

建設汚泥の再利用について

Reuse of Construction Sludge

浅田 毅*

溝口 義弘*

要 旨

建設工事で発生した泥土（建設汚泥）を再利用するために、建築現場から採取した試料に市販の固化材を添加したものについて室内で土質試験を行った。その結果、実施工において固化材の種類および添加量の決定に必要な改良土の強度、含水比、pH、衝撃加速度などの基礎的な土質データが得られた。また、一軸圧縮強度と衝撃加速度との間に高い相関関係が得られ、改良土の品質管理に衝撃加速度法が適用できることが分かった。

キーワード：建設汚泥／固化材／強度／衝撃加速度

1. はじめに

平成3年に制定された「再生資源の促進に関する法律」の施行以後、建設工事で発生する建設汚泥の再利用に関する様々な技術が開発されてきた。また、建設汚泥リサイクル指針が平成11年に制定され、建設汚泥の処理方法、処理土の利用用途等がまとめられ今日に至っている。

ここでは、建設汚泥の処理方法の中から、固化材による安定処理を取り上げ、建築現場の場所打ち杭工事で発生した建設汚泥に種々の固化材を添加したものについて、室内で土質試験を行い、固化材による建設汚泥処理に関する品質管理方法を検討した。

2. 建設汚泥のリサイクル処理フロー

固化材の添加による建設汚泥のリサイクル処理のフローを図-1に示す。

処理フローには、(1)建設汚泥に固化材を添加混合し、すぐに敷均して転圧を行うケースⅠと、(2)建設汚泥に固化材を添加混合して養生後に改良土を解きほぐして敷均し、転圧を行うケースⅡの2つのケースが考えられる。

建設汚泥を再利用する場合、上記の処理フローを考慮して固化材の添加量等を検討する必要がある。

3. 試験方法

3.1 試験に用いた試料

試験に用いた試料は、アースドリル工法による場所打ち杭工事で採取した3種類の掘削残土である。それらの物理試験結果を表-1に、粒度分布を図-2に示す。

試料A、試料B、試料Cは、それぞれ砂質土 {S}、シルト {M}、粘性土 {C} であり、3種類の試料とも

自然含水比が高く、リサイクル指針では建設発生土の区分で泥土a、泥土bに属す建設汚泥である。

3.2 試験に用いた固化材

試験には、一般に市販されている固化材A、固化材B、固化材Cを用いた。固化材Aはセメント系、固化材Bは石灰系、固化材Cはセメントと石灰を混合した複合系である。

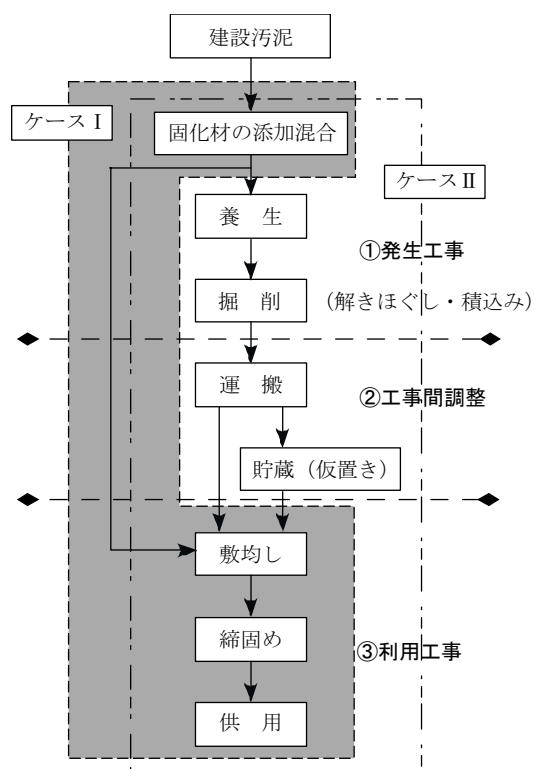


図-1 建設汚泥のリサイクル処理フロー

*土木研究グループ

3.3 固化材添加時の試料密度

固化材の添加量は、建設汚泥の土質、含水比によって大きく左右される。ここでは、固化材を添加する基準となる採取試料の試料密度（以下、基準密度という）を以下の方法で決定する。

- (1) 37.5mmフルイを通過した採取試料を締固め試験に用いる直径150mm、高さ175mmのモールド（カラー装着）に投入して突き棒で25回突いた後、カラーを取って試料表面を平らに均す。
 - (2) 試料を含めたモールド全体の質量を測定し、その値からモールド質量を差し引き、試料の質量を求める。
 - (3) (1)で求めた試料質量をモールドの体積で割って、試料の基準密度を算定する。
- この方法で求めた採取試料の基準密度を表－2に示す。

3.4 試験条件および土質試験

ケースⅠおよびケースⅡにおける試験体の作製方法、土質試験の種類等を次に示す。

(1) ケースⅠ

採取試料に固化材を1m³当たり30、70、100kg添加して試験体を作製し、1、3、7、28日後に一軸圧縮試験、衝撃加速度測定試験、含水比試験、pH測定試験を行う。

(2) ケースⅡ

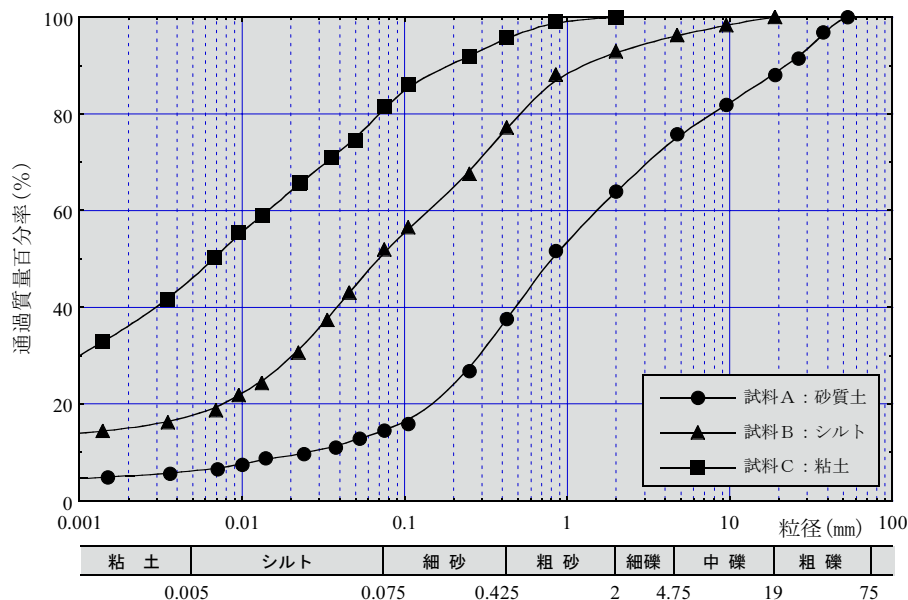
採取試料に固化材を1m³当たり70kg添加して3日間養生後、練り返して試験体を作製し、7、28日後に一軸圧縮試験を行う。

表－3に、試料体の種別を示す。

一軸圧縮試験では、直径50mm、高さ100mmの試験体を用いた。衝撃加速度測定試験では、直径150mm、高さ175

表－1 物理試験結果

試料名	日本統一土質分類	密度 ρ_s (g/cm ³)	自然含水比 w_n (%)	均等係数 U_c	曲率係数 U_c'	液性限界 w_L (%)	塑性限界 w_P (%)
試料A	砂質土 {S}	2.701	26.9	59	2.2	NP	NP
試料B	シルト {M}	2.658	34.1	—	—	31.0	12.6
試料C	粘性土 {C}	2.709	78.4	—	—	58.1	27.6



図－2 試料の粒度分布

表－2 試料の基準密度

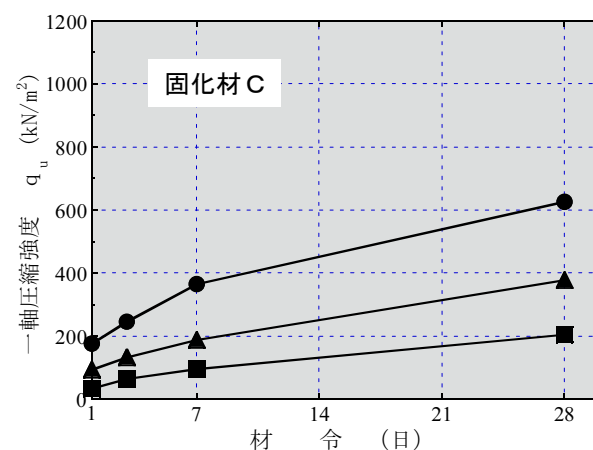
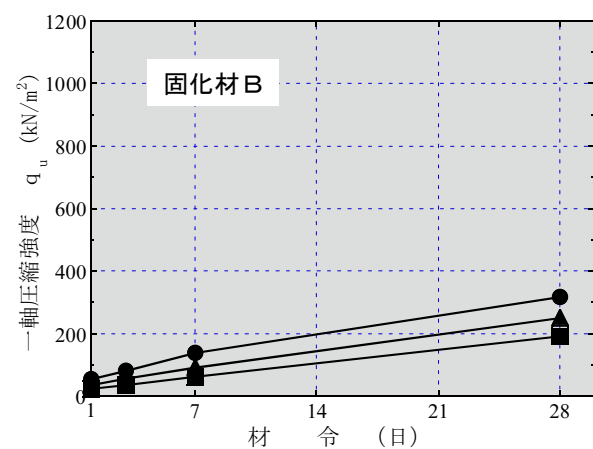
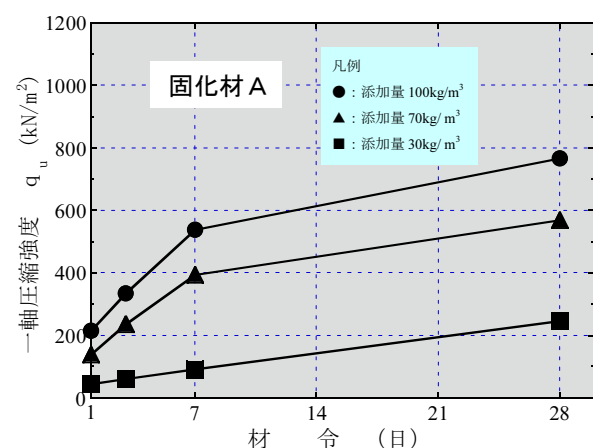
種別	含水比 w_n (%)	全体質量 m_a (g)	モールド質量 m_c (g)	試料質量 m_b (g)	モールド体積 V (cm ³)	密度 ρ_t (g/cm ³)
試料A	26.9	13,233	6,792	6,441	3,093	2.083
試料B	34.7	12,649	6,792	5,857	3,093	1,894
試料C	78.4	11,721	6,792	4,929	3,093	1,584

mmの円筒形のモールドに改良土を投入して作製した試験体の衝撃加速度を、キャスポル（衝撃加速度測定器）によって測定した。

pH測定試験では、試験体の一部分をビーカーに取り、蒸留水に浸して十分攪拌し、しばらく放置後、その上澄

表－3 試験体の種類

No.	試料種類	固化材種類	添加量(kg/m ³)	材令(日)
(1)	試料A,B,C	固化材A,B,C	30,70,100	1,3,7,28
(2)	試料B	固化材A,B,C	70	7,28



図－3 試験体の一軸圧縮強度の推移(試料A)

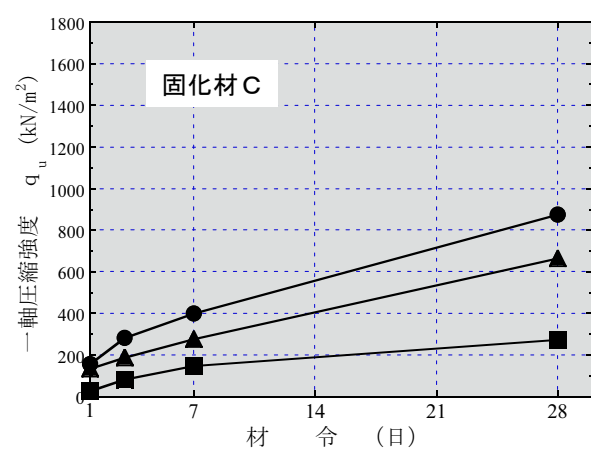
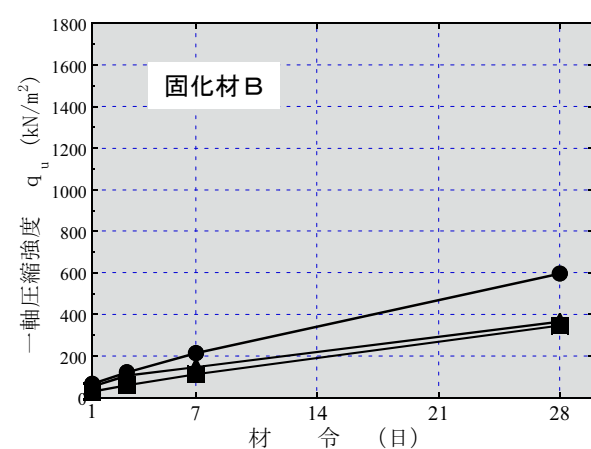
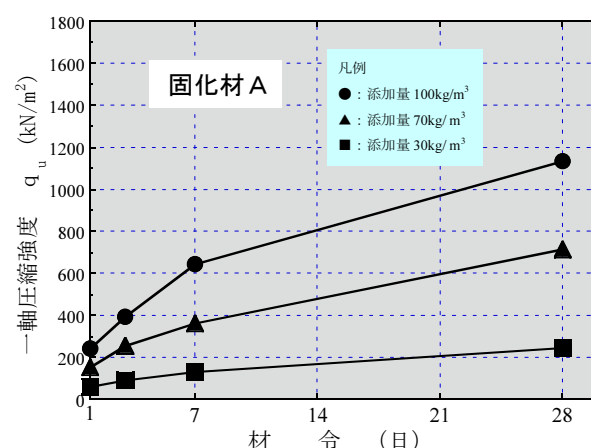
液のpH値を測定した。

4. 試験結果および考察

3.4で述べたケースⅠ、およびケースⅡの試験体について行った試験結果を以下に述べる。

4.1 試験体の材令と一軸圧縮強度との関係

ケースⅠで作製した各試料における固化材の種類、添加量ごとに、試験体の材令と一軸圧縮強度との関係をプロットしたものを図－3～図－5に示す。



図－4 試験体の一軸圧縮強度の推移(試料B)

これらの図から、試料への固化材の添加量が多い程、試験体の強度が大きくなることが分かった。なお、固化材Bを添加した試験体の強度は、他の固化材を添加したものより全般に強度が小さかった。

図-6に、試料Bに1m³当たり70kgの固化材を添加したもののについて、ケースIとケースIIの場合における試験体強度を比較したものを示す。

この図から、固化材B、および固化材Cを添加した試験体では、ケースIとケースIIの強度はほぼ同程度であ

るが、固化材Aを添加した試験体の7日強度では、ケースIとケースIIとはほぼ同じであるものの、28日強度では、ケースIIの試験体強度はケースIの7割程度であった。

4.2 試験体のpH値推移

試料Cについて、試験体の材令とpH値との関係をプロットしたものを図-7に示す。

試料のpH初期値はpH=7.4であったが、図に示すように固化材の添加後すぐにpH=10.5~11.6に変化し、その

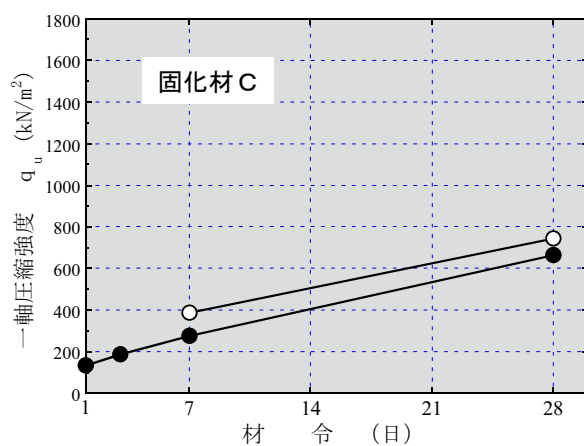
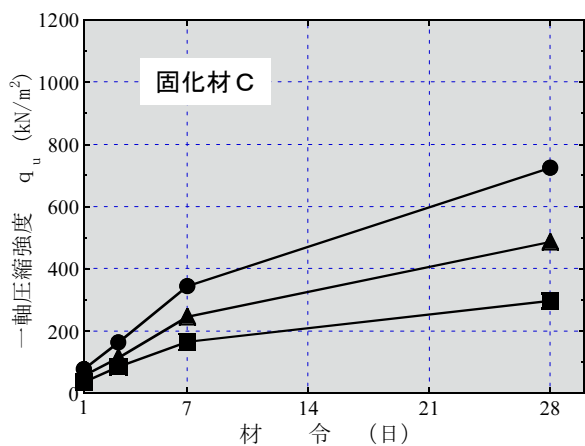
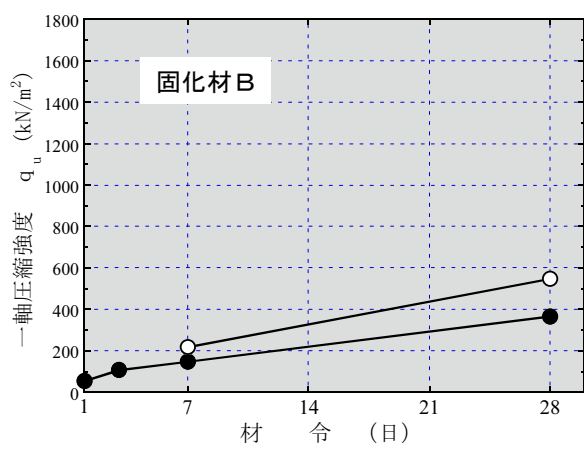
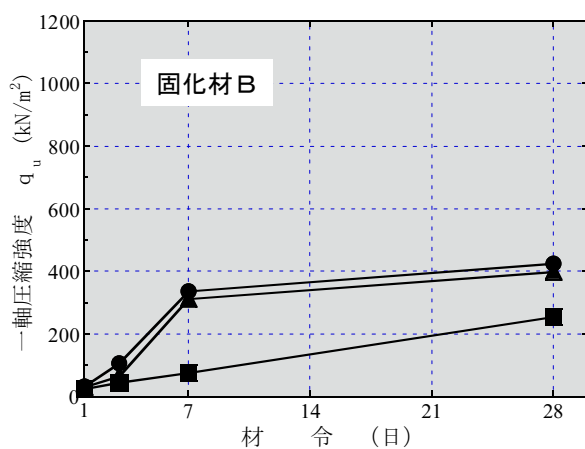
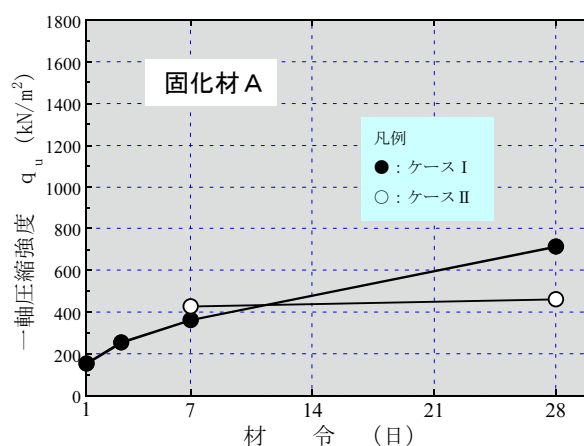
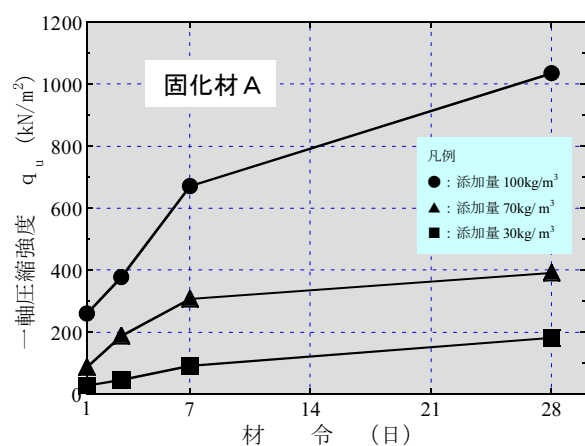


図-5 試験体の一軸圧縮強度の推移 (試料C)

図-6 試験体の一軸圧縮強度の推移 (試料B)

後、やや減少する傾向にある。他の試料Aおよび試料Bについても、同様な傾向を示した。

また、固化材の添加量によるpH値の差異は、あまり認められなかった。

4.3 試験体の含水比推移

試料Cについて、試験体の材令と含水比との関係をプロットしたものを図－8に示す。

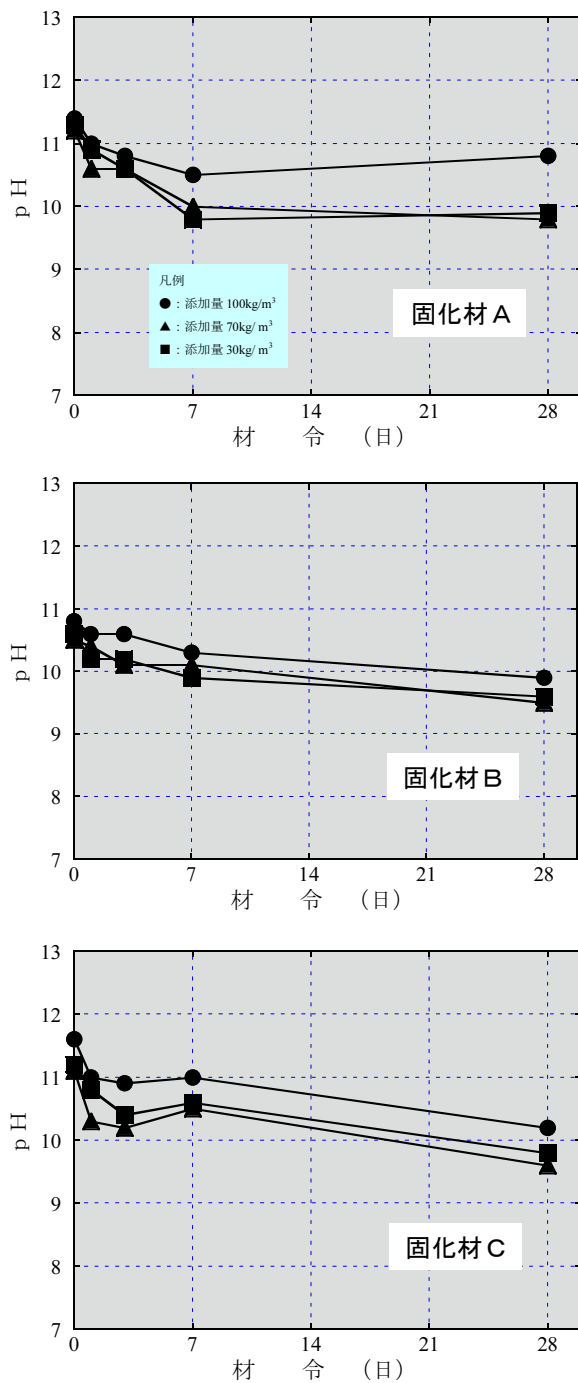
試験体の初期含水比は $w_0=78.4\%$ であったが、固化材の添加直後、 $w_0'=65.0\sim71.9\%$ に変化し、材令7日で w_7

$=53.7\sim62.1\%$ に、材令28日では $w_{28}=36.2\sim47.2\%$ となり、初期に比べ、30%以上減少した。

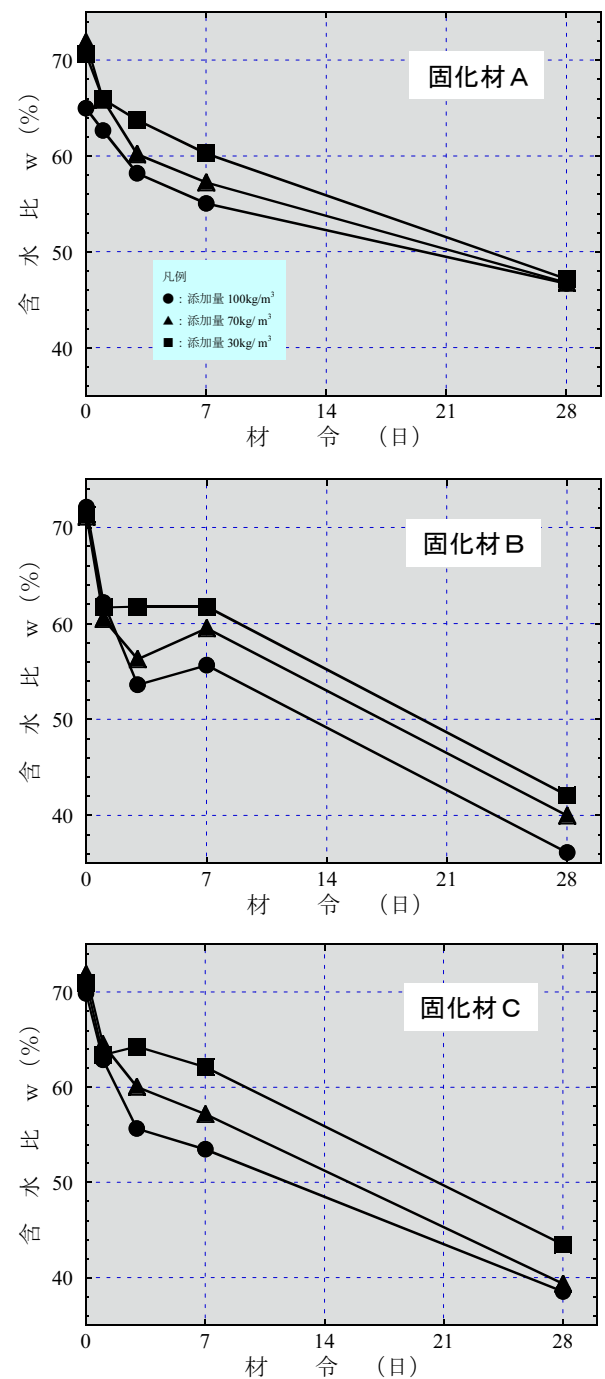
他の試料についても、同様な傾向を示した。

4.4 衝撃加速度と一軸圧縮強度との関係

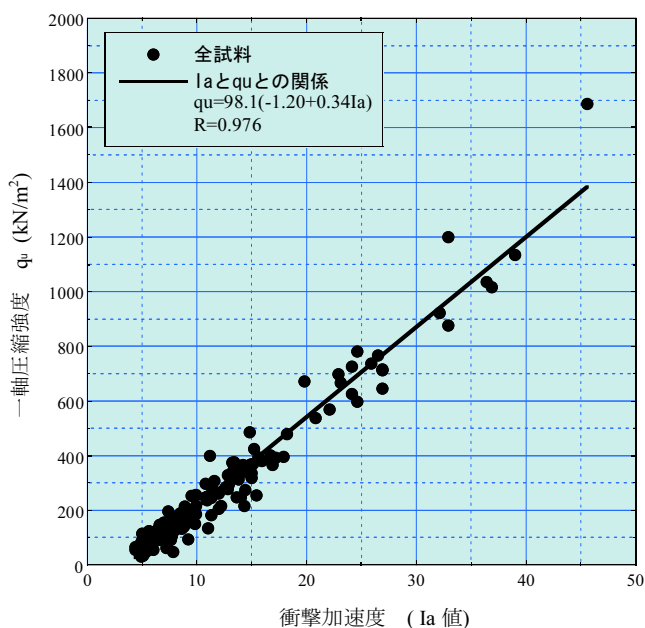
衝撃加速度(Ia値)を横軸に、一軸圧縮強度(q_u)を縦軸に取って試験結果をプロットし、一次回帰したものを図－9に示す。図中に示した回帰式の相関係数は $r=0.97$ であり、両者の間に高い相関関係があることが認められた。



図－7 試験体pH値の推移（試料C）



図－8 試験体の含水比の推移（試料C）



図－9 衝撃加速度と一軸圧縮強度との関係

従って、衝撃加速度を測定することによって、改良土の一軸圧縮強度を算定できるので、改良土の品質管理を即時に行える。

5. 固化材添加量と品質管理方法

室内試験結果を踏まえ、固化材添加量の決定方法および改良土の品質管理方法を次に述べる。

5.1 固化材添加量の決定

(1) 基準密度の測定

建設汚泥は流動性が大きく、これまで試料密度（基準密度）を測定する方法が明確に規定されていない。ここでは、以下の方法を提案する。

3.3で述べたように、締固め試験で用いる直径150mmのモールドに9.5mmフルイ通過分の泥土を投入し、突き棒で25回突き、全質量からモールド質量を差し引いた値をモールド体積で除して求めた湿潤密度を基準密度とする。

(2) 固化材添加量の決定

建設汚泥の土質を確認し、図－3～図－6を用いて必要強度に見合った固化材の添加量を想定し、以下の要領で決定する。

(a) 処理ケースⅠの場合

汚泥に固化材を添加した供試体を作製し、7日間養生する。養生後、供試体の強度を測定し、測定値が必要強度以上であることを確認する。

(b) 処理ケースⅡの場合

ケースⅠと同様に、汚泥に固化材を添加し、3日間

養生後、それらを解きほぐして供試体を作製する。7日間養生後、供試体の強度を測定し、供試体強度が必要強度以上であることを確認する。

両ケースとも、供試体強度が所定強度以下の場合、固化材の添加量を増やし、再度、試料に固化材を添加して供試体強度の確認作業を繰り返して添加量を決定する。

5.2 改良土の品質管理

改良土の品質管理を次の手順で行う。

(1) 施工中の管理

建設汚泥に固化材を添加したものを敷き均し、転圧後、地盤の衝撃加速度をキャスボルで測定して地盤強度が必要強度以上であることを確認する。

(2) 施工後の管理

施工7日後あるいは28日後に、改良地盤の衝撃加速度をキャスボルで測定し、地盤強度が必要強度以上であることを確認する。

(1)および(2)において、地盤強度が必要強度以下の場合、不良箇所の再転圧あるいは改良土の入替えを行う。

6. まとめ

今回行った室内試験の結果、以下のことが分かった。

- (1) 土質の異なる3種類の建設汚泥に市販の固化材を添加した改良土の改良強度、pH値、含水比と材令との関係が得られた。
- (2) 一軸圧縮強度と衝撃加速度との間に高い相関関係があり、衝撃加速度から一軸圧縮強度が算定できる。
- (3) (1)、(2)から、建設汚泥の安定処理に必要な固化材の添加量が迅速に求められ、実施工において改良土の品質の良否がリアルタイムで判定できる。

今後、さらに場所打ち杭工事以外の工事で発生する建設汚泥についても調査を行い、リサイクル処理における汚泥の品質管理手法を確立していきたい。

[参考文献]

- 1) (財)先端建設技術センター編：建設汚泥リサイクル指針,1999年10月
- 2) 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,1994年8月
- 3) 北中克巳：場所打ち杭工法,1989年11月