

加熱法を用いた廃石膏ボード由来再生石膏の 半水石膏含有率の測定について

大分工業高等専門学校 学生会員 ○利光 凌 明石工業高等専門学校 正会員 佐野 博昭
福井工業高等専門学校 正会員 山田 幹雄 大分工業高等専門学校 非会員 尾形公一郎
久留米工業高等専門学校 非会員 川原 秀夫

1. まえがき

石膏ボード生産量の増加にともなって、建築現場等から排出される廃石膏ボードの量も年々増加している。このような状況の中、わが国では廃石膏ボード（二水石膏）を廃棄物化させないシステムの開発が喫緊の課題となっており、そのひとつとして、石膏を一度に大量消費することができる土木分野、中でも、地盤改良材としての適用性についての研究が行われている¹⁾。

しかしながら、その一方で廃石膏ボードから再生された石膏を使用している現場において、著者らは、「半水石膏と呼べる状態なのか疑わしい」などの声を聞いており、いわゆる“生焼け石膏”問題が指摘されていることから廃石膏ボードより再生された石膏の品質に疑問を投げかける向きもある。

このように技術力の乏しい一部の企業の製造による低品質の“生焼け石膏”が市場に出回るような事態が生じれば、今後予想される廃石膏ボード量の増大や管理型最終処分場の残余容量の低下を迎える時代において、大きな障害となることが十分に予想される。

そこで、本研究では、再生石膏の品質管理技術の開発を目的として、石膏の熱的挙動とともに「加熱法」を用いた半水石膏含有率試験について詳細な検討を行ったのでその結果について報告する。

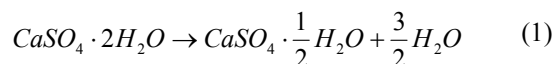
2. 試薬石膏の熱的挙動

石膏の熱的挙動を詳細に調べるために、異なる質量の石膏を炉乾燥させたときの質量の変化、すなわち水分量の変化を測定し、石膏の形態の変化を石膏の化学式を考慮に入れて計算した質量から検討した。

実験に用いた試料は、硫酸カルシウム二水和物（試薬二水石膏）と焼石膏（試薬半水石膏）である。まず、試料を室温状態で正確に5～30g計量し、直径6cm、高さ3cmのステンレス製容器に入れた。次に、この容器を恒温乾燥炉の中に静置し、温度を40～220℃まで10℃間隔で調整し、所定の温度で24時間加熱した。加熱終了後デシケーター内で室温にいたるまで30分間冷ましてから、質量を測定した。

ここで、二水石膏と半水石膏を加熱したときに所定の温度領域で以下の化学反応式に示す形態の変化が生じるとされている²⁾。

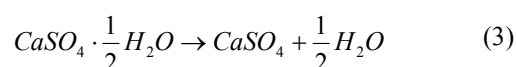
(1)二水石膏から半水石膏へ



(2)二水石膏から半水石膏を経て無水石膏へ



(3)半水石膏から無水石膏へ



上式(1)～(3)の化学式の分子量を基にして二水石膏10gから生成される半水石膏の質量を計算すると8.43gとなり、同様にして、無水石膏は7.91g、半水石膏10gから無水石膏9.38gが生成されることになる。

図-1は、試験開始時の質量が5、10、20、30gの4種類の場合の加熱温度と試薬二水石膏、試薬半水石膏の質量との関係を示す。併せて、図中に前出式(1)～(3)から求められた質量の結果を一点鎖線で示す。なお、試験時の質量が5、20、30gの結果については、質量を10gに換算して表示している。

図より、試験時の石膏の質量により加熱時の石膏の質量の減少傾向、すなわち加熱脱水傾向が異なるが、試薬二水石膏（記号○△□▽）を加熱すると、80℃で急激に質量の減少が始まり（第1段階）、90～100℃では変化が認められないが、110℃でさらに減少し（第2段階）、120℃以降は温度の上昇に対して質量の変化がほとんど生じないことがわかる。

ここで、前出式(1)～(3)から推察すると、第1段階は二水石膏10gが半水石膏8.43gになる過程、第2段階は二水石膏10gが無水石膏7.91gになる過程にそれぞれ

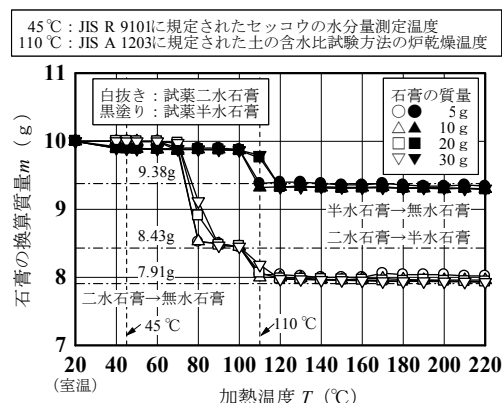


図-1 加熱温度と石膏の質量との関係（試薬石膏）

れ対応しており、このことから、試薬二水石膏は「90℃ 24 時間加熱脱水で半水石膏」に、「120℃24 時間加熱脱水で無水石膏」になっていることになる。

次に、試薬半水石膏(●▲■▼)に着目すると、40℃ 加熱で質量が減少していることがわかる。さらに、110℃で質量が減少し始め、120℃以降では温度の上昇にともなう質量の変化は認められず、この 120℃の温度は半水石膏 10g が無水石膏 9.38g になる過程と対応していることがわかる。また、この温度は、先に示した試薬の二水石膏が半水石膏に変化し、その後無水石膏に変化する温度とも一致していることになる。

3. 加熱法を用いた半水石膏含有率の推定

以下では、先に示した熱的挙動において、加熱時にある温度で生じる石膏の形態変化、すなわち、石膏の質量の変化量から石膏の含有量を推定する方法(「加熱法」)について検討してみることにした。

具体的には、70℃と 90℃でそれぞれ 24 時間加熱したときの質量減少量を基にして二水石膏含有率を求め、さらに全体を 100%として二水石膏含有率を差し引いた残りを半水石膏含有率 C_{GH} として求めるものである。

図-2 は、設定された半水石膏含有率 C_{GH} と加熱法により求めた半水石膏含有率 C_{GH}^* との関係を示す。図より、設定された半水石膏含有率 C_{GH} が小さくなる、すなわち、二水石膏の含有率が大きくなると加熱法により求めた半水石膏含有率 C_{GH}^* は大きくなる傾向が示されたが、両者の間には次式(4)に示すように非常に相関性の高い関係が認められることより、加熱法により半水石膏含有率を推定することは十分に可能であると考えられる。

$$C_{GH}^* = 0.8965C_{GH} + 10.04(r = 0.998) \quad (4)$$

図-3 は、大分県産の再生半水石膏および試薬半水石膏の加熱温度と質量との関係に加えて、福岡県産の再生半水石膏を用いた加熱試験の結果を併せて示す。

図より、いずれの試料も加熱温度 100℃までは質量の変化は僅かであるが、福岡県産の再生半水石膏(記号○)は、加熱温度 110℃で質量が急激に減少し、120℃以降では温度の上昇にともなう質量の変化は認められないことがわかる。一方、大分県産の再生半水石膏(△)と試薬石膏(□)では 100℃から 110℃で質量が減少し始め、120℃ではさらに質量が急激に減少し、120℃以降はほとんど変化が認められなかった。

表-1 は、加熱試験の結果より、大分県産、福岡県産の再生石膏および試薬石膏の石膏含有率の計算結果をまとめたものである。表より、大分県産の再生半水石膏は二水石膏含有率 5.1%、半水石膏含有率 94.9%、福岡県産は 1.3%、98.7%となった。また、試薬石膏では、二水石膏含有率は 0%、半水石膏含有率は 100%となり、これらの結果から加熱法の有効性が明らかとなった。

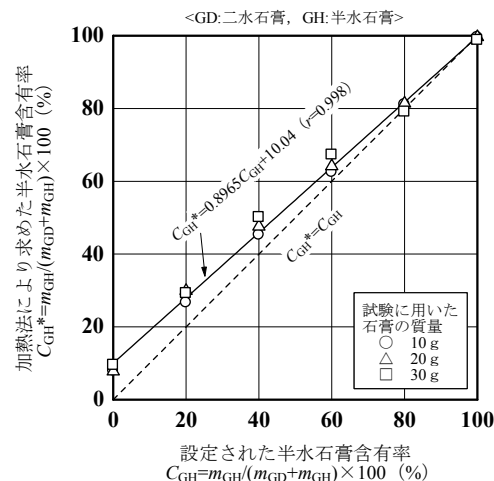


図-2 設定された半水石膏含有率と加熱法により求めた半水石膏含有率との関係(試薬石膏)

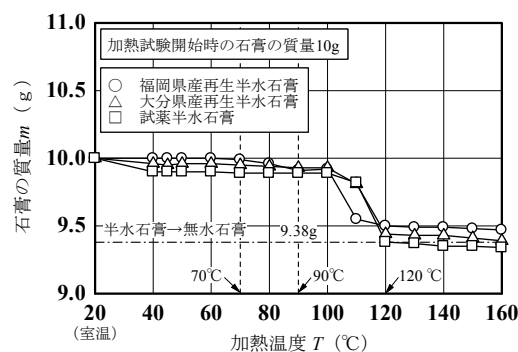


図-3 加熱温度と石膏の質量との関係(再生半水石膏、試薬半水石膏)

表-1 加熱法により求めた石膏含有率のまとめ

半水石膏の種類	二水石膏含有率(%)	半水石膏含有率(%)
大分県産再生半水石膏	5.1(4.9)	94.9(95.1)
福岡県産再生半水石膏	1.3(1.5)	98.7(98.5)
試薬半水石膏	0 (0.3)	100 (99.7)

括弧内：式(4)による補正後の値。

4. まとめ

今回提案した加熱法を用いた半水石膏含有率試験の有効性が明らかとなった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、「全国 KOSEN 廃石膏ボードリサイクルネットワーク(会長：佐野博昭)」関係各位には貴重なご意見を賜った。ここに、深甚なる謝意を表する。

本研究の一部は、平成 25 年度(一社)近畿建設協会研究助成の補助を受けて実施した。

【参考文献】1) 亀井健史, 加藤孝明, 珠玖隆行: 半水石膏の地盤改良材としての有効利用—廃石膏ボードの再利用—, 地盤工学ジャーナル, Vol. 2, No. 3, pp. 245-252, 2007. 2) 無機マテリアル学会編: セメント・セッコウ・石灰ハンドブック, 技報堂出版, 1996.