

## 4. 地盤挙動；地盤改良（締固め・液状化対策、深層混合処理・高圧噴射搅拌、浅層改良ほか、薬液注入）

### 総括

戸田建設株技術研究所 伊勢本 昇昭

#### 1. 報告

地盤挙動—地盤改良に関する本部門では、①締固め・液状化対策、②深層混合処理・高圧噴射搅拌、③浅層改良ほか、④薬液注入からなる4セッション、合計34編の研究発表が行われた。表一にセッションごとの研究内容の分類を示す。本報は、上記4セッションで発表された研究・討議内容を踏まえて、これらの分野における研究ならびに技術動向、現状での問題点と将来展望についてとりまとめたものである。

#### 2. 研究ならびに技術動向

上記4セッションでは、それぞれ異なる地盤改良工法を対象としている。セッション①の研究内容は、液状化対策を目的とした静的締固め砂杭工法に用いる施工機械や改良効果の検証事例、締固め工法による改良地盤の飽和度と土質あるいは液状化強度との関係、グラウト圧入工法の設計法や締固め効果、薬液注入工法における注入圧力や長期耐久性、に分類される。会場では、締固め効果に及ぼす拘束圧の影響、設計に考慮可能な飽和度の低下量、グラウト圧入に伴う側圧増加効果などに関する討議が行われた。

セッション②では、深層混合処理工法における改良形態の選定、経済性や環境への影響を考慮した新しい改良工法の開発、改良体の強度や径に着目した改良工法の見直し、鉄道軌道下の掘削工事などの近接施工への適用事例に関する発表が行われた。実際の設計に当たって提案した改良形態をいかに一般化していくか、模型実験や簡略化した条件下と実際の地盤挙動の関係、工法選定や施工上の留意点および施工時における改良効果と施工後の地盤挙動、などが議論のポイントとなった。

セッション③では、浅層改良工法の施工法、適用事例、品質管理方法などに関する研究、セメント系安定処理工法による改良体の強度特性や強度管理方法に関する発表が行われた。浅層改良工法については、フロアから施工能率や改良地盤強度の評価法、施工手順と周辺地盤変位との関係など、セメント系安定処理工法全般については、実際の施工と室内実験における搅拌精度の違いや強度への影響、供試体の不均一性、薬剤混合による強度低下のメカニズムなどの討議が行われた。

セッション④では、止水性あるいは強度・剛性の確保を目的とした薬液注入工法の配合設計に関する室内実験や現場実験、近接施工事例、浸透注入工法におけるグラウトの浸透固結性状を確認するための室内および野外実験、粘性土地盤の沈下挙動と過圧密比との関係、拘束圧下での改良体のせん断特性などに関する発表が行われ、

表一 研究内容の分類（34編）

項目	発表件数	内 容
締固め液状化対策	9	静的締固め砂杭（500, 501）、SCP改良地盤の飽和度・液状化強度（502, 503）、静的圧入締固め工法（504, 505, 506）、薬液浸透注入工法（507, 508）
深層混合処理高圧噴射搅拌	9	アーチ形状地盤改良工法（509）、FGC深層混合処理工法（510, 511）、低強度改良地盤の安定性（512）、遠心模型実験（513）、高強度小径パイプ（514）、フローティング式深層混合処理工法（515）、高圧噴射斜め施工（516）、高圧噴射水平方向改良（517）
浅層改良	8	中部地区における浅層地盤改良（518）、浮船式スタビライザー（519）、機械式事前搅拌工法（520）、パワープレンダー工法（521）、改良体の強度確認（522）、セメント固化土の強度変化（523, 524）、酸性薬材混合による影響（525）
薬液注入	8	高分子材混合処理土（526, 527）、懸濁・溶液グラウトの相性（528）、鉄道高架橋の挙動（529）、マルチパッカ注入工法によるトンネル先受け工法（530）、柱状浸透注入工法（531）、粘性土地盤の圧密沈下挙動（532）、拘束圧下でのせん断特性・クリープ特性（533）

適切な配合条件や最大上載圧と残存率に関する結論を導いた根拠などについて活発な討議が行われた。

#### 3. 現状での問題点と将来の展望

セッション①では、液状化対策に求められる課題のうち施工上の問題、締固めのメカニズム、改良効果の定量的評価、設計法の問題などに関する発表が行われたが、模型による室内実験などは、現場条件との相違を精査する必要がある。また、既設構造物への対策技術などは、今後ますます重要なものと考えられる。

セッション②では、今後は更なる合理性が求められる深層混合処理工法に対して、品質評価のための設計手法の見直しが望まれる。特に、改良地盤全体を弾性体とみなせる限界や低改良地盤に対する複合地盤としての評価法などについての研究が期待される。

セッション③では、特に浅層改良工法について、施工法の改善により、均質性や改良深度に前進が見られるが、一方で現状の品質管理手法が安全側過ぎるとの評価もあり、施工法毎に搅拌精度や現場・室内強度比を考慮した合理的な品質管理手法に関する研究が期待される。

セッション④では、薬液注入工法自体が最も解析的アプローチの難しい分野であることから、室内および原位置での実験研究や施工事例がほとんどである。ただし、特に強度増加を目的として薬液注入工法を適用する場合には、改良地盤のマクロ的な評価法を含めた解析的なアプローチに関する研究も、今後は必要と思われる。

## 総 括

地盤改良に限ったことではないが、これから時代に重要なキーワードは、環境と性能である。環境負荷の低減に貢献可能で、要求される性能を確実に保有する地盤改良工法に関する更なる研究開発が期待される。

**謝辞：**この総括は、各セッションで座長を務められた大林淳氏（不動建設）、佐藤毅氏（東洋建設）、林宏親氏（北海道開発土研）から提供されたメモを引用させていただいた。記して謝意を表する。

## 4. 地盤拳動；切土・掘削・岩盤, 6. 地盤と構造物；基礎構造物（グラウンドアンカー・連壁）、抗土圧構造物；擁壁（抗土圧構造物（複合構造の利用）、山留め）

### 総 括

#### 独立行政法人 土木研究所 松尾 修

##### 1. 報 告

本部門（5セッション）では合計49編の研究報告がなされた。それらは表一に示すように分類される。分野別には多岐にわたるが、あえて括れば、(a) 自然斜面の切土・自然地盤の掘削に伴う拳動とそれらの安定対策、(b) 擁壁・護岸など人工盛土に対する抗土圧構造物の地震時を含む安定性、等である。

【切土・掘削・岩盤】大規模掘削時の盤膨れへの抵抗要素として基礎杭などが有効に働いていることを示す実測データ、地盤掘削時の安定性についてのFEM、模型実験による検討結果等が示された。

【グラウンドアンカー・連壁】グラウンドアンカーについては、引抜き抵抗力を増すために定着部分の形状を工夫した試み、杭で用いられている急速載荷試験法を引抜き抵抗評価に応用する試み、テンドンの損傷を超音波損傷法で検出する試み、支圧型アンカーの引抜き抵抗力を高精度の弾塑性有限要素法で検討した事例などが報告された。地下連続壁についての3編の報告はいずれも安定液に関する取り扱っており、施工性を上げることに関心が集まっている。

【山留め】山留めの拳動予測には現場計測が基本的に重要であり、今回4編の貴重な報告があったが、中でも写真画像計測により面的に変位を計測する手法は新しい試みである。また、拳動予測のためにはメカニズムへの理解も同時に必要であり、掘削過程により変位モードや土圧分布がどのように変化するかを模型実験や解析で検討されている。

【擁壁】従来型の擁壁構造、設計法を見直し、合理化・経済化を図ろうとする取り組みがなされている。比較的新しい擁壁構造として箱形擁壁、ブロック積みと支圧アンカーを組み合わせた補強土擁壁、地山に定着させたアンカーで支持する擁壁など、について、作用土圧、地震時拳動特性の検討がなされている。また、耐震性について、許容変位に基づく照査に移行すれば合理化できる余地が大きいことを示唆する報告もなされた。

【護岸】報告された4編のいずれも耐震補強対策を扱ったものである。既設護岸の前面を地盤改良などで補強する方法、背面土を軽量化する方法などがあった。フロ

表一 研究内容の分類（49編）

項目	発表件数	内 容
切土・掘削・岩盤	7	安定勾配（549）、岩盤崩落（550）、盤膨れ対策（544, 545）、泥水掘削溝の安定（546, 547）、粘土切土の安定（548）
グラウンドアンカー・連壁	9	地山補強（801）、グラウンドアンカー（802, 803, 804, 805, 806）、地盤掘削用安定液（798, 799, 800）
山留め	12	施工計測事例（814, 828, 829, 830）、逆打ち工法（831）、作用土圧（実験、解析）（832, 833, 834, 835, 837）、土留め矢板・止水矢板の安定（812, 836）
擁壁	13	【一般】クッション材による土圧軽減（807）、地震時土圧（815）、【ブロック積み擁壁・アンカー補強擁壁】作用土圧（808, 813）、【箱型擁壁】耐震性（809, 810, 811）、【補強土擁壁】地震時拳動（821）、補強材配置・密度と支持力（823, 838）、ブロック式補強土擁壁（822, 826, 825）
護岸	4	矢板護岸の耐震補強（818, 819）、ケーソン護岸の耐震補強（820, 827）
その他	4	EPSによる地震断層対策（543）、石垣裏込め材（816, 817）、補強土橋脚の走行荷重変形（824）

アから、背面の負担を減らすより前面側の抵抗を強化する方が効果的であり、その方向を目指すべきではないかとの発言があった。

##### 2. 現状での問題点と将来の展望

斜面・地盤などの自然の地山に掘削などの手を加えてその後の拳動や安定性を予測評価することは将来においても容易なことではない。現場計測を行ってそのデータに基づき現在の状態および将来を予測するという、いわゆる観測的予測が今後とも主流であろうと思われる。そのような点からすると、現場事例の系統的な集積と分析、および現場事例、模型実験、数値解析技術の連携が重要であろう。企業、大学、公的機関間の連携がもっとあってしかるべきではなかろうか。

擁壁・護岸の耐震性、耐震補強については、新しい構造形式が続々と提案・検討されている状況にある。これらが現場に広く受け入れられるためには、その有効性を示すだけでなく、設計手法の提案まで持って行かねばならない。構造が複雑になれば従来型の簡易設計モデルの