

地盤改良 2（化学的安定処理）

(株)日建設計 石井 武司

本部門では合計66編（論文番号：1096～1161）の研究発表が7セッションに分かれて行われた。発表内容を項目別に分類すると表一1のようになる。ここ最近の傾向であるが、発表論文の1/3がリサイクルにかかわるもの、すなわち、流動化処理土、建設発生土や副産物の有効利用である。また、品質の管理や評価に関連する研究も増えている。以下、表一1の項目に従って各研究を概観する。

泥炭、ローム、火山灰質粘性土などの特殊土を対象とする地盤改良の効果に関する発表（1146, 1149～1152）では、いずれも改良要因についてエトリンガイトの生成に着目している。フロアからその生成と膨張の影響に関して活発な議論がなされた。一般に化学的安定処理工法は対象土によって使用する改良材が異なる。このため、特殊土に対する研究は実務に直接反映する貴重な資料となり得る。さらなるデータの蓄積が望まれる。

セメント安定処理工法の分野では、長期材齢に関して、現場試験施工の材齢7年の耐久性（1099）、養生期間3年後の強度・変形特性（1100）、現場における養生期間1年後の強度・変形特性（1128）についての研究が発表された。そのほか、中空ねじりせん断を用いたセメント改良砂のせん断強度特性に関する研究（1127）や土の物理・化学的定数から配合強度を推定する研究（1160）もあった。

石灰系安定処理工法については、生石灰パイルの円筒拡幅効果に着目した設計法の提案（1111, 1112）がなされた。また、明礬石を利用した研究（1147, 1148）では、自硬性固化材の固化メカニズムとその改良効果が示された。ただし、改良効果の評価精度の向上や適用範囲の明確化が必要と思われる。

深層混合処理工法に関しては、杭式改良地盤における応力～ひずみ関係の評価方法（1103）、支持力（1105）および応力分担比（1106）の研究があった。また、自立擁壁の破壊形態についての研究（1104）が発表された。いずれも改良された地盤の挙動解明や、強度評価方法と設計方法の開発に関するものであった。このほかに、攪拌模型実験による強度特性（1096）、配合試験における上載圧力の影響（1098）、着底管理システム（1113）の発表が行われた。

事前混合処理工法の分野については浚渫土の再利用に関する研究が3編あった。それらは、輸送管路内における固化処理工法（1124）、施工時の材料分離問題（1125）、強度のばらつきの処理方法（1126）に重点がおかれていた。

ソイルセメント工法では、フラクチャーによる改良体周囲の強度増加を指摘した研究（1110）、カッタービットチェーンを用いた工法の事例（1114～1116）が報告された。また、施工中に発生する汚泥の発生源対策も環境に対する関心の高まりとともに重要性を増すものと思われる。その観点で、汚泥発生を分散剤で抑制する研究（1136）は注目される。

改良土の評価方法においては、ユーザーの立場から定量的に性能を評価する考え方と評価方法を提示した論文（1101）が出された。詳細な手法の確立や設計・施工への展開に着目したい。また、品質の確認方法として、攪拌状況を顔料で可視化した研究（1102）、電気インピーダンス比を用いた研究（1108, 1109）が報告された。さらに、落下荷重式変形測定装置による非破壊試験

表一1 研究内容の分類（地盤改良2(化学的安定処理) 66編)

項 目	発表 件数	内 容
対象土別の改良効果	5	特殊土（1146）、泥炭（1149）、関東ローム（1150）、火山灰質粘性土（1151）、大道粘土（1152）
セメント系安定処理	5	長期材齢[耐久性（1099）、強度・変形特性（1100, 1128）]、改良砂のせん断強度（1127）、配合強度（1160）
石灰系安定処理	4	円筒拡幅効果（1111, 1112）、明礬石の利用（1147, 1148）
深層混合処理	7	強度特性 [攪拌模型実験（1096）、室内配合試験（1098）]、杭式改良地盤[応力・ひずみ関係（1103）、支持力（1105）、応力分担比（1106）]、自立擁壁の破壊形態（1104）、着底管理システム（1113）
事前混合処理	3	浚渫土の再利用 [管中混合固化処理（1124）、水中打設特性（1125）、強度のばらつきの処理方法（1126）]、
ソイルセメント	5	フラクチャー（1110）、掘溝式連続地盤改良方法 [大深度（1114）、地中障害物（1115）、配合設計（1116）]、汚泥発生の抑制（1136）
改良土の品質評価	8	性能評価（1101）、矩形改良体の攪拌混合状況（1102）、ラップ部の品質（1107）、電気インピーダンス比（1108, 1109）、非破壊試験（1123）、固化材添加量の推定方法（1153）、一軸圧縮試験の供試体寸法（1161）
地盤改良の適用	6	掘削底面下の変状抑制対策（1117）、ヒービング防止（1118）、近接施工（1119）、高盛土の安定対策（1120）、改良杭の破壊事例（1121）、沈下対策（1122）
流動化処理土	6	品質管理（1137）、強度特性（1138）、固化材の開発（1139）、夏期条件下の流動性（1140）、石炭灰の利用（1141）、配合試験（1142）
建設発生土	4	生石灰安定処理土の再利用（1134）、固化粉碎土（1143）、真空加圧脱水（1144, 1145）、
副産物の有効利用	12	石炭灰 [深層混合処理工法（1097）、埋戻し材（1154）、長期強度抑制固化材の開発（1155）、混合灰の強度特性（1156）、泥土の固化処理（1157）、安定処理（1158, 1159）]、プラスチック廃材（1129）、高炉スラグ微粉末（1131）、下水汚泥焼却灰・アルミニウム汚泥（1132）、ごみ熔融スラグ微粉末（1133）、貝焼却灰・保温材屑・石炭灰（1135）
工業材料	1	アクリル系エマルジョン改良土（1130）

（1123）や、固化材添加量の推定方法（1153）の提案もあった。

地盤改良の適用に関しては、FEM解析を用いた地盤改良範囲の設計（1117, 1118, 1120, 1122）と現場事例（1119, 1121）が報告された。前者の研究が対象とする課題は、開削底面下のトンネルの変状抑制対策（1117）、ヒービング防止（1118）、高盛土の変状対策（1120）、および道路の沈下対策（1122）である。今後もコストダウンに向けて、変形を考慮した設計などに数値解析が積極的に活用されていくものと思われる。そのための貴重な事例として、いずれの研究にも正確な結果の検証とその報告が望まれる。また、これまで安定処理土では単にその強度が注目されてきたが、このような設計を行うためには変形特性に着目したデータを蓄積することの必要性が痛感される。現場事例に関する報告（1121）では、その破壊は改良杭が将棋倒しのように傾斜するモードになっていないかとの質問があった。これは現行設計法で考慮されていないモードであるので、今後さらなる検討が望まれる。

流動化処理土工法については、現場あるいは室内における処理土の強度、流動性、配合設計などについての研究（1137, 1138, 1140, 1142）が発表された。このような研究の積重ねが工法の普及に大きな役割を果たしており、今後も期待したい分野である。また、セメント・石灰複合系固形材（1139）や石炭灰を用いた処理土（1141）の報告もあった。フロアからは泥水密度、フロ一値の考え方について意見が交わされた。

流動化処理土工法を除いた建設発生土の有効利用では、凍害で

劣化した生石灰安定処理土の再利用（1134）、高含水比の土砂を固化材で安定処理した後に破碎した材料の強度特性（1143）、建設汚泥を真空加圧脱水装置で改良した土の性状と盛土・埋戻しへの適用（1144, 1145）の発表が行われた。

副産物の有効利用では、12編のうち7編が石炭灰の利用である。石炭灰の有効利用に関する発表は近年増加している。本年は、深層混合処理工法におけるスラリーの安定材（1097）、埋戻し材（1154）、長期強度抑制材の一成分（1155）、不良土の土質安定処理材（1157～1159）についての研究があった。また、微粉炭石炭灰と流動床石炭灰を混合した灰の諸特性（1156）も報告された。石炭灰以外では、プラスチック廃材（1129）や高炉スラグ微粉末（1131）を用いたセメント系安定処理土、および下水汚泥焼却灰やアルミニウム汚泥を用いた石灰系安定処理土（1132）の強度特性に関する発表が行われた。また、ごみ熔融スラグ微粉末（1133）や電力副産物の利用（1135）についても報告された。12編のうち、実工事に適用した報告は1編（1097）のみである。そのほかの研究からもこのような報告がなされることを期待した

補強土、軽量盛土

総 括

九州大学 大嶺 聖

「補強土、軽量盛土」のセッションでは69編の発表が行われた。このうち、57編が補強土、12編が軽量盛土に分類される（表－1）。補強土については、種々の工法が精力的に進められており、また、耐震性や耐久性の問題がこれまで以上に取りあげられ、過去の発表会の中では一番多い発表件数となっている。一方、軽量盛土については、昨年に比べ発表件数が少なくなっているが、これは平成9年度に「軽量地盤材料の物性評価に関する研究委員会」が発足し、今回の発表会の中でディスカッションセッションが別に設けられたためである。

補強盛土については、補強効果だけでなく、排水機能を合わせ持つ補強材の研究が増えている。補強効果としては、補強材の形状・剛性の効果（1163, 1164）、拘束効果（1170）、そして、プレロード効果（1162）が各種の試験や数値解析により検討されている。これらの効果に対して補強材の間隔がどのような影響を及ぼすのかを、今後さらに明らかにする必要がある。ジオシンセティックスなどを用いた水平排水材の有効性を明らかにするため、急勾配盛土の実物大実験による長期安定性（1176, 1177）と数値解析（1173）の結果が報告されている。また、排水機能と補強機能の安定性への寄与（1178）、排水層設計の手法（1174）が検討されているが、今後、排水と補強の両方の効果を取り入れた設計手法の確立が望まれる。

補強土壁構造物は施工が容易であり、耐震性が高いなどの理由で採用実績が増加している。耐震性に関して、振動台実験（1191, 1192）や地震時土圧（1193, 1194）に関する報告が行われた。壁面変位に関する検討（1169, 1203）や動態観測（1204～1206）の結果も報告されている。設計法を確立するためには、これらの研究成果の蓄積が必要である。また、建設発生土の問題が深刻化するなかで、低品質粘性土の補強土壁への適用性を示唆する興味深い研究も行われている（1202）。プレローディッド・プレストレス（PL-PS）補強土壁工法については、室内実験（1199, 1200）実物大実験（1195～1197）、長期観測（1198）の一連の研究成果が報告されている。テールアルメについては、品質評価（1207）、耐久性（1209）、壁面補修方法（1210）など

い。

建設発生土や副産物に関しては有効利用の促進が社会的に要請されており、その用途と範囲がさらに拡大されることが望まれる。

セメントや石灰以外の工業材料では、アクリル系エマルジョンを用いた改良土の靱性と強度特性の報告（1130）があった。

セッションは聴講者の入れ替わりが多いものの、いずれもほぼ満席状態で、盛会であったと思う。本部門にかかわる技術の領域が幅広く、様々な分野の研究者や技術者が高い関心を持っていることが伺われた。今後、適用対象の拡大、処理方法の多様化、経済性、性能や品質の要求、リサイクルや環境保全の要請などは、多くの新たな課題を生んでいくものと思われる。多数の研究者や技術者による精力的な研究が期待される。

最後に、本稿をまとめるにあたり、本部門の副座長を務めた乗安直人氏、野津光夫氏、竹村次朗氏、相良昌男氏、西田耕一氏、米澤豊司氏から各セッションのメモをいただいた。ここに記して謝意を表す。

表－1 研究内容の分類（補強土、軽量盛土）69編）

項目・対象		発表 件数	内 容
補 強 土	盛土補強	14	粘性土のプレロード効果（1162）、補強材の形状と剛性（1163, 1164）、引抜き試験のモデル化（1165）、ジオテキスタイルの引抜き特性（1167）、拘束効果（1170）、アンカー鉄筋（1171）、排水補強材（1173, 1174, 1176～1178）、基礎の剛性（1187）、補強盛土の安定（1201）
	補強土壁	22	安定処理土と補強材の引抜き特性（1166）、スチールグリッド補強土（1168）、耐震性（1191, 1192）、地震時土圧（1193, 1194）、PL-PS工法（1195～1200）、補強土壁の安定（1202, 1204～1206, 1208）、壁面変位（1169, 1203）、品質管理（1207）、耐久性（1209）、壁面補修（1210）
	地山補強	8	補強材の配置（1211）、管理指標（1212）、竹割型掘削（1213）、耐震性（1214, 1215）、引抜き性能（1216）、山留め反力（1217, 1218）
	補強基礎	1	引上げ抵抗（1190）
	支持力補強	3	「土のう」式補強（1186）、ジオセル（1188）、最適敷設深さ（1189）
	混合補強土	4	強度特性（1182, 1183, 1185）、堤防強化対策（1184）
軽 量 盛 土	そのほか	5	袋詰め脱水処理（1179～1181）、ジオシンセティック材料（1172）、不織布シートの透水性（1175）
	気泡混合土	6	強度特性（1219, 1220）、側方土圧（1221）、水中分離特性（1225, 1226）、耐久性（発泡ビーズ混合土を含む、1227）
	EPSブロック	4	沈下解析（1224）、耐震性（1228～1230）
	そのほか	2	エア－ベントナイト・セメントミルク（1222）、廃棄EPSインゴット材（1223）

が報告されている。

ロックボルト等の棒状補強材を用いた地山補強土工法は、これまで要素試験や模型実験（1216～1218）、実物大実験（1211）、現場計測等で多くの知見が得られている。施工実績に基づいた管理指標の分析（1212）や掘削土量の低減につながるも期待される新しい構造物基礎掘削方法の提案（1213）もなされている。また、複合構造を有する新しいタイプの土留め壁の耐震性が検討されている（1214, 1215）。今後は、許容変位を考慮した限界状態設計法や地震時設計法の進展を期待する。

支持力補強では、「土のう」式補強土工法（1186）が多くの現場で試験施工されていることが報告され、実用化間近であることが感じられた。また、交通荷重に対するジオセルの沈下抑制効果