

軟弱地盤改良材としての半水石膏の利用—廃石膏ボードの有効利用—

Utilization of Bassanite as Amendment for Soft Soil – Effective Use of Waste Plasterboard –

亀井健史 Takeshi KAMEI (島根大学総合理工学部)
 珠玖隆行 Takayuki SHUKU (株大本組)

廃石膏ボードは、建築物や家屋の解体に伴う副産物として多量に排出されている。この廃石膏ボードを建設材料として有効利用できれば、廃石膏ボードの処理問題や建設産業における天然資源の枯渇問題にも貢献できるものと考えられる。本研究では、廃石膏ボードのリサイクル推進のために、廃石膏ボードから再生した半水石膏の地盤改良材としての有効性について検討するとともに、添加材として混入したセメント種類の違いが半水石膏を混入したセメント安定処理土の一軸圧縮特性に及ぼす影響について検討している。その結果、半水石膏添加率と一軸圧縮強さ、乾燥密度および含水比との間にはユニークな関係が認められた。また、高炉セメント B 種は普通ポルトランドセメントと比較して、環境面、経済面のみならず力学的にも優れた地盤安定材料であることを実証した。

キーワード：一軸圧縮強さ、地盤改良、廃石膏ボード、半水石膏 (IGC : K06, T14)

1. はじめに

石膏ボード (写真-1) は、石膏を芯材として両面を石膏ボード用原紙で被覆成型した建築用内装材料で、耐火性、遮音性、寸法安定性、断熱性等の特徴を有しており、経済的にも低廉なことから建築物の壁・天井に広く用いられている。そのため、国際的に最も使いやすい建築基礎資材となっており、石膏ボードの生産販売量は年々増加している。一方、建築現場から排出される石膏ボード廃材 (以下、廃石膏ボード) も、今後の莫大な増加が予想されており、石膏ボード工業会は、廃石膏ボードが 2005 年には 138 万トン排出されているのに対し、2010 年には 176 万トンに急増するとの推計を報告している¹⁾。

この廃石膏ボードは、排出プロセスと排出時の形状などから、「製造時廃材」、「新築時廃材」、「解体時廃材」の 3 つに区分することができる (図-1²⁾)。製造時廃材とは、工場・加工場・流通倉庫等で発生する石膏ボードの端材等であり 1990 年以降の資源の有効利用を目的に全量回収、再利用が実施されている。新築時廃材は、新築建築現場で発生する廃石膏ボードを指し、ビル等の大口建築現場では、分別・回収が図られているものの、住宅等の小口散在建築現場では建設混合廃棄物として産業廃棄物最終処分場等で処分されているものが多い。また、解体時廃材は、ビル、住宅等の解体時に発生する廃石膏ボードで、中間処理業者等による紙の分離、石膏の破碎を経て、一部は石膏ボード原料へのリサイクルが行われている。しかしながら、解体時の分別・選別の困難性、リサイクル市場の不足等から、大部分は埋立て処分されているのが現状である。

廃石膏ボードを埋立て処分する際には、「廃棄物の処理及び清掃に関する法律 (廃棄物処理法)」に従い、廃

石膏ボードを紙と石膏に分離した後、紙は管理型処分場に処分し、廃石膏は安定型処分場で処分しなければならなかった。これは、石膏ボードの埋立て層内にお

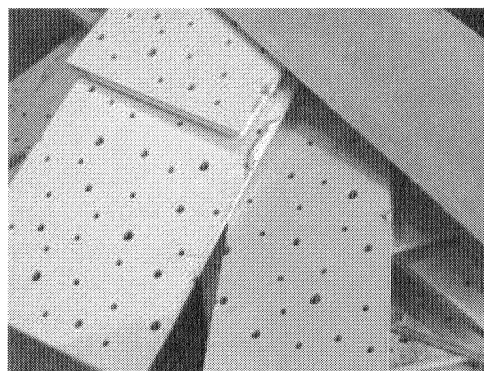


写真-1 廃石膏ボードの概観

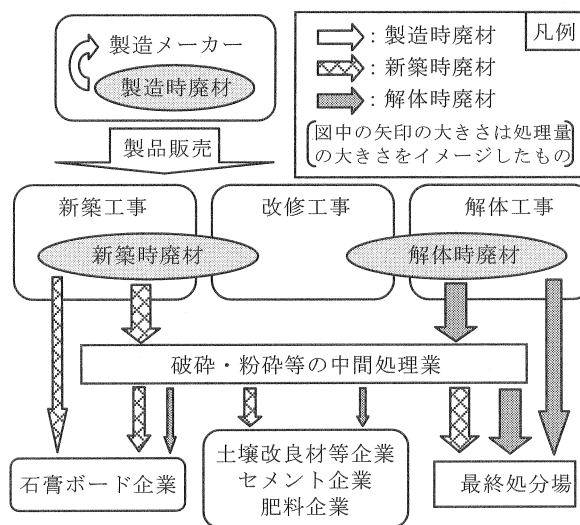


図-1 廃石膏ボードの処理フロー²⁾

- ②水和によりきわめて短時間で硬化するが、添加物を半水石膏の粒子の表面に吸着させることにより、遅延させることも可能である。
- ③半水石膏は凝結硬化の際に約 0.35%の膨張をする。わずかな膨張で問題はないが、水和を遅くする添加物により凝結膨張を抑制することもできる。
- ④石膏の硬化体は水に対して弱く、長期間水中に置かれると石膏中の成分が溶出していくが、耐水性または撥水性の添加物を混合することで耐水性を向上させることができる。

2.2 廃石膏ボードの新しい処理フロー

最近、細粒化した石膏を半水石膏化する加熱処理装置（加熱処理プラント）が開発されてきており、最終処分主体の処理フローに替わる廃石膏ボードをリサイクルする新しい処理フローの構築が期待されている（図-2⁶⁾）。なお、廃石膏ボードから分離される紙は、現在処分場で焼却されているが、今後は、盛土補強材にする等の用途が考えられている。本研究は、環境面からの重要性だけでなく、新しい産業の育成の面からも重要である。再資源化という言葉通り、半水石膏は材料としての価値が創出され、この廃石膏ボードの再資源化事業が完成すると、その社会的貢献は大と評価できよう。

3. 試料および実験方法

3.1 試料

半水石膏は、廃石膏ボードを破碎分離し、破碎された石膏（二水石膏）を加熱処理することによって得ら

れたものを用いた（写真-2）。その物理特性を表-1に示す。

本研究では、土木・建築工事に多く使用されており、セメント安定処理土の安定材としても多用されている普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種の2種類のセメントを使用した。普通ポルトランドセメントと高炉セメントB種の品質は、JIS R 5210で表-2⁷⁾のように定められている。また、両セメントの化学成分を表-3⁸⁾に示す。いずれのセメントも、CaO, SiO₂, Al₂O₃の3成分の合計が全体の90%であり、主要な成分であることがわかる。なお、高炉セメントは、銑鉄を生産する際に発生する副産物である高炉スラグを再利用することから、普通ポルトランドセメントと比較して環境に優しくや経済性に優れている。

セメント安定処理土の粘土試料には、一軸圧縮強さに及ぼすセメント種類の違いによる影響が明瞭に現れるように、成分調整されたMCクレーを用いた。MCクレーは、天然のろう石を精製して得られる鉱物の粉末であり、鉱物学的にはパイロフィライトと呼ばれる。MCクレーの物理特性および化学成分を表-4と表-5に示す⁹⁾。また、セメント安定処理を行う際に必要な混練水には、混練水中に含まれる不純物や水質の違いによる強度発現への影響が最も少ないと考えられる蒸留水を用いた。

3.2 供試体の作製方法

セメント安定処理土は、土とセメントの混合後に締固めを行う方法と、締固めを行わない方法に大別される。締固めを行う工法は、路盤、路床および盛土などを目的とした浅層地盤を対象としている。一方、締固めを行わない工法は、高含水比であり、かつ多量の安

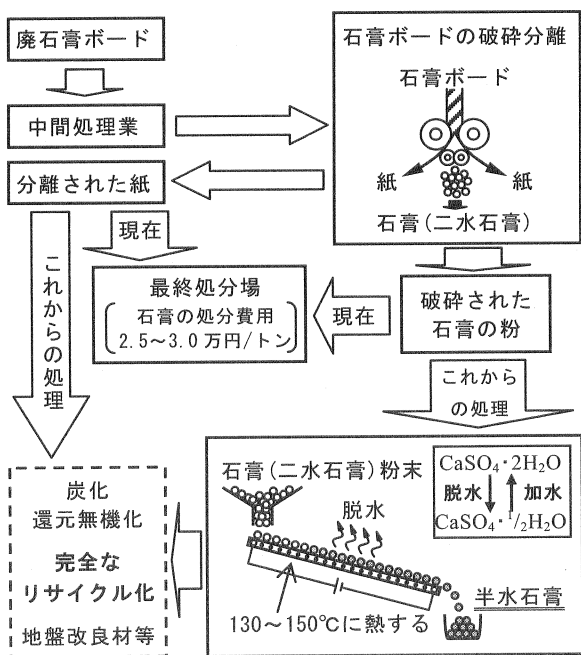


図-2 廃石膏ボードの新しい処理フロー⁶⁾

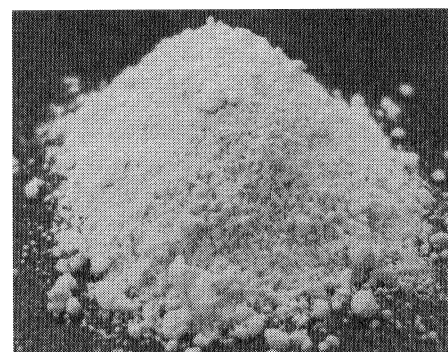


写真-2 半水石膏

表-1 半水石膏の物理特性

ρ_s (Mg/m ³)	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₅₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	均等係数 U _c	曲率係数 U _{c'}
2.640	0.220	0.370	0.500	0.600	2.73	1.040

表-2 普通ポルトランドセメント・高炉セメント B 種の品質⁷⁾

種類	品質 比表面積 (cm ² /g)	凝結		安定性	圧縮強さ(MN/m ²)			酸化マグネ シウム (%)	三酸化 硫黄 (%)	強熱減量 (%)	全アル カリ (%)	塩化物 イオン (%)
		始発 (min)	終結 (h)		3日	7日	28日					
普通ポルトランド セメント	2500 以上	60 以上	10 以下	良	12.5 以上	22.5 以上	42.5 以上	5.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	0.75 以下	0.02 以下
高炉セメント B種	3000 以上	60 以上	10 以下	良	10.0 以上	17.5 以上	42.5 以上	6.0 以下	4.0 以下	3.0 以下	—	—

表-3 普通ポルトランドセメント・高炉セメント B 種の化学成分⁸⁾

セメントの種類	Ig.loss	insol	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	R ₂ O	TiO	P ₂ O	MnO	Cl
普通ポルトランド セメント	0.8	0.1	21.8	5.1	3.0	63.8	1.7	2.0	0.32	0.50	0.65	0.34	0.11	0.16	0.007
高炉セメント B種	0.8	0.2	26.3	8.7	1.9	54.1	3.7	2.0	0.26	0.42	0.54	0.69	0.08	0.28	0.007

表-4 MC クレーの物理特性⁹⁾

ρ_d (Mg/m ³)	w_L (%)	w_p (%)	I_p	砂分 (%)	シルト (%)	粘土分 (%)
2.679	73.1	36.7	36.4	0.0	35.3	64.7

表-5 MC クレーの化学成分⁹⁾

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
68.1	24.8	0.14	0.15	0.02	0.02	1.54	0.56

定材の添加を必要とする粘性土の改良を目的として、浅層・深層地盤の両方を対象としている¹⁰⁾。

本研究では、安定処理土の締固めを行わない供試体作製方法に¹⁰⁾準じて、各セメント種類に対してセメント安定処理土供試体を作製した。配合条件は、自然含水比 120%の粘性土を安定処理することを考え、W/S を 1.2 とし、土セメント比 (C/S) を 5%, 10% とした。また、半水石膏添加率 (土に対する半水石膏の質量比: B/S) を 0%, 5%, 10%, 15%, 20% と変化させた計 20 配合を設定した。先述したように、石膏の硬化体は水に弱く (水溶性)、長期間水中に置かれると石膏中の重金属が溶出する可能性がある。そこで本研究では、セメントを単純に強度発現促進のためだけでなく、その固化作用に注目し、石膏からの溶出が予測される重金属を固化させ溶出を抑制させることを目的として使用した。また、セメントの過度の添加による六価クロムの溶出も懸念されることから、本研究では比較的セメントの添加量 (C/S) を低く設定した。

供試体作製方法を以下に説明する。まず、設定した W/S の 6 割程度の混練水と粘土試料である MC クレーを混ぜ、ソイルミキサーで攪拌した。その間に、普通ポルトランドセメントと残り 4 割程度の混練水を混ぜ、ミキサーで攪拌した粘土試料と混合し、さらにその試料をミキサーで攪拌した。その後、半水石膏粉末を粘土スラリー中に混入し、半水石膏粉末がスラリー中で均質に混ざるように再度ミキサーで攪拌した。完成した試料は、含水比と湿潤密度を測定した後、鋳鉄製のモールド ($\phi = 50\text{mm}$, $H = 100\text{mm}$) に 8 層程度に分け

て打設した。その際、試料を均質にするために各層ごとにゴムハンマーを用いてモールドに打撃を加えることにより、打設時に含まれる気泡を除去した。モールドに打設した試料は、ポリエチレン製の袋で被い、恒温室 (20±2℃) で 24 時間養生した。その後、モールドから供試体を取り出し、両端面を成形し、供試体をポリエチレン製のケースに入れ、再び恒温室 (20±2℃) で所定の養生期間 ($T_c = 28$ 日) まで気中養生した。所定の養生日数を経過した供試体は、両端面を成形し、一軸圧縮試験に用いた。

3.3 実験方法

本研究では、廃石膏ボードから得られた半水石膏粉末を利用したセメント安定処理土の強度・変形特性を評価するために、一軸圧縮試験を行った。一軸圧縮試験は、ひずみ制御方式で行い、せん断時のひずみ速度は 1%/min とした。強度変形特性に及ぼす端面摩擦の影響を軽減するため、上下加圧版の表面にシリコングリースを薄く塗布した。試験後、供試体の上部、中部、下部の含水比を測定し、その平均値を供試体の含水比とした。

4. 実験結果および考察

4.1 応力 - ひずみ曲線

半水石膏添加率 (B/S) の違いが応力-ひずみ曲線に及ぼす影響を示す (図-3)。(a) は普通ポルトランドセ

メント、(b) は高炉セメント B 種の結果であり、ここでは C/S=10%の結果のみ示した。なお、実施したすべての試験結果を考慮し、最も代表的であると考えられる応力-ひずみ曲線を採用した。

まず、普通ポルトランドセメントの結果 (図-3 (a)) に着目すると、いずれの B/S においても圧縮応力値は圧縮ひずみ量の増加に伴って顕著な立ち上がりを示している。ここで、B/S=0%の応力-ひずみ曲線に着目すると、圧縮ひずみ量 1.0%~2.5%程度においてピーク値に達し、その後圧縮ひずみ量の増大に伴って圧縮応力値は急激に減少するいわゆる“ひずみ軟化”挙動を示すことがわかる。一方、半水石膏を混入した場合の応力-ひずみ関係に着目すると、B/S=5~20%のどの試料においても応力-ひずみ曲線に明瞭なピーク値は認められず、圧縮応力のピーク値近傍の値が、圧縮ひずみ量 1.5%~5%までほぼ一定値を示していることがわかる。このことより半水石膏を混入した材料は、粘り強い材料であるということがいえる。すなわち、破壊荷重に達しても破壊が急激に進行しないことから、対策を講じることが可能になると考えられる。また、一軸圧縮強さ (q_u 値) は、B/S=5%で B/S=0%よりも低下するものの、その後の B/S の増加に伴い徐々に増加しており、B/S=20%で 120kN/m²程度を示した。なお、半水石膏添加に伴う強度低下については、後述することとする。

一方、高炉セメント B 種の結果 (図-3 (b)) に着目すると、普通ポルトランドセメントの結果と同様に、B/S=0%の応力-ひずみ曲線においては明瞭な q_u 値のピークが存在し、ピーク後は圧縮ひずみ量の増大に伴って急激に圧縮応力値が減少していくことがわかる。また、半水石膏を混入した場合の応力-ひずみ曲線も普通ポルトランドセメントの結果と同様に、B/S=5~20%のどの試料においても圧縮ひずみ量が 1.5%近傍で圧縮応力はピーク値に達し、その後 5%程度までほぼ一定の圧縮応力値を示した。このことより半水石膏を混入した材料は、普通ポルトランドセメントの結果と同様に粘り強い材料であるということがいえる。

また、両セメントの応力-ひずみ関係を比較すると、高炉セメント B 種を用いた場合の q_u 値は、普通ポルトランドセメントを用いた場合の q_u 値の約 1.5 倍程度の値を示した。このような傾向は、B/S の違いによらず認められる。また、同様な傾向が C/S=5%の応力-ひずみ曲線においても認められたことを付記しておく。

4.2 一軸圧縮強さ

セメント種類の違いが、種々の半水石膏添加率(B/S)に対する一軸圧縮強さ (q_u) (Tc=28 日) に及ぼす影響を図-4 に示す。(a)、(b) はそれぞれ C/S=5%、10%の結果である。まず、図-4 (a) の普通ポルトランドセメントの結果に着目すると、B/S=0%の q_u と B/S=5%の q_u はほぼ同程度の値を示しているが、その後の B/S

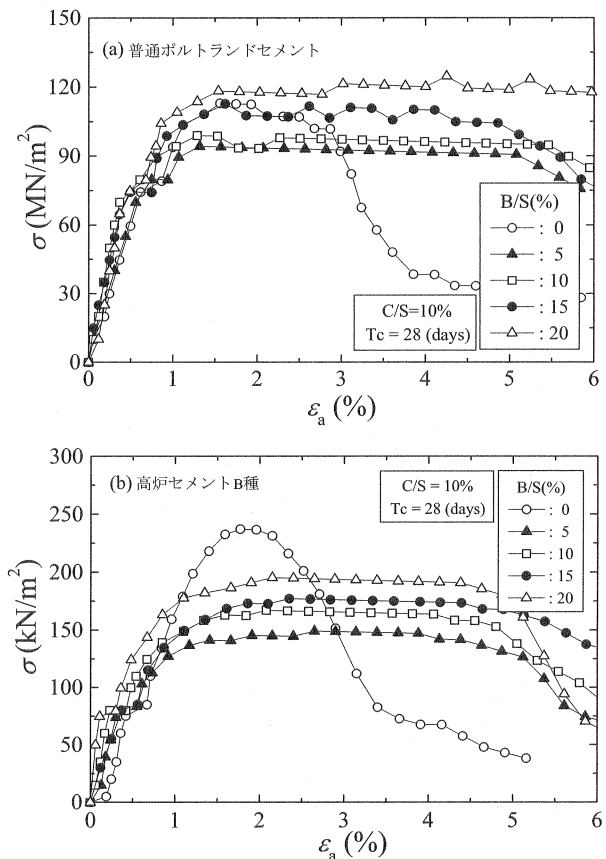


図-3 半水石膏添加率の違いが応力-ひずみ曲線に及ぼす影響

の増加に伴って、 q_u 値が緩やかに増加し、B/S=20%で $q_u=70\text{kN/m}^2$ 程度を示す。一方、高炉セメント B 種の結果では、B/S=0%の q_u は 105kN/m²程度を示すものの、B/S=5%で q_u 値が 1 割程度減少していることがわかる。しかしながら、その後、B/S の増加に伴い q_u 値が緩やかに増加し、B/S=20%で B/S=0%の q_u 値とほぼ同程度の値を示した。セメント種類の違いによる q_u 値の違いに着目すると、B/S の違いによらず高炉セメント B 種が普通ポルトランドセメントの 1.5 倍程度を示した。

一方、C/S=10%の比較 (図-4 (b)) に着目すると、両セメントともに B/S=5%で B/S=0%よりも q_u 値が小さくなり、その後の B/S の増加に伴い q_u 値が緩やかに増加していくことがわかる。また、高炉セメント B 種の B/S=5%における q_u 値の低下が顕著である。セメント種類の違いによる q_u 値の違いに着目すると、高炉セメント B 種の q_u 値が普通ポルトランドセメントの q_u 値と比較して、B/S=0%で 2 倍程度、B/S=5~20%で 1.5 倍程度を示した。また、(a) と (b) の比較により、C/S=5%から 10%になることで、 q_u 値は 2 倍程度増加することがわかる。

以上のことから、C/S や B/S の違いによらず高炉セメント B 種を用いた場合の q_u 値は、普通ポルトランドセメントを用いた場合の q_u 値の約 1.5 倍程度になることが明らかとなった。これは、高炉セメントに長期強

度の発現を促す高炉スラグが含まれているためと考えられる。また、このような傾向は、半水石膏を混入しないセメント安定処理土にも認められている¹¹⁾。以上に示した結果から、半水石膏を混入したセメント安定処理土に用いるセメント種類としては、高炉セメントB種が力学的特性の観点から有意であるものと推察される。

つぎに、半水石膏混入に伴う q_u 値の変化を定量的に評価するために、各 B/S の平均値 (\bar{q}_u) を B/S=0% の q_u 値の平均値 ($\bar{q}_{u(B/S=0\%)}$) を用いて正規化した値と B/S の関係を図-5 に示す。(a) は C/S=5% の結果であり、

(b) は C/S=10% の結果である。まず、C/S=5% の結果に着目すると、普通ポルトランドセメントは、B/S=0 と B/S=5% がほぼ同程度の $\bar{q}_u/\bar{q}_{u(B/S=0\%)}$ を示すものの、その後の B/S の増大により、 \bar{q}_u 値が増加していることがわかる。一方、高炉セメントB種の結果は、どの添加率においても B/S=5% の $\bar{q}_u/\bar{q}_{u(B/S=0\%)}$ が B/S=0% よりも小さな値を示したが、B/S の増加に伴って $\bar{q}_u/\bar{q}_{u(B/S=0\%)}$ が緩やかに増加していくことがわかる。

さらに、C/S=10% の結果に着目すると、セメント種類の違いによらず C/S=5% の結果と同様に、B/S=5% で一旦強度低下し、その後の B/S の増大によって $\bar{q}_u/\bar{q}_{u(B/S=0\%)}$ が増加していく。なお、C/S=5% の普通ポルトランドセメントの結果のみ、他の結果と異なった傾向を示している。この理由としては、他の条件と比較して後述するアルミネート相 ($3CaO \cdot Al_2O_3$) が比較的少ないために石膏添加に伴う強度減少が小さいことや、この配合における一軸圧縮強さが絶対的に小さいことが考えられる。

図より、セメント種類や C/S の違いによらず、B/S=5% で一旦強度低下するものの、その後の B/S の増大により、 q_u 値が緩やかに増加していることがわかる。軟弱地盤を安定処理する際に、より多くの半水石膏を混入していくことによって、 q_u 値を効率よく改善できる可能性を示唆している。

一方、半水石膏混入による強度低下の要因の一つとしては、石膏の混入によってセメントの水和反応が阻害されていることが考えられる。セメントを構成しているクリンカー鉱物の一つにアルミネート相 (C_3A) があるが、このクリンカー鉱物は、水との反応が急激で瞬時に多量の熱を放出し硬化するという性質を有している。通常、このようなアルミネート相の水和熱を抑制するために、セメントの製造過程において、凝結調整剤として石膏が添加されている¹²⁾。本研究で混入した半水石膏も、セメントの製造過程で用いられているように凝結調整剤として働き、アルミネート相 ($3CaO \cdot Al_2O_3$) の硬化を過剰に抑制し、強度減少を引き起こしたものと推察される。

4.3 含水比

図-6 に、セメント種類の違いが半水石膏添加率

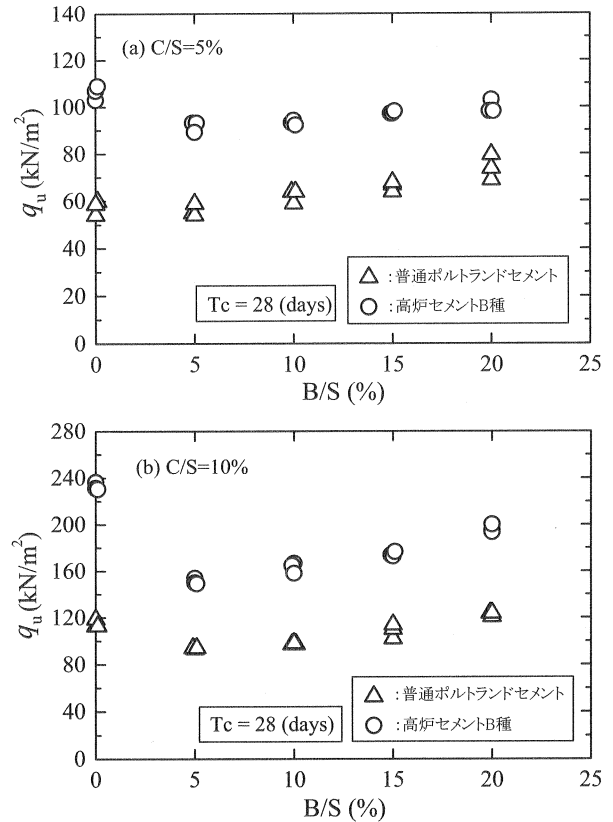


図-4 セメント種類の違いが一軸圧縮強さに及ぼす影響 (B/S=0%~20%)

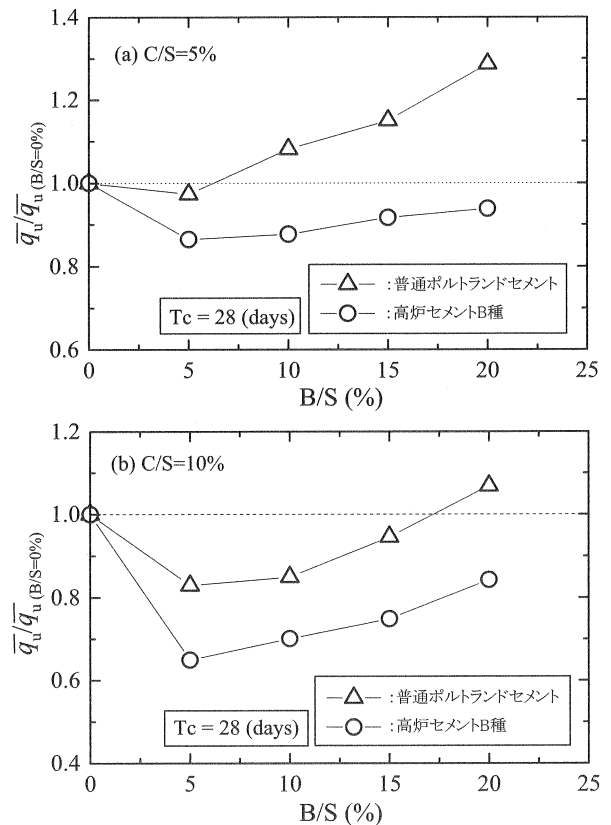


図-5 セメント種類の違いが $q_u/q_{u(B/S=0\%)}$ に及ぼす影響 (B/S=0%~20%)

(B/S)に対する含水比 (w 値) の変化に及ぼす影響を示す。(a) は C/S=5%の結果, (b) は C/S=10%の結果である。まず, C/S=5% (図 (a)) に着目すると, w 値はセメント種類の違いによらず B/S の増加に伴って直線的に減少し, B/S=0%で 110%程度であった w 値は B/S=20%で 95%程度まで減少している。また, セメント種類の違いによらず, w 値と B/S の間には非常に高い相関性が認められた。一方, C/S=10%の結果においても (図-6 (b)) も (a) と同様に, B/S の増加に伴い直線的に w 値が減少していくことがわかる。この B/S の増加に伴う w 値の減少は, いずれのセメント種類や C/S においても認められる。この要因としては, B/S が増加するのに伴い, 半水石膏を含む試料の固体部分の質量が増加し w 値が減少することによるものと, 半水石膏の吸水作用によって水分量が減少することによるものとの2つが考えられる。また, 図-6 (a), (b) から, セメント種類の違いによる w 値の違いは顕著に認められず, 両セメントともにほぼ同程度の w 値を示すことがわかる。

ここで, 図-4 で認められた, B/S=5%以上の添加に伴う q_u 値の増加は, 半水石膏の混入に伴う含水比の低下が要因の一つとなっているものと推察される。このような結果から, 半水石膏は非常に高含水比の地盤改良において有効であるとともに, 廃石膏を大量に消費できるものと考えられる。

4.4 乾燥密度

図-7 は, 半水石膏添加率の違いが乾燥密度 (ρ_d) に及ぼす影響について, セメント種類の違いの比較を示したものである。(a) は C/S=5%の結果, (b) は C/S=10%の結果である。まず, C/S=5%の結果 (図-7 (a)) に着目すると, ρ_d 値は B/S の増加に伴って直線的に増加し, 両者に非常に高い相関性が認められる。一方, C/S=10%の結果においても (図-7 (b)) も (a) と同様に, B/S の増加に伴い直線的に ρ_d 値が増加していくことがわかる。この原因としては, B/S の増加に伴い w 値が減少することから, 半水石膏混入によって試料の固体部分の重量が絶対的に増加していることや, 半水石膏の吸水作用による水分量の減少により, 相対的に固体部分の重量が増加していることが考えられる。

また, 図-7 (a), (b) から, ρ_d 値に関して, 普通ポルトランドセメントが高炉セメント B 種よりも僅かに大きい結果を示した。この原因としては, 普通ポルトランドセメントの比重が, 高炉セメント B 種と比較して僅かに大きいことが考えられる。

なお, 図-4, 図-5 において, B/S=5%での q_u 値の減少は, 半水石膏が凝結調整剤として働き, アルミネート相の硬化を過剰に抑制したものと考察した。一方, その後の B/S の増加に伴う q_u 値の増加は, 図-6, 図-7 の結果より, 含水比の低下・乾燥密度の増加によるものと考えられる。なお, セメント種類の違いや C/S の

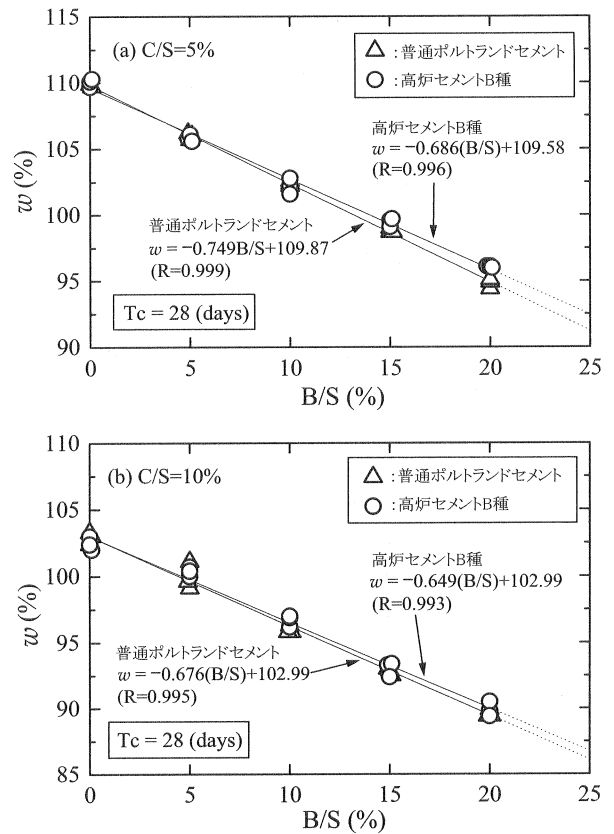


図-6 半水石膏添加率の違いが含水比に及ぼす影響 (セメント種類の違いによる比較)

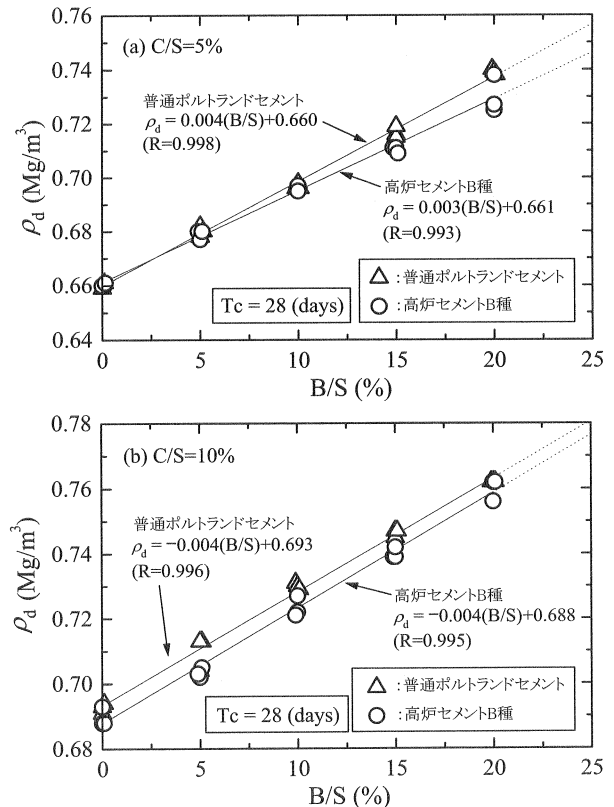


図-7 半水石膏添加率の違いが乾燥密度に及ぼす影響 (セメント種類の違いによる比較)

違いによらず、B/S=5%程度において、半水石膏の凝結調整剤としての働きによる強度減少よりも含水比の低下や乾燥密度の増加による強度増加が上回るようになるものと推察される。

5. 結論

本研究では、廃石膏ボードから再生した半水石膏の地盤改良材としての適用性と、セメント種類の違いが半水石膏を混入したセメント安定処理土の一軸圧縮特性に及ぼす影響について検討した。得られた主要な結論を以下に述べる。

- (1) 半水石膏添加率の増加に伴い、セメント種類・セメント添加率の違いによらず、セメント安定処理土の一軸圧縮強さが増加することを示した。また、半水石膏を添加した材料は、圧縮応力値のピーク後に急激な強度低下が認められず、ピーク後もその値が圧縮ひずみ量数%にわたりほぼ一定値を示すいわゆる“粘り強い”材料となる可能性が示唆された。
- (2) セメント種類・セメント添加率の違いによらず、半水石膏添加率の増大に伴ってその含水比は直線的に減少するとともに、乾燥密度は直線的に増大することを示した。また、含水比と乾燥密度は、半水石膏添加率と極めて高い相関性をもつことが明らかとなった。
- (3) セメント添加率、および半水石膏添加率の違いによらず、高炉セメントB種を用いた場合の一軸圧縮強さ (q_u) は、普通ポルトランドセメントを用いた場合より50%以上大きな値を示した。

以上の結果は、廃石膏ボードから再生した半水石膏を、地盤改良材として十分に適用可能であることを示唆している。また、高炉セメントB種は普通ポルトランドセメントと比較して、環境面、経済面のみならず力学的にも優れた地盤安定材であることを実証した。

今後、本材料は、軟弱地盤の強度・変形特性の改善やヘドロ等の固化処理、路盤材などに実用化が可能と考えられる。なお、本材料は、使用する地盤材料やその環境によっては、重金属等が溶出する場合も考えられる。したがって、実際に半水石膏を有効利用する場合には、そのつど重金属等の溶出試験を実施し、その値が土壌環境基準値内におさまっているかを確認することが必要不可欠である。

参考文献

- 1) (社)石膏ボード工業会：
<http://www.gypsumboard-a.or.jp/> (2007.3).
- 2) 廃石膏ボードのリサイクルの推進に関する検討委員会：廃石膏ボードのリサイクルの推進に関する検討調査、環境省，pp.11-12，2003.
- 3) 鶴飼恵三：石膏ボード廃材から再生された石膏粉末の地盤改良材としての有効性，群馬大学地域共同センター報告書，11p，2005.
- 4) 廃石膏ボード再資源化研究会：廃石膏ボード再資源化・情報交換会，講演レジュメ集，2006.
- 5) 馬場崎亮一，寺師昌明，鈴木健夫，前川淳，川村政史，深沢栄造：安定処理土の強度に及ぼす影響因子，地盤工学会，セメント系安定処理土に関するシンポジウム発表論文集，pp.20-41，1996.
- 6) 高橋和敏，樋口邦弘，鶴飼恵三・後藤両市：廃石膏ボードを使用した地盤改良の試み，第2回地盤工学会関東支部研究発表会，pp.39-41，2005.
- 7) 財団法人 日本規格協会：JIS ハンドブック 10 生コンクリート（第一版），p.194，2002.
- 8) セメント協会：セメント系固化材による地盤改良マニュアル（第二版），pp.1~48，1985.
- 9) 山陽クレー工業株式会社：MCクレー分析データ表，2000.
- 10) 地盤工学会：土質試験の方法と解説，安定処理土の締固めをしない供試体作製，pp.225-262，1990.
- 11) 亀井健史，大本和樹，松尾和俊：セメント種類の違いがセメント安定処理土の一軸圧縮特性に及ぼす影響，島根大学総合理工学部紀要シリーズA，No.37，pp.29-35，2003.
- 12) 太平洋セメント(株)：
<http://www.taiheiyo-cement.co.jp/> (2007.3).

(2007年6月29日 受付)