| 京都大学大学院 | 学生会員 | ○南野 | 佑貴 | 正会員 | 肥後 | 陽介 |
|-----------|-------|-----|----|-----|-----|----|
| (株)日建設計シヒ | ゴル | 正会員 | | 加藤 | 亮輔 | |
| 神戸大学大学院 | | 正会員 | | 片岡 | 沙都約 | 5 |
| (株)ダイヤコンサ | トルタント | 正会員 | | 甲斐 | 誠士 | |

1. はじめに

不飽和土構造物である道路盛土の変状・崩壊事例の 原因として、盛土内の地下水位の上昇に伴う強度低下 の影響が挙げられている.そのため、対策は主に排水 と防水に重点が置かれてきた.しかし、一部の盛土で は排水対策後も繰り返し被害が発生している.このよ うな被害を繰り返す原因として、宙水の存在が問題視 されている.本研究では、宙水の発生メカニズムを明 らかにすることを目的に、宙水の存在が懸念される道 路盛土において RI コーンによる現地調査を実施する と共に、調査結果を踏まえ、盛土内の不均質性を考慮 した不飽和浸透解析を行い、宙水発生の再現を試みた.

2. RI コーンによる現地調査

本研究では兵庫県朝来市山東町芝地区の国道 483 号 線の道路盛土を研究対象とした.当該盛土は開通以降 表層崩壊を繰り返しており,既往の盛土内水位観測で は排水対策後に水位変化の見られた箇所と変化の見ら れなかった箇所が存在することから宙水の存在が懸念 されている(図1).



図 1. 対象盛土内水位観測(排水対策前後)

RIコーンは放射線の特性を利用した測定機器であり, 湿潤密度や含水量,先端抵抗等の物性分布を連続的に 得るとこができる. 図2に調査で得られた対象盛土内 の密度と飽和度の深度分布を示す.密度分布を見ると, 深度4.5m付近において局所的に密度が高くなってお り,その上部において飽和度が100%を示す領域が存在 しているため,宙水が存在している可能性が高いと考 えられる.宙水形成の原因としては,部分的によく締 固められることで密度の高い低透水層が形成され,浸 透水の下層への浸透が阻害されたことが考えられる. キーワード:宙水,RIコーン調査,不飽和浸透解析 また,別途実施した SPT で採取した試料や粒度分布試 験結果を見ると,深度方向に材料そのものはかなり均 質であった.したがって,このような締固めの程度の 不均質性が宙水の発生に寄与したと言える.



3. 不飽和浸透解析

不飽和浸透解析手法には LIQCA-SF2013¹⁾を用いた. 対象盛土の解析メッシュを図3に示す.底面および側 面を固定境界とし,排水境界条件は底部を非排水,側 面を水位に応じた水圧境界とする.地下水位は北側地 表面を基準に設定した.対象盛土の地盤パラメータは 淀川堤防砂のものを基に決定し²⁾,本盛土材料を用い た既存の実験で得られている水分特性曲線(α=6.4, n=3.15)や透水係数の浸透解析用パラメータを用いた. 降雨条件として,本盛土がある和田山における2015年 6月17日から29日(RI コーン調査日)の時間降水量を 与え,初期飽和度は73%とした.

RI コーン調査で得られた結果を基に,密度分布によって生じる透水係数分布を推定することで透水性の不均質性を解析に考慮した.ここでは,透水係数と間隙比関数の比例を実験的に示した Kozenny 式を用いた³⁾.

〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスター

表1に示す既存の透水試験結果から透水係数と間隙比 関数の比例関係を求め、土粒子密度を2.65 (g/cm³)と仮 定して算出した間隙比分布を比例関係に適用すること で図4に示す深度方向の透水係数分布を推定した.推 定した透水係数分布を適用し、不飽和浸透解析を行っ た.



表 1. 透水試験結果

| Dc (%) | 湿潤密度(g/cm3) | 透水係数(m/s) | 間隙比 e | e ³ /(1+e) |
|--------|-------------|-----------------------|-------|-----------------------|
| 85 | 1.731 | 1.35×10^{-5} | 0.782 | 0.268 |
| 90 | 1.866 | 1.99×10^{-7} | 0.655 | 0.170 |

不飽和浸透解析結果の飽和度分布を図5に示す.図 5 では、盛土内に局所的な飽和領域が現れており、宙 水が発生していることがわかる.また、図6に解析モ デルにおいて RI コーン調査区間に該当する飽和度深 度分布を抽出し、調査結果と比較したものを示す.解 析結果を見ると、深度3.8mから4.28mにかけて飽和度 が100%の値を示しており、その下層には飽和度が極小 値を示す低透水層が存在している.これは密度分布に 対応した透水係数の不均質性を考慮したことで、盛土 内に局所的に存在する低透水層で浸透水が浸透阻害を 受けることで滞水したためである.点線で囲った箇所 やその上部は解析結果の飽和度がやや低いが、解析の 初期飽和度がやや低かった可能性があり、事前の降雨 などを適切に考慮すれば、飽和度は上昇すると考えら れる.一方、調査結果では4.0m 付近で飽和度が96% 程度で解析より低い飽和度を示しているが,湿潤過程 の封入飽和状態であることを考慮するとほぼ飽和して いる状態であると言える.したがって,調査結果の宙 水は深度 3.0m から 4.15m 程度にあり,解析結果と調査 結果の宙水存在領域は概ね一致し,宙水の再現ができ ていると考えられる.以上から,盛土内の密度深度分 布の把握は宙水の発生箇所の検討において有効な手段 の一つと言える.

4. まとめ

宙水の存在が懸念される盛土を対象に RI コーン調 査を実施した.調査の結果,対象盛土内に地下水面と は連続しない宙水の存在が確認できた.高密度な領域 の上部に宙水が存在しており,盛土材料が均質であっ た事から,盛土の締固めの程度の違いによって生じる 局所的な低透水層が浸透水の下層への浸透を阻害する ことが宙水発生の原因となることが明らかとなった.

さらに,密度分布に対応した透水性の不均質性を考 慮した不飽和浸透解析を行い,宙水発生の再現を試み た.その結果,盛土内部に局所的な飽和領域が発生し, 解析結果の宙水存在箇所と調査で明らかとなった宙水 存在箇所は概ね一致した.盛土内部の透水係数の揺ら ぎ幅は2オーダー程で,これは今回の盛土材料では締 固め度で 80%から 100%程度の差によって生まれてお り,密度管理の重要性が示唆される.

参考文献

 1) 一般社団法人 LIQCA 液状化地盤研究所: LIQCA(2013)マニュアル, 2013., 2) Lee Chung-Won, 京 都大学博士申請論文,工学研究科, 2012., 3)(社) 地盤 工学会:土質試験-基本と手引き-(第二回改訂版), p99, 2010.

