宅地谷埋め盛土の地震時の対策工に対する実験的考察

DYNAMIC CENTRIFUGE MODEL TEST OF PREVENTION WORKS FOR RESIDENTIAL FILL-SLOPE SUBJECTED TO EARTHQUAKE LOADS

太田敬一*・伊藤圭一*・倉岡千郎*・上野雄一**・竹家宏治***・廣嶼孝也*** Keiichi OTA, Keiichi ITO, Senro KURAOKA, Yuichi UENO, Koji TAKEYA, Takaya HIROSHIMA

Ground anchors are a widely used countermeasure for stabilization of natural and manmade slopes in Japan. Hence, the interactions between ground anchors and slopes under seismic loading need to be studied to develop rational design concepts and methods for ground anchors to be used in earthquake prone areas. Centrifuge model tests have been performed in this research to study characteristics of dynamic and residual loads on ground anchors installed in slopes subjected to seismic loads. The results showed that the model slope, partially submerged under water, exhibits circular failure even with ground anchors with pre-tension and that the amplitude of the oscillating loads on the ground anchors were markedly high, suggesting that the loads may exceed the design capacity depending on the stability of the slope and intensity of the earthquake. In view of the possible failure of ground anchors due to excess pore water pressure, additional tests were conducted with model slopes containing simulated drainage pipes in the form of perforated plastic tubes. The drainage pipes significantly reduced the excess pore water pressure, which in turn enhanced the stability of the slope and reduced loads on the ground anchors.

Keywords: valley slopes, dynamic centrifuge model test, earthquake, ground anchors, groundwater drainage works

1. はじめに

高度成長期以降の住宅需要の増加に伴い、台地や丘陵の 谷部を埋め立てた盛土地盤(「谷埋め盛土」)は、近年発 生した大規模な地震(1995年阪神淡路大震災、2004年中 越地震、および2007年中越沖地震)により甚大な被害を 被った。これを受け国交省都市地域整備局より大規模地震 に対する谷埋め盛土の危険度評価のための調査方法を示し た「大規模盛土造成地の変動予測調査ガイドライン」が発 刊され、現在、神奈川県川崎市、鳥取県、愛知県豊田市等 にて「大規模盛土造成地マップ(盛土分布図)」が公表さ れている。また地震による谷埋め盛土の被害を軽減するた めの対策事業として、国の補助事業「大規模盛土造成地滑 動崩落防止事業」が設定され(図-1は工事のイメージ図)、 平成19年の中越沖地震で被災した柏崎市山本団地に適用 されている。

本稿は図-1の防止工事に挙げられている対策工の内ア ンカー工と地下水排除工に着目し、先ずアンカー工の施工 された盛土斜面の地震時のアンカー工の抑止機構および地 盤の変動機構について考察し、次にこの機構を踏まえ地震 による地盤変動の抑制に効果を発揮する地下水排除工を提 案するものである。今回実施した実験の結果によれば、地 盤内の地下水は、地震時に発生する地盤の変形、アンカー 工の軸力に大きな影響を及ぼし、その要因の1つとして地 震時に地盤内に生じる間隙水圧の影響が考えられること、 この間隙水圧の上昇を抑制する地下水排除工(排水器材) とアンカー工を併用した場合、地盤の変形とアンカー工の 軸力が抑制されることが分かった。以下に実験方法と結果 などの詳細を示す。



図-1 大規模盛土造成地滑動崩落防止工事イメージ¹⁾

2. 遠心力模型実験

(1)実験の目的

地震に伴い斜面に施工されたアンカー工の抑止機構を 示す事例としては、急傾斜地で軸力を計測した事例²⁾ や、

^{*} 日本工営㈱ 技術本部 中央研究所 総合技術開発部

^{**} 日本工営㈱ コンサルタント国内事業本部 国土保全事業部

^{*** ㈱}エスイー 営業統括本部

遠心力模型実験による加振実験の事例³⁾があり、地震に 伴いアンカー工の軸力が増加することが示されている。こ の他地すべり対策工として施工されたアンカー工が地震に 伴い破断した事例⁴⁾も報告されており、地震に伴い設計 時には想定されていない現象が発生したものと考えられ る。また砂質地盤で地下水がある場合、地震に伴うせん断 変形により地盤内の間隙水圧が上昇して液状化が発生し、 構造物に被害が発生することはよく知られていることであ り、これに対し過剰間隙水圧を消散させる各種の液状化対 策工法が示されている⁵⁾。

アンカー工の施工された斜面で地震時に懸念されること の1つとして、地震により地盤の変形はどの程度発生す るのか、またアンカー工の軸力は所定の荷重を超過しない かである。本検討では、遠心力模型実験にてアンカー工を 配置して盛土斜面を用いてこの点を確認し、今後の地震時 の谷埋め盛土や地すべりのような斜面に対するアンカー工 の設計方法を検討する際の基礎的なデータを収集する目的 で実施した。更にこれらのデータを分析し、地震に伴う盛 土斜面の変形の発生機構やアンカー工の軸力の変動機構に ついて考察し、この機構を踏まえ、地震時に盛土斜面の変 形とアンカー工の軸力増加の抑制を目論んだ排水器材を考 案し、これをアンカー工に併用させた遠心力実験を実施し その効果を確認した。

(2) 実験の方法

実験に用いた模型土槽を図-2に示す。土槽製作に使用 した地盤材料は豊浦珪砂とカオリン粘土を8:2 で配合した もので、締め固め度92%、法面勾配1:1.5 で成形し、法 面末端部には地下水による材料の吸出し防止のため砂利 を配置した。この地盤材料の基本物性および粒径加積曲 線を表-1、図-3に示した。なおここで設定した条件は、 特定の現場を想定したものではなく仮想のものであり、 本実験のために設定した条件である。

この模型土槽の法面に受圧盤を有したアンカーエ(ステ ンレスワイヤー)を1列、横方向間隔75mmで4本配置 した。アンカー工の打設角度は水平面より斜め下向きに 32°で長さは約24cmである。また図-4に示す排水器材 をアンカー工との間に3本配置した(図-5)。この地下 水排除工(排水器材)は直径6mmのアルミ管を使用し、 模型土槽内で配置した際に地下水位以下に位置する部分に 孔(ストレーナー)を空け、模型土槽内で発生すると想定 されるせん断変形に追従できるよう一定の間隔で軟質な蛇 腹管をアルミ管と交互に連結させた。

図-1に示されているとおり、通常、常時の斜面内の地 下水を排除する場合、地下水排除工は水平よりやや上向き に設置する。今回ここで配置する排水器材は、常時の地下 水を排除するのではなく、地震時に斜面内に生じる間隙水 圧の上昇を抑制することを目的としているため、アンカー 工の配置方向に沿わせ、水平面より斜め下向きに配置する 点に特徴がある。

地下水は水を使用し、土槽底面から75mmの高さに水 位を設定した。遠心力模型実験では液状化などの実験を行 う場合、遠心場における相似則を満たすようシリコンオイ ルなどの粘性流体を用いることが一般であるが、本実験で は特定の現場の間隙水圧の上昇量の予測や再現が目的では なく、仮想の条件下において排水器材による間隙水圧の上 昇の抑制効果などの確認が目的であるため、粘性流体の代 わりに水を用いた。なお粘性流体と水を用いた既往の比較 実験結果では、加振に伴う模型土槽の初期のせん断変形に よる間隙水圧の上昇量について、粘性流体と水の差は小さ く示されており⁶⁰、従って本実験は粘性の影響が小さい初 期のせん断変形に対する間隙水圧の上昇に対する排水器材 の抑制効果を示す実験である。



図-2 模型土槽の形状とセンサーの配置

表-1 豊浦珪砂とカオリン粘土(8:2)の基本物性



アンカーエおよび模型土槽の挙動を計測するため、アン カーエ頭部に荷重計、土槽底面に間隙水圧計、その他土槽 内部に加速度計、法肩にレーザー変位計測定用のターゲットを取り付け、実験時の時刻歴データを記録した。



図-4 実験に用いた排水器材の形状



図-5 アンカーエの間に配置された排水器材





実験手順は先ず、アンカー工に初期緊張力(2kgf 程度) を与え、遠心加速度場 40G で模型土層内の材料の自重に よる変形(初期圧密)を与えた後、一旦遠心装置を停止さ せ、再度初期緊張力を設定し(10kgf 程度)、その後、模 型底面から実物換算周波数 1.5Hz、15 波の正弦波形、最 大加速度振幅 100、200、300gal の順で入力し連続して加 振した(図-6)。遠心実験の手順を図-7に示した。なお、 地下水を有する実験を行う場合は、遠心実験前に模型土槽 の法尻および背面から地下水を注入し、模型土槽内に地下 水が配置されたことを確認するため、模型土槽の底面に配 置した間隙水圧計にて、水深相当の水圧が作用することを 確認している。



図-7 遠心実験の手順

(3) 実験ケースの設定

実験ケースを図-8に示す。ケース1はアンカー工のみ、 ケース2はアンカー工を配置し地下水を設定、ケース3 は更に排水器材を配置した。ケース1と2を比較するこ とで地下水の影響を検討し、ケース2とケース3を比較 して排水器材の効果を検討した。検討に際しては、模型土 槽の変位やアンカー工の軸力などを用いた。



図-8 遠心力模型実験の実験ケース

実験の結果

(1) 地下水の影響について (ケース1と2の比較)

ケース1(地下水なし)とケース2(地下水あり)について、最大加速度振幅 300gal における模型土槽の法肩の水平・鉛直変位、アンカー工の軸力の時刻歴の結果を実物

換算しそれぞれ図-9、図-10に示した。加振に伴う増 分量を示すため、加振前の値を初期化して示している。





図-10 アンカーエの軸力(最大加速度振幅 300gal)

図-9上図の水平変位は、加振に伴い振幅を有しながら 徐々に累積しているが、これは実験での加振方向が図-2 に示した模型土槽を前後に加振している影響と考えられ る。図-9下図の鉛直変位は、加振中には水平変位ほどの 変位は発生していないものの、加振に伴い変位は徐々に累 積し、最終的に水平変位よりも大きな鉛直変位が残留して いる。このような変動状況を踏まえると、加振中は加振方 向に一致する水平変位の振幅が大きく発生して模型土槽に 緩みが生じ、その後、自重により鉛直方向へ締め固められ、 その結果、加振後は鉛直変位が残留したものと考えられる。

図-10に示すように、アンカー工の軸力は加振中には 振幅を有し、加振終了直前に最大の軸力を示した後、軸 力が残留している。なお図-10には加振前の軸力を初 期化して示しているが、初期化前のデータでは、図-10 に示したケース2の地下水ありの場合、加振前の軸力は 227.1kN、加振中の最大値は805.2kNであり、加振中は 加振前の約3.5倍の軸力が発生している。

ケース1と2を比較して地下水の影響を見ると、図-9 に示したように地下水があるケース2の方が、水平、鉛直 変位共に大きい。図-11はケース1とケース2の加振後 の模型土槽の変形の様子を示したものであるが、地下水の あるケース2の方がケース1よりも変形量が大きく発生し ており、この地下水の有無の違いは図-9の結果と整合す る。また、アンカー工の軸力の加振中の最大値および加振 後の値は、地下水の無いケース1よりも地下水のあるケー ス2の方が大きいことが示されている。

最大加速度振幅毎の土槽の法肩変位(水平変位と鉛直変 位の合成)の推移を図-12、加振中のアンカー工の軸力 の最大値を図-13に示した。加振加速度の大きさにもよ るが、地下水の有無により法肩の変位で3~8倍、アンカー 工の軸力で2~3倍程度の差が生じている。

以上の結果を踏まえると、地下水のあるケース2の模型土槽の法肩変位は地下水がないケース1よりも大きく、 また加振中のアンカー工の軸力も大きくなっている。従っ て模型土槽中の地下水は、模型土槽の変形およびアンカー 工の軸力に影響を及ぼすものであると考えられる。



図-11 加振後の土槽の変形状態(300gal 加振後)



図-12 法肩の変位の推移



図-13 アンカーエの軸力(加振中の最大値)

(2) 地下水による模型土槽の変形の発生機構について

模型土槽内に地下水がある場合の変形機構については、 土槽作成に使用した地盤材料が砂質土であること、土槽の 底面から75cmの部分は水で飽和されている点から、地下 水位以下の部分で概ね液状化に至る機構に類似したものが 生じていると考えられる。つまり加振により繰り返しせん 断力を受けた結果、せん断変形および体積変化(ダイレタ ンシー)が発生し、地盤材料の間隙にある水は周囲から圧 力を受け水圧が上昇し、液状化に類似した状態に至ったと 推察される。

図-14はケース2のモデル底面に配置した間隙水圧計 の時刻歴のグラフである。繰り返し加振を受けながら水圧 が上昇していることが示されている。図-9に示した加振 中の土槽の法肩の変位もこれと同様に加振毎に徐々に増加 している。この機構を踏まえると、間隙水圧の上昇と変位 の発生は相互に影響しながら繰り返し発生したものと考え られる。つまり、ある加振で間隙水圧が上昇し、次の加振 による変形は、その前の加振で設定された地下水条件の下 で発生することになる。これが繰り返されることにより、 図-9や図-14に示した模型土槽の変形の増加と間隙水 圧の上昇が発生したと考えられる。



間隙水圧の上昇は、模型土槽の有効応力を低減させ、その結果、せん断強度を低減させたものと考えられる。また 図-15はこの地盤材料の変形特性を求めるために実施し た繰返し非排水三軸試験の結果であるが、ひずみの増加に 伴い地盤の剛性(等価ヤング率)が徐々に低下することが 示されており、加振に伴う変形の進行を示す試験結果の1 つである。



図-15 変形特性を求めるための繰り返し試験の結果

実験結果の示す変形機構がこのような加振に伴う模型土 槽中の間隙水圧の上昇に起因したものであるならば、加振 に伴い徐々に生じる間隙水圧の上昇を加振中に抑制するこ とにより、地下水の影響で生じる模型土槽の変形を抑制で きると考えた。これを検証するため、図-4に示した排水 器材を用いた実験を実施した。

(3) 排水器材の効果について (ケース2と3の比較)

ケース2(排水器材なし)とケース3(排水器材あり)に おいて、最大加速度振幅300gal時における模型土槽の法肩 の水平・鉛直変位、アンカー工の軸力、および土槽底面の 間隙水圧の時刻歴の結果を実物換算し、それぞれ図-16、 図-17、図-18に示した。図-16、図-17は加振に伴う 増分量を示すため、加振前の値を初期化して示している。 図-16~図-18により、排水器材のあるケース3の方が 土槽法肩の変位が抑制されている。この点は図-19に示し た加振後の盛土斜面の様子と整合する。その他、アンカー 工の軸力の加振中の最大値および加振後の値は小さく、加 振中の間隙水圧計の最大値が小さく、排水器材の効果が示 されている。

最大加速度振幅毎に土槽法肩の累積変位を図-20、加 振時のアンカー工の軸力の最大値、間隙水圧の最大値をそ れぞれ図-21、図-22に示した。最大加速度振幅が大き くなるに伴い、変位、軸力および間隙水圧が増加するが、 排水器材を有した場合はその増加量が小さく、これらの点 からも排水器材の効果が示されている。



図-16 法肩の変位 (上:水平、下:鉛直変位)



図-17 アンカーエの軸力







図-19 加振後の土槽の変形状態(300gal 加振後)

以上に示した排水器材による模型土槽の変形の抑制効果 およびアンカー工の軸力の低減効果の発生機構は、排水器 材の透水性と管内の自由水面の存在に起因したものである と考えられる。実験結果を踏まえると、模型土槽のせん断 変形と間隙水圧の上昇は加振毎に相互に繰り返し発生して おり、排水器材がある場合は、それが高い透水性を有する こと、管内に自由水面が形成されていることから、土槽の 地盤材料の中よりも水圧が抜けやすく、その結果、せん断 変形も小さくなり、結果的に間隙水圧の上昇と模型土槽の 変形が抑制されたと考えられる。なお実験後に排水器材の 管内を確認したところ、加振に伴い地下水が上昇したと思 われる痕跡を僅かながら確認しており、この管内に地下水 が流入したことを示すものと考えられる。



図-20 土槽天端の加振後の水平・鉛直変位



図-21 アンカーエの軸力(加振中の最大値)



これまで示した実験結果と効果の発生機構を踏まえ、排 水器材は、加振に対する間隙水圧上昇の抑制機能を発揮し、 模型土槽の変位やアンカー工の軸力の上昇を抑制するのに 役立つものと言える。

4. 実験結果に基づくアンカーエと排水器材の効果検証

実験で得られた加振中のアンカー工の軸力と間隙水圧の 上昇量の結果から、アンカー工、排水器材の効果について 安定計算などを用いて評価、検証した。

(1) 実験結果との比較による既存アンカーエの評価

地すべりなどの斜面の既設アンカー工は、地震力が考慮さ れていない場合が多く、従ってこれらの地震時の効果を評価 することは、斜面対策工に地震力を検討する上で先ず必要と なる検討項目の1つと考えられる。検討方法の1つとして 例えば、図-2に示した最大抑止力を示す円弧すべりに対し、 地下水排除工などの抑制工により図-2に示した地下水位 (底面から 3m の水深) が確保され、抑制工後の安全率が 1.10 となった場合を考える。なおこの時、安全率を1.10として 地すべりの安定計算で多用されている逆算法を用いて、表一 1の試験結果から粘着力を固定し(c'=2.01kN/m²)、内部摩 擦角を設定する(φ'=29.3°)。この条件で計画安全率を 1.20 とした場合の必要抑止力は 78.008kN/m、模型実験の条件に 合わせ、1段、水平間隔3mのアンカー工を設計すると、設 計アンカー力は228.444kN/本となり、地震時の許容引張力 が 297.0kN/本 (=0.90Tys、Tys: 降伏点荷重 =330kN)のア ンカー工が選定される。一方、この安定計算と同じ条件で ある実験ケース2(地下水あり)の加振加速度 300gal 時の アンカーエの軸力は図-13に示すように 805.2kN(加振中 の最大値)である。よって図-2の斜面に安定計算を基に 地震力を考慮せずアンカー工を配置した場合は、加振中に アンカーエの許容引張力を超過することになる。加振中の アンカーエの軸力の最大値で既設アンカーエを評価すると、 このアンカー工には地震時の効果を見込むことはできない 結果となる。このような地震力の考慮されていない既設ア ンカーエの地震時の評価は、今後、斜面対策工に地震力を 考慮する際の前提となる重要な検討項目の1つと考えられ る。

(2) 宅地谷埋め盛土の地震時の安定性の評価

宅地谷埋め盛土の地震時の安定性の評価に際し、計画安 全率(最小安全率)は1.0以上を標準とすることが推奨さ れている⁷⁾。この考え方を基に、表-1の試験結果を用いて、 水平震度係数0.30(加振加速度300galを想定)とし、図-2に示した最大抑止力を示す円弧すべりに対し安全率を計算 すると、0.739となる。この条件に対し計画安全率1.0とし て必要抑止力を算定すると304.530kN/mとなる。この場合 も模型実験の条件に合わせ、1 段、水平間隔 3m のアンカー 工を設計すると、設計アンカー力は 815.346kN/本となり、 配置されるアンカー工は許容引張力 856.8kN/本のアンカー 工となる。この場合、実験ケース 2 で計測された加振中の アンカー工の軸力の最大値(805.2kN)は僅かではあるが、 これを越えることはない。従ってこの場合のアンカー工は、 許容値を超過しないという点で地震時に効果を発揮するこ とになる。

地震時の宅地盛土の安全率は、宅地の安定性確保の他、 近接する保全対象物の重要度などに応じて決定されるもの であり、上記の検討結果は仮の計算でしかないが、場合に よっては安定計算を経て設定されたアンカー工は、地震発 生時に超過する場合もあることが想定される。いずれにし ても、地震時の安定性を確保するため、アンカー工のみで の対策工を検討した場合、常時の場合よりも規模の大きな アンカー工を必要とする。

(3) 間隙水圧の上昇量を考慮した排水器材の効果

ケース2(排水器材なし)とケース3(排水器材あり) で得られた間隙水圧の上昇量を地下水位の入力条件として (2)と同様の方法で安定計算を実施し、それらを比較す ることで排水器材の効果を検証した。

ケース2、3の加振加速度毎の間隙水圧計の値を地下水 位へ変換した結果を図-23に示す。地下水位の無い部分 は外挿した上でこれを入力条件として安定計算を実施した 結果を表-2に示す。排水器材があるケース3の方が排水 器材が無いケース2よりも安全率は大きくなっており、排 水器材の効果が示されている。この結果を踏まえて、仮に 計画安全率を1.0とし、法面に3段のアンカー工を配置し た場合、表-3に示す設計アンカー力となる。なお表-3 には参考データとして設計アンカー力に対し選定される SEEE 永久グラウンドアンカー⁸の呼名を併記した。



図-23 地下水位の分布 (上:排水器材なし、下:排水器材あり)

表-2 安全率の計算結果

加振加速度	ケース 2 (排水器材なし)	ケース 3 (排水器材あり)
100ga	0.680	0. 705
200ga l	0.426	0.697
300ga I	0. 154	0.619

表-3に示すように、加振加速度 100gal の場合は排水 器材の有無に関係なく設定されるアンカー工は同じものに なるが、加振加速度が大きくなるに従い、設計アンカー力 に差が生じ、排水器材をアンカー工と併用することで、ア ンカー工のみの場合よりも小さいアンカー工の規格が設定 できることになり、排水器材を使用するメリットが見られ る。排水器材に要するコストは現時点では明確でないため、 排水器材を併用した場合のコスト上のメリットは示すこと はできないが、表-3に示したアンカー工の規格の差を目 安に今後排水器材の仕様を検討すれば、排水器材を併用す る場合のコスト上のメリットを示すことができると考えら れる。

表-3 設計アンカーカとアンカー規格の設定

	ケース 2		ケース 3		
加振 加速度	(排水器材なし)		(排水器材あり)		
	設計アンカーカ	0.9Tys	設計アンカーカ	0.9Tys	
	[kN/本]	(呼名)	[kN/本]	(呼名)	
100gal	333.6	<379.8	307.2	<379.8	
	(1.000)	(F50UA)	(0.921)	(F50UA)	
200gal	541.9	<547. 2	315.7	<379.8	
	(1.624)	(F70UA)	(0.946)	(F50UA)	
300ga I	936.6	<982.8	397.7	<445.5	
	(2.808)	(F130UA)	(1.192)	(F60UA)	

¹⁾各ケースの加振加速度毎の「設計アンカーカ」枠内の下段はケース2の加振加速度100galの 設計アンカーカを1.000とした場合の比率を示す

先に示したように、排水器材をアンカー工に併用すれば、 同じ加振加速度に対して排水器材が無い場合よりも地盤の 変位を抑制でき、更に上記に示したコスト上のメリットを 示すことができれば、機能面とコストの点で排水器材のメ リットを示すことができると考えられる。なおその場合の アンカー工と排水器材の構造については検討を要するとこ ろである。

5. まとめ

アンカー工を配置した盛土斜面を用いて、地震時の挙動 や排水器材の効果を遠心力模型実験により実施し検証し た。その結果判明したことは以下の通りである。

 模型土槽内に地下水を有する場合、加振に伴い地下 水が無い場合よりも模型土槽に生じる変形量が大き い。その要因は、地下水がある場合、繰り返し加振 によるせん断変形とそれに伴う間隙水圧の上昇であ ることが判明した。

- アンカー工の配置された模型土槽に排水器材を併用 すると、盛土斜面の変形とアンカー工の軸力の増加 を抑制することができた。これは排水器材により加 振時の盛土斜面の間隙水圧の上昇を抑制することが できたためと確認できた。
- 安定計算を用いて排水器材の効果を検証したところ、同じ加振加速度に対しアンカー工の規格は小さくすることができ、排水器材の費用次第では、地震時のアンカー工による対策工費の抑制に有効であることを示唆した。

6. 今後の課題と展望

本稿は遠心力模型実験を用いて、地震時に生じる地盤の 変形やアンカーエの挙動、および間隙水圧の変化を示し、 その機構について考察した。また地震時に生じる間隙水圧 を消散させる排水器材の有用性を示した。

今後の課題は、実験で得られた結果に基づき、地震時の 谷埋め盛土や地すべりのような斜面に対するアンカー工の 設計方法を検討すること、排水器材の効果をより定量的に 示し実用化に向け検討することである。特に排水器材の実 用化に対しては、排水器材の構造や施工方法、設計に資す るための考え方を整理する必要がある。これらの課題に対 し、先ずは遠心力模型実験を数値解析で再現、検証するこ とが有効で、それにより以下の点が明らかになるものと考 えられる。

- 間隙水圧の抑制機構の検討・・・地下水と排水器材 を配置した解析モデルを用いて排水器材の効果を確 認することにより、本稿で想定した排水器材による 間隙水圧の抑制機構を検証できる
- ・ 排水器材の規格の検討・・・排水器材の効果を示す
 解析モデルを用いて、地盤や地下水の条件毎に排水
 器材の規格をパラメータとした解析を行い、それに
 より地盤や地下水の条件毎に適切な排水器材の規格
 を検討することができる

これらは斜面の液状化解析などに用いられている解析 コードなどを用いて検討を進める予定である。それら検討 を踏まえ、排水器材の効果について再度、遠心力模型実験 の相似則を満たした確認実験を実施する予定である。

平成16年の中越地震後、宅地耐震化推進事業として「大 規模盛土造成地滑動崩落防止事業」が設定され、その適用 第1号として平成19年の中越沖地震で被災した柏崎市山 本団地で暗渠配水管工事が施工され、翌年11月には工事 の大部分が終了し、避難勧告が解除された。この事業は民 有地に公費を投じる事業であるため受益者負担を伴う。山 本団地の事例では、2次災害防止の観点からこの事業が適 用され、最終的に被害程度に応じ住民に4~180万円の 分担金となった。また各地で実施されている調査結果を踏 まえ、今後は地震に対する被害想定の設定、対策数量、費 用の設定が行われた後、最終的な事業の実施には費用負担 などの点で困難が伴うことが想定される。しかしながら事 前保全という観点から自分自身の財産を守るため、宅地耐 震化推進事業の推進は今後も望まれるところである。本稿 で示した検討結果が、このような事業の推進に少しでも役 立てば幸いである。

参考文献

- 国土交通省都市地域整備局都市計画課 HP; http://www.mlit. go.jp/crd/web/index.htm
- 門間敬一、千田容嗣、小嶋伸一;アンカー工を施工した急 傾斜地における地震時挙動の計測結果、土木技術資料 42-9、 pp.58-61、2000 年
- 3) 増田隆明、藤井斉昭、山田浩、岡崎賢治;遠心模型実験によるアンカー工擁壁の地震時安定性、第52回年次学術講演会 講演集 第Ⅲ部門 pp.396-397
- 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ地すべりチームホームページ; http://www.pwri.go.jp/team/landslide/ topics
- 5) 地盤工学・実務シリーズ18 液状化対策工法、地盤工学会、 2004年7月
- 6) 田中満、樋口雄一、酒見卓也、川崎宏二、名倉克博;遠心力 載荷装置による液状化実験手法の基礎的研究、大成建設技術 研究所報 第 27 号、1994 年 pp.419-424
- 7) 造成宅地における耐震調査・検討・対策の手引き―地震から 既存の住宅を守るために―、(社)地盤工学会関東支部造成 宅地の耐震調査・検討・対策方法に関する検討委員会、平成 19年2月
- 8) 建設技術審査証明(砂防技術)報告書 SEEE 永久グラウン ドアンカー工法設計・施工マニュアル、(財)砂防・地すべ り技術センター、p.22、2004年8月