

special issue: environmental restoration engineering  
 環境特集 環境改善 (水質浄化・土壌浄化)

# ソイルセパレータ工法トータルシステムによる 建設発生土のリサイクル

—伏木富山港（新湊地区）橋梁下部工事における土砂のリサイクル—

小泉 哲也・池田 純・居場 博之

航路により隔てられている新湊地区の東西両地区を結ぶ伏木富山港（新湊地区）「道路（東西線）」を平成14年11月に着工し、現在は主橋梁部下部工事を施工している。本橋脚下部工事では、場所打杭工をリバースサーキュレーション工法で施工し、その際発生する泥水に対して、ソイルセパレータ工法トータルシステムを適用した。ソイルセパレータ工法トータルシステムは分級・脱水システムと固液分離システムで構成され、建設発生土および建設汚泥を建設材料として100%リサイクルすることを可能とした技術である。本報文では当システムの概要および実工事での施工事例について紹介する。

キーワード：リサイクル，減容化，分級・脱水，固液分離，建設発生土，建設汚泥

## 1. はじめに

新湊地区の東西両地区を結ぶ伏木富山港「道路（東西線）」は、富山新港（新湊地区）の西側埋立地より、航路上を横断し東側埋立地を経て、国道415号線に接続する総延長3,600mの臨港道路である（図-1）。本線橋脚（P20, P21）の基礎杭においてリバースサーキュレーション工法が採用された。

この工法は、掘削土が泥水状となって大量に発生することから、建設汚泥の処分量が多くなる。また孔壁崩壊を防ぐため、掘削用循環水中の砂分を取除き、泥水の比重を調整する必要がある。よって掘削で発生する泥水を分級し、取出した良質土（粒径75 $\mu$ m以上の砂）を活用することにより建設汚泥処分量の減容化を図り、土砂処分場の延命化と場外搬出運搬車両台数

低減による地域住民ならびに環境への負荷低減を目的として、ソイルセパレータ工法トータルシステムを適用した。

本報文では、ソイルセパレータ工法トータルシステムの概要および本システムが適用された橋脚下部工事の事例を紹介する。

## 2. ソイルセパレータ工法トータルシステムの概要

ソイルセパレータ工法トータルシステムは、建設発生土を砂分とシルト・粘土分に分級し、砂分を取出す「分級・脱水システム」と、砂分を取出した後の泥水やもともと砂分が少ない泥水中のシルト・粘土分を凝集・脱水する「固液分離システム」から構成されている（図-2）。

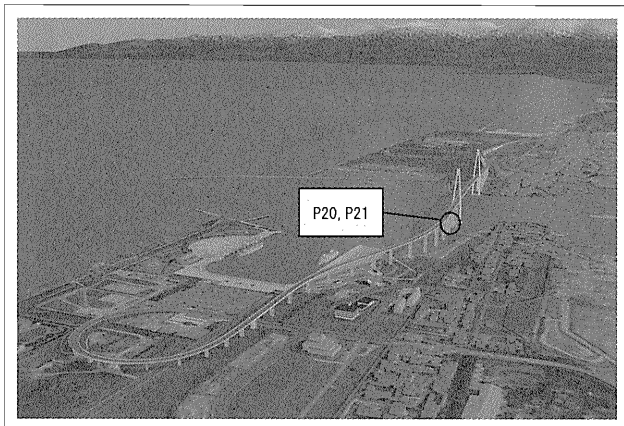


図-1 道路（東西線）完成予想図

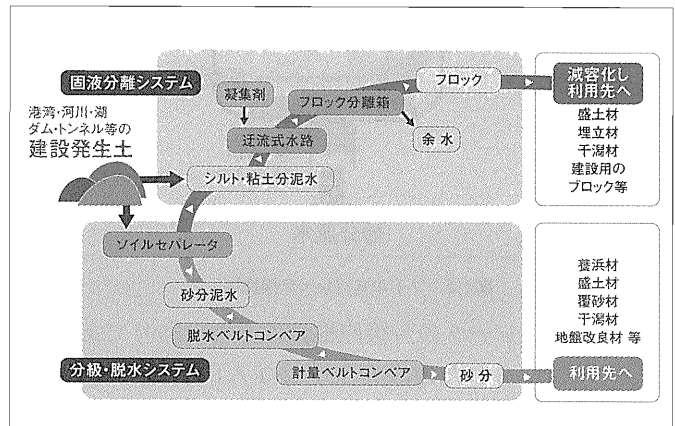
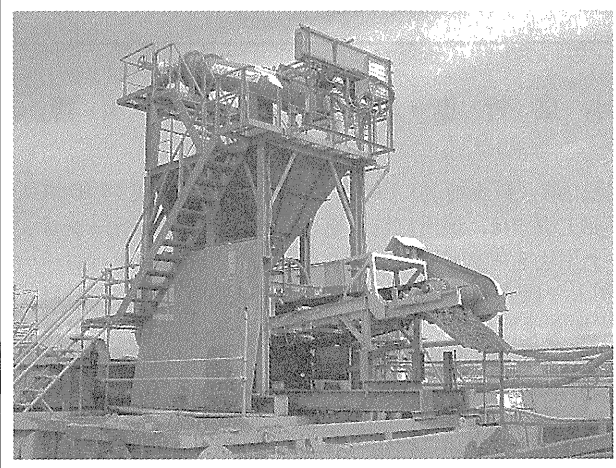


図-2 ソイルセパレータ工法トータルシステムフロー図

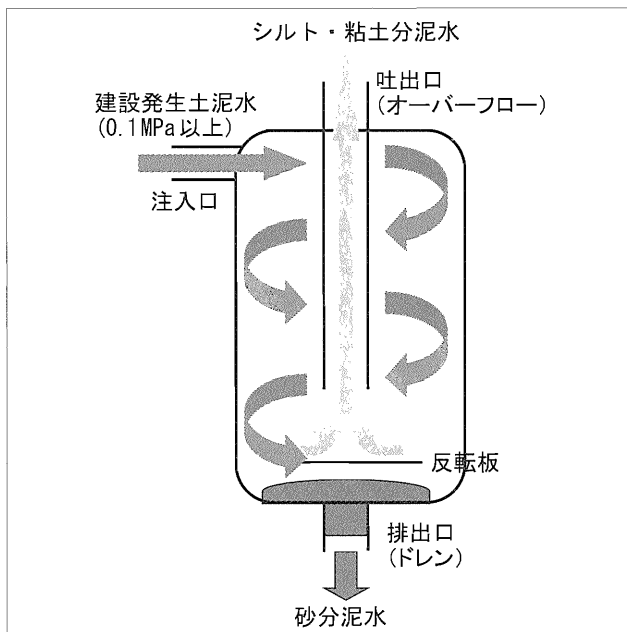
### (1) 分級・脱水システム

分級・脱水システムは、建設発生土を泥水状にし、遠心分離装置の一種であるソイルセパレータにより、砂分泥水とシルト・粘土分泥水とに分離（分級）した後、砂分泥水を脱水ベルトコンベアによって二次脱水して砂を取出す連続処理システムである（写真一1）。



写真一1 分級・脱水システム

ソイルセパレータは、図一3に示すように円筒形の単純な構造となっている。ソイルセパレータには泥水処理能力6~16 m<sup>3</sup>/hr クラスから1,785~2,895 m<sup>3</sup>/hr クラスまで13機種あり、発生泥水量に応じて機種を選定ができる。

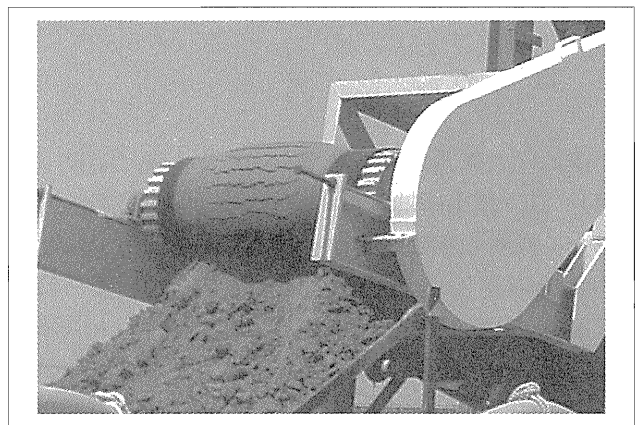


図一3 ソイルセパレータ構造図

ソイルセパレータの分級原理は以下のとおりである。  
①泥水状にされた建設発生土は注入口から、接線方向でソイルセパレータに打込まれ、一様な渦流を起こしながらゆっくりと下降する。

- ②遠心力により粒径の大きな砂分は渦流の外側、粒径の小さなシルト・粘土分は渦流の中心側に分離される。
- ③砂分は内壁に沿って沈降し、本体下部に貯まり、排出口から連続的あるいは間欠的に排出される。
- ④シルト・粘土分を主体とする泥水は下部の反転板によって瞬間的に急減速された後、負圧の中心渦に沿って急上昇し、本体上部の吐出口から外部に排出される。

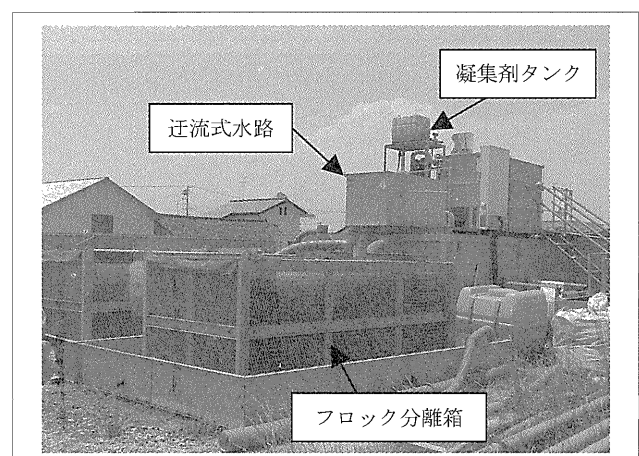
本システムは1時間当りの泥水処理量が最大約3,000 m<sup>3</sup>と従来工法の10倍以上の処理能力を持つうえに、得られた分級砂のシルト・粘土分含有率が5%以下、建設発生土に含まれる砂分の90%以上を分級砂として回収できるなど分級性能に優れている。また脱水ベルトコンベアにより脱水された分級砂の含水比は平均25%程度であり、ダンプ等で容易に積込み・運搬することが可能である（写真一2）。



写真一2 脱水ベルトコンベアから排出される分級砂

### (2) 固液分離システム

固液分離システムは、ソイルセパレータにより分級されたシルト・粘土分主体の泥水やもともと砂分が少



写真一3 固液分離システム

ない泥水を連続的に粗粒化・脱水処理するシステムであり、凝集剤注入装置、迂流式水路、フロック分離箱から構成されている（写真—3）。

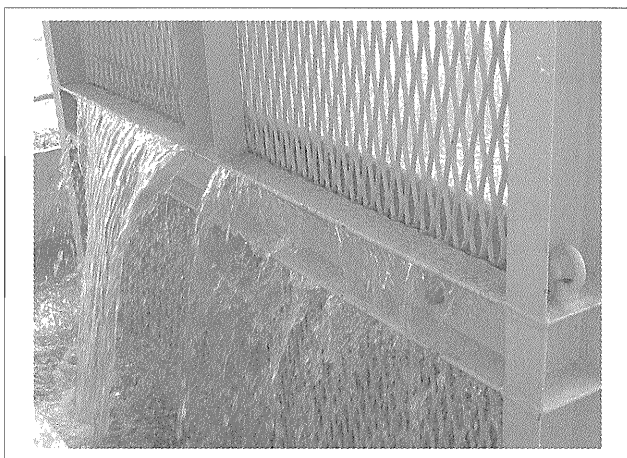
本システムは、写真—4 に示す迂流式水路により凝集剤を効率良く攪拌・混合するため、凝集剤の添加量を最小限に抑制することができる。



写真—4 迂流式水路

また、本システムにより凝集・脱水されたフロックは十分に粗粒化され、脱水が容易であることから、利用目的に合った二次処理（土木の脱水、安定処理、機械脱水等）を行うことで各種建設材料として有効利用することが可能である。

固液分離後の余水は、分級用加水材として循環利用することができ、最終的には排水基準に則り、排水することができる（写真—5）。

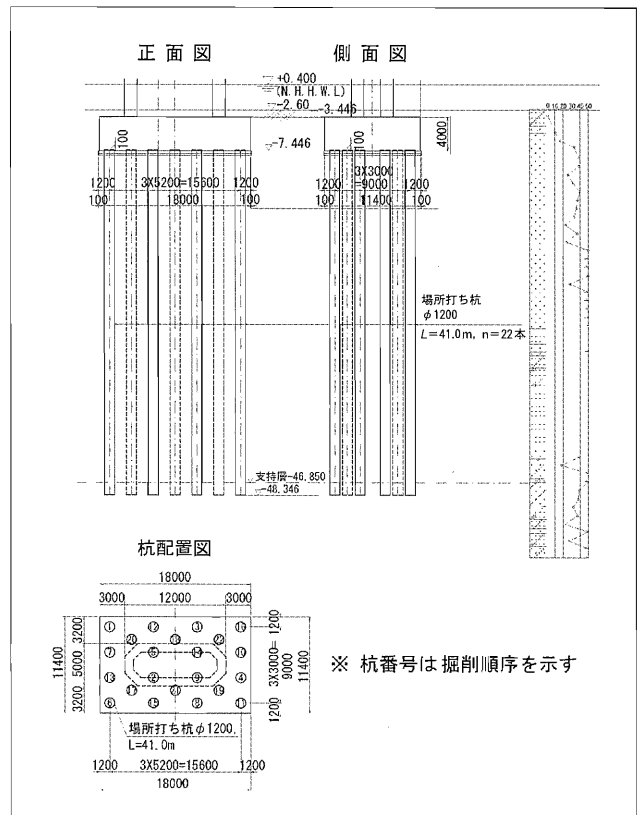


写真—5 固液分離後の余水

### 3. 実工事への適用

#### (1) 工事概要

工事の概要は以下のとおりである。図—4 に場所打ち杭（P20）の詳細図を示す。



図—4 場所打ち杭詳細図（P20）

- ・ 工事名：平成 16 年度（国債）伏木富山港（新湊地区）道路（東西線）橋梁（P20, P21）下部工事
- ・ 工期：平成 16 年 8 月 23 日～平成 18 年 3 月 24 日  
場所打ち杭工施工期間（準備、片付け含む）  
平成 17 年 4 月 1 日～平成 17 年 7 月 28 日
- ・ 施工場所：富山県新湊市海王町地先  
（現在、富山県射水市海王町地先）
- ・ 主要工種および施工数量  
土工：土砂除却、掘削、埋戻（P20, P21）  
 $V=25,816 \text{ m}^3$   
仮設工：二重締切鋼矢板構築  
（鋼矢板Ⅳ型  $L=14.0 \text{ m} \sim 22.0 \text{ m}$ ）1,032 枚  
波受補強杭、タイロッド、腹起・切梁設置  
撤去  $W=602,894 \text{ kg}$   
場所打ち杭工： $\phi 1,200$ ,  $L=39.0 \sim 41.0 \text{ m}$  50 本  
橋脚駆体工：P20： $(B) 18.0 \text{ m} \times (L) 11.4 \text{ m} \times (H) 13.6 \text{ m}$  1 基  
P21： $(B) 20.4 \text{ m} \times (L) 11.4 \text{ m} \times (H) 15.0 \text{ m}$  1 基

#### (2) 主要設備

本工事で用いた分級・脱水システムおよび固液分離システムの主要設備を表—1 および写真—6 に示す。



写真-6 現場全景

表-1 主要設備一覧

名称	形式・能力	数量(単位)	備考
振動ふるい	1.5 W×3.6 L	1 (台)	水平二段式
スラリーポンプ	190 kW	1 (台)	
スクリュウデカンタ	23~32 m³/hr	1 (台)	
分級・脱水システム			
ソイルセパレータ	RFD-1000, 375~705 m³/hr	1 (台)	
脱水ベルトコンベア	0.9 W×6.0 L, 最大 16 m³/hr	1 (台)	
固液分離システム			
迂流式水路	30 m³/h	1 (基)	ノッチタンク
フロック分離箱	10 m³	2 (基)	
沈殿槽	20 m³	1 (基)	
原水ポンプ	0.5 m³/min	1 (台)	
薬注ポンプ	80 L/min	1 (台)	

(3) 泥水処理フロー

本工事の場所打ち杭工において、掘削時に発生する泥水に対して分級・脱水システムが適用され、砂分とシルト・粘土分主体の泥水に分級された。分級された砂は堤内の埋戻し等に用いられ、シルト・粘土分主体の泥水はスクリュウデカンタにより比重調整された後、

再び掘削時に循環利用された。また、コンクリート打設時に発生する余剰泥水に対して固液分離システムが適用され、フロックと余水とに分離された。本工事における泥水処理フローを図-5に示す。

(4) 施工管理

本工事では、図-6に示すように、計測した泥水の

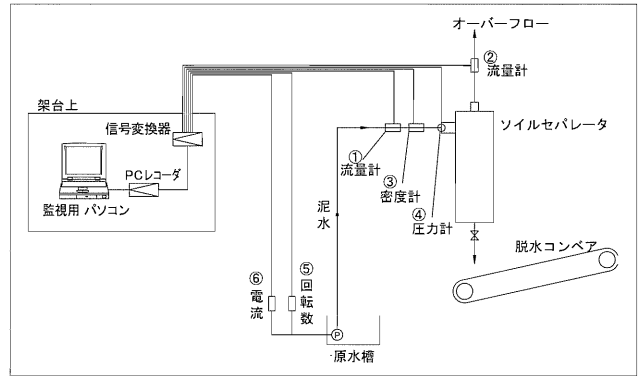
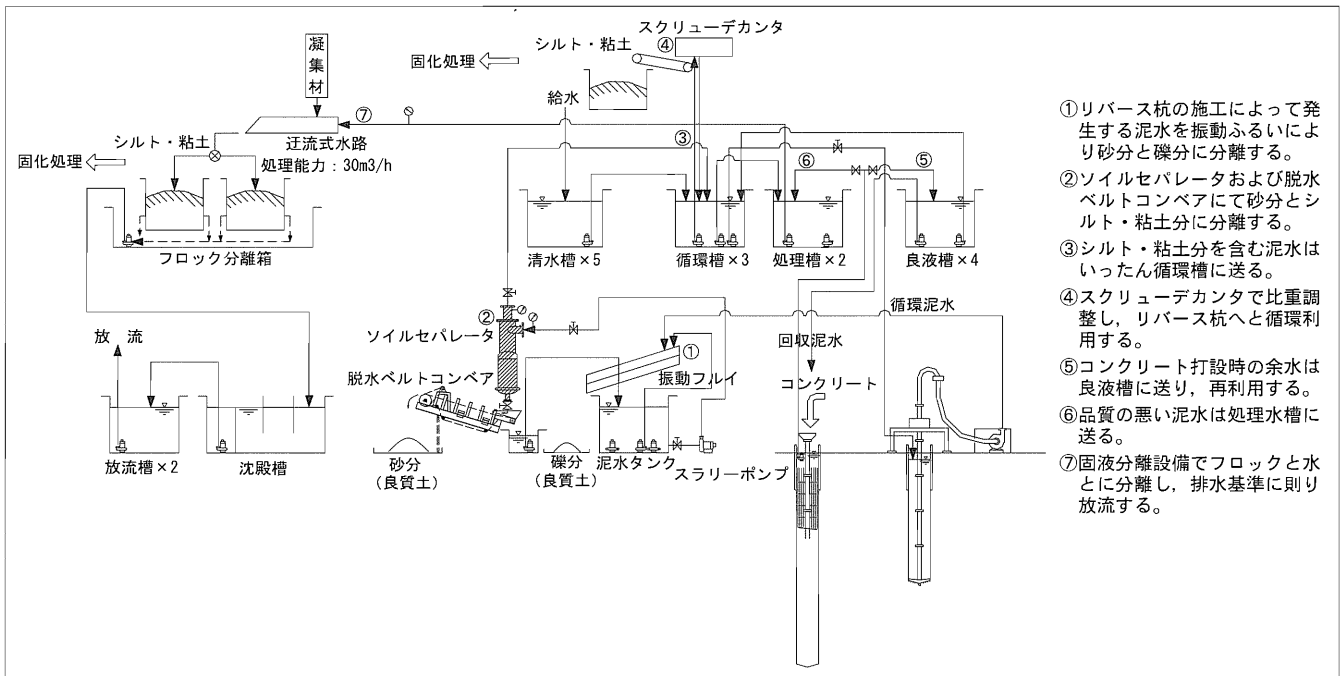


図-6 施工管理装置



- ①リバース杭の施工によって発生する泥水を振動ふるいにより砂分と礫分に分離する。
- ②ソイルセパレータおよび脱水ベルトコンベアにて砂分とシルト・粘土分に分離する。
- ③シルト・粘土分を含む泥水はいったん循環槽に送る。
- ④スクリュウデカンタで比重調整し、リバース杭へと循環利用する。
- ⑤コンクリート打設時の余水は良液槽に送り、再利用する。
- ⑥品質の悪い泥水は処理水槽に送る。
- ⑦固液分離設備でフロックと水とに分離し、排水基準に則り放流する。

図-5 泥水処理フロー図

密度，流量，圧力，送泥ポンプの回転数，負荷電流をパソコンに画面表示し，リアルタイムに監視しながら運転管理を行った。また，TVカメラによる局所監視や，振動ふるい，送泥ポンプ等の遠隔操作による集中管理にて，施工の効率化，省力化を図った。

(5) 品質管理

本工事の場所打ち杭工における掘削土量，分級して得られた分級砂量および固液分離システムにて処理した泥水量を表一2に示す。

表一2 工事実績

掘削土量	2,255 m <sup>3</sup>
分級砂量	1,535 m <sup>3</sup>
固液分離処理泥水量	2,640 m <sup>3</sup>

分級・脱水性能を確認するため，ソイルセパレータに供給される前の原泥水，分級された分級砂およびシルト・粘土主体の泥水（オーバーフロー泥水）のサンプリングを行い，土質試験（含水比，粒度，土粒子密度）を実施した。表一3に土質試験結果を示す。

表一3 土質試験結果

項目	原泥水	分級砂
含水比 (%)	247.3	25.5
砂分含有率 (%)	60.9	95.2
シルト・粘土分含有率 (%)	39.1	4.8
土粒子の密度 (g/cm <sup>3</sup> )	---	2.662

\*各数値は，土質試験結果の平均値

これらの結果より，砂分含有率 60.9% の原泥水から砂分含有率 4.8%，含水比 25.5% の高品質な砂が得られ，高い分級・脱水性能が確認された。分級されたシルト・粘土分主体の泥水は，孔壁崩壊を防ぐため，スクリーデカンタにより泥水比重を 1.02~1.08 に管理され，掘削用循環水として利用された。また，固液分離された余水は，表一4に示すように環境基準値を満たすのを確認した後，放水された。

表一4 固液分離処理結果

	データ①	データ②	データ③	データ④	データ⑤	環境基準値
濁度(処理前)	60,000	46,000	58,000	60,000	50,000	—
濁度(処理後)	10	10	10	6	5	—
水素イオン濃度(pH)	7.83	7.83	7.84	8.03	7.45	5.8以上 8.6以下
化学的酸素要求量(COD)	7	7	5	5	5	20 mg/L
浮遊物質(SS)*	10.9	10.9	10.9	6.5	5.5	70 mg/L

\*水質試験結果より，SS=濁度×1.0916

4. おわりに

今回，ソイルセパレータ工法トータルシステムを橋梁下部工事の場所打ち杭工（リバース杭）に適用し，2,255 m<sup>3</sup> の掘削土砂から 1,535 m<sup>3</sup> の分級砂を回収することができた。

これにより，土砂処分量が削減され，土砂処分場の延命化および場外搬出運搬車両台数低減による地域住民ならびに環境への負荷低減が図られた。また，得られた分級砂は堤内の埋戻等に有効利用され，山砂等の新材採取による自然環境への負荷を低減することができたと考えられる。

最後に，本工事に関してご指導，ご協力頂きました関係者各位に深く感謝いたします。

JCMA

《参考文献》

- 1) 三浦 仁・加藤 謙・薄井治利：浚渫土砂を材料化する新しい分級システム，第 38 回地盤工学研究発表会，pp.2303-2304，2003.7
- 2) 村山伊知郎・渡辺洋一・薄井治利・加藤 謙：関門航路浚渫土分級工事，土木学会第 58 回年次学術講演会，pp.429-430，2003.9
- 3) 井上俊輔・古田幸三・田中泰弘：分級による浚渫土砂の画期的な有効活用—関門航路浚渫工事における土砂の分級—，建設の機械化，No.643，pp.4-8，2003.9
- 4) 加藤 謙・薄井治利：浚渫土砂を 100% リサイクルするソイルセパレータ工法，第 39 回地盤工学研究発表会，pp.2245-2246，2004.7

[筆者紹介]



小泉 哲也 (こいずみ てつや)  
国土交通省  
北陸地方整備局  
伏木富山港湾事務所  
所長



池田 純 (いけだ じゅん)  
東亜・若築特定建設工事共同企業体  
新湊臨港道路作業所  
所長



居場 博之 (いば ひろゆき)  
東亜建設工業株式会社  
技術研究開発センター  
研究員