

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-197902

(P2007-197902A)

(43) 公開日 平成19年8月9日(2007.8.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
E O 2 D 3/00 (2006.01)	E O 2 D 3/00 1 O 1	2 D O 4 3
B O 9 B 3/00 (2006.01)	B O 9 B 3/00 3 O 1 Z	4 D O O 4
C O 2 F 11/12 (2006.01)	C O 2 F 11/12 Z A B A	4 D O 5 9
C O 2 F 11/00 (2006.01)	C O 2 F 11/00 Z	4 H O 2 6
C O 9 K 17/10 (2006.01)	C O 9 K 17/10 P	
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 24 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2006-14002 (P2006-14002)	(71) 出願人	500074707 森 雅人 山形県新庄市小田島町7-36
(22) 出願日	平成18年1月23日 (2006.1.23)	(71) 出願人	504115253 高橋 弘 宮城県仙台市泉区長命ヶ丘4-11-1
		(74) 代理人	100067323 弁理士 西村 教光
		(74) 代理人	100124268 弁理士 鈴木 典行
		(72) 発明者	森 雅人 山形県新庄市小田島町7-36
		(72) 発明者	高橋 弘 宮城県仙台市泉区長命ヶ丘4-11-1
		Fターム(参考)	2D043 CA01 EA03 EA06 最終頁に続く

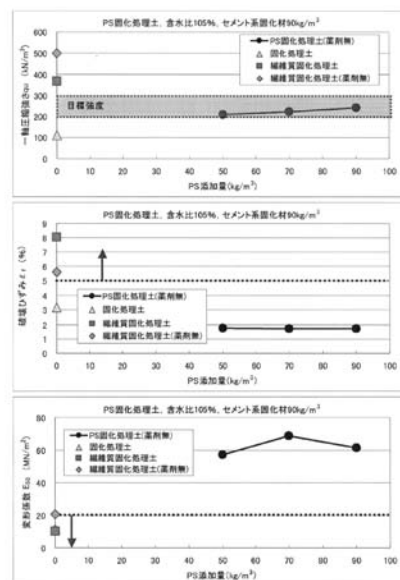
(54) 【発明の名称】 改良土、改良土の製造方法及びペーパースラッジ

(57) 【要約】

【課題】古紙の使用量が少ないため低コストであり、古紙を使用した繊維質固化処理土と同等以上の優れた強度及び耐久性を有する優れた改良土を提供する。

【解決手段】この改良土は、ペーパースラッジと古紙破砕物とセメント系固化材を高含水比泥土に添加・混合してなる。一軸圧縮強さは古紙添加量の増加とともに増加し、破壊ひずみは古紙添加量が20~50kg/m³の範囲において目標値を達成し、変形係数は同範囲を下限として目標値をほぼ満足し、PS繊維質固化処理土は乾湿繰り返しに対する耐久性が高く、かつ強度的にも優れ、盛土材としての使用に十分耐え得る。

【選択図】 図 1 0



する盛土材料として汚泥の再資源化をはかるため、ヘドロや汚泥に繊維質物質である古紙破砕物と高分子系改良剤を添加し、高含水比泥土を再資源化する技術の開発を行った。

【0005】

この工法で生成される改良土（以下、繊維質固化処理土と記す）を用いて一軸圧縮試験および圧裂引張試験を実施した結果、繊維質固化処理土は、汚泥にセメント系固化材のみを添加・混合してなる従来の固化処理土と比較して、破壊ひずみおよび残留強度が大きく粘り強い性質を有することが確認された。

【0006】

また、繊維質固化処理土あるいは固化処理土を盛土材として利用する場合、これらの土砂は気象変動の影響、すなわち乾湿繰り返しの影響を受けることになる。繊維質固化処理土および固化処理土を用いて行った乾湿繰り返し実験の結果によれば、固化処理土はサイクルの進展にともなって劣化し、一軸圧縮強度が低下するが、繊維質固化処理土は乾湿繰り返しを受けてもほとんど劣化せず、高い耐久性を示すことが確認された。

10

【特許文献1】特開2004-278045号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

前述した従来の繊維質固化処理土の製造方法の大きな特徴は、高含水比泥土に古紙破砕物を添加し、脱水工程を施すことなく泥土を団粒固化することにある。ここで古紙の添加量は含水比の関数として与えられるが、例えば500%といったかなりの高含水比泥土になると、泥土1m³あたり90kgという大量の古紙を添加する必要がある。古紙は市場価格の変動の影響を大きく受けるため、前記繊維質固化処理土及びその製造方法によれば、古紙の添加量が多くなった場合、その価格の変動によって施工コストが安定化せず、コスト増大に繋がるおそれもある。

20

【0008】

そこで、本発明は、価格変動の影響を受けやすい古紙を使用しないか、又は使用量が少なく済むため低コストであり、かつ古紙を使用した繊維質固化処理土と同等以上の優れた強度及び耐久性を有し、しかも古紙リサイクルをさらに促進して環境に対する負荷を低減する効果を備える優れた改良土とその製造方法及びこれらに好適に使用可能な粉末状のペーパースラッジを提供することを目的としている。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

請求項1に記載された改良土は、ペーパースラッジとセメント系固化材を高含水比泥土に添加・混合してなることを特徴としている。

【0010】

請求項2に記載された改良土は、ペーパースラッジと古紙破砕物とセメント系固化材を高含水比泥土に添加・混合してなることを特徴としている。

【0011】

請求項3に記載された改良土は、請求項1又は2記載の改良土において、前記ペーパースラッジの添加量が前記高含水比泥土に対する比率で50～105kg/m³であることを特徴としている。

40

【0012】

請求項4に記載された改良土は、請求項2記載の改良土において、前記古紙破砕物の添加量が前記高含水比泥土に対する比率で10～65kg/m³であることを特徴としている。

【0013】

請求項5に記載された改良土は、請求項1又は2又は3又は4記載の改良土において、前記ペーパースラッジは、古紙のリサイクル工程で排出される水分と固形スラッジの混合物から水分を除去した後、これを粉砕して得た粉末物であることを特徴としている。

【0014】

50

請求項 6 に記載された改良土の製造方法は、高含水比泥土にペーパースラッジを加えて高分子系改良材及び助剤を添加することなく混合し、次にセメント系固化材を添加して混合し、その後、その後に所望の強度が発現するまで養生を行うことを特徴としている。

【0015】

請求項 7 に記載された改良土の製造方法は、高含水比泥土にペーパースラッジ及び前記高含水比泥土に対する比率で $10 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ の古紙破砕物を加えて高分子系改良材及び助剤を添加することなく混合し、次にセメント系固化材を添加して混合し、その後、その後に所望の強度が発現するまで養生を行うことを特徴としている。

【0016】

請求項 8 に記載されたペーパースラッジは、高含水比泥土に添加されて当該泥土の強度特性・劣化耐久性を改良するための改良物質であって、古紙のリサイクル工程で排出される水分と固形スラッジの混合物から水分を除去して粉砕した粉末物であることを特徴としている。

10

【0017】

請求項 9 に記載された改良土は、古紙破砕物及びペーパースラッジからなる群から選択された少なくとも一の繊維質物質とセメント系固化材を高含水比泥土に添加し、高分子系改良材及び助剤を添加することなく混合してなることを特徴としている。

【発明の効果】

【0018】

請求項 1 に記載された改良土によれば、古紙リサイクルの廃棄物であるペーパースラッジを有効利用しつつ、価格変動の大きい古紙を使用することなく、低コストで古紙を添加した従来の繊維質固化処理土と同等の高い耐久性及び強度特性を得ることができる。

20

【0019】

請求項 2 に記載された改良土によれば、古紙リサイクルの廃棄物であるペーパースラッジを有効利用し、さらに価格変動の大きい古紙の使用量を削減してコストを低減させつつ、古紙を添加した従来の繊維質固化処理土と同等の高い耐久性及び強度特性を得ることができる。

【0020】

請求項 3 に記載された改良土によれば、請求項 1 又は 2 記載の改良土における前記ペーパースラッジの添加量を最適にして上記各効果を最大限に発揮させることができる。

30

【0021】

請求項 4 に記載された改良土によれば、請求項 2 記載の改良土において、前記古紙破砕物の添加量を前記高含水比泥土に対する比率で $10 \sim 65 \text{ kg/m}^3$ とし、従来の繊維質固化処理土に比べて古紙の使用量を大きく削減してコストを低減させることができる。

【0022】

請求項 5 に記載された改良土によれば、請求項 1 又は 2 又は 3 又は 4 記載の改良土において使用される前記ペーパースラッジとして、古紙のリサイクル工程で排出される水分と固形スラッジの混合物から水分を除去して粉砕した取り扱いの容易な粉末物を利用するので、現場で行う製造作業が簡単かつ容易となる。

【0023】

請求項 6 に記載された改良土の製造方法によれば、古紙リサイクルの廃棄物であるペーパースラッジを有効利用しつつ、価格変動の大きい古紙を使用することなく、低コストで古紙を添加した従来の繊維質固化処理土と同等の高い耐久性を得ることができ、さらに高分子系改良材を用いないことから強度についても従来の繊維質固化処理土と同等の性能を得ることができる。

40

【0024】

請求項 7 に記載された改良土の製造方法は、古紙リサイクルの廃棄物であるペーパースラッジを有効利用しつつ、さらに価格変動の大きい古紙の使用量を削減してコストを低減させつつ従来の繊維質固化処理土と同等の高い耐久性を得ることができ、さらに高分子系改良材を用いないことから強度についても従来の繊維質固化処理土と同等の性能を得るこ

50

とができる。

【0025】

請求項8に記載されたペーパースラッジは、古紙のリサイクル工程で排出される水分と固形スラッジの混合物から水分を除去したものを粉砕した粉末物であるので、高含水比泥土に添加して改良土とするための改良材として運搬及び製造現場での取り扱いが容易である。

【0026】

請求項9に記載された改良土は、古紙破砕物及びペーパースラッジからなる群から選択された少なくとも一の繊維質物質とセメント系固化材を高含水比泥土に添加し、高分子系改良材及び助剤を添加することなく混合しているので、高分子系改良材及び助剤の添加によりセメントの水和反応が妨げられるという不都合が生じず、得られる処理土の強度が低下することがない。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

1. 本願実施形態で実施した実験

本発明者は、建設汚泥のような一軸圧縮強度を有さない高含水比泥土を改良するための材料(改良材)として、古紙のリサイクル製造工程から発生するペーパースラッジ(以下、PSと記す)に着目した。

【0028】

すなわち、本発明の実施形態では、以下に詳述するように、古紙破砕物の代わりにPSを泥土に添加し、PS入り固化処理土(以下、PS固化処理土と記す)およびPSと古紙破砕物の両方を泥土に添加したPS入り繊維質固化処理土(以下、PS繊維質固化処理土と記す)を作成し、それらの強度特性・耐久性を、繊維質固化処理土(古紙破砕物を泥土に添加したもの)および固化処理土(泥土にセメント系固化剤を添加したもの)の強度特性・耐久性と比較し、強度特性・耐久性について定量的に評価する実験を行った。

20

【0029】

また、上記処理土の強度特性・耐久性に対する高分子系改良剤・助剤の影響についての検証を目的とする実験も併せて行った。これらの薬剤は、処理土の即時運搬を可能にする団粒化構造を作り出すためのものであり、従来は即時運搬の必要性のある現場では必要不可欠な薬剤であると考えられてきたが、これらの薬剤が処理土の強度特性・耐久性に及ぼす影響は明らかにされていない。仮にこれらの薬剤が処理土の強度特性・耐久性には影響を及ぼさないという場合、仮置き場・養生期間が十分にあり、即時運搬を必要としない現場では、薬剤を添加する必要がなくなり、その結果、施工コストの削減に繋がる可能性がある。そこで、本発明者は、薬剤の有無による強度特性・耐久性の違いについても実験的に検討した。

30

【0030】

2. ペーパースラッジについて

紙は多量に生産・消費・廃棄される消費材であり、依然として一般廃棄物処理の約25%を占める最大の素材の一つである。このため、古紙のリサイクルは、資源有効利用、ごみ減量化、森林資源保全の観点からますます重要となってきた。現在、製紙業界では資源有効利用促進法に基づき「平成17年度までに古紙利用率を60%にする」という目標に取り組んでいる。

40

【0031】

一方、古紙リサイクルは再生紙の原料となるパルプ繊維を回収する際に、無機物である填料、紙にならない短いパルプ繊維、脱墨されたインキ成分等を流体状のペーパースラッジ(PS)である廃棄物として排出するので、古紙利用率の上昇に伴ってペーパースラッジ(PS)も増加する傾向にある。製造工程から発生するペーパースラッジは、工場単位で年間数万トン以上に達し、現状では焼却または埋め立て処分されているが、用地確保難、処理費用の増大および環境問題から、再資源化を目的とした早急な対策が望まれている。

【0032】

50

そこで、本発明では、前述したようにPSを古紙の代替品として利用し、建設汚泥やヘドロの有効利用を図るリサイクルシステムを確立することを第1の目的とした。本実験に用いたPSは宮城県内の再生紙工場から採取し、土壌の汚染に係る環境基準（人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準）によりその安全性を確認した後、実験に供した。また実験に用いたPSの成分質量比を図1に示す。

【0033】

図1(a)に示すように、初期状態のPSは質量の65%が水分であり、35%が固形スラッジである。この固形スラッジは、。有機物（セルロース）と無機物（填料など）から構成されていると考えられるため、乾燥して水分を蒸発させたPSを熱重量/示差熱分析装置(TG-GTA)により解析した結果が図1(b)である。この図に示されるように固形スラッジ全体の45%が有機物であり、55%が無機物であった。またX線トポグラフィー(XRT)により成分を分析した結果、無機物としては、タルク、カオリン、炭酸カルシウムなどの成分が含まれていることが確かめられた。

10

【0034】

ところで、再生紙工場から排出されるペーパースラッジ(PS)は、初期状態では図1(a)に示すようにならぬと本発明者は考えた。そこで、本発明では、採取したPSを天日乾燥し、その後、鉄バチでほぐして古紙破砕物の代用品になり得る態様のPSを作成した。以上の工程により作成したPSを図2に示す。以後、本例において泥土に添加されるPSとは、再生紙工場から排出された液体状のペーパースラッジを上記の工程で処理して生成された粉末状のペーパースラッジを指すこととする。

20

【0035】

3. 実験に供される各処理土（本発明品及び比較品の各供試体）の作成

3.1 使用材料

供試体の作成には模擬泥水を使用した。模擬泥水を使用した理由は以下の通りである。すなわち、実際の建設汚泥やヘドロのような泥土は、固化材による固化の阻害物質である有機物（フミン酸等）を含むことがあり、この有機物の影響により試験結果にバラツキが生じる可能性がある。そこで、この有機物によるデータのバラツキを抑えるため模擬泥水を用いた。本実験では無機の土粒子を使用し、一定の比率で粘土とシルトを混合して作泥したものを使用した。作泥方法は、粘土とシルトを40：60（乾燥質量比）で混合し、それ

30

【0036】

繊維質物質としては新聞古紙を1.0cm角程度にちぎった物を用いた。高分子系改良剤としてはアニオン系高分子系ポリアクリルアミド（株式会社テルナイト製：商品名ボンテラン-P）を用いた。助剤としては無機系凝集剤（株式会社テルナイト製：商品名ボンテラン-L）を用いた。

【0037】

3.2 供試体作成手順

供試体作成手順を説明する前に、各処理土の定義を示す。

40

- 1) 固化処理土：汚泥にセメント系固化材のみを添加・混合した処理土（比較品）
- 2) 繊維質固化処理土：汚泥に古紙破砕物および高分子系改良剤・助剤を加え、さらにセメント系固化材を添加・混合した処理土（比較品）
- 3) PS固化処理土：汚泥にPSおよび高分子系改良剤・助剤を加え、さらにセメント系固化材を添加・混合した処理土（本発明品）
- 4) PS繊維質固化処理土：汚泥にPSおよび古紙破砕物ならびに高分子系改良剤・助剤を加え、さらにセメント系固化材を添加・混合した処理土（本発明品）
- 5) 繊維質固化処理土（薬剤無）：汚泥に古紙破砕物を加え、さらにセメント系固化材を添加・混合した処理土（本発明品）
- 6) PS固化処理土（薬剤無）：汚泥にPSを加え、さらにセメント系固化材を添加・混合し

50

た処理土（本発明品）

7) PS繊維質固化処理土（薬剤無）：汚泥にPSおよび古紙破砕物を加え、さらにセメント系固化材を添加・混合した処理土（本発明品）

【0038】

上述した各供試体の作成は、「建設汚泥の高度処理・利用技術の開発（盛土グループ）共同研究最終報告書 建設汚泥改良土の耐久性」（1997年3月発行）に準じた方法を用いた。図3に供試体作成のフローを示す。ここでは、PS固化処理土とPS繊維質固化処理土（薬剤無）の作成手順の詳細を記す。

【0039】

「PS固化処理土の作成手順」

1. まず初めに、上述したように粘土とシルトを40：60（乾燥質量比）で混合し、加水調整して含水比を調整する。

【0040】

2. 含水比を調整した汚泥に、表1に示した添加量のPS、高分子系改良剤および助剤を加え、攪拌・混合する。本発明者の別途の実験に基づく知見によれば、高分子系改良剤および助剤の最適添加量は、それぞれ1.0 [kg/m³]および7.0 [kg/m³]であるが、実際の現場での処理では攪拌ムラが避けられないので、2割ほど高めに設定する方がよい。そこで、今回は現場適用性を考え、高分子系改良剤および助剤の添加量を、それぞれ1.2 [kg/m³]および8.6 [kg/m³]とした。

【0041】

10

20

【表 1】

	含水比 W ₀ (%)	古紙破砕物 添加量 (kg/m ³)	PS 添加量 (kg/m ³)	高分子系改良剤 添加量 (kg/m ³)	助剤 添加量 (kg/m ³)	セメント系固化材 添加量 (kg/m ³)
固化処理土 1	105	—	—	—	—	90
固化処理土 2	150	—	—	—	—	100
繊維質固化処理土 1	105	50	—	1.2	8.6	90
繊維質固化処理土 2	150	65	—	1.2	8.6	100
繊維質固化処理土(薬剤無) 1	105	50	—	—	—	90
繊維質固化処理土(薬剤無) 2	150	65	—	—	—	100
PS固化処理土 1	105	—	50	1.2	8.6	90
PS固化処理土 2	105	—	70	1.2	8.6	90
PS固化処理土 3	105	—	90	1.2	8.6	90
PS固化処理土 4	150	—	65	1.2	8.6	100
PS固化処理土 5	150	—	85	1.2	8.6	100
PS固化処理土 6	150	—	105	1.2	8.6	100
PS固化処理土(薬剤無) 1	105	—	50	—	—	90
PS固化処理土(薬剤無) 2	105	—	70	—	—	90
PS固化処理土(薬剤無) 3	105	—	90	—	—	90
PS固化処理土(薬剤無) 4	150	—	65	—	—	100
PS固化処理土(薬剤無) 5	150	—	85	—	—	100
PS固化処理土(薬剤無) 6	150	—	105	—	—	100
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 1	105	10	70	—	—	90
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 2	105	20	70	—	—	90
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 3	105	30	70	—	—	90
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 4	105	40	70	—	—	90
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 5	105	50	70	—	—	90
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 6	150	10	85	—	—	100
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 7	150	20	85	—	—	100
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 8	150	30	85	—	—	100
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 9	150	40	85	—	—	100
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 10	150	50	85	—	—	100
PS繊維質固化処理土(薬剤無) 11	150	65	85	—	—	100

10

20

30

【0042】

3. 次にセメント系固化材を加え、混合する。固化材は、含水比毎の添加量を固定して添加する。

【0043】

4. 初期養生として、上述の処理土を容器に入れて密封し、20±3 で3日間静置する。

【0044】

5. 初期養生後、供試体を作成する。供試体はJCAS L-01:2003(セメント協会標準試験方法)「セメント系固化材による安定処理土の試験方法」に従って作製した。なお、供試体作成には、直径5cm、高さ10cmの標準的なモールド(供試体作製容器)を使用した。

【0045】

6. 試体から水分が蒸発しないようにモールドを密封材で被覆し、20±3 で28日間養生する。PS固化処理土(薬剤無)の作成手順は、上記2.の工程において薬剤を添加せず、表1に示す配合条件として6通りに変化させた。

【0046】

40

50

「PS繊維質固化処理土（薬剤無）の作成手順」

1. 粘土とシルトを40：60（乾燥質量比）で混合し、加水調整して含水比を調整する。
2. 含水比を調整した汚泥に、PSおよび古紙被碎物を加え、攪拌・混合する。
3. 次にセメント系固化材を加え、混合する。なお、PS、古紙被碎物、セメント系固化材の添加量は、含水比に応じて表1に示す配合条件とし11通りに変化させた。

【0047】

固化処理土、繊維質固化処理土の供試体作成手順は上述した工程の2.においてPSを添加しない点が異なるだけで、後は全て同じ手順であるので、繰り返しを省略する。

【0048】

4. 乾湿繰り返し試験

4.1 試験方法

初めに乾湿繰り返しに対する耐久性について検討した。試験方法は、表2に示すように、旧建設省土木研究所（現独立行政法人土木研究所）と（財）先端建設技術センターおよび民間22社が共同開発した「建設汚泥の高度処理・利用技術の開発」建設汚泥改良土の耐久性）に準拠した。すなわち、40 炉乾燥2日、20 水浸1日の合計3日間を1サイクルとし、各サイクルの乾燥後、水浸後に供試体の状況観察・写真撮影を行うとともに、所定サイクル終了後に一軸圧縮試験を行い、サイクル数の増加に伴う一軸圧縮強度の変化を調べた。状況観察としては、表3に示す健全度ランクにより供試体の健全度を評価した。

【0049】

【表 2】

試験項目	試験方法		
	供試体	試験	確認項目
乾湿繰返し試験	φ5×10 (cm)	乾湿1サイクル 40°C炉乾燥2日 20°C水浸1日 の合計3日	<ul style="list-style-type: none"> ・ 所定サイクル終了後、軸圧縮試験 (JISA 1216) ・ 各サイクルの乾燥後、水浸後に供試体の状況観察、写真撮影

10

20

30

【 0 0 5 0 】

【表 3】

	クラック状況	欠落状況
A	外見上, ほとんど変化なし	
B	微細クラック, 局部クラック発生	表面剥離が局部的に発生
C	明瞭なクラックが一部に発生	供試体の一部が僅かに欠落
D	明瞭なクラックが全体に発生	供試体がより大きく欠落
E	供試体の一部または全体が崩落 (~20%程度)	
F	供試体が全体的に崩落, 崩壊. 供試体としての形は存在	
G	供試体全体が崩壊し, 片々は塊状	
H	供試体全体が崩壊し, 片々は細粒化~泥状化	

ここで, 細粒化とは粒径 2mm 程度の粒状に細分化された状況を指す.

10

20

【0051】

本実験では、比較品としての「繊維質固化処理土」及び「固化処理土」と、本発明品としての「PS固化処理土」、「PS固化処理土（薬剤無）」および「繊維質固化処理土（薬剤無）」の3種類の供試体を作成し、乾湿繰り返し実験を行った。この3種類の供試体を作成したことにより、以下の点を確認することができる。

30

【0052】

1. 乾湿繰り返しに対する耐久性という観点から、PSは古紙被碎物の代用品になり得るのかどうか（比較対象としての「繊維質固化処理土」の結果と本発明の「PS固化処理土」の結果を比較することにより発明の効果が検証可能）。

2. 薬剤は、処理土の強度特性および乾湿繰り返しに対する耐久性に寄与しているのかどうか（本発明の「PS固化処理土」及び「PS固化処理土（薬剤無）」の比較および比較対象としての「繊維質固化処理土」と本発明の「繊維質固化処理土（薬剤無）」の結果を比較することにより検証可能）。

40

【0053】

実験を行うに当たり、各供試体ともに12本の供試体を作成した。所定サイクル（0、2、6、10サイクル）終了時の一軸圧縮試験には3本の供試体を使用したため、健全度の評価方法としては、2サイクルまでは9本の供試体を、3～6サイクルまでは6本の供試体を、また7～10サイクルまでは3本の供試体をそれぞれ観察して、A～H（表3の評価）を8段階として数値化して平均ランクを求めた。

【0054】

4.1 試験結果

図4及び図5にサイクル数と一軸圧縮強度との関係を示す。図4は初期含水比105%の

50

時の結果を、また図5は初期含水比150%の時の結果を示している。図中の および 印は比較品である固化処理土および繊維質固化処理土の結果を、また 、 印は本発明品であるPS固化処理土、PS固化処理土(薬剤無)、繊維質固化処理土(薬剤無)の結果を示している。

【0055】

上述したように、乾湿繰り返し実験を行うに当り、初めに全ての供試体ともに12本の供試体を作成した。図中に示す数値(分数)は、(一軸圧縮試験に供した供試体の数)/(一軸圧縮試験を行うに当り現存していた供試体の数)を示している。すなわち、3/12とは、0サイクル時に12本の供試体が存在し、そのうち3本を使用して一軸圧縮試験を行い、それらの平均値を図中にプロットしたことを意味する。つまり、繊維質固化処理土の場合、一軸圧縮試験には常に3本の供試体を使用され分母の値も常に3ずつ減少している。これは10サイクルを通して供試体が崩壊せずに形状を保ち、常に3本の供試体を一軸圧縮試験に供し得たことを示す。

10

【0056】

印の結果と 印の結果を比較してみると、全サイクル数を通して繊維質固化処理土の強度がPS固化処理土よりも高くなっているが、PS固化処理土も一軸圧縮試験を行うに当たり常に3本の供試体を供し得ており、また強度の値もサイクル数の増加とともに減少することなく、10サイクル終了後も初期強度以上の値を示しており、ほとんど劣化していないことが分かる。従って、乾湿繰り返しに対する耐久性という観点からは、PSは古紙破砕物の代用品になり得ると判断できる。なお、10サイクル終了後のPS固化処理土の強度が初期強度より増加しているのは、処理土が乾湿繰り返しの影響を受けず、かつセメントの水和反応による強度発現のためと考えられる。

20

【0057】

次に「 印と 印」および「 印と 印」を比較してみると、全体的に薬剤を使用しない処理土(および)の方が薬剤を使用した処理土(および)よりも強度が高くなっていることが分かる。これは、本実験で用いた助剤(ボンテラン-L)のpHが約3であり強酸性を示すことから、助剤を添加すると、助剤がセメントの水和反応を妨げるためと考えられる。従って、処理土の強度という点では、薬剤を添加しない方が望ましい。また薬剤を添加しない処理土でも乾湿繰り返しに対する耐久性は高く、薬剤は乾湿繰り返しに対する耐久性に関してほとんど寄与していないことが確認された。

30

【0058】

図6及び図7に健全度ランクとサイクル数との関係を示す。この図に示されるように、固化処理土はサイクル数の増加とともに健全度が悪くなるが、その他の処理土の健全度はサイクル数に関わらず常にAランクであり、乾湿を繰り返しても劣化することなく、外見上もほとんど変化が無いことが分かる。すなわち、繊維質固化処理土およびPS固化処理土が乾湿繰り返しに対して高い耐久性を示す原因は、処理土内に繊維質物質が存在するためであり、薬剤は耐久性に寄与しないばかりでなく、むしろ強度を若干低下させる要因になっている。

【0059】

以上の結果を考慮すると、仮置き場・養生期間が十分にあるような現場では、薬剤を添加せず、PS及び/又は古紙破砕物等の繊維質物質のみで泥土を処理した方が強度的およびコスト的に優れていると言える。

40

【0060】

5. PS固化処理土の強度特性

前項の結果より、乾湿繰り返しに対する耐久性という観点からは、PSは古紙破砕物の代用品になり得ることが確認された。そこで、次に処理土の強度特性の観点から、最適PS添加量について考察を行う。

【0061】

ここでは初めに処理土が満足すべき目標値(基準値)を設定し、最適PS添加量について定量的評価を行う。以下、各目標値と設定理由について記述する。

50

5.1 目標強度 q_u

目標強度を設定する条件として以下の点が挙げられる。

- 1) 建設機械の走行に必要なトラフイカビリティを満足する強度であること。
- 2) 有害物質を原位置に封じ込めて、流出防止を目的とするときの必要強度であること。
- 3) 路床、路体盛土、構造物の裏込等に再利用するために必要な強度であること。

【0062】

上記目標を達成させるために必要な強度は、以下の一軸圧縮強さを満足する必要がある。

- 1) $q_u = 50 \sim 100 \text{ kN} / \text{m}^2$
- 2) $q_u = 200 \text{ kN} / \text{m}^2$ 以上
- 3) $q_u = 100 \sim 300 \text{ kN} / \text{m}^2$

10

【0063】

建設汚泥の処理土を土質材料として利用する場合の品質区分は、原則としてコーン指数 q_c を指標としており、 $q_c = 800 \text{ kN} / \text{m}^2$ 以上を確保することが望ましいとされている。また、建設汚泥固化処理土のコーン指数 q_c と一軸圧縮強さ q_u の関係は $q_c = 5 \sim 15q_u$ であることから、一軸圧縮強さで安全側にみて $q_u = 160 \text{ kN} / \text{m}^2$ 以上の強度が求められていることになる。

【0064】

しかし、ライフラインの埋設等で再掘削が必要となる場合では強度が大きくなりすぎて再掘削が困難にならないようにするために注意する必要がある。油圧ショベルで容易に再掘削可能な強度としては、一軸圧縮強さで $500 \sim 1000 \text{ kN} / \text{m}^2$ であため、処理土の一軸圧縮強さもこの範囲内に抑える必要がある。そこで、本研究で提案するPS固化処理土の目標強度は総合的に判断して $q_u = 200 \text{ kN} / \text{m}^2 \sim 300 \text{ kN} / \text{m}^2$ 程度とする。

20

【0065】

5.2 目標変形係数 E_{50}

変形係数 E_{50} は一軸圧縮強度試験における応力 - ひずみ曲線においてピーク応力 q_u の半分の点 $q_u / 2$ と原点を結ぶ直線の傾きで定義され、この値が大きいほど固くもろい材質である事を示す。処理土を盛土や埋戻し土として再利用する場合、原地盤と極端な不連続性を示すことなく周囲地盤となじみを良くする必要がある。固化処理土はコンクリートや岩石のような強度特性を示すため、周辺地盤や既存盛土と固化処理土による新設の盛土の間に剛性の相違が生じ、互いのなじみが悪く、地震時のように盛土や基礎地盤が大きな変形を受ける時には、剛性の高い部分に局部的な変形集中によるクラックの発生が懸念される。そのため本発明の工法で再資源化されるPS固化処理土の変形係数は通常土の変形係数に近づける必要がある。

30

【0066】

図8に固化処理土、繊維質固化処理土および通常土を固化処理した場合の変形係数を示す。通常土とは、マサ土、ローム、山砂を指し、図中に示されている通常土の変形係数は、公知文献より引用した値である。繊維質固化処理土と通常土の変形係数は同程度の値となっているが、固化処理土の変形係数は繊維質固化処理土の変形係数の3～5倍の値を示している。このことは、固化処理土は固く脆いコンクリート的な特性を有することを示している。本発明で提案するPS固化処理土の変形係数は、目標強度を $q_u = 200 \sim 300 \text{ kN} / \text{m}^2$ とすれば目標値 $E_{50} = 20 \text{ MN} / \text{m}^2$ 以下となる。

40

【0067】

5.3 目標破壊ひずみ ϵ_f

別途実験に基づく本発明者の知見によれば、三軸圧縮試験後の固化処理土には明瞭なせん断面が現れ局部的な応力集中を起こしているのに対し、繊維質固化処理土は樽型変形を生じ、応力の集中が繊維を通して分散されている。このことは、繊維質固化処理土は、繊維質物質が土粒子間に複雑に入り込み、その結果、土粒子間結合力が非常に高くなっており、き裂の発生を抑制し、破壊に至るまでに大きな変形に耐え得ることを示している。同様に繊維質固化処理土が乾湿繰り返しに対して高い耐久性を示す理由として、繊維質が土

50

粒子間の結合を強め、クラックの発生を抑制していると推定され この土粒子間結合力を破壊ひずみの値から定量的に評価した。図9に一軸圧縮強さと破壊ひずみとの関係を示すが、繊維質固化処理土と固化処理土の土粒子間結合力を破壊ひずみで評価する場合の境界ラインは約5%であることが分かる。そこで、ここでは目標破壊ひずみ ϵ_f を5%とする。

【0068】

ところで、前項で強度的には薬剤無の方が優れていることが確認されたので、ここでは薬剤を添加せずに処理土を作成した。すなわち、初期含水比105%の泥土に対してはPS添加量を $50\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $70\text{kg}/\text{m}^3$ および $90\text{kg}/\text{m}^3$ に変化させて、また初期含水比150%の泥土に対しては $65\text{kg}/\text{m}^3$ 、 $85\text{kg}/\text{m}^3$ および $105\text{kg}/\text{m}^3$ に変化させてPS固化処理土(薬剤無)を作成し、一軸圧縮試験を行った。

10

【0069】

図10及び図11にPS添加量と一軸圧縮強さ、破壊ひずみおよび変形係数との関係を示す。図10及び図11は初期含水比がそれぞれ105%および150%の時の結果である。参考のため固化処理土、繊維質固化処理土および繊維質固化処理土(薬剤無)の値も併せ示した。

【0070】

この図より、一軸圧縮強さはいずれのPS添加量に対しても目標強度の範囲内の値となったが、破壊ひずみおよび変形係数に対しては、いずれのPS添加量に対しても目標値まで達していない。すなわち、PS固化処理土(薬剤無)は、乾湿繰り返しに対する耐久性は高いものの、強度特性に関しては、用途によっては必ずしも十分であるとは言えないという評価もありうる。

20

ここで、本発明者は、破壊ひずみおよび変形係数に対する不足分を古紙破砕物で補うという新規な発想を得、PS繊維質固化処理土(薬剤無)を作成し、一軸圧縮試験を行った。

実験結果については次項で述べる。

【0071】

6. PS繊維質固化処理土の強度特性

ここでは、初期含水比105%の泥土に対してはPS添加量を $70\text{kg}/\text{m}^3$ に固定し、また初期含水比150%の泥土に対してはPS添加量を $85\text{kg}/\text{m}^3$ に固定し、それぞれの泥土に対して古紙破砕物の添加量を種々に変化させてPS繊維質固化処理土(薬剤無)を作成し、一軸圧縮試験を実施した。図12及び図13に古紙破砕物の添加量と一軸圧縮強さ、破壊ひずみおよび変形係数との関係を示す。図12及び図13は初期含水比がそれぞれ105%および150%の時の結果である。参考のため固化処理土、繊維質固化処理土および繊維質固化処理土(薬剤無)の値も併せ示した。

30

【0072】

一軸圧縮強さは古紙添加量の増加とともに徐々に増加している。破壊ひずみは、データのばらつきはあるが、全体的には古紙添加量が $30\text{kg}/\text{m}^3$ 程度までは古紙添加量の増加とともに増大し、その後はほぼ一定値を示す傾向がある。変形係数は逆に $30\text{kg}/\text{m}^3$ 程度までは古紙添加量の増加とともに減少し、その後はほぼ一定値を示す傾向がある。またいずれの含水比に対しても古紙添加量が約 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 程度になると、目標強度、目標破壊ひずみおよび目標変形係数のいずれも満足するようになる。つまり、以上の結果を総合的に判断すると、古紙を $30\text{kg}/\text{m}^3$ 程度(効果の得られる範囲を示せば $20\sim 50\text{kg}/\text{m}^3$)添加すれば、PS繊維質固化処理土は乾湿繰り返しに対する耐久性が高く、かつ強度的にも優れ、盛土材としての使用に十分耐え得ると判断できる。

40

【0073】

ところで、高含水比泥土を繊維質固化処理土工法で処理する際のコストは、混合する古紙破砕物の材料経費、薬剤の材料経費、セメントの材料経費、重機の損料他を考慮して積算される。含水比を100%とすると、従来の薬剤を使用する繊維質固化処理土工法の施工コストに比べて、薬剤を使用しない本発明の繊維質固化処理土工法の施工コストは約65%の縮減になる。さらにPSが無料で提供され、このPSを用いることにより古紙破砕物の添加

50

量を半分に削減できたとすると、薬剤を使用しないPS利用の本発明の繊維質固化処理土工法では、従来の施工コストに比べて約75%という大幅コスト削減が可能になる。

【0074】

さらにPSを利用するメリットは施工コストの削減だけではない。つまり、PSを繊維質固化処理土工法に適用できれば、PSを最終処分場で処理する際の処理費が不要になり、PSのリサイクル率の向上にもつながり、産業上極めて大きなメリットが得られる。

【0075】

7. 結論

本発明では、再生紙工場から発生する廃棄物であるペーパースラッジ（PS）のリサイクル率の向上及び本発明者が既に提案した繊維質固化処理土工法の施工コストの安定化およびコスト削減を目指し、繊維質固化処理土工法にPSを用いて十分な効果が得られることが確認された。

【0076】

以上より、実施形態で説明した上記実験の結果及びこれから導かれる本発明の効果をまとめると以下ようになる。

1) 古紙破砕物の代わりにPSを高含水比出泥土に混合して処理土を作成し、乾湿繰返し実験を行った結果、処理土は乾湿繰返しに対して高い耐久性を示した。つまり、乾湿繰返しに対する耐久性という観点から、PSは古紙破砕物の代用品となり得、十分な効果が得られることが確かめられた。

【0077】

2) 薬剤を添加した処理土と薬剤を添加しない処理土の2種類を作成し、乾湿繰返し実験を行った結果、薬剤を添加しない処理土の方が高い強度を示した。また乾湿繰返しに対する耐久性は両者ともに高く、薬剤は耐久性に関与しないのみならず、セメントの水和反応を妨げることから、処理土の強度を低下させる要因になっていることが分かった。従って、仮置き場・養生期間が十分にあるような現場では、薬剤を添加せず、PSあるいは古紙破砕物等の繊維質物質のみで泥土を処理した方が強度的およびコスト的に優れていることが確認された。

【0078】

3) しかしながら、PSのみにより再生処理された土砂、すなわちPS固化処理土は、強度特性の点からはいまだ余地があるとの判断もありうることから、高含水比泥土にPSと古紙破砕物を添加してPS繊維質固化処理土を作成し、一軸圧縮試験を実施して処理土の強度特性を調べた結果、従来の古紙添加量の約半分の20~50kg/m³程度程の古紙破砕物を混合すると、乾湿繰返しに対して高い耐久性を示し、かつ強度特性にも優れた土砂を生成できることが確かめられた。またその結果、約75%もの施工コスト削減の可能性が確認された。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明の実施形態で説明した実験に供したPSの成分質量比を示す図である。

【図2】本発明の実施形態で説明した実験で使用したPSを示す写真である。

【図3】本発明の実施形態で説明した実験に供された供試体の作成フローを示す図である。

【図4】本発明の実施形態で説明した実験により得られた各供試体のサイクル数と一軸圧縮強度との関係を示す図である。

【図5】本発明の実施形態で説明した実験により得られた各供試体のサイクル数と一軸圧縮強度との関係を示す図である。

【図6】本発明の実施形態で説明した実験における各供試体の健全度ランクとサイクル数との関係を示す表図である。

【図7】本発明の実施形態で説明した実験における各供試体の健全度ランクとサイクル数との関係を示す表図である。

【図8】固化処理土、繊維質固化処理土および通常土を固化処理した場合の変形係数を示す図である。

10

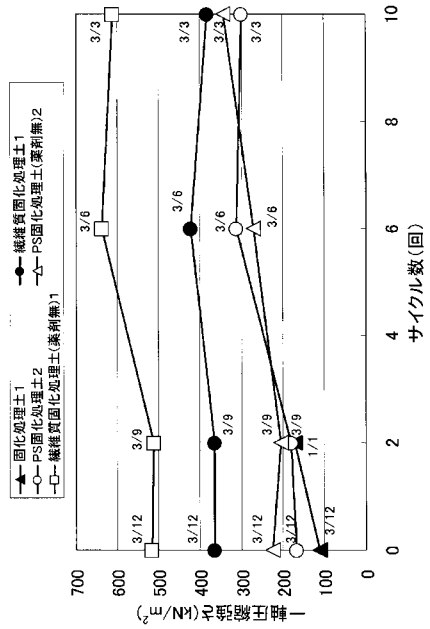
20

30

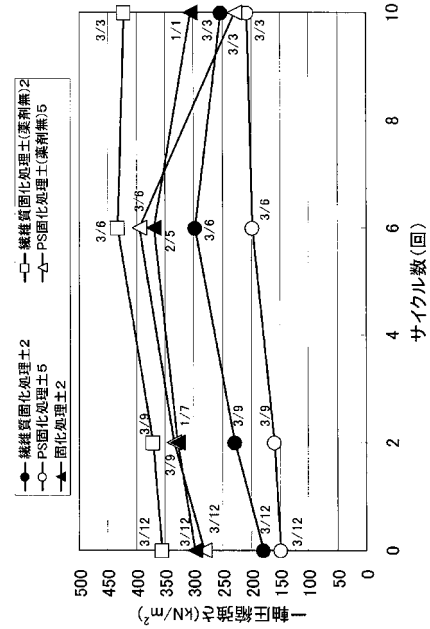
40

50

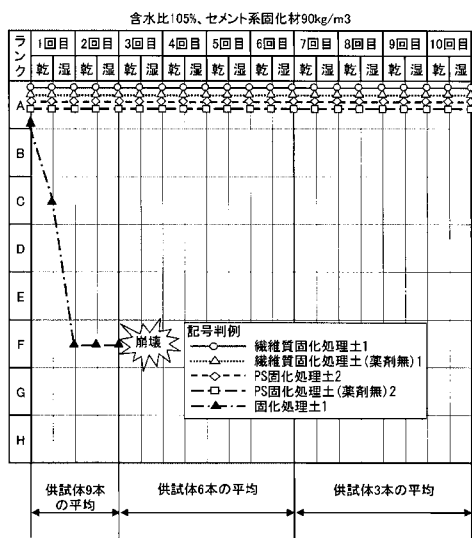
【 図 4 】



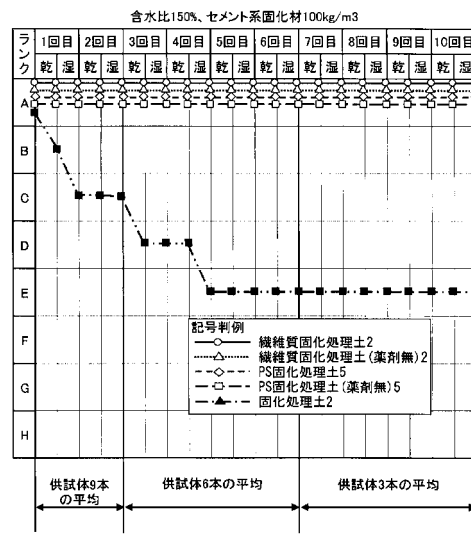
【 図 5 】



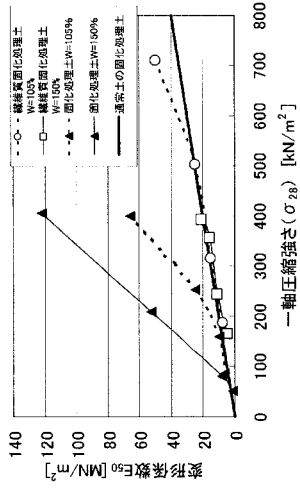
【 図 6 】



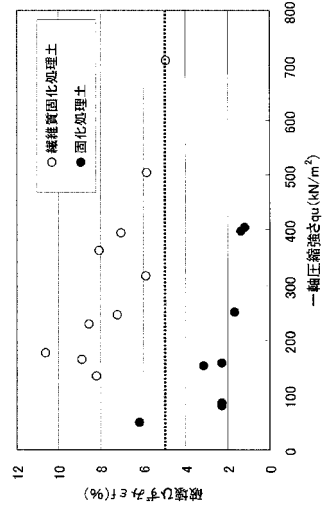
【 図 7 】



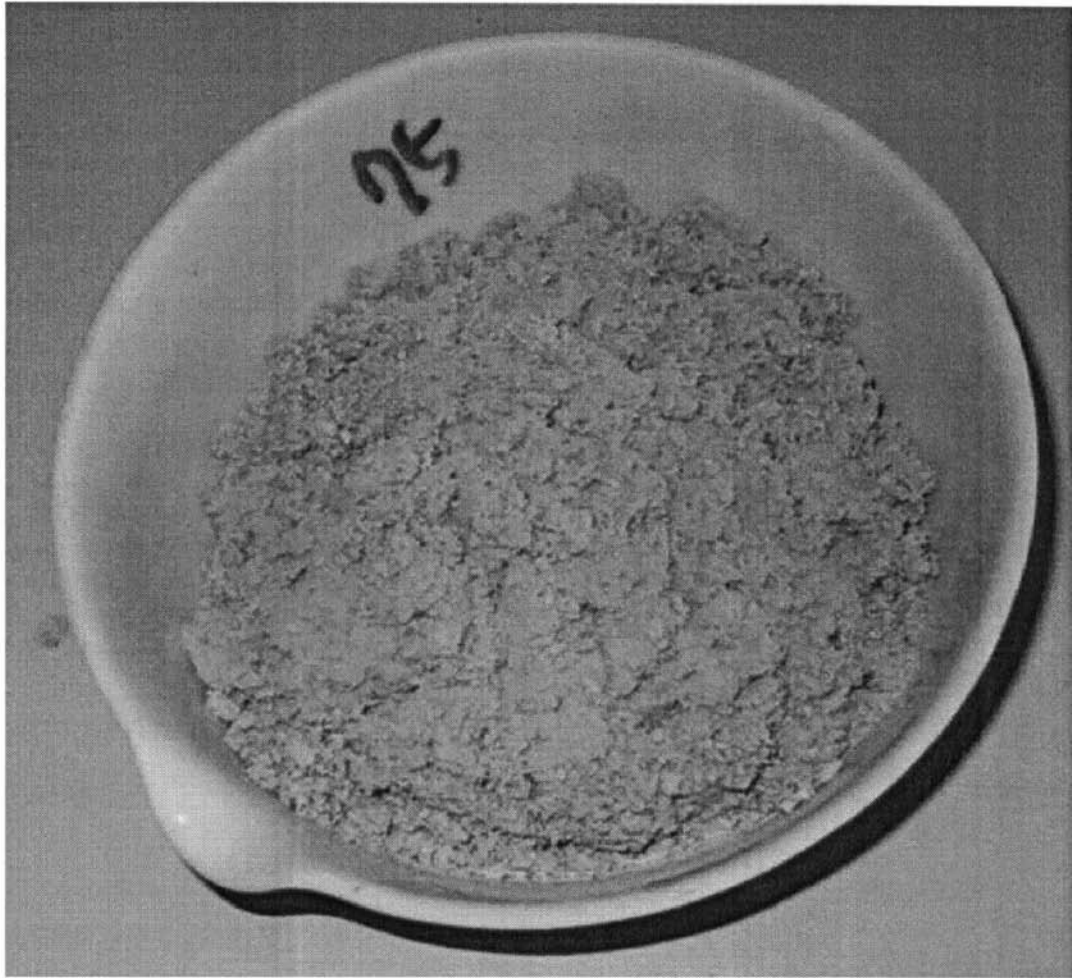
【 図 8 】



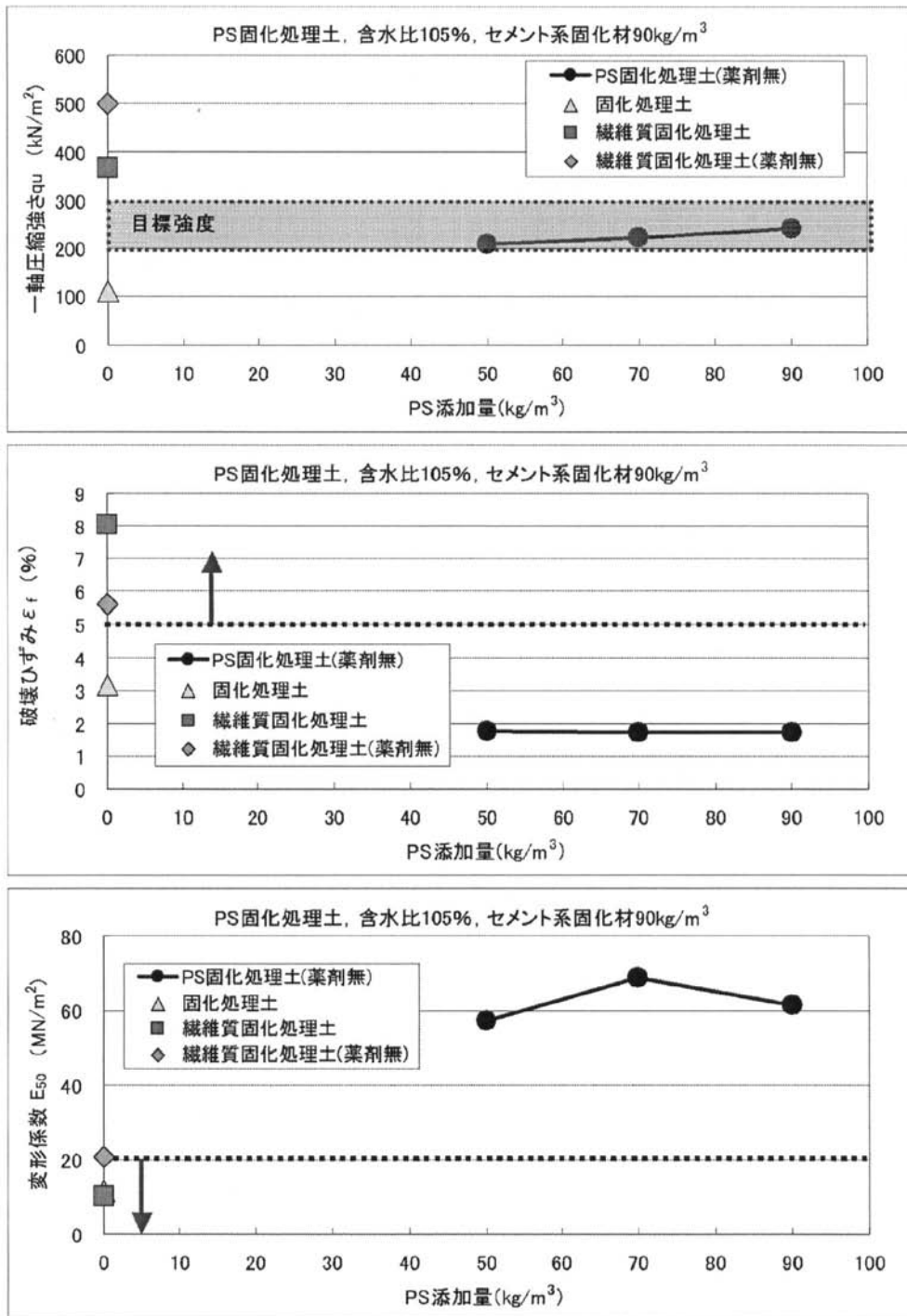
【 図 9 】



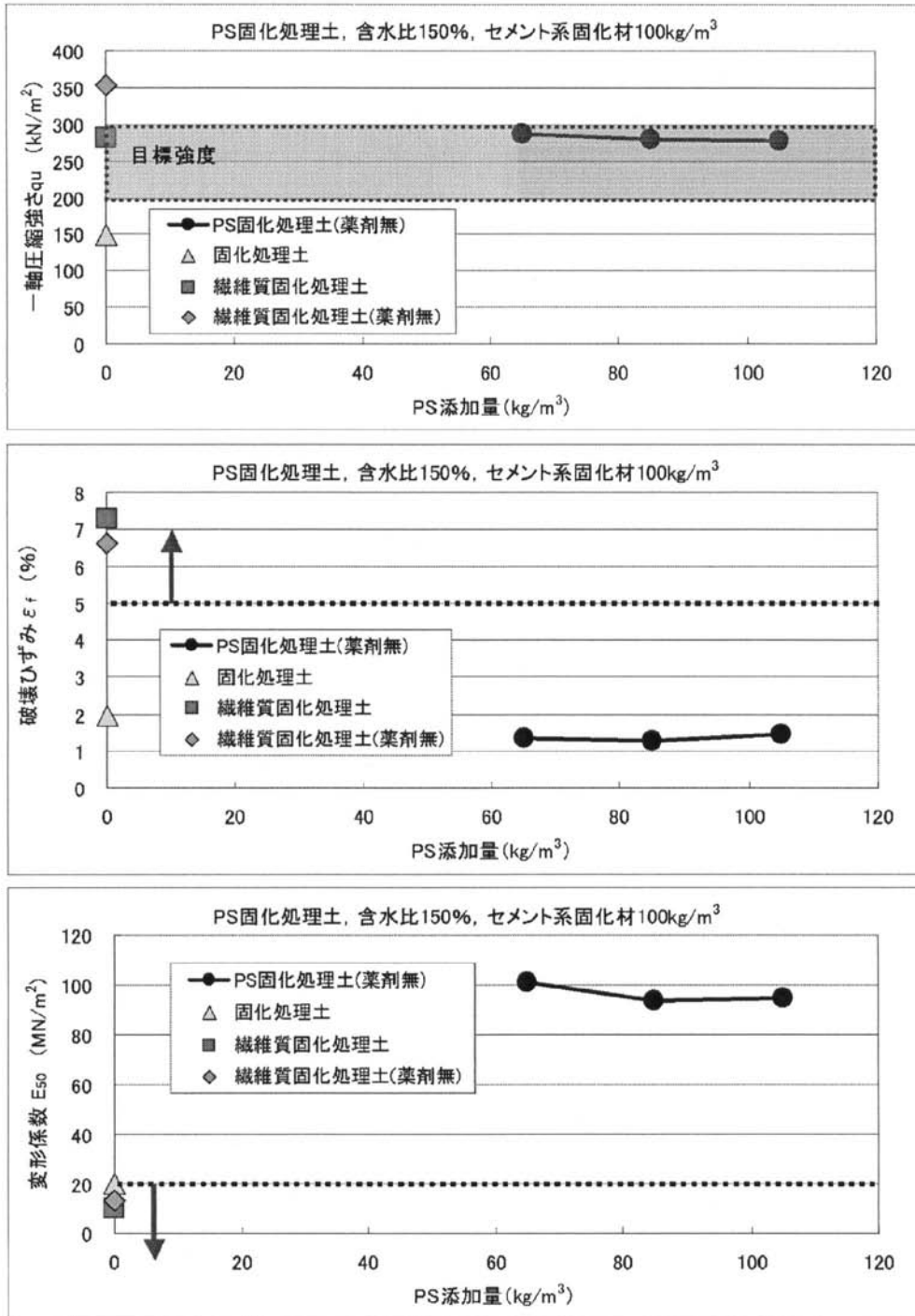
【 図 2 】



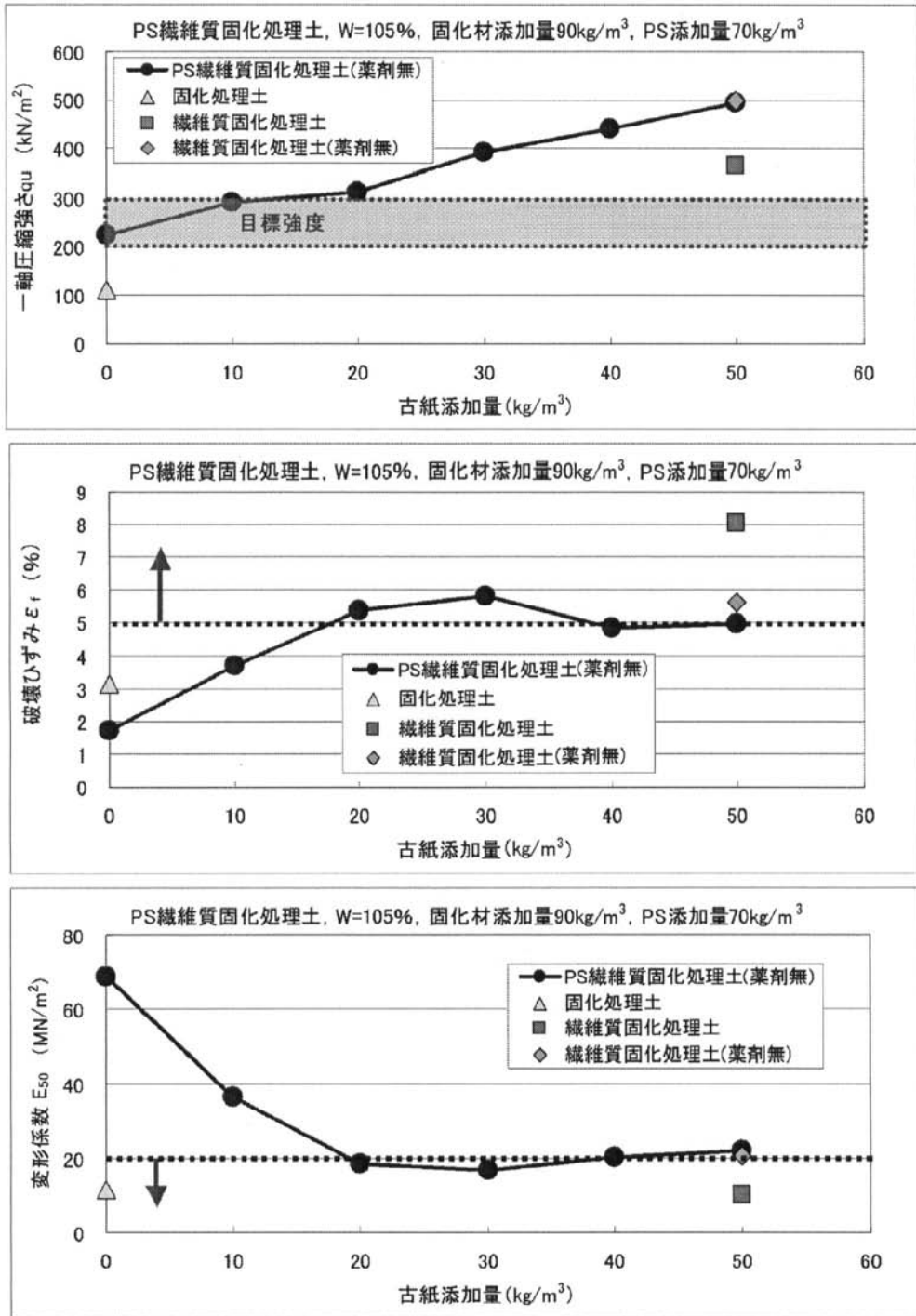
【 図 1 0 】



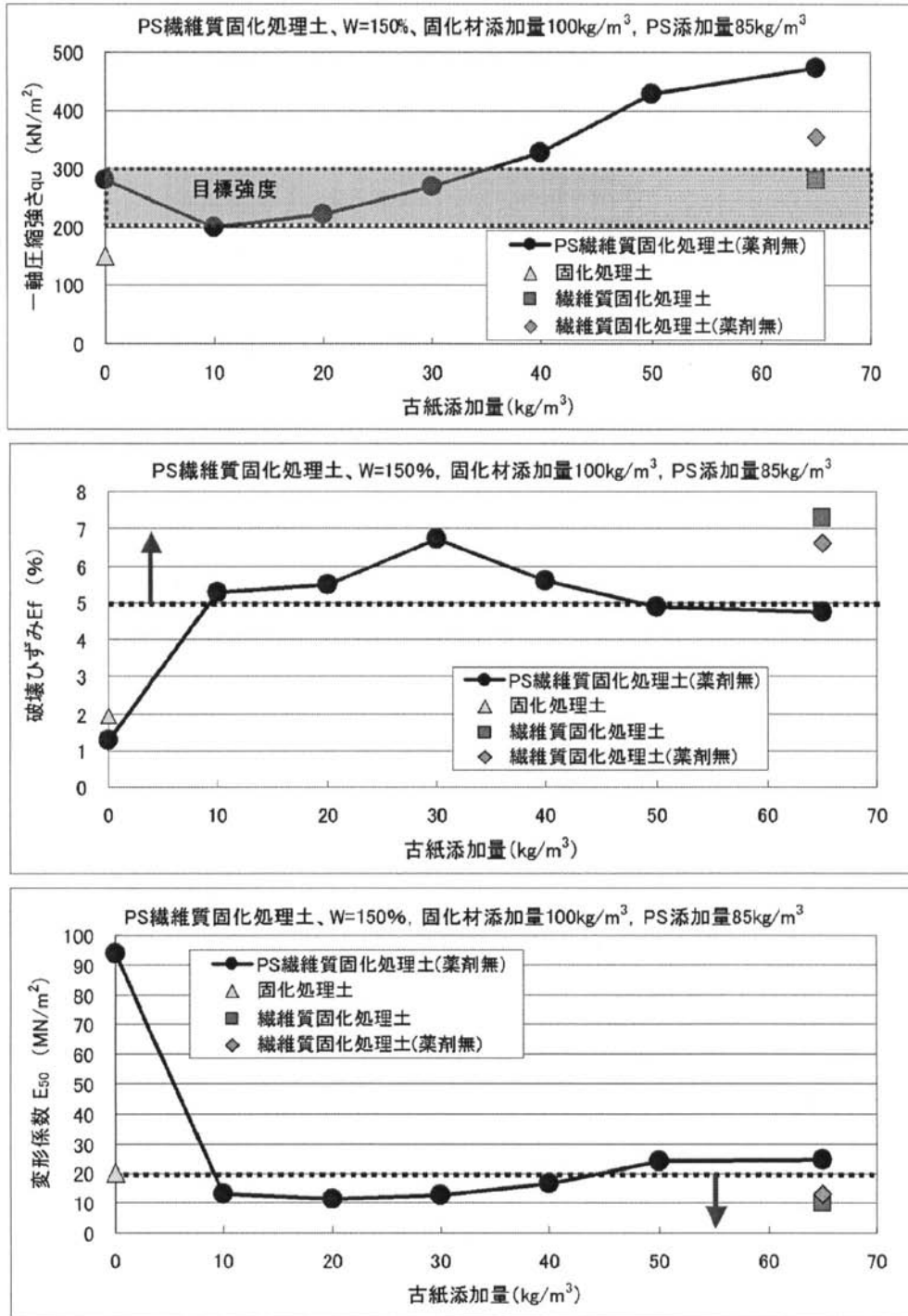
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
C 0 9 K 17/32 (2006.01)	C 0 9 K 17/32	P
C 0 9 K 17/50 (2006.01)	C 0 9 K 17/50	P
C 0 9 K 103/00 (2006.01)	C 0 9 K 103:00	

Fターム(参考) 4D004 AA12 BA10 CA04 CA13 CA15 CA22 CA42 CA45 CC13 DA03
DA10
4D059 AA09 AA30 BD40 BJ00 BK11 CC10 DA66 EB01
4H026 CA01 CB08 CC01 CC02