

9. 速硬型の砂質土系安定処理による埋戻し工法（その6）

Backfill Industrial Method by Sandy Soil System Stability Processing of Type that Hardens Fast (Part.6)

技術支援課 橋本喜正、田中輝栄、峰岸順一

1. まえがき

道路占用工事による埋め戻し等において、特に埋設管が輻輳している狭隘で十分な転圧ができない箇所においては、流動化処理土による埋め戻し工法が平成10年に実用化され、適用されている。

一方、即日復旧を行う小規模な箇所においては、一般的にしゃ断層用砂の水締めによる埋戻しが行われてきたが、施工後に空洞を生じる場合があり、道路陥没の一因ともなっていた。

このため、即日復旧が可能で、輻輳管周りに空洞が生じにくい埋戻し材として、砂質土系発生土を対象として、速硬性のある固化材を用いる速硬型の砂質土系安定処理土（以下、処理土という）を提案し、その実用化に向け、平成16年度から継続して検討を行ってきた。

本処理土に求める主な条件は、①即日復旧時に路床としての条件を満たすため、処理土施工から1時間後のCBR値が3%以上、②再掘削を容易にするため、施工から28日後のCBRが20%以下、③輻輳管周りに空隙が生じないこと、の3点である。

これまでの検討結果から、以下のことが明らかとなっている⁴⁾。

①固化材として半水石こうと酸化マグネシウムを用い、水締めにより施工した処理土では、上記の求める条件について一定の品質が確認できている。

②遅延剤としてペプトンを適用し、8時間までの遅延効果と強度の発現性が確認できている。

③プラントにて製造し、現場へ運搬後、水締めによって施工する方法が適用可能である。

平成23年度の調査では、現場における実用化に向けて残された課題である、現場の気温による影響、現場規模での実験、長期強度の確認について検討を実施したので、その内容を報告するものである。

2. 調査項目

調査項目は、次の5項目である。

- ①材料試験
- ②室内配合確認実験
- ③温度条件の違いによる遅延剤の効果確認実験
- ④処理土の現場施工実験
- ⑤処理土の長期強度確認試験

3. 材料試験

(1) しゃ断層用砂

本検討で用いる砂質土として、これまでの検討と同様に、ある程度品質が一定である購入したしゃ断層用砂を用いた。このしゃ断層用砂について、含水量試験、土粒子の密度試験、粒度試験、および細粒分含有率試験を行った。

試験結果を、表-1に示す。

(2) pH試験

処理土の主たる原料であるしゃ断層用砂、半水石こう、酸化マグネシウムと処理土6試料について土懸濁液のpH試験を行った。試験結果を、表-2に

示す。その結果、しゃ断層用砂、半水石こうはほぼ中性を示すが、酸化マグネシウム、処理土は強アルカリ性～アルカリ性を示した。

表-1 しゃ断層用砂の土質試験結果

材料名		しゃ断層用砂	
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)		2.772	
含水比 ω_n (%)		13.8	
粒度特性	粗粒分	礫分 G (%)	0.9
		砂分 S (%)	97.5
	細粒分	シルト分 M (%)	1.6
		粘土分 C (%)	
	最大粒径 (mm)		9.5
均等係数 U_c		2.00	
曲率係数 U_c'		1.04	
地盤材料の 工学的分類	分類記号	(S)	
	分類名	砂	

表-2 処理土使用材料の pH 試験結果

	しゃ断層用砂	半水石こう	酸化マグネシウム	処理土
pH	6.9	7.2	10.2	8.8~9.9 (平均9.3)

(3) 土壤溶出量試験

処理土の材料であるしゃ断層用砂、半水石こう、および酸化マグネシウムと打設 28 日後の処理土 6 試料について六価クロム、フッ素の土壤溶出量試験を行った。試験結果を表-3 に示す。

表-3 処理土使用材料の土壤溶出量試験結果

溶出量 試験項目	しゃ断層 用砂	半水 石こう	酸化マグ ネシウム	処理土	基準値 (mg/L)
六価クロム 化合物	< 0.005	< 0.005	< 0.005	最大0.012	0.05
ふっ素及び その化合物	0.3	4.3	< 0.1	最大0.2	0.8

注) <は定量下限値未満。

六価クロム化合物の溶出量は、いずれも基準値を下回った。また、ふっ素およびその化合物は、半水石こうが 4.3 mg/L と大きな値を示したが、処理土としては、0.2mg/L 未満であり基準値 0.8mg/L 未満であった。

4. 室内配合確認実験

室内配合確認実験は、しゃ断層用砂の粒度の変化に対して従来の配合を適用可能か確認するために実施した。

実施した配合は、これまでの検討における標準配

合である表-4 に示す配合とした。

表-4 室内配合確認実験の配合 (標準配合)

水/石こう 重量比	水/固化 材重量比	処理土の 配合密度 (t/m ³)	配合 (kg/m ³)		
			全水量	半水 石こう	酸化マグ ネシウム
4.65	2.58	1.947	465	100	80

なお、処理土製造は、下記手順にて実施した。

- ①砂と固化材をハンドミキサで 1 分間攪拌する。
- ②水を散布してハンドミキサで 20 秒間攪拌する。
- ③CBR モールドに処理土を流し込み、モールド上面を覆い、温度 20±3°C、湿度 90% で所定期間養生する。

また、品質確認は、処理土の強度を簡易に確認することが可能な山中式土壤硬度計を用いた硬度測定 (以下「硬度試験」という。) による硬度と、CBR 試験における CBR 値を評価指標とした。硬度計は、ばねのついた先端のコーン (高さ 40mm、底径 18mm、頂角 12°40') を垂直に圧入し、土壤の硬度による貫入抵抗を数値化するもので、軟らかい 0(mm) から硬い 40(mm) までの硬度を測定できるものである。

なお、硬度試験は CBR 試験後の貫入面において 3 点測定を行い、この平均値を用いた。

この他、ハンドスコップによる掘削性の確認も行った。この掘削性の確認方法は、28 日後の CBR 試験終了後に、CBR モールドから処理土をハンドスコップで掘り出す (団塊の径は 40mm 以下に粉砕する) までにかかる時間を測定するものである。

これらの試験結果を表-5 に示す。

表-5 試験結果

土壤硬度計 硬度 (mm)		CBR (%)		ハンド スコップ 掘削性 (秒)
1時間後	28日後	1時間後	28日後	
30.0	30.8	4.9	7.4	42

目視による製造時の流動性については十分であり、適正であった。CBR 値はやや小さい値であったが、硬度およびハンドスコップ掘削性については概ね従来どおりの値と同等であったことから、今回使用している砂を用いて標準配合を適用することは問題ないと判断した。

5. 温度条件の違いによる遅延剤の効果確認実験

前年の検討において、遅延剤にペプトンを用いることで、8 時間までの強度発現遅延効果があるという結果が得られているが、同じ遅延剤量でも打設前に硬化したケースがあるなど、材料の温度や気温により大きく影響される可能性があるということが課題であった。このため、処理土に対し材料温度や気温の影響がどの程度あるのかを、遅延剤量との関連性に着目して検討した。検討は室内における予備実験と屋外における確認実験という 2 ステップで行った。

5.1 室内予備実験

(1) 実験目的

この予備実験では、室内において遅延剤の添加率と待機可能な時間の関係を把握するために、遅延剤の添加率を一定の割合で変化させて、砂と固化材混合後の埋め戻し材の硬度を測定した。

(2) 実験条件

1) 温度条件

実験の実施にあたり、温度の条件を夏場の高温期（25～34℃）と冬場の低温期（5～14℃）およびそれ以外の中温期（15～24℃）の 3 条件に区分し、それぞれの代表値として高温期は 29℃、中温期は 19℃、低温期は 9℃に室温を調整して試験を行った。

2) 配合

処理土の硬化時間の検討を行うため、ここで用いる処理土は、標準である表-4 に示した配合で、水を加える前の埋め戻し材料を用いた。遅延剤の添加率は、半水石こうに対する重量比とし、既往の検討成果を踏まえて最大硬化時間が概ね 8～10 時間程度となるように、0.0～0.9%の間を 0.1%刻みで変化させた。

3) 処理土の製造および養生

室内における処理土製造は、下記手順にて実施した。

- ①砂と遅延剤をハンドミキサで 2 分間攪拌
- ②砂と遅延剤を混合した後に、固化材を加えてハンドミキサで 1 分間攪拌
- ③実験用バットに処理土を移し、上面をビニールシ

ート等で覆い、処理土が硬化するまで待機

(3) 試験結果

上記条件で作製した供試体表面の硬度を 10 分間隔で測定した。

各温度条件における砂と固化材混合時点からの経過時間と硬度の関係のデータを図-1 から図-3 にそれぞれ示す。

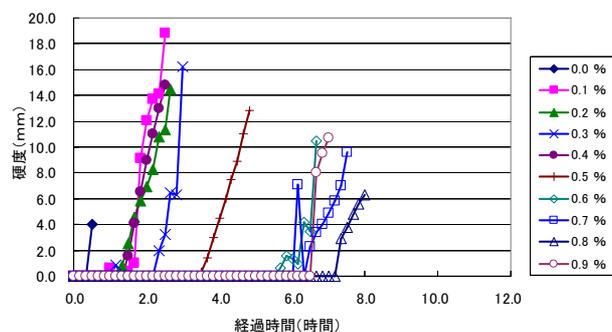


図-1 硬化時間と硬度の関係（高温期）

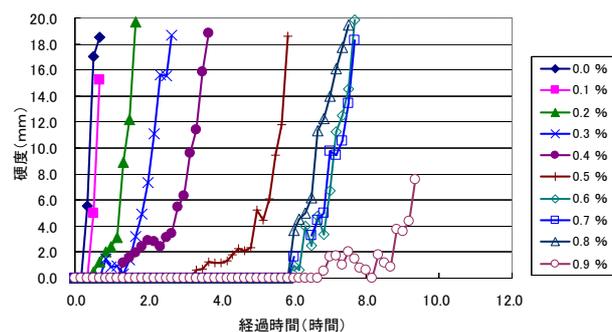


図-2 硬化時間と硬度の関係（中温期）

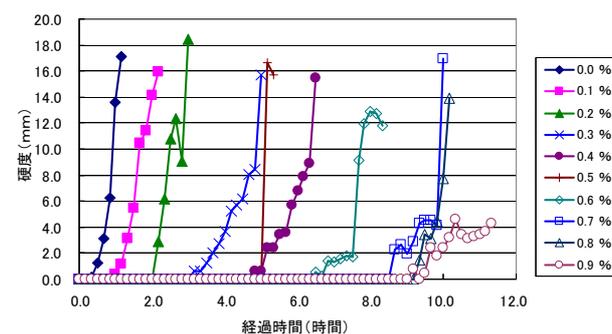


図-3 硬化時間と硬度の関係（低温期）

これらの結果から、遅延剤の添加量を増減することにより処理土硬化までの時間を調整できること、高温であるほど硬化までの時間が短くなる傾向がわかった。

このグラフにおいて、硬度が急に増加した時間を硬化時間とし、関係を整理したグラフを図-4 に示

す。

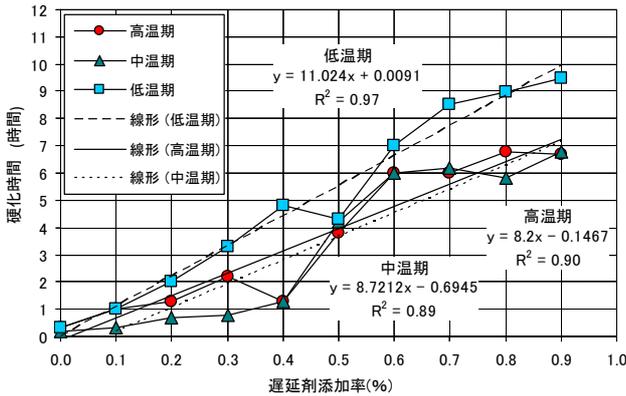


図-4 遅延剤添加量と硬化時間の関係

その結果、次の関係式が得られた。

硬化時間（時間）を y、遅延剤添加率（%）を x

とすると、

高温期: $y = 8.2x - 0.1467$ (n=9, $R^2 = 0.90$)

中温期: $y = 8.7212x - 0.6945$ (n=9, $R^2 = 0.89$)

低温期: $y = 11.024x + 0.0091$ (n=9, $R^2 = 0.97$)

となる相関性の高い関係が推定された。

この結果から、遅延剤添加量と硬化時間の関係は、一部の添加量でばらつきがあるものの、概ねその関係を明らかにできたと考えられる。すなわち、低温期の場合、硬化時間が3時間の場合には遅延剤添加

率が約0.27%必要となり、硬化時間が6時間の場合には約0.55%必要である。これに対して高温期・中温期はほぼ同様の傾向を示し、硬化時間が3時間の場合には遅延剤添加率が約0.4%必要となり、硬化時間が6時間の場合には約0.75%必要である。したがって、低温期と高・中温期では遅延剤添加率と硬化時間の傾向に違いがあり、低温期のほうが同じ添加率でも硬化時間が長くなることが判明した。

5.2 屋外確認実験

(1) 実験目的

予備試験で得られた遅延剤添加量と硬化時間の関係を確認するため、屋外において配合実験を行った。

(2) 試験条件

実験は、表-6に示すように、気温条件を6段階に分けて、それぞれの条件で待機時間なし、待機時間3時間及び6時間の3水準を実施し、計18ケース実施した。

処理土の基本配合は、室内試験と同様に、標準配合としている半水石こう100kg/m³、酸化マグネシウム80kg/m³、固化材量180kg/m³のケースを用いた。

なお、No.10のケースは、砂の水締めにおけるデ

表-6 配合及び試験結果

ケース	遅延剤添加率 (%)	待機時間 (時間)	平均気温 °C	実験時の平均気温 代表値	山中式土壌硬度計測定(打設面) 硬度(mm)								28日後 CBR (%)	掘削性 (秒)		備考
					打設後経過時間(時間)									ハンドスコップ	剣スコップ	
					0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	28日					
No.1	0.00	0	20.7	中温期 気温20°C	22.2	22.4	22.0	21.9	22.6	—	26.6	22.0	38	62	保温養生 No.10は砂のみ	
No.2	0.42	3	20.5		10.3	20.3	24.8	24.7	—	—	26.3	16.8	37	71		
No.3	0.72	6	19.7		5.4	12.8	19.6	25.4	—	—	27.3	22.3	40	85		
No.4	0.00	0	28.1	高温期 気温28°C	14.2	16.2	16.9	15.9	15.5	—	22.8	18.0	42	43		
No.5	0.43	3	28.1		12.5	20.9	21.2	21.6	—	—	25.6	17.5	37	62		
No.6	0.73	6	28.2		6.3	15.3	19.8	21.5	—	—	24.6	7.1	25	53		
No.7	0.00	0	11.4	低温期 気温11°C	16.3	21.5	21.2	20.9	21.6	22.6	20.1	17.3	34	64		
No.8	0.33	3	10.6		9.1	17.5	19.5	20.5	19.4	20.8	20.9	12.6	26	48		
No.9	0.65	6	10.1		4.1	5.6	6.1	7.5	10.0	18.1	25.5	10.0	27	59		
No.10	砂	砂	16.7	中温期 気温16°C	7.8	10.0	9.0	9.8	10.0	—	13.1	9.5	27	20		
No.11	0.36	3	16.5		8.9	17.5	21.7	22.7	23.7	—	24.6	10.2	34	37		
No.12	0.68	6	15.7		7.7	9.1	10.0	15.2	20.0	—	26.4	14.7	31	53		
No.13	0.00	0	6.9	低温期 気温6°C	15.9	23.5	24.9	25.2	24.5	—	23.6	17.3	38	65		
No.14	0.32	3	3.2		5.4	12.5	16.9	19.6	20.0	—	22.0	12.1	23	56		
No.15	0.62	6	6.6		—	8.6	12.0	18.7	21.3	—	24.0	13.3	31	60		
No.16	0.00	0	-0.7	低温期 気温0°C	10.2	21.1	22.8	22.4	20.3	—	23.0	10.6	39	59		
No.17	0.30	3	-0.9		4.6	5.9	9.1	15.2	17.3	19.2	24.9	8.4	23	62		
No.18	0.60	6	-0.2		4.4	5.7	7.4	7.2	6.3	7.2	22.5	5.9	21	49		

：CBR3%以上

ータを得るために、遅延剤と固化材を添加しない配合とした。

高温期の 28℃と中温期の 16℃は実施時期と気温の関係により、待機場所と打設場所をビニールハウスで囲って温度調整（保温養生）を行った。図-4 に保温養生の状況を示す。



図-4 屋外打設実験における温度調整状況

施工手順は、既往実験と同様に砂に遅延剤を散布・混合して、その後に固化材を添加・混合した。

(3) 試験結果

表-6 に、各ケースの硬度、CBR、掘削性の試験結果を示す。

1) 硬度と CBR の関係

昨年度の調査結果では、CBR3%に相当する打設面の硬度は 15mm という推定結果となっていた。データ数を増やし、推定値の信頼性を高めるため、今回実施した調査結果を加えて CBR3%に相当する打設面の硬度を改めて検討した。

図-5 に、得られた硬度と CBR の関係を示す。なお、ここでいう硬度は、CBR モールドにて作製した供試体において CBR 貫入試験を実施した面（供試体作製時においては底面）で測定した硬度である。また、この面は作製時における打設面から約 20cm の深さであることから、この硬度を深さ 20cm 硬度という。

この結果から、CBR3%に相当する深さ 20cm 硬度は約 22mm と推定される。

図-6 は、平成 22 年度に検討した室内試験において、打設面の硬度に対して深さ約 20cm に当たる CBR 試験面の硬度の関係を示した図である。この図の回帰式から、深さ 20cm 硬度 22mm に相当する打設面の硬度は、標準誤差の下限を取り 13mm とした。

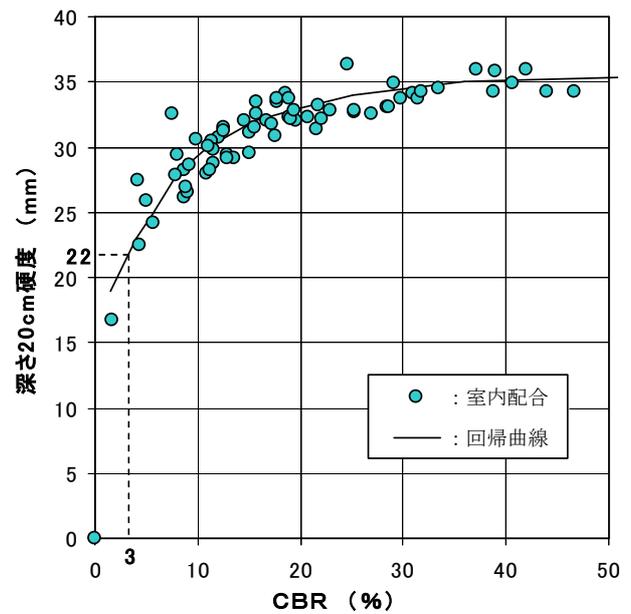


図-5 硬度と CBR の関係

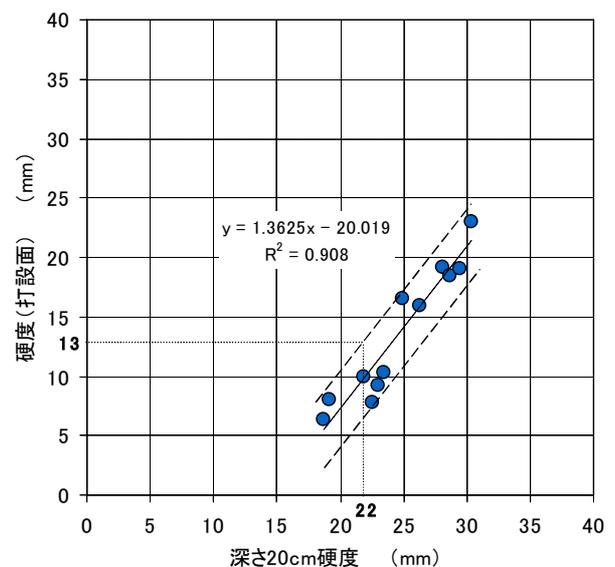


図-6 打設面と CBR 試験面の硬度の関係

以下、本検討においては、CBR3%となる打設面の硬度は 13mm に相当すると設定した。

2) 硬度

表-6 には、CBR3%以上に相当する強度に達した時点で網がけをしてある。

待機時間のない、遅延剤が 0%の現場混合を想定したケースでは、低温期 0℃の No. 16 を除いて、30 分後の硬度が 13mm 以上となり、30 分以内で CBR 3%以上まで硬化している。No. 16 も 1 時間後の硬度は 21.1mm と他のケースと遜色のない値となった。

ただし、高温期 28℃の No. 4 は、30 分後に 14.2mm

となったが、その後は強度が伸びず、2.5 時間後でも 15.5mm であった。これは、材料温度と気温が高かったために、石こうの硬化が早く、混合～打設中に硬化が始まったためと考えられる。結果的に 28 日後の CBR は他のケースとほぼ同等の 18.0% であり目標範囲内であったものの、高温時においては、混合から打設までの短時間においても硬化が進行するリスクがあることから、配合時点で遅延剤の使用を考慮する必要があると考えられる。

3 時間待機の場合の硬度は、30 分後では全てのケースで 13mm に達しなかったが、1 時間後では、低温期の 2 ケースを除き CBR3% 以上に相当する値に達した。この低温期の 2 ケースは、遅延剤の添加量が最適より多かったために、強度発現が遅れたものと考えられ、低温時には硬度増加が遅くなることを考慮して配合設計を行う必要があると考えられる。

6 時間待機の場合は、3 時間待機より全体に硬化が遅く、高温期 28℃ の No. 6 が打設 1 時間後に 15.3mm となった他は、1.5 時間後から 3.0 時間後の間に CBR3% 以上に相当する強度に達した。さらに低温期 0℃ の No. 18 は、3 時間後においても硬度が 7.2mm と目標硬度に到達しなかった。しかし、28 日後の硬度は全てのケースが 22～27mm の標準的な値になっていることから、全体的に遅延剤が多めであったことが推定される。

これらの結果から、待機時間が長くなるほど目標硬度に達する時間のばらつきも大きくなると考えられ、管理が困難になる傾向が伺えた。

この他、固化材を添加しない砂だけのケース (No. 10) もブランクテストとして実施した。30 分後の硬度が 7.8mm で、その後 10mm と一定している結果となったことから、砂の硬度は 10mm と考えられる。

3) CBR 強度

全 18 ケースのうち、中温期 20℃ の No. 1 と No. 3 の 2 ケースのみ、目標とする CBR 強度の目標範囲である 3% 以上 20% 以下の範囲を満足しなかった。

これは、現場における温度の変化や練り混ぜ、水締め等施工に伴う様々な変動要素により起因するばらつきによるものと考えられる。

ただし、その他 16 ケースは目標範囲内に収まっ

ていたことから、概ね満足する結果となったと考えられる。

4) 掘削性

掘削性の確認は、前出のハンドスコップによる確認と、剣スコップによる確認の 2 種類行った。

剣スコップによる掘削性の確認方法は、実験土槽の処理土を剣スコップで掘削して、18 リットル缶へ一杯になるまで詰込むのに要する時間を測定するものである。

処理土の掘削性は、ハンドスコップ掘削時間が 21～42 秒で、剣スコップ掘削時間が 37～85 秒の範囲にあった。砂のみのケースは、ハンドスコップ掘削時間が 27 秒、剣スコップ掘削時間が 20 秒であった。

砂のみのケースを基準として比較すると、CBR が概ね 20% の場合には再掘削の際に最大 4 倍程度時間がかかると推定されるものの、全てのケースが人力で掘削可能な硬さであった。

6. 処理土の現場施工実験

(1) 実験目的

実際の現場施工を想定し、現場に近い規模で処理土の施工が円滑に行えるか、総合的に確認を行うことを目的とした。

確認内容は以下の通りである。

- ・ 輻輳する埋設管を設置した土槽への水締め打設実験による、施工性や管回りへの充填性の確認
- ・ 打設した処理土の上に路盤をイメージした碎石層を敷均し・転圧して、埋め戻しが可能かの確認
- ・ 打設した処理土の強度および掘削性の確認

(2) 配合および実験条件

現場施工実験における処理土の配合は、遅延剤の屋外効果確認試験で実施した配合と同様に、標準配合としている半水石こう 100kg/m³、酸化マグネシウム 80 kg/m³、という固化材量 180 kg/m³ のケースを用いた。

現場条件である処理土混合後から施工までの待機時間は、待機時間なし、3 時間および 6 時間の 3 条件とした。温度の条件は施工時期に合わせ 6℃ に

表-7 配合及び試験結果

ケース	遅延剤 添加率 (%)	待機 時間 (時間)	平均 気温 (°C)	実験時の 平均気温 代表値	山中式土壌硬度計測定(打設面) 硬度(mm)						28日後 CBR (%)	現場密度試験		掘削性 (分)	
					打設後経過時間(時間)							RI法 %	砂置換法 %	ハンド スコップ	剣 スコップ
					0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	28日					
No.1	0.00	0	6.1	気温 6°C	16.1	21.3	21.6	22.0	21.8	23.6	10.2	96.6	91.9	0.5	1.1
No.2	0.32	3	7.1		11.7	18.1	20.7	19.7	21.1	25.2	17.5	94.4	89.1	0.5	1.1
No.3	0.63	6	5.6		3.9	7.8	11.6	19.0	21.6	25.2	8.5	97.7	94.1	0.6	1.9

：CBR3%以上

設定した。遅延剤量は待機時間および温度条件を考慮し、適正量となるよう添加量を設定した。配合および実験条件を表-7に示す。

また、実験に用いた土槽のサイズは、1箇所あたり幅60×長さ200×深さ90cmであり、下部に埋設管を想定した塩ビ管(VP50とVP100)を設置し、底面から55cmまで処理土を打設、その上に碎石層25cm、覆土10cmとした。実験土槽の概念図を図-7に示す。

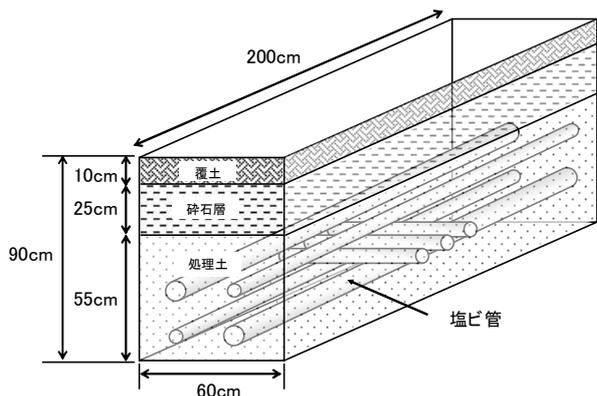


図-7 実験土槽

(3) 製造及び施工

本実験では、打設量を600Lと設定しているため、容量160Lの傾胴式ミキサー2台で各4回の混合を繰り返して処理土を製造した。4回の製造に要する時間は、およそ1時間であった。

水締め用の水は、約2mの高さに水槽を設置して、開閉栓を取り付けたポリ塩化ビニルのホースから、できるだけ実際の現場環境に近い条件で給水した。なお、水締め時には、施工性を考慮し配合水量の1.2~1.5倍の水を投入した。

水締めによる打設状況を図-8に示す。

製造および施工については、実際の現場における打設量に近い規模においても特に問題なく円滑に実施することができた。



図-8 水締めによる打設状況

(4) 試験結果

品質管理試験は、表-7に示す硬度測定、28日後のCBR試験、碎石層の密度試験、ハンドスコップと剣スコップによる掘削性の確認を行った。

1) 処理土の初期強度と碎石層の現場密度

待機時間なしのNo.1は、打設後30分でCBR3%に相当する硬度として設定した表面硬度13mm以上となった。3時間待機のNo.2は、30分後に11.7mm、1時間後に18.1mmと30分から1時間の間に硬度13mm以上となった。また、6時間待機のNo.3は、これより遅れて1.5時間後に11.6mm、2時間後に19.0mmで1.5時間から2時間の間に硬度13mm以上となった。

この結果を受けて、路盤材の敷均し・転圧は、No.1とNo.2は30分後に開始し、No.3は1.5時間後に開始した。

碎石層は、2層に分けてランマー転圧を行った。その密度試験結果は、表-7に示すように、RI法

が 94～97%、砂置換法が 89～94%の締固め度と、概ね 90%以上の締固め度で転圧することができた。

この結果、C B R 3%に相当する硬度として設定した表面硬度 13mm において、問題なく敷き均し・転圧ができるということが実証できた。

2) 28 日後の強度

打設 28 日後の打設面の硬度は、23.6～25.2mm の範囲にあり、打設直後よりわずかに増加した。遅延剤の屋外効果確認試験の同じ条件と比較すると、同等以上の値となっている。

C B R は、3 ケースで 8.5～17.2%とばらつきが大きいものの、目標範囲である 3%～20%には収まった。

3) 処理土の掘削性

ハンドスコップによる掘削時間は、0.5～0.6 分で屋外効果確認試験と同程度に掘削できた。

剣スコップによる掘削時間は、No. 3 が 1.9 分とやや長かったが、その他のケースは 1.1 分と屋外効果確認試験と同程度に掘削できた。No. 3 は、処理土の上層部が路盤材の転圧の影響でやや固くなっていたため、長くなったものと考えられる。

4) 管下の充填状況観察結果

管下の状況を図-9、10、11 に示す。

いずれのケースにおいても、上段、中段、下段の全ての管下に空洞は認められず、充填性は良好であった。

また、管下と管横で硬度を測定した結果を表-8 に示す。

管下の方が小さい傾向にあるが、その差は概ね小さく、あるいは一部を除いてほぼ 20mm 以上であった。

表-8 管横と管下の硬度比較

測定箇所		硬度(mm)	
		管横	管下
No.6-1	上段	23.9	23.0
	下段中央	18.8	15.3
	下段側方	21.1	20.7
No.6-2	上段	23.1	20.3
	下段	23.9	22.2
No.6-3	中段	28.2	21.6



図-9 上段の管下の充填状況 (No. 6-3)



図-10 中段の管下の充填状況 (No. 6-1)



図-11 土槽側面の充填状況 (No. 6-2)

7. 処理土の長期強度確認試験

(1) 実験目的

打設後 28 日以降の長期的な強度がどのように推移するかを確認するため、昨年度の調査で打設された 6 ケースの処理土について、硬度、C B R 試験、掘削性の確認により、1 年後の処理土の強度を確認した。

(2) 実験結果

打設されている処理土の配合および試験結果の一覧を表-9 に示す。

表-9 配合及び試験結果

ケース	配合 (kg/m ³)				遅延剤 添加量 (%)	混合後の 待機時間 (時間)	遅延剤 (%)	硬度 打設面 (mm)		CBR (%)		剣スコップ掘削性 (分)	
	全水量	半水 石こう	酸化マグ ネシウム	固化材 量				28日	1年	28日	1年	28日	1年
H22No.5-1	488	100	80	180	0.00	0	0.00	27.2	25.2	18.3	23.0	0.8	1.4
H22No.5-2	488	140	80	220	0.00	0	0.00	29.8	25.1	30.2	23.7	1.8	1.5
H22No.5-3	488	100	120	220	0.00	0	0.00	30.2	25.2	33.9	28.4	1.6	2.1
H22No.5-4	488	105	84	189	0.00	0	0.00	27.6	24.5	28.2	18.8	1.5	1.4
H22No.6-4	488	100	80	180	0.65	6	0.65	29.9	30.4	17.5	29.4	0.8	2.8
H22No.6-8	488	100	80	180	0.90	8	0.90	28.8	27.4	13.6	20.9	0.9	1.7

※網掛けの28日後データは、同配合で別ケースのものを使用

打設面の硬度の変化を図-12 に示す。

打設面の硬度は、1 年後では 24.5mm から 30.4mm とほとんどのケースでわずかな減少傾向を示している。No.6-4 は、29.9mm から 30.4mm とわずかに増加したが、ほぼ横ばいと言える。

次に C B R の変化を図-13 に示す。

No. 5-1~No. 5-4 が 28 日後の 18.3~33.9%から 18.8~28.4%と減少したのに対して、No. 6-4 と No. 6-8 は、15.0%、13.6%から 29.4%と 20.9%と増加した。

また、掘削性の変化を図-14 に示す。

基本的な傾向は C B R の結果と類似しているが、全体的にやや掘削しにくい方向に変化しているといえる。

結果として、強度については増減があるものの、全体としては大きな強度変化はないといえる。

8. まとめと今後の課題

(1) まとめ

1) 現場の気温による影響

気温や材料温度により、処理土が硬化するまでの時間が大きく影響を受けることが明らかとなった。今回の結果から、待機時間がない現場混合型の条件では、高温期において一部遅延剤を使用することなどにより、概ね問題なく処理土の施工が可能であると考えられる。しかし、遅延剤を用いて処理土の硬化時間をコントロールするプラント混合型の場合には、今回の屋外による実験でも明らかとなったように、遅延剤量の過多、過少によ

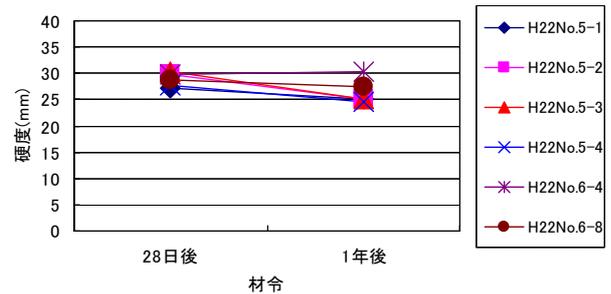


図-12 硬度の変化

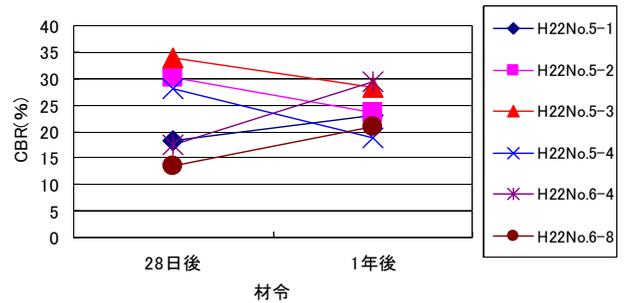


図-13 C B R の変化

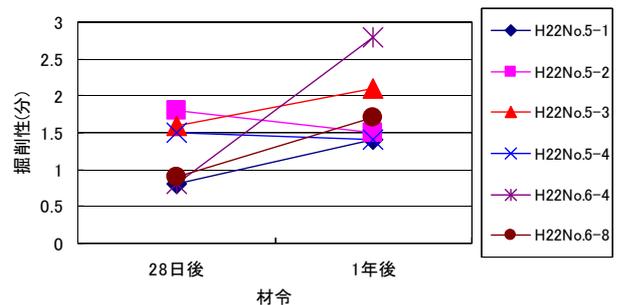


図-14 掘削性の変化

り強度が目標範囲を外れるケースが発生したことから、予め温度と待機時間を考慮した配合試験により配合を設定する必要があると考えられる。

2) 現場規模での実験

現場施工規模の屋外打設実験を実施した結果、

- ・ 水締めによる施工で管下に空洞を生じず、充填性が良好であること
- ・ 管下でも管横とほぼ同等の強度が得られること
- ・ 添加水量は、配合水量より最大 1.5 倍程度まで増えても十分な強度が発現すること
- ・ 処理土打設面の硬度が 13mm で路盤材の敷均し、転圧ができることが判明した。

3) 長期強度の確認

1年経過した場合でも28日後の強度と比較して、大きな強度変化はないことから、将来の再掘削時における掘削性の悪化や、路床の支持力低下などの問題はないことがわかった。

(2) 今後の検討課題

今回の実験調査の結果、しゃ断層用砂を用い、半水石こうと酸化マグネシウムを固化材とした処理土については、概ね即日復旧が可能なレベルの材料に達したと考えられる。

今後の課題としては、次の4点があげられる。

- ①温度や待機時間を考慮した配合設計方法
- ②砂質土系の発生土における適用性の検討
- ③安価な材料に向けての検討
- ④待機時間や気温の影響を受けにくい材料

1) 温度や待機時間を考慮した配合設計方法

目標強度により近づけるため、予め温度や待機時間などを条件として考慮した配合設計方法を確

立する必要がある。

2) 砂質土系の発生土における適用性の検討

掘削発生土の再利用の推進の観点から、実際の現場から発生する砂質土系の発生土における適用性を検討する必要がある。

3) 安価な材料に向けての検討

高価な材料である石こうなどの固化材を、安価な再生材に置き換えるなど、さらに安価な材料に向けての検討を進める必要がある。

4) 待機時間や気温の影響を受けにくい材料

強度のばらつきが起り易いプラント混合型の処理土において、待機時間や気温の影響を受けにくい材料の検討が必要である。

9. あとがき

平成 16 年度から継続して検討を続けてきた本処理土は、現場規模の施工実験や温度の影響の確認など、完成にむけた最終ステージに突入している。しかし、実用化にあたっては、現場発生土を用いた適用性の検討や、コストの問題など課題がまだ残されている。

今後これらの課題に対する実験を進めていく予定である。

なお、本調査を進めるに当たり、道路管理部保全課をはじめ、関係者各位に多大なご協力を得たことを感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 小林一雄、上野慎一郎 (2008) : 速硬型の砂質土系安定処理による埋戻し工法、平 20. 都土木技術センター年報、119-128
- 2) 小林一雄、上野慎一郎 (2009) : 速硬型の砂質土系安定処理による埋戻し工法 (その 3)、平 21. 都土木技術支援・人材育成センター年報、89-98
- 3) 大野正宏、田中輝栄、峰岸順一、小林一雄 (2010) : 速硬型の砂質土系安定処理による埋戻し工法 (その 4)、平 22. 都土木技術支援・人材育成センター年報、83-90
- 4) 大野正宏、田中輝栄、峰岸順一 (2011) : 速硬型の砂質土系安定処理による埋戻し工法 (その 5)、平 23. 都土木技術支援・人材育成センター年報、69-76