

## 土構造物の品質評価と現行設計法の問題点について — 平野部における土構造物を対象として

Keywords : 品質,  
設計法, 土構造物

地域地盤環境研究所	国際会員	長屋淳一
岡山大学自然科学研究科	国際会員	村上 章
中央復建コンサルタンツ	国際会員	八谷 誠
東洋建設	国際会員	佐藤 毅

## 1. はじめに

本稿は、関西支部「土構造物の品質評価に関する研究委員会」(委員長：飯塚 敦・神戸大学工学部助教授)に属する三つのWG(平野・山・海)のうち、平野WGに関する現況報告である。ただし、議論を始めたばかりであり、中間報告の内容であることを断っておく。このWGでは、平野地域に存在する土構造物を対象として、各種構造物の品質とその評価手法について整理している。さらに、現行の設計基準または技術レベルで対処する場合の問題点や課題、あるいは今後の研究の方向性に関する提言を準備している。ここでいう「平野地域の土構造物」とは、いわゆる道路や鉄道などの線状盛土構造物や、宅地造成などを想定した一次元的な盛土構造物をはじめとして、擁壁などの抗土圧構造物、近接施工が問題となる土留めを伴う開削工事、さらには橋梁などの基礎構造物などを指す。本稿では、各種構造物を例として取り上げ、品質評価にかかわる設計上の問題点について述べる。

## 2. 土構造物の品質とその評価

上記に例示した土構造物の「品質」とは何だろうか。実はまだ明確な定義があるわけではなく、近年注目されつつある、性能設計における「性能」と必ずしも区別が容易でない。そこでこのWGでは、対象構造物を盛土構造物、抗土圧構造物、基礎構造物、地中構造物、仮設構造物に大別し、それぞれの設計基準などを参考にしながら、要求される品質(または機能)を表-1に中間報告としてまとめた。次に、品質評価項目とその評価方法を掲げている。

品質は性能よりも広義に解釈することができる。例えば、品質評価の段階として扱う項目には、計画段階、設計段階、施工段階および施工後のものがある。さらには、構造物の各部を構成する材料に要求される特性、と定義することもできる。ただし、ここでは現行設計との関連や問題点を抽出することを主眼としているので、主として設計段階以後の品質に限定するとともに、材料、景観、健全性評価などは検討の対象に含めていない。品質は機能とも読み替えられ、その内容は対象とする土構造物ごとに異なる。詳しくは表-1に掲げているが、その多くは参考文献に挙げられている設計基準などに示されている。

こうした品質を評価する内容には、後続の品質評価手法と関わる項目が挙げられる。品質評価の手法として、有限要素法が有力な手段と考えられるが、設計前調査による入力定数の決定と、予測法自身の精度が問われる。また、盛土や地中構造物の場合、地盤はそもそも不均質で複雑であるとともに、その状況を詳細に評価・把握することに困難があることが問題となっている。そのような問題を内在しているが、道路盛土については、弾(粘)塑性水～土連成有限要素解析法が、長期変形挙動について高い再現能力を有しているほか、各種対策工法の施工時比較を検討した最適設計にも有用である。

## 3. 現状の品質評価に関する問題点と現行設計法の限界

現状の品質評価に関する問題点を挙げると、次のようになる。すなわち、計画段階でどこまで調査ポイントを増やし、試験項目をどこまで充実させれば、対象となる構造物の品質評価をその構造物の性能や重要度に合わせて満足できるかの基準(目安)が不明確である。具体的にシールドトンネルのセグメントや開削工事における土留壁などの地中構造物の設計を例にとる。構造物を梁、構造物の変形に伴う地盤の反力を地盤ばねで表したモデルにより構造物の変形および応力を計算する設計手法が用いられるが、地盤反力係数の評価や設計荷重の設定方法に問題が残されている。これらの問題点に対して土の構成則を用いた有限要素解析は、地盤と構造物の相互作用を考慮し、掘削に伴う応力変化を表し得る点で有用な手法であるが、土質パラメータの設定や境界条件の設定などには十分注意を要する。一方、現行設計法の限界は「時間軸」である。品質は、時間経過に伴う機能変化とすると、現行設計法では構造物の「最終型」のみを取り上げて検討するため、施工過程やその後の供用中の「時間」が変数として入っていない。時間が変数として入っていない限り、その影響を陽には検討できない構造になっている。本WGにおいて、今後は対象とする土構造物を絞り、さらなる事例解析によって品質評価の課題や現行設計法の問題点に関する検討を深めていくことを予定している。

末筆ながら、本WGは筆者ら以外に次の方々(敬称略)から構成されており、本稿がWGの討議を元にしたものであることを附記する：幸繁宜弘(日建ソイルリサーチ)；小林將成；下嶋一幸(計測リサーチコンサルタント)；福島信吾(不動建設)；松田信也(ソイルエンジニアリング)；山下栄司(熊谷組)；李 圭太(建設技術研究所)

Evaluation of quality for soil structures and related problems to existing design method: Jun'ichi NAGAYA (Geo-Research Institute), Akira MURAKAMI (Graduate School of Natural Sci. & Tech., Okayama University), Makoto HACHIYA (Chuo Fukken Consultants) and Takeshi SATOH (Toyo Construction)

表-1 主に平野部の土構造物に要求される機能または品質と品質評価手法ならびにその問題点

対象構造物	土構造物として要求される機能または品質	品質評価内容	品質評価手法	品質評価における問題点	
盛土構造物	道路 <sup>1),2),8)</sup> 、鉄道 <sup>12)</sup> 盛土宅地造成	・上部荷重の支持 ・構造物の用途による許容値以内に沈下を抑える ・耐震性、耐久性	1)盛土材料 2)圧密沈下 3)円弧すべり 4)せん断変形 5)側方流動 6)液状化 7)地震時安全率 8)地震時沈下量	1)締固め度、スレ-キング率、圧縮沈下、施工性 2)Terzaghi理論、次元、弾性論 3)分割法による円弧すべり解析、間隙水圧、全応力解析 4),5)実測値に基づく経験則、FEM 6)各種基準に基づくFL法、PL法、有効応力解析 7)震度法、動的解析 8)経験則	・平野地域の地盤は海地域と比べて土層が複雑で不均質 ・またその状況を調査で詳細に評価できない ・調査の精度と解析の精度の整合性 ・モデル化の妥当性(弾性・塑性性、1or2or3次元) ・パラメータ設定に関わる標準化 ・解析手法の妥当性 ・計測データの有効活用
	河川堤防 <sup>10)</sup>	・計画高水位に対して必要な高さ断面を有する ・流水による堤防の侵食作用に対する安全性 ・水位や降雨による浸透に対する安全性 ・耐震性			
抗土圧構造物	擁壁 <sup>3),9),13)</sup> 、橋台 <sup>6),13)</sup> 、ボックスカルバート <sup>4),9),13)</sup>	・土砂の崩壊を防ぐ ・使用目的から定まる沈下量が制限値以内 ・背面側地盤は用途に応じた地耐力を有する ・橋台では、擁壁の機能に加え橋梁上部工から作用する荷重に対して安定であること ・各部材が所要の耐力と耐久性を有する ・耐震性	1)地盤の支持力 2)壁体の滑動 3)壁体の転倒 4)全体の安定 5)側方移動 6)液状化 7)地震時安全性	1)地盤反力度の作用位置と地盤の極限支持力度との比較 2)全水平荷重に対する全鉛直荷重による抵抗力の比較 3)擁壁に作用する様々な荷重の合力作用位置の評価 4)円弧すべり法 5)盛土による地盤変位の影響評価 6)各種基準に基づくFL法、PL法 7)震度法、応答変位法	・設計基準の標準化 ・鉛直土圧係数、水平土圧係数の設定 ・構造物と背面土の接続部の不同沈下
	橋梁 <sup>6),7),13),14)</sup> 、建築物 <sup>11)</sup> 、タンクなどの基礎 ・直接基礎 ・ケーソン基礎、杭基礎などの深い基礎	・上部構造物の荷重を、確実に基礎地盤へ伝達する役目を持ち、上部構造を支持する ・上部構造物の形式や用途による容認度などから決まる変形の制限値以内に収める	1)基礎形式に応じた支持力、転倒、滑動および水平変位 2)大規模地震においては、各基準に従う方法により荷重や慣性力を算出し、断面力と変位を照査	1)支持力、応力度、応答変位の照査 2)保有水平耐力照査、限界状態設計法による設計	・設計に用いる地盤定数の評価、大規模地震時における地盤の変形係数の評価 ・液状化地盤における地盤定数 ・健全度調査手法と評価手法の確立・標準化
基礎構造物	地盤改良	・主に液状化防止、支持地盤造成、圧密促進、掘削時の安全確保 ・耐久性 ・環境との共生	1)改良効果の判定または評価	1)改良地盤あるいは複合地盤のせん断強度を想定した安定性評価	・対策工法のメカニズムの評価 ・合理的、経済的設計法の技術開発 ・耐震性向上を目的とした地盤改良技術の開発
	開削トンネル <sup>16)</sup> 、非開削トンネル(シールドトンネルなど)または大深度地下構造物 ・共同溝 ・地下鉄 ・埋設管	・トンネルまたは上載荷重に対する地盤支持力 ・地下水水位以下に設置される場合は浮き上がりに対する安定性 ・地盤の不均質性に起因する不同沈下に対する手の安全性 ・構造体の耐力と耐久性の保持 ・耐震性	1)地盤の極限支持力 2)浮き上がり 3)横断方向の検討 4)縦断検討(不同沈下に対する安全性) 5)動的変位	1)地盤の極限支持力 2)浮き上がり 3)土圧の設定と断面計算 4)弾性床土の梁理論を適用した断面力照査 5)地震時における慣性力、地震時土圧、地震時地盤変位、地盤の液状化などの検討	・横断方向設計においては、土圧の設定(土と構造物の相互作用問題) ・縦断方向設計においては、弾性床土の梁理論の適用性と地盤反力係数の評価 ・液状化対策 ・施工時における近接構造物への影響評価手法の標準化 ・計測管理手法の標準化
仮設構造物	土留め工 <sup>5),16)</sup> 、大深度土留め工 <sup>15)</sup> 、立坑	・開削工法により掘削を行う場合の、周辺土砂の崩壊防止と止水 ・土留めが側方圧に対して過度な変位を生じないこと、また土留め及び支保工に発生する応力が許容値を超えないこと ・周辺地盤に対する影響を許容値以内に収めること	1)掘削底面の安定 2)土圧及び水圧に対する土留めの安定 3)各部材の応力と変位 4)土留壁や中間杭の鉛直支持力 5)周辺地盤変位 6)地下水 7)掘削土および埋め戻し土	1)ボーリング・パイピング・ヒーピングおよび盤ぶくれに対する検討 2)外力のモデル化 3)根入れ長と壁体断面力 4)リバウンド、支持力の計算 5)6)地下水水位低下または土留壁変形による地盤変位 7)汚染土、圧縮沈下、空洞	・側圧の設定 ・地盤反力係数の設定 ・設計手法の標準化 ・計測管理手法の標準化 ・変状予測計算手法の標準化 ・許容変位量の標準化

参考文献: 1) (社)日本道路協会: 道路土工 道路土工要領、平成2年8月、2) (社)日本道路協会: 道路土工 軟弱地盤対策工指針、昭和61年11月、3) (社)日本道路協会: 道路土工 擁壁工指針、平成11年3月、4) (社)日本道路協会: 道路土工 カルバート工指針、平成11年3月、5) (社)日本道路協会: 道路土工 仮設構造物工指針、平成11年4月、6) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 下部構造編、平成14年3月、7) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 耐震設計編、平成14年3月、8) 日本道路公団: 設計要領第一集 土工・舗装・排水・造園、平成10年5月、9) 日本道路公団: 設計要領第二集 橋梁・擁壁・カルバート、平成10年8月、10) (社)日本河川協会: 改定新版建設省河川砂防技術基準(案)同解説 設計編 [ ]、平成9年10月、11) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針、平成13年10月、12) (財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物、平成12年12月、13) (財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物/抗土圧構造物、平成9年4月、14) (財)鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計、平成11年10月、15) (財)先端建設技術センター: 大深度土留め設計・施工指針(案)、平成6年10月、16) 土木学会: トンネル標準示方書[開削工法編]・同解説平成8年7月