働いて、真空の空洞ができる現象である。このとき液体が激しくぶつかりあい非常に大きな衝撃的圧力が発生する。このキャビテーション現象によってスラグ粒子の微細なクラックにまで水を送り込み、水和反応を促進させようとするものである。

この報告は、超音波を利用して製鋼スラグのエージング処理が促進できることを明らかにするために、基礎的実験として、超音波吸水量、エージング進行度、その時の膨張率を調べた結果をまとめたものである。

2. 実験試料

試料は、電気炉スラグのうちエージングに多大な時間を必要とする還元スラグを用いた。この還元スラグは冷却過程で、鉬物相の相転移($\alpha\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \gamma\text{-}2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$)により体積膨張し、粉状になるものも多く、蒸気エージングで処理しても20日間程度の時間を必要とする。実験は還元スラグの未エージング処理の乾燥試料と粉体化直後に散水を行った試料の2種類を使用した。

3. 実験方法

今回、実験を行うために作成した装置を図-1に示した。この装置を利用して超音波吸水試験を行い、超音波エージングの効果を調べた。一定水温(25~30℃)の水槽に、超音波発振機(型式W-600-NRS, 出力600W, 周波数28KHz)を図に示したようにセットした。容器の半分程度までスラグを入れ、水道水を容器の8分目ほど注いだ。超音波を照射する時間を1、3、5、10、20、60、240、1440分とし、また照射せずに水浸したまま24時間放置した試料も作った。

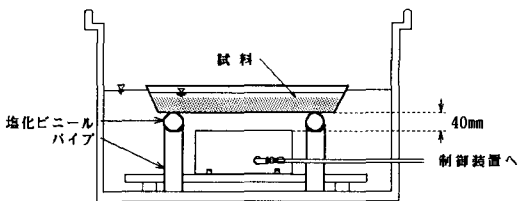


図-1 超音波吸水試験装置

超音波エージングの効果を判定するための試験として煮沸吸水試験を行った。110℃炉乾燥後、ガラス容器に10g程度スラグを入れ、60分煮沸し、その後110℃で炉乾燥してスラグの吸水量を調べ

る試験である。煮沸吸水量は煮沸前の110℃炉乾燥重量に対する煮沸前後の増加質量の割合で求めた。この吸水量は煮沸処理ばかりでなく超音波処理をしたものについても求めた。

超音波エージング処理後の試料の膨張率を調べるために、蒸気膨張試験を行った。蒸気膨張試験が80℃水浸膨張試験¹⁾と異なる点は80℃の温水養生装置に浸漬と大気中への放置の繰り返しを行うかわりに、モールドに詰められた供試体の底部を温度110℃、圧力1Kg/cm²の水蒸気の吹き出し口に取り付け、水蒸気の漏れな

いようにして、連続して供試体の中に水蒸気を通すところにある。今回は超音波エージング処理を1、3、5、10分間にした試料について行った。

4. 実験結果と考察

(1) 超音波吸水試験と煮沸吸水試験

図-2は超音波エージング時間と超音波吸水量の関係を示している。未エージング試料は超音波を照射してから4時間以後に吸水量が増大した。これは超音波のキャビテーションによる水和反応の促進が、1分以内で相当進行し、その後微細クラックに水が浸透するのに相当の時間を必要とすることを示している。散水試料については超音波を照射してから10分以後吸水量が増大した。これは散水を行っているため、Caなどの溶かした水膜がクラックを覆っていて、超音波を照射しているうちにその膜が破られるのに必要な照射時間を表しているものと思われるから、クラックに新しい水を浸透したものと考えられる。また、煮沸吸水量は未エージング試料 5.1130%、散水試料 0.0347%であった。超音波吸水試験は常温で行うが、煮沸吸水試験は高温で水和反応を促進させるが、常温での水和反応とは異なっていることも考えられ、エージング効果の判定の目安となる煮沸吸水試験に代わる試験方法の検討が必要と思われる。

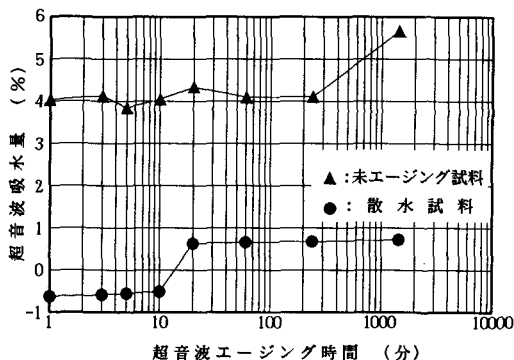


図-2 超音波エージング時間と吸水量の関係

(2) 蒸気膨張試験

図-3は超音波エージング処理後の試料の膨張試験の結果を膨張率と養生日数とに關係を示したものである。未エージング試料について、超音波照射試料は3~4日で最終膨張率の7~8割程度進行するのにに対し、超音波未照射試料はゆっくりと膨張してることがわかる。超音波照射をすることにより、スラグ粒子の微細クラックに水があらかじめ浸透しているために、膨張の原因となる水和反応が短日数で起こったと考えられる。散水試料についても同じような傾向がみられる。

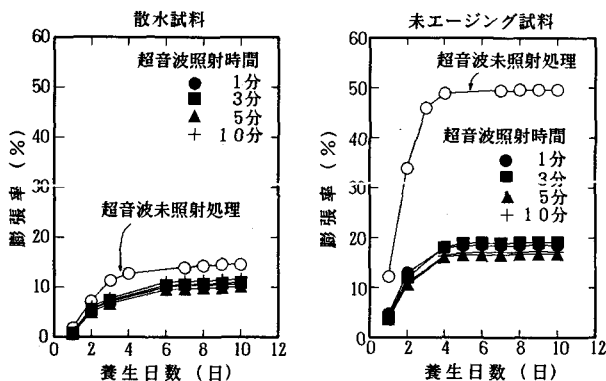


図-3 蒸気膨張試験による養生日数と膨張率の関係

5. おわりに

超音波による電気炉スラグのエージング処理についての基礎的実験を行い、超音波の照射がスラグのエージング処理に効果があることがわかった。これによってエージングのために広大なストックヤードが不要となり、土地の有効利用にもつながる。今後は、超音波エージング処理後試料を放置し、その時の膨張率の変化、日数について検討し、エージング効果判定の目安となる煮沸吸水試験についての試験方法の検討も行いたいと思う。

(参考文献)

- 1) 製鋼スラグ協会：製鋼スラグ路盤設計施工指針—昭和60年度版—、pp. 65-69, 1985.
- 2) 桑山忠、本多淳裕、三瀬貞：電気炉スラグの吸水による膨張特性、材料、Vol. 37, No. 422, pp. 26-31, 1988.
- 3) 成田貴一、尾上俊雄、高田仁輔：転炉スラグの風化崩壊機構、鉄と鋼、Vol. 64, No. 10, pp. 68-77, 1977.
- 4) 例えば、川端昭：やさしい超音波工学—拡がる新分野の開拓—、工業調査会, 1989