

明 細 書

発明の名称：石膏板、石膏板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、石膏板、石膏板の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1には、再生石膏を70重量%以上含有する石膏原料、前記石膏原料に対して0.1重量%～1.0重量%の減水剤、前記石膏原料に対して0.01重量%～0.10重量%の発泡剤及び水を混合してスラリーを調整する工程と、前記スラリーを硬化させる工程と、を備え、前記石膏原料は、スラリーの全量から水の含有量を除外した量の90重量%以上である、石膏ボードの製造方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特開2020-63165号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 従来から、廃棄物として石膏ボード廃材が排出されている。

[0005] 石膏ボード廃材としては、石膏ボード生産時や新築内装工事の際に生じる端材が挙げられる。石膏ボード生産時等に生じる端材の多くは、石膏ボードメーカー等によりリサイクルされている。

[0006] また、石膏ボード廃材としては、建築物の改装や、解体工事等で排出される石膏ボードの廃材も挙げられる。建築物の改装や、解体工事等で排出された石膏ボード廃材の多くはリサイクルされず、埋め立て処分がなされている。そして、建築物の改装や、解体工事等で排出される石膏ボード廃材は、排出される石膏ボード廃材のうち、多くの割合を占めている。

[0007] 今後、建築物の解体等の増加に伴い、石膏ボード廃材の排出量はさらに増加していくと考えられるが、自然環境の保護や、コスト抑制等の観点から、

埋め立て処分となる石膏ボード廃材の低減が求められている。

[0008] そこで、特許文献1等の開示されているように、石膏ボード廃材を用いて製造した石膏ボード等の石膏板について、従来から検討が進められている。

[0009] しかしながら、特許文献1の開示された石膏ボードに用いる再生石膏を製造するためには、多数の工程が必要になり、製造コストや生産性の面で問題があった。

[0010] そこで、石膏ボード廃材を粉砕、焼成することで製造したリサイクル石膏を石膏源に用いた石膏板とすることが考えられる。ところが、石膏ボード廃材には、石膏以外の成分も含まれており、石膏ボード廃材の粉砕物の焼成品であるリサイクル石膏にも石膏以外の成分が混入する恐れがある。

[0011] 石膏板は、建材等として用いられているため、石膏板を固定等する際に用いるビスを保持するビス保持力等を高める観点から、十分な圧縮強度を有することが求められる。しかしながら、リサイクル石膏を石膏源に用いて石膏板を製造した場合、実使用に耐える十分な圧縮強度を有する石膏板が製造できるのか懸念があった。

[0012] 上記従来技術の問題点に鑑み本発明の一側面では、石膏原料に石膏ボード廃材から得られたリサイクル石膏を用いつつ、十分な圧縮強度を有する石膏板を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記課題を解決するため本発明の一形態によれば、石膏コアを有しており、

前記石膏コアは、石膏ボード廃材から回収されたリサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を含む石膏スラリーの硬化体であり、

前記石膏コアに含まれる気泡の平均径が $50\mu\text{m}$ 以上 $650\mu\text{m}$ 以下である、石膏板を提供する。

発明の効果

[0014] 本発明の一形態によれば、石膏原料に石膏ボード廃材から得られたリサイ

クル石膏を用いつつ、十分な圧縮強度を有する石膏板を提供できる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図 1 は、本発明の実施形態における石膏板の説明図である。

[図2]図 2 は、石膏原料中のリサイクル石膏の割合と、得られた石膏硬化体の圧縮強度との関係の説明図である。

[図3A]図 3 A は、実施例 1 － 4 で得られた石膏ボードの石膏コアについての断面 S E M 像である。

[図3B]図 3 B は、実施例 1 － 4 で得られた石膏ボードの石膏コアについての断面 S E M 像である。

[図4A]図 4 A は、比較例 1 で得られた石膏ボードの石膏コアについての断面 S E M 像である。

[図4B]図 4 B は、比較例 1 で得られた石膏ボードの石膏コアについての断面 S E M 像である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明するが、本発明は、下記の実施形態に制限されることはなく、本発明の範囲を逸脱することなく、下記の実施形態に種々の変形および置換を加えることができる。

[石膏板]

以下、図面を用いながら、本実施形態の石膏板について説明する。

[0017] 図 1 に、本実施形態の石膏板 1 0 の模式図を示す。

[0018] 図 1 に示すように、本実施形態の石膏板 1 0 は、石膏コア 1 1 を有する。

[0019] 本実施形態の石膏板 1 0 は図 1 に示すように板状形状を有することができる。石膏コア 1 1 は、上面 1 1 A と、上面 1 1 A と反対に位置する下面 1 1 B とを有している。上面 1 1 A、下面 1 1 B は、厚さに沿った両端に位置する面になる。

[0020] そして、上面 1 1 A と下面 1 1 B との間には側面 1 1 C が配置されている。

- [0021] 図1では、石膏板10、石膏コア11として直方体の形状を示したが、石膏コア11を含む石膏板10は建材等に用いることができ、係る形態に限定されず、用途に応じて適切な形状とすることができる。
- [0022] 図1では石膏板10が石膏コア11のみからなる例を示しているが、係る形態に限定されない。本実施形態の石膏板10は、例えばJIS A 6901(2014)で規定される石膏ボード、JIS A 6901(2014)で規定される石膏ボードよりも軽量もしくは重量である石膏ボード(以下、上記JISで規定されている石膏ボードや、上記JISで規定されている石膏ボードよりも軽量もしくは重量である石膏ボードをまとめて「石膏ボード」ともいう)、ガラスマット石膏ボード、ガラス繊維不織布入石膏含有板等から選択されたいずれかとすることもできる。
- [0023] このため、本実施形態の石膏板10は、該石膏板の形態に応じて、例えば石膏コア11の上面11Aや下面11B上に、表面材としてさらにボード用原紙や、ガラスマット等を配置することもできる。また、上面11Aや下面11Bにガラス繊維不織布(ガラスティッシュ)等を埋没させることもできる。図1に示したように、石膏コア11の上面11Aや下面11Bに表面材を配置せず、石膏コア11のみからなる石膏板10とすることもできる。
- [0024] 石膏ボード廃材を再利用する方法として、石膏ボード廃材中の石膏を原料として、晶析することで得られた再生石膏を用いる方法がある。しかしながら、再生石膏を生成するためには、石膏ボード廃材を粉砕、焼成した後、石膏スラリーとし、該石膏スラリーにおいて晶析を行う必要があり、製造に多くの工程が必要となる。このため、製造コスト等の点で問題がある。
- [0025] そこで、本発明の発明者は、石膏ボード廃材から得られたリサイクル石膏を用いた石膏板について検討を行った。リサイクル石膏は、石膏ボード廃材を粉砕し、焼成することで半水石膏とした石膏である。すなわち、リサイクル石膏は、石膏ボード廃材の粉砕物の焼成品である。
- [0026] リサイクル石膏は、石膏ボード廃材を粉砕し、焼成することで得られた石膏であるため、再生石膏と比較して製造時の工程数が少なく、製造過程で要

するエネルギーも低減できる。このため、リサイクル石膏は、再生石膏と比較して、製造コスト等を抑制できる。しかしながら、本発明の発明者の検討によると、リサイクル石膏を含む石膏原料を用いて石膏板を製造した場合、石膏板の圧縮強度が低下する場合があった。

[0027] (1) 石膏板の圧縮強度の検討

そこで、本発明の発明者は、リサイクル石膏を用いた石膏板において圧縮強度が低下する原因について検討を行った。

(1-1) 有機繊維の混入による石膏硬化体の圧縮強度への影響の検討（実験例1）

まず、本発明の発明者は、リサイクル石膏を用いた石膏板に関して、リサイクル石膏に付着した有機繊維、例えば紙の、該石膏板の圧縮強度に与える影響について検討した。

[0028] 有機繊維の影響を正確に検討するため、有機繊維である紙を完全に除去したりリサイクル石膏を用いて、紙の添加量を変化させて製造した石膏スラリーを硬化させた石膏硬化体の圧縮強度を評価した。

[0029] 具体的には、実験例1-1～実験例1-4として、以下の表1に示す配合割合となるように、リサイクル石膏と、紙と、水とを混合して石膏スラリーを調製した。

[0030] なお、石膏スラリーを調製する際に添加する水は、石膏スラリーが硬化することで得られる石膏硬化体の比重が0.65になるように添加している。

[0031] そして、石膏スラリーを一辺の長さが40mmの立方体形状を有する型枠内に流し込み、40℃で恒量乾燥させることで試験体である石膏硬化体を調製した。

[0032] リサイクル石膏としては、付着した紙が除去できる程度に石膏ボードを粉碎し、篩掛け等を行うことで紙を完全に除去したものをを用いた。また、紙としては、リサイクル石膏から回収した紙を用いた。

(石膏硬化体の圧縮強度の評価方法)

[0033] 得られた試験体である石膏硬化体について、オートグラフ（島津製作所製

、AG-X plus)を用いて、1mm/minの荷重速度で圧縮強度の測定を行った。以下の表に記載された各実験例の圧縮強度は、同じ条件で作製した6個の試験体について測定し、得られた6個の試験体についての測定値の合計を、試験体の数である6で割ることにより求めた、6個の試験体の圧縮強度の平均値（算術平均値）となる。以下の他の実験例でも石膏硬化体の圧縮強度は同じ条件で評価している。

[0034] 評価結果を表1に示す。

[0035] [表1]

	原料(質量部)			石膏硬化体の評価結果	
	石膏原料		紙	比重	圧縮強度 (kgf/cm ²)
	新規石膏	リサイクル石膏			
実験例1-1	0	100	2.5	0.65	41.1
実験例1-2	0	100	2.0	0.65	42.1
実験例1-3	0	100	1.5	0.65	43.0
実験例1-4	0	100	0.5	0.65	45.5

表 1 に示した結果によれば、紙の含有量を低下させることで石膏硬化体の圧縮強度が向上する傾向が確認できた。しかし、紙の配合量が 2.5 質量部、すなわち石膏原料に対して 2.5 質量%の場合でも、 25 kg f / cm^2 以上の圧縮強度を有し、十分な圧縮強度を有することを確認できた。なお、石膏硬化体が 25 kg f / cm^2 以上の圧縮強度を有することで、石膏硬化体にビス打ちを行った場合に、ビスが過度に打ち込まれて石膏硬化体が破損することを防止し、打ち込まれたビスを保持するのに十分な力を有する。すなわち、石膏硬化体が 25 kg f / cm^2 以上の圧縮強度を有することで、石膏板に用いる場合に、実用上十分な圧縮強度を有することを意味する。

(1-2) 石膏原料に占めるリサイクル石膏の割合による石膏硬化体の圧縮強度への影響の検討 (実験例 2)

次に、本発明の発明者は、石膏原料に占めるリサイクル石膏の割合を変化させた場合の石膏硬化体の圧縮強度について検討を行った。

[0036] 石膏原料に占めるリサイクル石膏の質量割合を変化させて製造した石膏スラリーを硬化させた石膏硬化体の圧縮強度を評価した。

[0037] 具体的には、実験例 2-1 ~ 実験例 2-10 として、以下の表 2 に示す配合割合となるように、新規石膏と、リサイクル石膏と、水とを混合して石膏スラリーを調製した。なお、石膏スラリーを調製する際に添加する水は、石膏スラリーが硬化することで得られる石膏硬化体の比重が所定の値になるように添加している。そして、上記石膏スラリーを用いた点以外は実験例 1 と同じ条件で石膏硬化体を作製し、圧縮強度を評価した。

[0038] リサイクル石膏としては、付着した紙の含有割合が 2.5 質量%であるリサイクル石膏を用いている。また、新規石膏としては、リサイクル品ではない、新規の石膏原料を用いている。

[0039] 評価結果を表 2 に示す。また、石膏原料中のリサイクル石膏の割合と、得られた石膏硬化体の圧縮強度との関係を図 2 に示す。

[0040]

[表2]

	原料(質量部)		石膏硬化体の評価結果	
	石膏原料		比重	圧縮強度 (kgf/cm ²)
	新規石膏	リサイクル石膏		
実験例2-1	100	0	0.65	51.4
実験例2-2	90	10	0.65	51.1
実験例2-3	70	30	0.65	50.9
実験例2-4	60	40	0.65	47.2
実験例2-5	50	50	0.65	44.8
実験例2-6	40	60	0.65	43.8
実験例2-7	30	70	0.65	42.5
実験例2-8	20	80	0.65	42.5
実験例2-9	10	90	0.65	41.9
実験例2-10	0	100	0.65	41.1

表2に示した結果によると、リサイクル石膏の含有割合が増加するのに伴い、石膏硬化体の圧縮強度が低下する傾向は確認できた。しかしながら、石膏源に占めるリサイクル石膏の含有割合が100質量%の場合である実験例2-10でも、25kgf/cm²以上の圧縮強度を有し、十分な圧縮強度を有することを確認できた。

[0041] (1-3) 石膏原料中のリサイクル石膏の含有割合増加による、石膏硬化体の圧縮強度の変化の原因についての検討

[0042] しかしながら、図2に示すように、石膏原料中のリサイクル石膏の割合が

30質量%を超えると、石膏硬化体の圧縮強度が急激に低下することを確認できた。原因として石膏原料中に占める紙の割合が増加することと考えられるが、紙はリサイクル石膏に一定の割合で含まれているため、石膏原料中のリサイクル石膏の割合が30質量%を超えた際の、石膏硬化体の圧縮強度が急激に低下する原因とは考えにくい。

[0043] そこで、石膏原料中のリサイクル石膏の割合が30質量%を超えると、石膏硬化体の圧縮強度が急激に低下する原因について本発明の発明者は検討を行った。

[0044] 具体的には石膏原料中のリサイクル石膏の含有割合を100質量%として、石膏ボードの製造ラインを用い、石膏コアの表面にボード用原紙を配置した石膏ボードを製造した。

[0045] 製造した石膏ボードについて、石膏コアの断面を観察したところ、40mm角の石膏硬化体の場合には観察されなかった、直径が約2mm以上の気泡が多数存在していることを確認できた。

[0046] また、製造した石膏ボードについて、複数箇所試験片を切り出し、圧縮強度の測定を行ったところ、圧縮強度の値にばらつきが大きく、最小値は、最大値の半分以下になり、 25 kgf/cm^2 以下となる箇所もあった。

[0047] そこで、走査型電子顕微鏡を用い、製造した石膏ボードの石膏コアの断面観察を行った。その結果、泡剤を添加していないにも関わらず、肉眼で観察された直径が約2mm以上の気泡に加えて、直径が $50\mu\text{m}$ 以下の微細な気泡など様々な直径の気泡が存在していることが確認できた。さらに、サイズの不均一な気泡が石膏コア内にランダムに配置されて不均質な石膏コア、石膏ボードとなっていることが確認できた。このため、局所的な圧縮強度の低下は、気泡が密集した箇所が生じているものと考えられる。

[0048] そして、製造した石膏ボードの石膏コアに含まれていた様々な直径の気泡は、リサイクル石膏に付着している泡剤が、石膏スラリーを調製するために原料をミキサーで混合する際に発泡して、生じていると考えられる。

[0049] そこで、本発明の発明者はさらなる検討を行い、リサイクル石膏に含まれ

る泡剤が発泡したことに起因する強度低下の影響を抑制した石膏板について検討を行った。

[0050] 当初、石膏スラリーに消泡剤を添加することで、石膏スラリー中のリサイクル石膏に含まれる泡剤に起因する泡（以下、「リサイクル石膏に起因する泡」とも記載する）を低減、除去することを試みた。しかしながら、石膏スラリーに消泡剤を添加する方法では、不均一な直径の泡を消すことはできなかった。

[0051] 次いで、石膏コアとなる石膏スラリーを調製する際に、石膏スラリーに、予め泡剤を発泡させた、すなわちプレフォームさせた泡を添加することを試みた。なお、泡は石膏スラリーが硬化後、平均径が $50\mu\text{m}$ 以上 $650\mu\text{m}$ 以下の気泡となるように泡剤の使用量等、泡の添加条件を調整している。その結果、プレフォームさせた泡を添加することで、リサイクル石膏に起因する泡の影響を低減できることを見出し、本発明を完成した。

[0052] 石膏スラリーに予め泡剤を発泡させた泡を添加することで、リサイクル石膏に起因する泡の影響を低減できる理由として、本発明の発明者は以下のよう

に推認している。

[0053] 予め泡剤を発泡させた泡は、リサイクル石膏に含まれる泡剤に起因する大きな泡と比較して壊れにくい安定な泡となっていると考えられる。相対的に不安定で破泡し易いリサイクル石膏に含まれる泡剤に起因する大きな泡は、予め泡剤を発泡させた泡と共に石膏スラリー中で混練されることで石膏スラリー内に分散される。そして、石膏スラリーを混練する際に、相対的に不安定で破泡し易いリサイクル石膏に含まれる泡剤に起因する大きな泡は、相対的に安定な予め泡剤を発泡させた泡に繰り返し接触することで小さな泡を取り込み大きくなっていき、破泡していると考えられる。

[0054] このため、石膏スラリーに予め泡剤を発泡させた泡を添加することで、リサイクル石膏に含まれる泡剤に起因する大きな泡を破泡させ、主に添加した泡を残すことができる。その結果、該石膏スラリーを硬化させて得られた石膏コアを含む石膏板について、石膏原料に石膏ボード廃材から回収されたり

サイクル石膏を用いつつ、十分な圧縮強度を有する石膏板とすることができると考えられる。

[0055] 上記のように石膏板内で圧縮強度のばらつきが大きくなる場合があり、石膏板全体の圧縮強度の平均値も低下する場合がある。このため、石膏板の圧縮強度を評価する際に、圧縮強度を評価する試験体を複数採取できる場合には、石膏板から例えば2個以上10個以下の複数の試験体を切り出し、圧縮強度を評価することが好ましい。そして、評価した複数の試験体の圧縮強度がいずれも 25 kgf/cm^2 以上の場合に、特に十分な圧縮強度を備えた石膏板といえる。

[0056] (2) 石膏板について

以上の検討結果から、本実施形態の石膏板10において、石膏コア11は、石膏ボード廃材から回収されたリサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を含む石膏スラリーの硬化体とすることができると。

[0057] 石膏コア11を、リサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を含む石膏スラリーの硬化体とすることで、石膏板について、石膏原料に石膏ボード廃材から回収されたリサイクル石膏を用いつつ、十分な圧縮強度を有する石膏板にできる。

(2-1) 石膏スラリーが含有する成分について

本実施形態の石膏板10が含有する石膏コア11は、石膏スラリーの硬化体である。石膏スラリーが含有できる成分について、以下に説明する。

(石膏原料)

石膏原料は、石膏スラリーの調製に用いる焼石膏等の石膏を含有する原料を意味する。

[0058] 石膏原料は、上述のようにリサイクル石膏を含むことができる。

[0059] リサイクル石膏は、既述のように、石膏ボード廃材の粉碎物の焼成品である。このため、リサイクル石膏は、焼石膏、すなわち硫酸カルシウム・1/2水和物を含むことができる。リサイクル石膏は、石膏成分について、焼石

膏のみから構成することもできるが、二水石膏が残存していても良い。リサイクル石膏は、石膏ボード廃材を原料とするため、石膏ボード廃材に起因する紙等の石膏成分以外の成分が含まれていても良い。

[0060] リサイクル石膏は、石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含んでいてもよい。リサイクル石膏は、石膏ボード廃材の乾式粉碎物から構成されていてもよい。ただし、この場合でも製造過程での不可避不純物が混入することを排除するものではない。石膏ボード廃材の乾式粉碎物は、湿式粉碎物等と比較して、粉碎時に粉碎物に対する水分の付着、混入を抑制することができる。このため、リサイクル石膏が石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含むことで、二水石膏の混入を抑制できる。なお、石膏ボード廃材の乾式粉碎物とは、石膏ボード廃材を乾式で粉碎した粉碎物を焼成した材料、すなわち焼成品を意味する。

[0061] 石膏原料中のリサイクル石膏の含有割合は特に限定されないが、従来リサイクル石膏を用いた石膏板では十分な強度が得られなかったところ、本実施形態の石膏板によれば、リサイクル石膏の含有割合によらず、強度を高めることができる。このため、本実施形態の石膏板について、特に高い効果が得られることから、石膏原料中のリサイクル石膏の含有割合が高いことが好ましい。そこで、石膏原料におけるリサイクル石膏の含有割合は、例えば30質量%以上であることが好ましく、50質量%以上であることがより好ましく、65質量%以上であることがさらに好ましい。

[0062] 石膏原料は、リサイクル石膏のみから構成することもできる。このため、石膏原料におけるリサイクル石膏の含有割合は、100質量%以下にできる。

[0063] このため、例えば上記石膏原料におけるリサイクル石膏の含有割合は、30質量%以上100質量%以下が好ましく、50質量%以上100質量%以下がより好ましく、65質量%以上100質量%以下がさらに好ましい。

[0064] 石膏原料は、リサイクル石膏以外に、バージン石膏原料、すなわちリサイクル品ではない新規の石膏原料を含有することもできる。

[0065] バージン石膏原料としては、 β 型焼石膏または α 型焼石膏の単独、もしくは

は両者の混合品を用いることができる。 β 型焼石膏は、天然石膏、副産石膏、および排煙脱硫石膏等のいずれか単独、もしくはいずれかの組み合わせを混合した石膏を大気中で焼成して得られる。 α 型焼石膏は、天然石膏、副産石膏、および排煙脱硫石膏等のいずれか単独、もしくはいずれかの組み合わせを混合した石膏を水中（蒸気中を含む）で焼成して得られる。

（泡剤）

石膏スラリーに添加する泡を生成するための泡剤（発泡剤）の種類は特に限定されない。例えば、泡剤は、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された1種類以上を含むことが好ましい。

[0066] 泡剤が、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された1種類以上を含むことで、相対的に不安定で破泡し易いリサイクル石膏に含まれる泡剤に起因する大きな泡を特に破泡させ易くでき、石膏板10の圧縮強度を特に高められる。泡剤は、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された1種類以上から構成されていても良い。

[0067] 石膏スラリーにおける泡剤の含有量は特に限定されず、例えば石膏コア11に含まれる気泡の平均径が、後述する範囲内となるように泡を生成する際の泡剤の使用量を選択し、該泡剤を石膏スラリーに含有させることができる。

[0068] 石膏スラリーは、泡剤を例えば0.01質量%以上0.1質量%以下の割合で含むことができる。これは、石膏スラリーが、泡の生成に用いた泡剤を0.01質量%以上の割合で含むことで、石膏スラリーが硬化して得られた石膏コア等の石膏硬化体に所望のサイズの気泡を生成し、石膏板の圧縮強度を特に高められるからである。ただし、泡を生成する際に泡剤を多量に用い、石膏スラリーに含まれる泡剤の量を多くしても、石膏板の圧縮強度を高める効果に大きな変化ないため、石膏スラリーは泡剤を0.1質量%以下の割合で含むことが好ましい。

（添加剤）

石膏スラリーは、さらに各種添加剤を含有することもできる。

[0069] 添加剤としては例えば、ガラス繊維等の無機繊維、有機繊維、軽量骨材、バーミキュライト等の耐火材、凝結遅延剤、凝結促進剤、減水剤、スルホコハク酸塩型界面活性剤等の泡径調整剤、シリコンやパラフィン等の撥水剤、有機カルボン酸、有機カルボン酸塩、有機リン酸化合物等から選択された1種、または2種類以上が挙げられる。

[0070] 例えば石膏スラリーが泡径調整剤を含むことで、石膏スラリーや、石膏コア11に含まれる泡、気泡のサイズを特に容易に調整できる。

[0071] 石膏板が石膏ボード等の表面原紙を有する場合、澱粉やポリビニルアルコール等の石膏コア11と石膏ボード用原紙との接着性を向上させる接着性向上剤を添加剤として用いることもできる。

(2-2) 石膏コアに含まれる気泡の平均径について

石膏コア11に含まれる気泡の平均径は、 $50\mu\text{m}$ 以上 $650\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

[0072] 石膏コア11に含まれる気泡の平均径を $50\mu\text{m}$ 以上とすることで、石膏板10の圧縮強度を特に高めることができる。

[0073] 石膏コア11に含まれる気泡の平均径を $650\mu\text{m}$ 以下とすることで、石膏コア11の表面、例えば上面11Aや、下面11Bに大きな空隙が生じることを防止できる。このため、石膏板が石膏ボードの場合、石膏コア11と、石膏ボード用原紙との密着性を高めることができる。さらに、石膏コア11に含まれる気泡の平均径を $650\mu\text{m}$ 以下とすることで、石膏コア11に含まれる石膏量を十分に確保し、石膏板10の圧縮強度を高めることができる。

[0074] 石膏板10の圧縮強度を特に高め、石膏コア11の表面に大きな空隙が生じることを防止する観点から、石膏コア11に含まれる気泡の平均径は、 $150\mu\text{m}$ 以上 $400\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。

[0075] 石膏コア11に含まれる気泡の平均径は、石膏コア11の断面を撮像した画像から算出できる。具体的には例えば以下の手順により、石膏コア11に

含まれる気泡の平均径を求められる。

[0076] (気泡の平均径の求め方)

まず、1枚に25個以上35個以下の気泡が含まれる倍率で、石膏コア11の一断面について、走査型電子顕微鏡写真を撮像する。なお、走査型電子顕微鏡に代えて、マイクロ스코プ等を用いることもできる。

[0077] 撮像した画像中の各気泡について、予め定めた一方向である計測方向に沿った長さが30 μm 以上の気泡を抽出する。なお、計測方向は特に限定されないが、例えば撮像した画像は通常、長方形になることから、該長方形の長辺に沿った方向を計測方向とすることができる。また、泡を添加した石膏スラリーが硬化して得られた石膏コアは、水が抜けることで生じた気泡と、石膏スラリーに添加した泡に由来する気泡とを含むが、水が抜けることで生じた気泡は小さく、計測方向に沿った長さが30 μm よりも短くなる。このため、計測方向に沿った長さが30 μm 以上の気泡を抽出し、評価することで、石膏スラリーに添加した泡に由来する気泡を評価できる。

[0078] そして、撮像した画像中の抽出した全ての気泡について、計測方向に沿った最大長さである気泡の径を測定し、該画像中の測定した全ての気泡の径の平均値（算術平均値）を、該撮像した画像における気泡の平均径とする。

[0079] 同じ手順で、1つの石膏コア11について、観察場所を変えて合計3枚の断面画像を撮像し、それぞれの画像について気泡の平均径を求める。そして、3枚の画像の気泡の平均径の平均値（算術平均値）を求め、これを評価する石膏コア11に含まれる気泡の平均径とする。

(2-3) 石膏コアに含まれる有機繊維について

石膏コア11は、有機繊維を含有することもできる。

[0080] 有機繊維は、主にリサイクル石膏に含まれていた紙等に起因するものである。石膏コア11に含まれる有機繊維の含有量を調整するため、必要に応じて石膏スラリーを調製する際に、石膏スラリーに有機繊維を添加することもできる。また、リサイクル石膏について、粉碎（破碎）の程度や、必要に応じて篩掛け等により紙の除去を行うことで、リサイクル石膏に含まれる有機

繊維の割合を調整することもできる。

[0081] 石膏コア 11 は、有機繊維を 0.1 質量%以上 2.5 質量%以下の割合で含有することが好ましい。

[0082] 石膏コア 11 が、有機繊維を 0.1 質量%以上含有することで、石膏コア 11 や、石膏板 10 の剪断強度や、曲げ破壊荷重等を高められる。

[0083] 石膏コア 11 の有機繊維の含有量を 2.5 質量%以下とすることで、石膏板を製造する際、石膏スラリーの流動性を高め、石膏板の生産性を高めることができる。また、石膏コア 11 の有機繊維の含有量を 2.5 質量%以下とすることで、石膏板 10 の不燃特性を高めることができる。

[0084] 本発明の発明者は石膏板 10 の石膏コア 11 に含まれる有機繊維の含有量による総発熱量への影響を検討した。

[0085] 具体的には、実験例 3-1～実験例 3-6 として、以下の表 3 に示す配合割合となるように、新規石膏またはリサイクル石膏と、紙と、水とを混合して石膏スラリーを調製した。なお、水は、石膏スラリーが硬化することで得られる石膏硬化体の比重が 0.65 になるように添加している。そして、石膏スラリーを坪量が 200 g/m^2 であるボード用原紙間に配置し、厚さが 12.5 mm となるように成形し、石膏板 10 である石膏ボードを調製した。

[0086] リサイクル石膏としては、付着した紙が除去できる程度に石膏ボードを粉砕し、篩掛け等を行うことで紙を完全に除去したものを用いた。また、紙としては、リサイクル石膏から回収した紙を用いた。

(発熱性試験)

[0087] 得られた試験体である石膏ボードについて、ISO 5660-1 コーンカロリメータ法に示された発熱性試験に準拠して行い、加熱時間 20 分における総発熱量を測定した。

[0088] 評価結果を表 3 に示す。

[0089]

[表3]

	原料(質量部)			評価結果
	石膏原料		紙	
	実験例3-1	100	0	
実験例3-2	0	100	1.0	4.8
実験例3-3	0	100	2.0	6.1
実験例3-4	0	100	2.5	6.6
実験例3-5	0	100	3.0	7.2
実験例3-6	0	100	5.0	8.4

表3に示した結果によると、紙の含有割合が3質量%以下の場合、20分間の総発熱量が8MJ/m²以下になることを確認できた。このため、石膏コア11は、有機繊維の含有量を3.0質量%以下にすることで、不燃特性に優れることを確認でき、特に2.5質量%以下にすることで、不燃特性を高めることができる。

[0090] 石膏コア11に含まれる有機繊維の割合は例えば以下の手順により測定、算出できる。

[0091] まず、石膏コア11を150℃に加熱後、粉砕し、粉砕物を得る。粉砕の

程度は特に限定されず、以下の篩上での水洗時に石膏成分を溶解させる時間を抑制できるようにサイズを選択し、粉碎できる。

[0092] 次いで、得られた粉碎物を100メッシュの篩上で水洗する。篩上の残存物は石膏コアに含まれる有機繊維であるため、乾燥後質量を測定し、有機繊維質量とする。そして、篩上に供給した粉碎物に対する、有機繊維質量の質量割合を算出し、石膏コア11に含まれる有機繊維の質量割合とすることができる。

[0093] なお、石膏板10が表面材を有する場合には、石膏板10のうち表面材を含む部分を除去した後、石膏コア11について上記評価を実施できる。

(2-4) 石膏板の総発熱量について

本実施形態の石膏板10は、20分間の総発熱量が 8 MJ/m^2 以下であることが好ましい。

[0094] 石膏板10の20分間の総発熱量を 8 MJ/m^2 以下とすることで、不燃特性に優れた石膏板とすることができる。石膏板10の総発熱量は、石膏板10における有機成分の含有量を調整することで選択でき、例えばリサイクル石膏を製造する際の紙の除去の程度等により調整できる。

[0095] 例えば、「(2-3) 石膏コアに含まれる有機繊維について」で既述のように、石膏コア11に含まれる有機繊維の含有量を3.0質量%以下とすることで、石膏板10の20分間の総発熱量を 8 MJ/m^2 以下にできる。石膏コア11に含まれる有機繊維の含有量を2.5質量%以下とすることで、総発熱量を特に抑制できる。

(2-5) 石膏板の比重について

石膏板の比重は特に限定されないが、例えば0.65以上としてもよい。石膏板の比重を0.65以上とすることで、石膏板の強度を特に高めることができる。

[0096] 石膏板の比重の上限値は特に限定されないが、施工現場での取り扱い性を高める観点から、1.1未満としてもよく、1.0以下であってもよい。

[0097] 石膏板の比重は、JIS A 6901(2014)に記載の方法に従っ

て、評価できる。

[石膏板の製造方法]

本実施形態の石膏板の製造方法は、石膏スラリー調製工程と、成形工程と、硬化工程と、を有することができる。

[0098] 本実施形態の石膏板の製造方法により、本開示の一態様に係る石膏板を製造できる。このため、石膏板で既に説明した事項については、一部説明を省略する。

(石膏スラリー調製工程)

石膏スラリー調製工程では、石膏ボード廃材から回収されたりサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を混合し、石膏スラリーを調製できる。

[0099] 例えばミキサー等により、これらの原料成分を混練し、石膏スラリーを調製することができる。石膏スラリーには、必要に応じて各種添加剤を添加することもできる。好適に用いることができる石膏スラリーの原料については既に説明したため、ここでは説明を省略する。

[0100] 石膏スラリーの原料は一括して混練しても良く、多段階に分けて混練しても良い。例えば固体成分のみを混合して石膏組成物とした後、石膏組成物と、残部の液体成分とを混練し、石膏スラリーとしても良い。

[0101] 石膏スラリーに泡を添加、混合するタイミングも特に限定されない。例えば泡も含めて石膏スラリーの原料を一括して混合しても良い。また、泡以外の成分を含む石膏スラリーを調製後、石膏スラリーに泡を添加しても良い。

[0102] 石膏スラリー調製工程では、硬化工程後に得られる石膏板10の石膏コア11に含まれる気泡の平均径が50 μ m以上650 μ m以下となるように、泡を添加できる。このため、例えば添加する泡剤の使用量等を変えて生成した泡を用いて石膏板を製造する予備試験を実施し、予備試験の結果に基づいて、泡の生成、添加条件を選択できる。

[0103] なお、石膏スラリー調製工程では、気泡径や泡の添加量等の泡の生成、添加条件の異なる複数種類の石膏スラリーを調製しても良い。この場合、成形

工程では、複数種類の石膏スラリーの積層体を形成できる。成形工程では、硬化工程後に得られる石膏板 10 中の石膏コア 11 全体で、気泡の平均径が所定の範囲内となるように各層の厚さ等を選択できる。

（成形工程）

成形工程では、石膏スラリー調製工程で調製した石膏スラリーを成形することで、石膏スラリー成形体を製造できる。

[0104] 具体的には、例えば、石膏板 10 として石膏ボードを製造する場合、石膏ボード用原紙間に石膏スラリーを配置し、成形機を通過させることで、石膏スラリー成形体を製造できる。

[0105] 石膏スラリー調製工程で、泡の添加条件の異なる複数種類の石膏スラリーを調製した場合、成形工程において、所望の積層順となるように各石膏スラリーを供給し、石膏スラリーの積層体を形成しても良い。

（硬化工程）

硬化工程では、成形工程で得られた石膏スラリー成形体を硬化させることができる。

[0106] 硬化工程は、石膏スラリー中の石膏原料が含有する焼石膏（半水石膏）が、水和反応により二水石膏の針状結晶が生じて凝結、凝固することにより実施できる。このため、成形工程で形成した石膏スラリー成形体内で、石膏スラリーに添加した石膏原料中の焼石膏と水との間で反応し、焼石膏の水和反応が進行することにより硬化工程を実施できる。

[0107] 本実施形態の石膏板の製造方法は、さらに任意の工程を有することができる。具体的には例えば以下の切断工程や、乾燥工程、リサイクル石膏製造工程等を有することができる。

（切断工程）

切断工程では、石膏スラリー成形体を、切断装置により切断できる。

[0108] 成形工程で石膏スラリー成形体を形成後、石膏スラリーは徐々に硬化していく。このため、切断工程は、例えば硬化工程を実施している間、もしくは硬化工程が終了した後に実施することができる。ただし、石膏スラリー成形

体を切断できる程度に硬化工程が進行してから切断工程を実施することが好ましい。

[0109] 切断工程は、複数回実施することもできる。このため、本実施形態の石膏板の製造方法は、例えば粗切断工程ともいえる第1切断工程を有することもできる。また、さらに第2切断工程を有することもできる。

[0110] 第1切断工程では、例えば後述する乾燥工程で用いる乾燥機のサイズ等に応じて石膏スラリー成形体を所望のサイズに切断することができる。

[0111] また、第2切断工程は、例えば乾燥工程の後に実施することができ、所望の製品サイズとなるように切断することができる。

(乾燥工程)

乾燥工程では、石膏スラリー成形体を乾燥できる。乾燥工程では、石膏スラリー成形体に含まれる余剰の水分を乾燥させることができる。なお、乾燥工程には、硬化工程が終了した石膏スラリー成形体を供給することが好ましい。乾燥工程は乾燥機を用いて石膏スラリー成形体を強制乾燥することにより実施できる。

[0112] 乾燥機により石膏スラリー成形体を強制乾燥する方法は特に限定されるものではないが、例えば石膏スラリー成形体の搬送経路上に乾燥機を設け、石膏スラリー成形体が乾燥機内を通過することにより連続的に石膏スラリー成形体を乾燥することができる。また、乾燥機内に石膏スラリー成形体を搬入しバッチごとに石膏スラリー成形体を乾燥することもできる。

(リサイクル石膏製造工程)

リサイクル石膏製造工程では、石膏ボード廃材を粉砕、焼成することで、リサイクル石膏を製造できる。製造したリサイクル石膏は石膏スラリー調製工程に供することができる。

[0113] リサイクル石膏製造工程において、石膏ボード廃材を粉砕する手段は特に限定されないが、例えば乾式粉砕することもできる。石膏ボード廃材の乾式粉砕物は、湿式粉砕物等と比較して、粉砕時に粉砕物に対する水分の付着、混入を抑制することができる。このため、石膏ボード廃材を乾式粉砕するこ

とで、焼成時のエネルギーを抑制し、二水石膏の混入を抑制できる。

[0114] このため、石膏スラリー調製工程に供するリサイクル石膏は、石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含むこともでき、リサイクル石膏は、石膏ボード廃材の乾式粉碎物から構成されていてもよい。

[0115] リサイクル石膏製造工程では、必要に応じて、金属や、紙片等の石膏以外の成分を除去するために、篩掛けや、磁選等を行うこともできる。

[0116] 本実施形態の石膏板の製造方法によれば、石膏原料に石膏ボード廃材から回収されたリサイクル石膏を用いつつ、十分な圧縮強度を有する石膏板を得ることができる。

実施例

[0117] 以下に具体的な実施例を挙げて説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[参考例 1－1～参考例 1－6]

以下の手順で石膏板である石膏ボードを製造し、その圧縮強度の評価、接着性試験を行った。

(1) 製造条件

具体的には、参考例 1－1～参考例 1－6 として、石膏原料、紙について以下の表 4 に示す配合割合となるように、新規石膏と、水と、泡と、接着性向上剤として澱粉と、を混合して石膏スラリーを調製した（石膏スラリー調製工程）。なお、水は、石膏スラリーが硬化することで得られる石膏硬化体の比重が 0.65 になるように添加している。

[0118] 新規石膏としては、リサイクル品ではない、新規の石膏原料を用いている。

[0119] 石膏スラリーに泡を添加する場合に、石膏コアに含まれる気泡の平均径が表 5 に示した値となるように、泡を生成する際の泡剤の使用量を調整して発泡させ、石膏スラリーに添加した。参考例 1－1 では泡の添加を行っていない。

[0120] そして、得られた石膏スラリーを石膏ボード用原紙の間に配置し、厚さが

12.5 mmのボード状となるように成形することで、石膏スラリー成形体を製造した（成形工程）。

[0121] その後、石膏スラリー成形体を硬化させた（硬化工程）。

[0122] 硬化工程後、石膏スラリー成形体を切断し、乾燥させることで、石膏ボードを製造した（切断工程、乾燥工程）。

[0123] （2）評価方法

[0124] （2-1）圧縮強度

得られた石膏ボードについての圧縮強度の評価に当たっては、同じ石膏ボード内の異なる場所から、長さ40 mm×幅40 mm×厚さ12.5 mmの試験体を合計10個切り出した。そして、試験体を40℃で恒温乾燥させた後、それぞれの試験体についてオートグラフ（島津製作所製、AG-X plus）を用いて、1 mm/minの荷重速度で圧縮強度を測定し、平均値、および標準偏差を求めた。

[0125] 各試験体の圧縮強度を、表4の第1試験体～第10試験体の欄に示している。また、平均値を「平均」の欄に、標準偏差を「 σ 」の欄にそれぞれ示している。

（2-2）気泡の平均径

気泡の平均径は、マイクログラフを用いて、石膏コアを観察、撮像している点以外は、「（2-2）石膏コアに含まれる気泡の平均径について」の、「（気泡の平均径の求め方）」と同じ手順で測定、算出している。なお、撮像した画像の長辺に沿った方向を計測方向とした。以下の実施例、比較例でも同様である。

（2-3）比重

石膏ボードの比重は、JIS A 6901（2014）に記載の方法に従って評価した。

（2-4）接着性試験

接着性試験を行う際、まず製造した石膏ボードから、長さ300 mm×幅910 mm×厚さ12.5 mmの試験片を2つ採取した。

- [0126] 採取した一方の試験片の裏面のボード用原紙に、幅に沿った端部から50 mmの部分に、カッターを用いて、長さに沿った切れ目を入れた。
- [0127] 次に、切れ目に沿って試験片が開裂するように、切れ目を中心として、試験片の幅に沿った両端部に、裏面から表面に向かって力を加えて試験片を折り曲げた。そして、試験片の表面に位置するボード用原紙から、石膏コアを完全に引き離した。
- [0128] 試験片の表面側に位置する、石膏コアの面について観察し、ボード用原紙が残っている面積の割合を算出した。
- [0129] また、採取した他方の試験片について、切れ目を表面側のボード用原紙に入れた点以外は一方の試験片と同じ条件で、長さに沿った切れ目を入れた。次に、切れ目に沿って試験片が開裂するように、切れ目を中心として、試験片の幅に沿った両端部に、表面から裏面に向かって力を加えて試験片を折り曲げた。そして、試験片の裏面に位置するボード用原紙から、石膏コアを完全に引き離した。
- [0130] その後、試験片の裏面側に位置する、石膏コアの面について観察し、ボード用原紙が残っている面積の割合を算出した。
- [0131] 2つの試験片について算出した石膏コアに残っているボード用原紙の面積割合の平均値を算出し、該石膏ボードのボード用原紙の残存割合とした。
- [0132] ボード用原紙の残存割合が60%以下の場合にCと評価した。ボード用原紙の残存割合が60%より大きく90%未満の場合にBと評価した。ボード用原紙の残存割合が90%以上の場合にAと評価した。
- [0133] ボード用原紙の石膏コアに対する接着性は、Aの場合に十分に高く、B、Cの順に低下することになる。
- [0134] 評価結果を表5に示す。

[実施例1-1～実施例1-5、比較例1]

以下の手順で石膏板である石膏ボードを製造し、その圧縮強度の評価、接着性試験を行った。

(1) 製造条件

具体的には、実施例 1-1～実施例 1-5、比較例 1 として、石膏原料、紙について以下の表 4 に示す配合割合となるように、リサイクル石膏と、紙と、水と、泡と、接着性向上剤として澱粉と、を混合して石膏スラリーを調製した（石膏スラリー調製工程）。なお、水は、石膏スラリーが硬化することで得られる石膏硬化体の比重が 0.65 になるように添加している。泡を形成するための泡剤としてはアルキルエーテルサルフェートを用いた。

[0135] また、石膏スラリーに泡を添加する場合に、石膏コア中の気泡の平均径が表 5 に示した値となるように、泡を生成する際の泡剤の使用量を調整して発泡させ、石膏スラリーに添加した。石膏スラリーに泡を添加したいずれの実施例においても、石膏スラリーは、泡剤を 0.01 質量%以上 0.1 質量%以下の割合で含有している。比較例 1 では泡の添加を行っていない。

[0136] また、リサイクル石膏としては、付着した紙が除去できる程度に石膏ボードを乾式粉碎し、篩掛け等を行うことで紙を完全に除去した後に焼成した焼成品を用いた。また、紙としては、リサイクル石膏から回収した紙を用いた。

[0137] そして、得られた石膏スラリーを石膏ボード用原紙の間に配置し、厚さが 12.5 mm のボード状となるように成形することで、石膏スラリー成形体を製造した（成形工程）。

[0138] その後、石膏スラリー成形体を硬化させた（硬化工程）。

[0139] 硬化工程後、石膏スラリー成形体を切断し、乾燥させることで、石膏ボードを製造した（切断工程、乾燥工程）。

[0140] 得られた石膏ボードについて、参考例 1-1～参考例 1-6 の場合と同じ手順で、圧縮強度の評価、気泡の平均径、比重、接着性試験を行った。評価結果を表 4、表 5 に示す。

[0141] また、得られた実施例 1-4、比較例 1 の石膏ボードの石膏コアの断面について、SEM 像の観察を行った。得られた実施例 1-4 の SEM 画像を図 3A、図 3B に、比較例 1 の SEM 像を図 4A、図 4B にそれぞれ示す。

[0142] なお、実施例 1-1～実施例 1-5 で得られた石膏ボードの石膏コアは、

接着性向上剤等を含むものの、その含有量は微量であるため、石膏コアは、リサイクル石膏に由来する石膏と、紙とから構成されているとみなすこともできる。この場合、リサイクル石膏に由来する石膏は二水石膏となっていることから、石膏コアにおける有機繊維である紙の含有割合は2.06質量%となる。

[0143]

[表4]

		原料(質量部)			石膏ボードの評価結果												
		石膏原料		紙	泡の 添加	比重	圧縮強度(kgf/cm ²)										
							第1 試験体	第2 試験体	第3 試験体	第4 試験体	第5 試験体	第6 試験体	第7 試験体	第8 試験体	第9 試験体	第10 試験体	平均
参考例 1-1	100	0	0	なし	0.65	52.2	50.6	49.4	48.1	50.5	50.9	48.9	49.6	52.4	50.2	50.3	1.29
参考例 1-2	100	0	0	あり	0.65	45.5	47.2	40.5	45.2	42.1	43.9	42.8	43.5	44.1	41.8	43.7	1.88
参考例 1-3	100	0	0	あり	0.65	46.1	47.0	46.2	47.6	41.3	45.2	47.5	49.0	46.2	45.9	46.2	1.93
参考例 1-4	100	0	0	あり	0.65	47.7	48.0	46.1	46.7	45.1	47.5	49.9	48.1	44.6	47.9	47.2	1.49
参考例 1-5	100	0	0	あり	0.65	45.1	48.7	45.0	43.7	48.6	49.1	49.3	45.7	44.7	42.1	46.2	2.41
参考例 1-6	100	0	0	あり	0.65	44.8	42.3	42.2	46.6	45.8	43.8	47.4	49.6	50.9	40.3	45.4	3.20
比較例1	0	100	2.5	なし	0.65	22.8	49.4	37.8	43.9	48.5	23.9	44.4	24.5	47.7	46.4	38.9	10.41
実施例 1-1	0	100	2.5	あり	0.65	44.1	44.2	41.3	45.6	46.1	39.4	40.8	44.8	45.1	43.4	43.5	2.13
実施例 1-2	0	100	2.5	あり	0.65	44.7	45.2	42.2	43.7	48.4	47.2	47.6	43.9	42.0	44.3	44.9	2.08
実施例 1-3	0	100	2.5	あり	0.65	45.3	44.9	48.4	49.0	45.4	47.7	43.9	44.4	45.3	44.3	45.9	1.73
実施例 1-4	0	100	2.5	あり	0.65	44.6	38.0	41.9	44.7	45.7	40.9	43.9	50.3	42.4	44.8	43.7	3.10
実施例 1-5	0	100	2.5	あり	0.65	44.7	42.0	41.6	37.6	39.8	48.7	43.5	40.8	47.6	40.5	42.7	3.31

[表5]

	原料(質量部)				石膏ボードの評価結果		
	石膏原料		紙	泡の 添加	気泡の平均径 (μm)	比重	接着性 試験
	新規石膏	リサイクル石膏					
参考例1-1	100	0	0	なし	なし	0.65	B
参考例1-2	100	0	0	あり	53	0.65	A
参考例1-3	100	0	0	あり	198	0.65	A
参考例1-4	100	0	0	あり	350	0.65	A
参考例1-5	100	0	0	あり	528	0.65	A
参考例1-6	100	0	0	あり	639	0.65	A
比較例1	0	100	2.5	なし	-	0.65	C
実施例1-1	0	100	2.5	あり	60	0.65	B
実施例1-2	0	100	2.5	あり	167	0.65	A
実施例1-3	0	100	2.5	あり	325	0.65	A
実施例1-4	0	100	2.5	あり	538	0.65	A
実施例1-5	0	100	2.5	あり	647	0.65	A

表4に示した結果によると、リサイクル石膏を用い、泡の添加を行っていない比較例1の石膏ボードでは、圧縮強度の平均値が低下し、かつ標準偏差も大きくなることを確認できた。さらに、第1試験体や、第6試験体、第8

試験体では、圧縮強度が 25 kg f / cm^2 未満となることを確認できた。

[0145] これに対して、実施例 1-1 から実施例 1-5 の石膏ボードでは、泡を添加し、泡を生成する際の泡剤の使用量を調整し、石膏コア中の気泡の平均径が $50 \mu\text{m}$ 以上 $650 \mu\text{m}$ 以下となることで、圧縮強度の平均値が比較例 1 と比較して高くなることを確認できた。また、実施例 1-1 から実施例 1-5 の石膏ボードでは、10 個の試験体の圧縮強度がいずれも 25 kg f / cm^2 以上と十分高く、圧縮強度の標準偏差も 10 kg f / cm^2 以下となり、標準偏差も十分に小さくなることを確認できた。そして、実施例 1-1 から実施例 1-5 の石膏ボードにおける圧縮強度の平均値は、新規石膏を用いた参考例 1-1 ~ 参考例 1-6 の石膏ボードにおける圧縮強度の平均値と比較して、遜色ない十分大きな値になることも確認できた。

[0146] 実施例 1-4 の石膏コアについての SEM 画像である図 3 A、図 3 B と、比較例 1 の石膏コアについての SEM 画像である図 4 A、図 4 B との比較を行った。その結果、石膏コア内の気泡の形状が、比較例 1 では不定形であるのに対して、実施例 1-4 では真球に近い球形であり、比較例 1 の場合と比較して小さくなっていることを確認できた。なお、比較例 1 の石膏コア内の気泡の形状やサイズはばらつきが大きかったため、平均径の測定を実施しなかった。

[0147] また、石膏コア中の気泡の平均径が $50 \mu\text{m}$ 以上になることで、石膏コアと、ボード用原紙との接着性を向上できることも確認できた。

[0148] 廃石膏を粉砕、焼成して得られたリサイクル石膏を再水和させた二水石膏は、含有する結晶の形態、サイズが、廃石膏に含まれていた微細な針状結晶からほとんど変化しておらず、微細な針状結晶のままとなっている。リサイクル石膏を再水和させて得られた微細な二水石膏の針状結晶やその凝集体は、紙繊維との絡みつきが弱いため、リサイクル石膏を用いて製造した石膏コアと、ボード用原紙との接着性が低下すると考えられる。しかしながら、上記評価結果によれば、石膏コア中の気泡の平均径を $50 \mu\text{m}$ 以上 $650 \mu\text{m}$ 以下にすることで、新規石膏を用いた場合と同等にまで接着性を高められる

ことを確認できた。

[0149] 実施例 1-1～実施例 1-5 においては、石膏原料に占めるリサイクル石膏の割合が 100 質量%の例を示した。しかし、参考例 1-2～参考例 1-6 の結果からも明らかなように、リサイクル石膏の一部を新規石膏とした場合でも、石膏コアに含まれる気泡の平均径を所定の範囲内にすることで、石膏板の圧縮強度は十分に高くなることを確認できている。また、この場合、石膏ボードから切り出した複数の試験体間での圧縮強度のばらつきも小さくできることを確認できている。

[0150] [付記]

(1) 本開示の一態様に係る石膏ボードは、石膏コアを有しており、

前記石膏コアは、石膏ボード廃材から回収されたリサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を含む石膏スラリーの硬化体であり、

前記石膏コアに含まれる気泡の平均径が $50\ \mu\text{m}$ 以上 $650\ \mu\text{m}$ 以下である。

(2) 上記 (1) において、前記泡剤が、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された 1 種類以上を含んでも良い。

(3) 上記 (1) または (2) において、前記石膏スラリーが、前記泡剤を 0.01 質量%以上 0.1 質量%以下の割合で含んでも良い。

(4) 上記 (1) から (3) のいずれかにおいて、前記石膏原料は、前記リサイクル石膏を 30 質量%以上 100 質量%以下の割合で含んでも良い。

(5) 上記 (1) から (4) のいずれかにおいて、前記石膏コアは、有機繊維を 0.1 質量%以上 2.5 質量%以下の割合で含んでも良い。

(6) 上記 (1) から (5) のいずれかにおいて、前記リサイクル石膏は、前記石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含んでも良い。

(7) 上記 (1) から (6) のいずれかにおいて、比重が 0.65 以上であっても良い。

(8) 上記(1)から(7)のいずれかにおいて、20分間の総発熱量が8 MJ/m²以下であっても良い。

(9) 本開示の一態様に係る石膏ボードの製造方法は、石膏ボード廃材から回収されたりサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を混合し、石膏スラリーを調製する、石膏スラリー調製工程と、

前記石膏スラリーを成形することで、石膏スラリー成形体を製造する成形工程と、

前記石膏スラリー成形体を硬化させる硬化工程と、を有し、

前記石膏スラリー調製工程では、前記硬化工程後に得られる石膏コアに含まれる気泡の平均径が50 μm以上650 μm以下となるように、前記泡を添加する。

(10) 上記(9)において、前記泡剤が、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された1種類以上を含んでいても良い。

(11) 上記(9)または(10)において、前記石膏スラリーが、前記泡剤を0.01質量%以上0.1質量%以下の割合で含んでいても良い。

(12) 上記(9)から(11)のいずれかにおいて、前記石膏原料は、前記リサイクル石膏を30質量%以上100質量%以下の割合で含んでいても良い。

(13) 上記(9)から(12)のいずれかにおいて、前記石膏コアは、有機繊維を0.1質量%以上2.5質量%以下の割合で含んでいても良い。

(14) 上記(9)から(13)のいずれかにおいて、前記リサイクル石膏は、前記石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含んでいても良い。

[0151] 以上に石膏板、石膏板の製造方法を、実施形態等で説明したが、本発明は上記実施形態等に限定されない。請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形、変更が可能である。

[0152] 本出願は、2024年1月30日に日本国特許庁に出願された特願2024-012314号に基づく優先権を主張するものであり、特願2024-

0 1 2 3 1 4 号の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

[0153]	1 0	石膏板
	1 1	石膏コア
	1 1 A	上面
	1 1 B	下面
	1 1 C	側面

請求の範囲

- [請求項1] 石膏コアを有しており、
前記石膏コアは、石膏ボード廃材から回収されたりサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を含む石膏スラリーの硬化体であり、
前記石膏コアに含まれる気泡の平均径が $50\mu\text{m}$ 以上 $650\mu\text{m}$ 以下である、石膏板。
- [請求項2] 前記泡剤が、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された1種類以上を含む、請求項1に記載の石膏板。
- [請求項3] 前記石膏スラリーが、前記泡剤を0.01質量%以上0.1質量%以下の割合で含む、請求項1または請求項2に記載の石膏板。
- [請求項4] 前記石膏原料は、前記リサイクル石膏を30質量%以上100質量%以下の割合で含む、請求項1または請求項2に記載の石膏板。
- [請求項5] 前記石膏コアは、有機繊維を0.1質量%以上2.5質量%以下の割合で含む、請求項1または請求項2に記載の石膏板。
- [請求項6] 前記リサイクル石膏は、前記石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含む、請求項1または請求項2に記載の石膏板。
- [請求項7] 比重が0.65以上である、請求項1または請求項2に記載の石膏板。
- [請求項8] 20分間の総発熱量が $8\text{MJ}/\text{m}^2$ 以下である、請求項1または請求項2に記載の石膏板。
- [請求項9] 石膏ボード廃材から回収されたりサイクル石膏を含む石膏原料と、水と、予め泡剤を発泡させた泡と、を混合し、石膏スラリーを調製する、石膏スラリー調製工程と、
前記石膏スラリーを成形することで、石膏スラリー成形体を製造する成形工程と、
前記石膏スラリー成形体を硬化させる硬化工程と、を有し、
前記石膏スラリー調製工程では、前記硬化工程後に得られる石膏コ

アに含まれる気泡の平均径が $50\mu\text{m}$ 以上 $650\mu\text{m}$ 以下となるように、前記泡を添加する、石膏板の製造方法。

[請求項10] 前記泡剤が、アルキルエーテルサルフェートおよびアルキルサルフェートから選択された1種類以上を含む、請求項9に記載の石膏板の製造方法。

[請求項11] 前記石膏スラリーが、前記泡剤を0.01質量%以上0.1質量%以下の割合で含む、請求項9または請求項10に記載の石膏板の製造方法。

[請求項12] 前記石膏原料は、前記リサイクル石膏を30質量%以上100質量%以下の割合で含む、請求項9または請求項10に記載の石膏板の製造方法。

[請求項13] 前記石膏コアは、有機繊維を0.1質量%以上2.5質量%以下の割合で含む、請求項9または請求項10に記載の石膏板の製造方法。

[請求項14] 前記リサイクル石膏は、前記石膏ボード廃材の乾式粉碎物を含む、請求項9または請求項10に記載の石膏板の製造方法。