

酸化マグネシウム系材料による関東ローム（火山灰質粘性土）の改良効果について（その2）

(株)鴻池組 正会員 ○大山 将
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

酸化マグネシウム(MgO)を主成分とする材料(酸化マグネシウム系材料)は重金属等汚染物質全般に対して高い不溶化効果を発揮する¹⁾ことから、土壌を固化する性質もふまえ、「マグネシウム系固化材」と称して重金属等不溶化処理への適用を進めてきた。その過程において、セメント系・石灰系材料では改良効果が得られにくい粘性土等に対して、優れた改良効果が得られる場合があることを経験してきた。酸化マグネシウムの地盤改良への適用については、山田ら²⁾³⁾⁴⁾によって精力的に検討されており、関東ロームに対する改良効果は他の固化材と比較して大きいことが示されている。関東ローム(火山灰質粘性土)上には東名高速道路などの重要構造物が多数存在しており、来たるべき巨大地震を勘案すると、酸化マグネシウム系材料による関東ロームの改良効果を比較・検証しておくことは、平時の備えとして重要であると考え。本報告では、前報⁵⁾に引き続き、関東ローム(火山灰質粘性土)を用いて、生石灰と酸化マグネシウム系材料の改良効果をコーン指数により比較・検証した結果について紹介する。

2. 試験方法

2.1 試料調整、土質性状確認

千葉県流山市の造成現場においてトレンチ掘削による試掘(写真-1)を行った際に、上部埋土部の関東ローム(火山灰質粘性土;ロームB)とGL-2.0 m以深の地山部の有機質土(有機質ローム)を採取した。9.5 mmふるいを通過させながら均質に混合し、試料土として調整した。

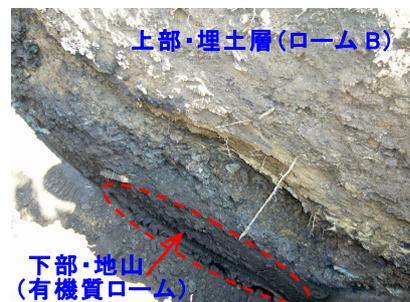


写真-1 トレンチ掘削による試掘状況

試料土に対して、土粒子の密度試験(JIS A 1202)、含水比試験(JIS A 1203)、粒度試験(JIS A 1204)、強熱減量試験(JIS A 1226)、土懸濁液のpH試験(JGS 0211)、液性限界・塑性限界試験(JIS A 1205)、締固めた土のコーン指数試験(JIS A 1228)を行った。結果を表-1、図-1に示す。

表-1 試料土の性状

ロームBのコーン指数は、自然含水比状態では1,684 kN/m²と良好な結果であったことから、未改良でコーン指数が100 kN/m²程度となるように加水しながら含水比調整を行った。含水比が122.0%となった時点でコーン指数が113 kN/m²となつたため、ロームBについては、以降の検討はこの含水比状態の試料を用いて行うこととした。有機質ロームは土粒子密度が2.240 g/cm³と低く、強熱減量が24.2%と高かった。自然含水比も151.7%と高く、コーン指数は83 kN/m²と「泥土」相当であった。

試験項目		ロームB	有機質ローム
一般性状	土粒子密度 ρ _s	g/cm ³ 2.585	2.240
	自然含水比 W _n	% 101.8	151.7
	強熱減量 L	% 17.7	24.2
	pH	6.3	7.4
塑性・	液性限界 W _L	% 111.5	156.2
	塑性限界 W _p	% 77.1	87.6
	塑性指数 I _p	—	34.4
コーン指数試験	コーン指数(自然含水比)	kN/m ² 1684	83
	湿潤密度(自然含水比)	g/cm ³ 1.390	1.237
	乾燥密度(自然含水比)	g/cm ³ 0.689	0.491
	コーン指数(加水後)	kN/m ² 113	—
	湿潤密度(加水後)	g/cm ³ 1.340	—
	乾燥密度(加水後)	g/cm ³ 0.604	—
含水比(加水後)	% 122.0	—	

2.2 使用材料

関東ローム(火山灰質粘性土)に対して一般的に使用される石灰系材料として生石灰(土質安定処理用0~5 mm品、宇部マテリアルズ製)を使用した。酸化マグネシウム系材料(マグネシウム系固化材)として、海水系酸化マグネシウムである「スーパーMAG」⁶⁾(宇部マテリアルズ製)、鉍物系酸化マグネシウムである「グリーンライム M」(宇部マテリアルズ製)、および、増量剤(炭酸カルシウム)を配合して酸化マグネシウム含有量を低下させた鉍物系酸化マグネシウムである「グリーンライム MP」(宇部マテリアルズ製)を使用した。

2.3 改良土作製

ロームB(含水比調整後)および有機質ロームのコーン指数試験時の締固め密度(湿潤密度 1.340 t/m³、1.237 t/m³)に対して、

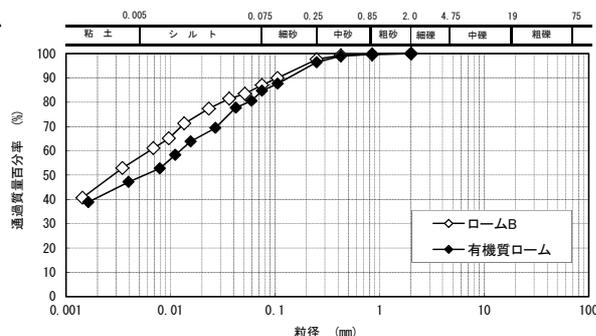


図-1 試料土の粒径加積曲線

キーワード: 関東ローム、火山灰質粘性土、安定処理、酸化マグネシウム、コーン指数

連絡先: 〒136-8880 東京都江東区南砂 2-7-5 (株)鴻池組 土木事業総轄本部 技術本部 環境エンジニアリング部 Tel.03-5617-7793 Fax.03-5617-7789

生石灰の添加量を 75 kg/m³(5.6%、6.1%)、スーパーMAG(S-MAG)、グリーンライム M(GL-M) およびグリーンライム MP(GL-MP)の添加量を 45 kg/m³(3.4%、3.6%)と設定した。ローム B(含水比調整後)および有機質ロームに対して、各材料をそれぞれ粉体で添加し、ソイルミキサーで 3 分間混合して改良土とした。

2.4 改良土のコーン指数測定

作製した改良土はそれぞれステンレスボウルに移して 2 時間仮置きした後、一部を分取して発生土利用基準⁷⁾に従って締固めた改良土のコーン指数を測定した。測定後、改良土はすぐにときほぐし、含水比測定もしくは pH 測定に必要な試料を一部採取し、残りの改良土は全てポリエチレン袋に密封して 20℃の恒温室内で養生した。材齢 7 日、28 日、91 日、1 年、2 年、4 年の時点で改良土の一部を分取し、コーン指数の測定を行った。即ち、コーン指数の測定に用いた試料をときほぐしてそのまま養生し、再度コーン指数の測定に使用する「繰り返し法」で測定を実施した。

3. 試験結果

改良土のコーン指数測定結果を表-2(ローム B)および表-3(有機質ローム)に示す。なお、締固めた改良土が強固でコーンの貫入ができなかった場合は、貫入不能としてコーン指数は「>2000 kN/m²」と表記している。

①ローム B 改良前の試料土(含水比調整後)のコーン指数は 113 kN/m²と「泥土」相当であった。生石灰 75kg/m³(5.6%)添加により 2 時間後の早期からダンプトラック走行に必要なコーン指数 1,200 kN/m²以上⁸⁾まで改良されたが、材齢の進行および繰り返し測定によりコーン指数は減少し、材齢 91 日以降の試料では「第 3 種改良土」相当(400 kN/m²以上)となった。酸化マグネシウム系材料では 45 kg/m³(3.4%)添加により、スーパーMAG およびグリーンライム M では材齢 7 日以降材齢 4 年の時点までコーン指数は「貫入不能」(2,000 kN/m²超)となり、優れた改良効果と、締固め・解砕の繰り返しに対する耐久性を示した。グリーンライム MP についても、添加量が少ないにも関わらず、生石灰と同程度以上の改良効果を発揮し、材齢 4 年の試料では「第 2 種改良土」相当(800 kN/m²以上)であった。

②有機質ローム 生石灰 75 kg/m³(6.1%)添加により、コーン指数 83 kN/m²と「泥土」相当であった試料土は「第 3 種改良土」相当(400 kN/m²以上)まで改良されたが、材齢の進行および繰り返し測定によりコーン指数は減少し、材齢 2 年以降の試料ではコーンペネトrometer が自沈するほど改良効果が失われていた。酸化マグネシウム系材料では 45 kg/m³(3.6%)添加により、スーパーMAG およびグリーンライム M では材齢 7 日以降材齢 4 年の時点までコーン指数は 1,889 kN/m²~「貫入不能」(2,000 kN/m²超)および全て「貫入不能」(2,000 kN/m²超)となり、有機質土であっても優れた改良効果と、締固め・解砕の繰り返しに対する耐久性を示した。グリーンライム MP についても、材齢 4 年の試料では「第 3 種改良土」相当(400 kN/m²以上)であり、改良効果を維持していることを確認した。

表-2 改良土のコーン指数測定結果(ローム B)

改良材種類	添加量	材齢	コーン指数 kN/m ²	湿潤密度 g/cm ³	含水比 %	乾燥密度 g/cm ³	pH
改良前	—	—	113	1.340	122.0	0.604	6.3
生石灰	75kg/m ³ (5.6%)	2時間	1319	1.395	103.0	0.687	—
		7日	1136	1.392	102.8	0.686	11.9
		28日	853	1.399	103.5	0.688	10.8
		91日	709	1.403	103.4	0.690	10.6
		1年	553	1.400	103.0	0.690	10.7
		2年	431	1.399	92.9	0.725	—
		4年	413	1.427	96.9	0.725	—
酸化マグネシウム系材料(S-MAG)	45kg/m ³ (3.4%)	2時間	1536	1.383	106.8	0.669	—
		7日	>2000	1.331	108.7	0.638	9.5
		28日	>2000	1.369	107.3	0.660	8.7
		91日	>2000	1.376	106.4	0.667	8.5
		1年	>2000	1.382	106.1	0.670	8.5
		2年	>2000	1.390	94.7	0.714	—
		4年	>2000	1.405	98.9	0.706	—
酸化マグネシウム系材料(GL-M)	45kg/m ³ (3.4%)	2時間	1092	1.397	104.6	0.683	—
		7日	>2000	1.328	104.8	0.649	9.7
		28日	>2000	1.334	102.1	0.660	8.7
		91日	>2000	1.350	100.9	0.672	8.6
		1年	>2000	1.359	102.3	0.672	8.5
		2年	>2000	1.376	90.8	0.721	—
		4年	>2000	1.392	98.7	0.701	—
酸化マグネシウム系材料(GL-MP)	45kg/m ³ (3.4%)	2時間	831	1.328	110.7	0.630	—
		7日	1924	1.374	111.9	0.648	9.2
		28日	1523	1.385	108.9	0.663	8.5
		91日	1184	1.387	108.4	0.665	8.4
		1年	988	1.386	107.4	0.668	8.3
		2年	783	1.389	96.0	0.709	—
		4年	822	1.423	102.1	0.704	—

表-3 改良土のコーン指数測定結果(有機質ローム)

改良材種類	添加量	材齢	コーン指数 kN/m ²	湿潤密度 g/cm ³	含水比 %	乾燥密度 g/cm ³	pH
改良前	—	—	83	1.237	151.7	0.491	7.4
生石灰	75kg/m ³ (6.1%)	2時間	453	1.291	117.3	0.594	12.3
		7日	509	1.301	119.6	0.593	12.1
		28日	292	1.300	118.9	0.594	11.8
		91日	113	1.301	117.7	0.598	11.5
		1年	74	1.317	118.1	0.604	10.9
		2年	0(自沈)	1.325	116.2	0.613	—
		4年	0(自沈)	1.332	112.1	0.628	—
酸化マグネシウム系材料(S-MAG)	45kg/m ³ (3.6%)	2時間	522	1.278	129.4	0.557	10.3
		7日	1971	1.269	130.6	0.550	10.1
		28日	>2000	1.267	128.5	0.555	9.5
		91日	>2000	1.282	130.8	0.556	9.1
		1年	>2000	1.286	129.7	0.560	8.9
		2年	1889	1.288	129.4	0.561	—
		4年	1908	1.293	120.3	0.587	—
酸化マグネシウム系材料(GL-M)	45kg/m ³ (3.6%)	2時間	265	1.279	128.3	0.560	10.5
		7日	>2000	1.256	127.7	0.552	10.2
		28日	>2000	1.225	126.0	0.542	9.5
		91日	>2000	1.255	126.0	0.555	9.1
		1年	>2000	1.277	125.2	0.567	8.9
		2年	>2000	1.256	126.5	0.555	—
		4年	>2000	1.287	118.4	0.589	—
酸化マグネシウム系材料(GL-MP)	45kg/m ³ (3.6%)	2時間	274	1.265	133.5	0.542	10.2
		7日	862	1.272	131.9	0.548	9.8
		28日	809	1.270	131.6	0.548	9.4
		91日	644	1.281	128.1	0.562	8.9
		1年	544	1.288	128.8	0.563	8.7
		2年	531	1.290	129.4	0.562	—
		4年	536	1.287	125.1	0.572	—

参考文献

1) 特許公報(特許第 4109017 号) 2) 山田ほか:第 6 回地盤改良シンポジウム論文集, pp.75-78, 2004 3) 西形ほか:土と基礎, Vol.54, No.7, pp.19-21, 2006 4) 山田ほか:土木学会論文集 C, Vol.68, No.4, pp.732-741, 2012 5) 大山ほか:酸化マグネシウム系材料による関東ローム(火山灰質粘性土)の改良効果について(その 1), 第 53 回地盤工学研究発表会(投稿中), 2018 6) 新技術情報提供システム NETIS CG-160004-A 7) 国土交通省:発生土利用基準について(国官技第 112 号, 国官総第 309 号, 国営計第 69 号, 平成 18 年 8 月 10 日) 8) 日本石灰協会:石灰による地盤改良マニュアル(第 4 版), 2014