

法面からの墜落災害防止のための アンカーによる親綱固定方法に関する検討

伊藤 和也*1, 吉川 直孝*2, 岡庭 翔一*3

我が国は様々な自然現象によって斜面崩壊等の斜面災害が多発している。このような斜面災害から社会インフラや住居を護るために吹き付け工などの法面工事が行われる。法面工事は斜面での作業を伴うため、作業員の安全を確保するために親綱と安全带を使用した墜落災害防止対策を行っている。しかし、親綱の固定方法の目安は提示されているが、工学的根拠については明確ではない。そこで、本研究では親綱の固定方法の一つであるアンカーを打設して固定する方法について、適切なアンカー径や打設深さ、形状、親綱の擦れ防止方法などを検討し、法面作業時の安全性を確保することを目的とする。

キーワード: アンカー、衝撃載荷試験、引き抜き試験、画像解析、墜落。

1 はじめに

我が国は脆弱な地質条件に加えて台風等による豪雨等によって、斜面崩壊等の自然災害が多数発生している。急傾斜地崩壊危険箇所（図1）は全国に約113,000箇所存在しており¹⁾、このような斜面崩壊を防ぐために吹き付け工などの法面工事が行われる（図2）。法面工事作業中の労働者が安全に作業するために、日本では労働安全衛生規則（以下、「安衛則」という。）第2編第9章「墜落飛来崩壊等による危険の防止」内の第518条第2項及び第519条第2項にて安全带等によって墜落防止対策を行うことが提示されている。また、平成28年1月より安衛則第539条第2項～第9項が新設され、多重防護の観点から安全带の2丁掛けや安全ブロックの併用が取り入れられ、平成28年7月から事業者は作業員を法面工事による作業を行わせるためには、特別教育を受講させることを義務化するなど、法面からの墜落に関する安全対策がより重要となりつつある。法面工事や建設安全に関する協会団体における法面からの墜落等による災害防止に関する安全基準としては、（一社）全国特定法面保護協会が「法面工事現場 安全衛生管理の手引（改訂版）」を2008年に発行している²⁾。また、建設業労働災害防止協会では「崖・斜面」を対象とした墜落災害防止対策に関するリーフレットを発行している³⁾。これらの既に発行されている刊行物を見ると、親綱の固定方法は図3に示すように、(1)立木に固定、(2)アンカーを打設して固定、という2種類が紹介されている。これらの固定方法に関する基準は、経験的な部分が強く、工学的な根拠としては「(1)立木に固定」する場合には、風倒に対する樹木の抵抗力を推定するために実施した立木の引き倒し試験⁴⁾から、「(2)アンカーを打設して固定」する場合にはグラウンドアンカー工の定着長の計算⁵⁾からそれぞれ決定されたものであり、いずれも斜面工事での墜落防

止のための親綱固定方法としての工学的な根拠については明確ではない。本研究では、立木に固定する方法では、作業現場の立木の種類、根の張り方、地盤性状等が複雑に影響し検証が困難であるため、2種類ある親綱の固定方法のうち、比較的検証の容易な(2)アンカーを打設して固定する方法について着目し、以下の3種類の実験を実施した。すなわち、(a)実際に使用される親綱やアンカーを用いた衝撃載荷実験、(b)アンカーの根入れ長や引き抜き角度を変化させた水平載荷・鉛直引き抜きによる模型実験、そして、(c)地盤内のアンカーの変形挙動を画像解析から把握するための半円形土槽を用いた模型実験である。これらの実験を行うことで、法面からの

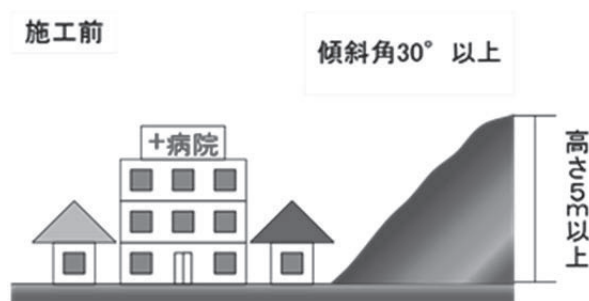


図1 急傾斜地崩壊危険箇所



図2 法面工事による作業の一例

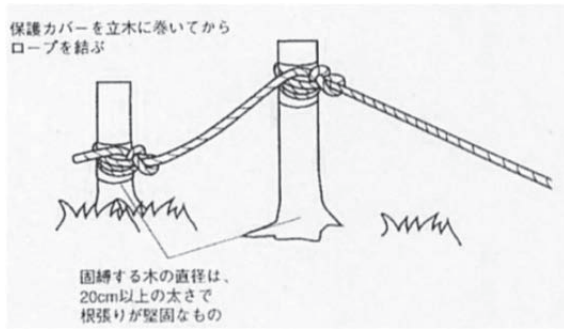
*1 東京都市大学工学部都市工学科。

*2 労働安全衛生総合研究所建設安全研究グループ。

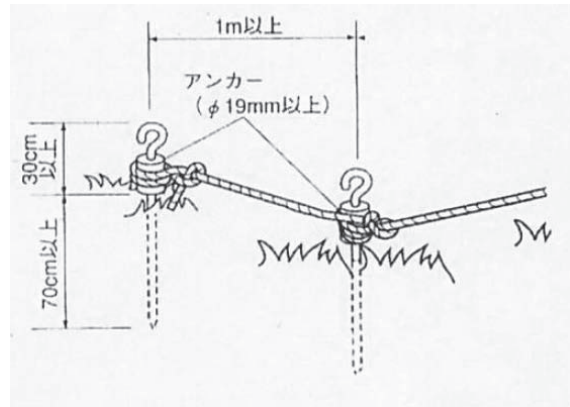
連絡先：〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

労働安全衛生総合研究所建設安全研究グループ 吉川直孝*2

E-mail: kikkawa@s.jniosh.go.jp



(1) 立木に固定



(2) アンカーを打設して固定

図3 親網固定方法²⁾

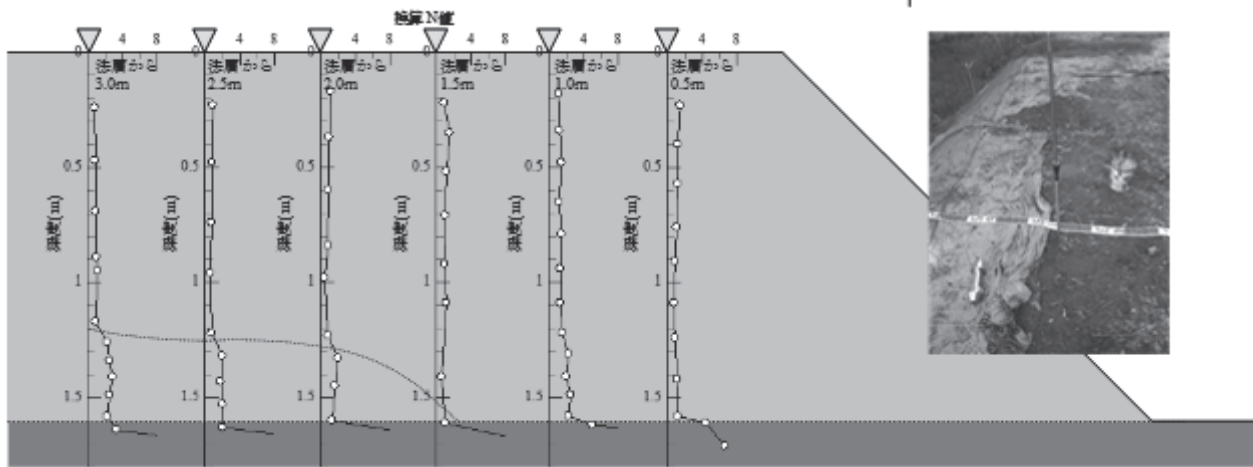


図4 盛土地盤の深さ方向の強度分布（換算 N 値と深度の関係）と試験状況

墜落防止のための親網固定用アンカーの変形挙動を把握した。

2 衝撃载荷試験による親網固定アンカー引き抜き実験

斜面工事現場にて親網とアンカーを打設し、親網と安全帯を用いた斜面作業中に作業員が滑り落ちる状況をモデル化した衝撃载荷実験を実施した⁶⁾。実験は労働安全衛生総合研究所（以下、「安衛研」という）の敷地内にある実験盛土で行った。

1) 実験箇所の地盤構成

斜面工事にて使用するアンカーによる親網固定方法に関する衝撃载荷実験実施箇所は、安衛研内にある盛土である。この盛土材料は、所内施設建設の際に発生した現地発生土（関東ローム）を盛り立てたものである。この盛土材料は、大型実験用の予備試料の置き場として使用されており、盛土築造時には締固め管理等は実施されていない。そこで、衝撃载荷実験を実施するにあたって、当該盛土の深さ方向の強度分布等を把握するため、簡易動的コーン貫入試験を実施した。簡易動的コーン貫入試験は、ハンマーを0.5mの高さから自由落下させ、原位置における土の貫入抵抗を簡易的に求める試験であり、

得られた N_a 値を種々の換算式を用いることによって標準貫入試験で得られる N 値の把握を行うことができる。簡易動的コーン貫入試験実施箇所は、法肩部から0.5m～3.0mまで0.5m間隔で6地点について実施した。簡易動的コーン貫入試験から得られた換算 N 値の深さ方向の分布を図3に示す⁷⁾。なお、 N_a 値から換算 N 値の換算は新任⁸⁾が提案した以下の式を用いた。

$$M(\text{換算}) = N_a / 1.5 \quad (1)$$

全ての試験において貫入深さ1.2m付近まで換算 N 値が1程度である。一方、深さ1.6m付近で換算 N 値が8以上に急増しており、盛土の層厚は1.6mであることが分かる。ここで、法肩から2.0m～3.0m付近では深さ1.2m～1.3m以深で若干の強度増加がみられ、盛土中心部付近では多少締固め度合いが高くなっているようである。一方、アンカーを設置する最大打設長(0.7m)を踏まえて深さ1.0m付近までの強度分布をみると、どの場所もほぼ同様であると言える。

2) 実験方法

本研究では、衝撃载荷装置を新たに製作した。図5に衝撃载荷装置の平面図および側面図を示す。衝撃载荷装置は幅620mm×長さ1000mmの枠内に2本のリニアレ

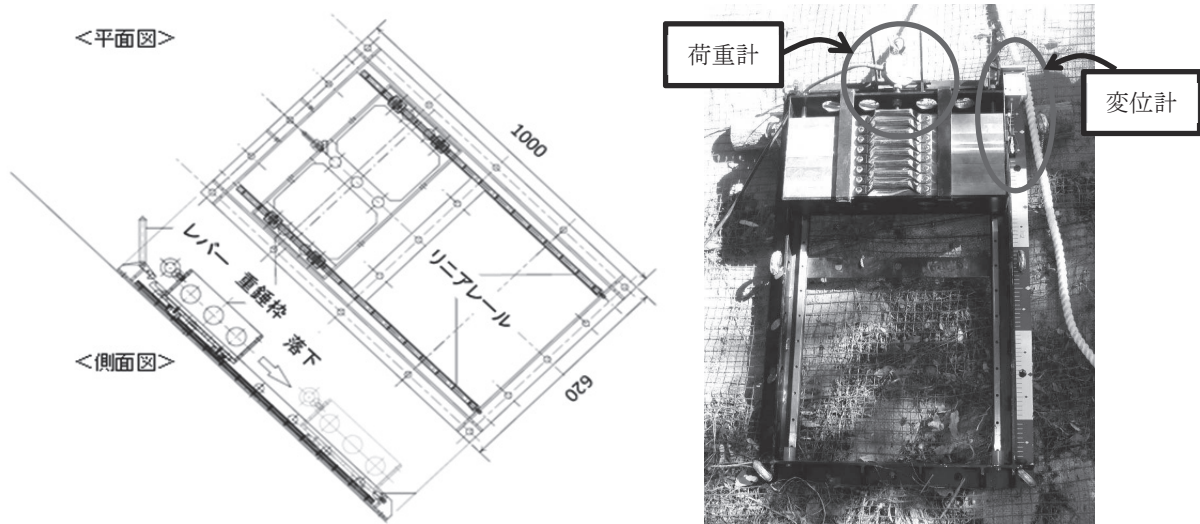


図5 衝撃载荷発生装置

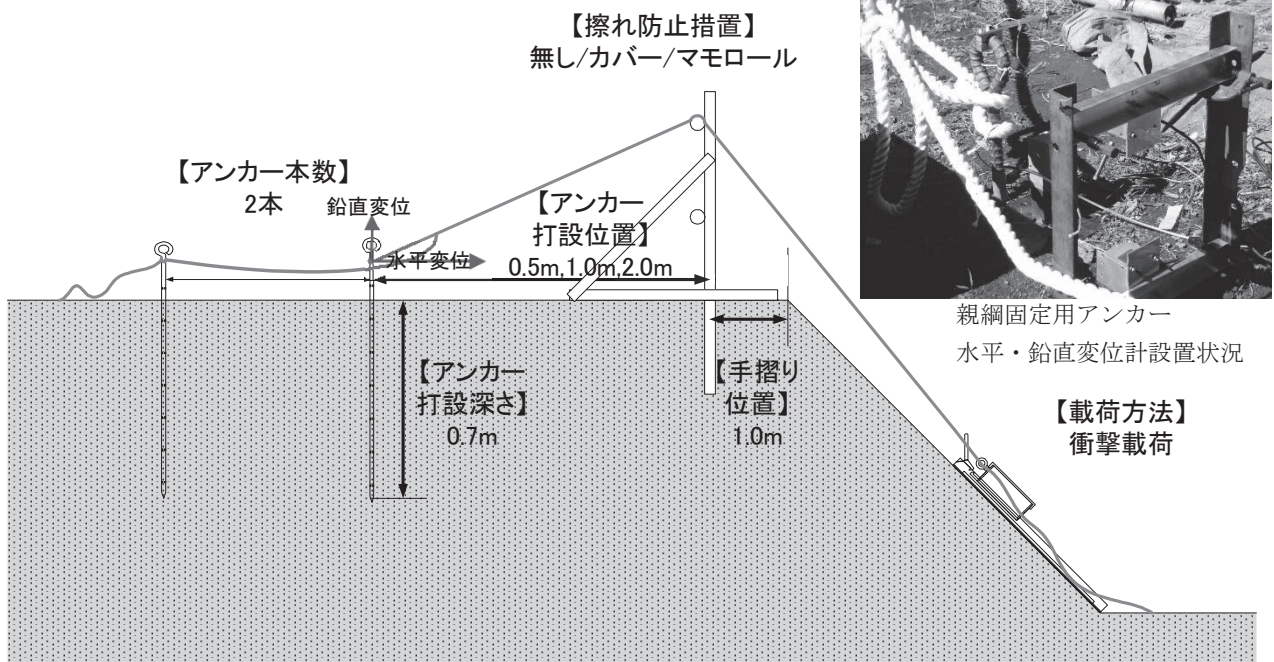


図6 実験概要図(ウマ)

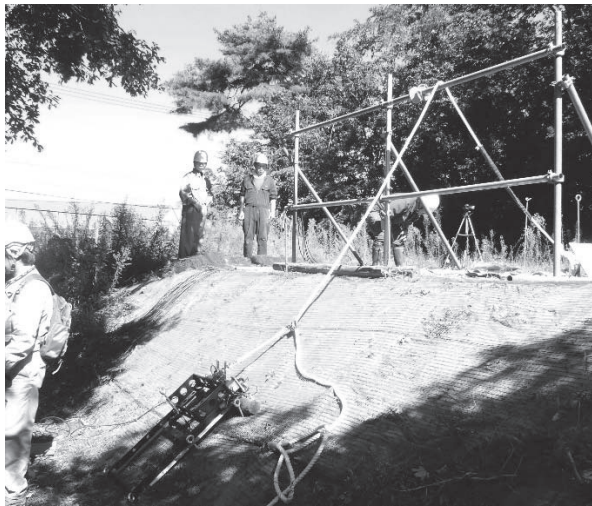


図7 実験状況写真

での重錘を設置することができる重錘枠を取り付けている。重錘枠はレバーによって保持する機構となっており、レバーを開放することで重錘枠が下方に移動できるようになっている。重錘部にはロードセルと巻き取り式変位計をそれぞれ設置して落下時の荷重や重錘移動量を把握できる。なお作用する荷重は、吹付け作業時に使用するノズル等の重量も加味して通常の落下試験で規定されている落体重量である 0.8kN よりも重くすることができるように最大荷重を 1kN としている。

3) 実験条件と計測項目

親網と安全帯による墜落防止対策を確実に実施する際に、親網が擦れるおそれがある法肩や突起した岩部には単管パイプや保護カバー等を利用して親網が擦れないようにする必要がある。一般的に、親網が斜面に擦れないようにする対策方法として「ウマ」と呼ばれる単管パイプで作った手すり(図6及び図7参照、以下、「ウマ」と

ールを設置しており、リニアレールには最大荷重 1kN ま

表1 実験ケース

ケース	ウマからの距離 (m)	アンカー根入れ長 (m)	合計落下回数 (回)
1	0.5	0.7	24
2	2.0	0.7	22
3	2.0	0.5	55

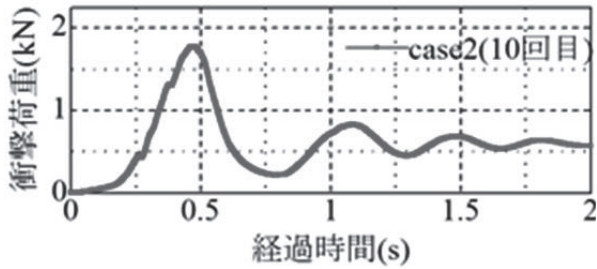


図8 代表的な衝撃荷重と時間の関係

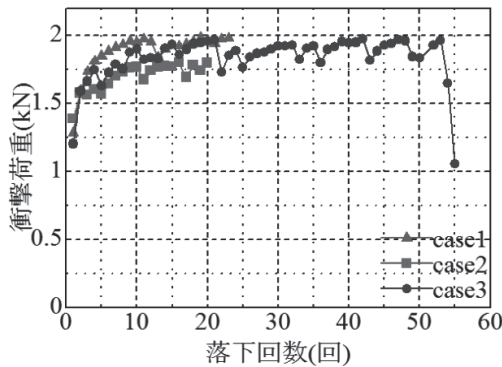


図9 衝撃荷重と落下回数の関係

呼ぶ。)と「タイコ」と呼ばれる法肩に丸太を固定設置したものがあ。最近では、法肩部からの墜落防止対策を兼ねることができるウマが大手企業にて広まりつつある。ウマは親網と崖斜面の法肩との間に隙間が生じるため、親網に体重をあずけた作業員が崖斜面上で横移動する際の擦れを防止することができる。本研究では、主にウマと親網固定用アンカーの設置位置を変化させ、重錘を落下させた際の衝撃荷重が親網固定用アンカーに与える影響等について確認を行った。実験は表1に示すようにウマからの距離、アンカーの根入れ長や落下回数等を変化させた実験を実施した。落下回数とは、ウマからの距離とアンカー根入れ長を固定した状態で何度も重錘を落下させ、その落下させた回数をいう。計測項目は、①アンカー頭部に設置された鉛直・水平方向の変位計、②载荷装置に設置された荷重計と変位計、③アンカーに一定間隔で貼付したひずみゲージから得られる軸力と曲げモーメントである。

4) 実験結果

図8にケース2の10回目の载荷時の衝撃荷重と時間の関係を代表例として示す。0.5秒後に最大値1.8kNを示しており、その後減衰している様子が分かる。また、

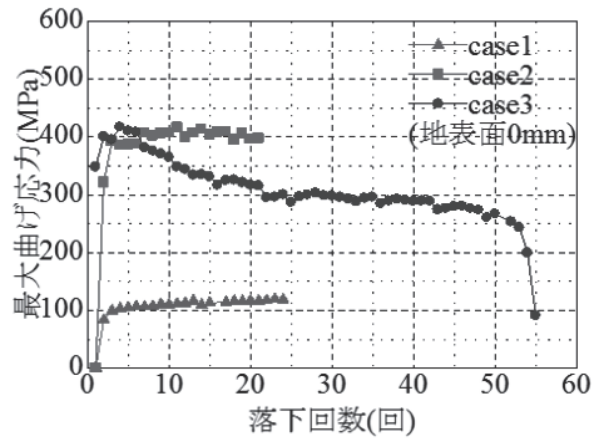


図10 最大曲げ応力と落下回数の関係

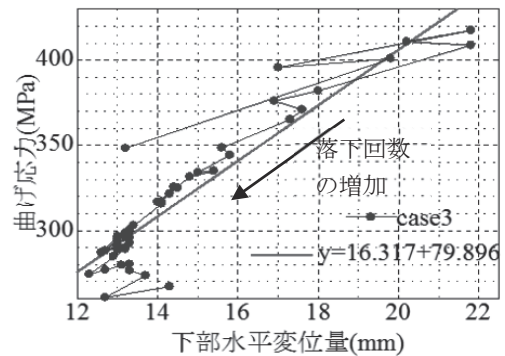


図11 最大曲げ応力と下部水平変位の関係

アンカーの設置方法により衝撃荷重の最大値が多少異なることが分かっている。これらの結果を全てとりまとめて各落下回数における衝撃荷重の最大値を図9に示す。全てのcaseにおいて、衝撃荷重が一定の数値まで増加し、そして増減を繰り返している。ケース1及び2は、変形も確認されなかったため、20回程度で終了した。図10にアンカーに設置したひずみゲージから計測された最大曲げ応力と落下回数の関係を示す。アンカーの根入れ長が短いcase3の最大曲げ応力は、落下回数5回付近をピークに緩やかに減少している様子がわかる。図11はケース3における最大曲げ応力とアンカー下部水平変位の関係を示したものである。载荷装置の荷重移動量は一定にも関わらず落下回数が多くなるにつれて水平変位量が低下し、最大曲げ応力が低下しており、ある時点まではほぼ線形に推移している。しかし、落下回数43回から水平変位量が増加に転じても曲げ応力が減少する傾向に変化している。これはアンカーと周辺地盤の間に隙間が発生して、衝撃载荷時にアンカーが動いたためと考えられる。このように、アンカーが抜ける前には挙動が異なる傾向に見られることが分かった。

3 実物大水平载荷・鉛直引き抜きによるアンカーの組み合わせ引き抜き実験

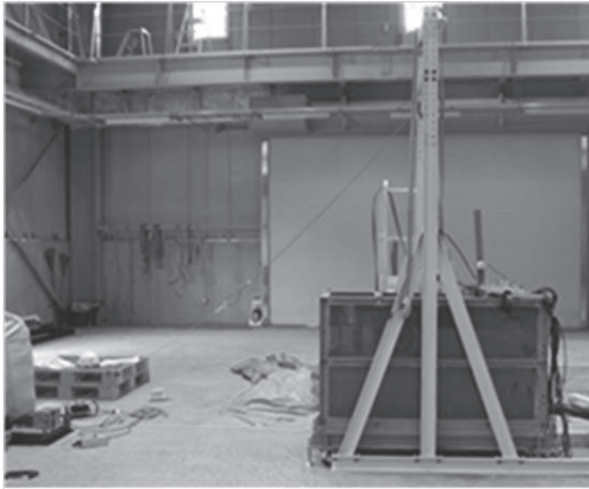


図 12 実験全景

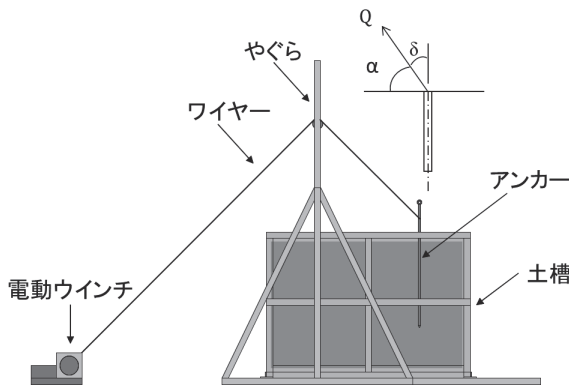


図 13 実験装置全景図

前章ではウマによる擦れ防止形態において与えられる衝撃荷重が親網固定用アンカーに与える影響について確認を行った。本章では、親網固定用アンカーの引き抜き挙動に焦点を絞り、実大模型引き抜き実験を実施した。

1) 実験概要

安衛研内の施工シミュレーション施設内に模型土槽を用いたアンカー引き抜き試験を実施し、引き抜き角度の違いがアンカーの挙動に与える影響について確認した。実験状況の全景図を図 12 及び図 13 に示す。実験は、ウマによる擦れ防止方式での引き抜き状況を再現するために鉄製の模型土槽（奥行き 500mm、幅 1500mm、高さ 900mm）複数本のアンカー（直径 19mm×1000mm）を打設した。引き抜き角度調整用のやぐら、電動ウインチ（丸東製作所製、耐荷重 1kN）によって引き抜き速度を 0.3mm/sec とし、やぐらとアンカーの位置を变化させることで引き抜き角度を变化させたアンカーの引き抜き試験を実施した。

2) 地盤物理・力学特性^{7),9)}

本実験では地盤として利根川水系から採取された川砂を使用した。川砂は産出地によって特性値に違いがある。そこで、実験を実施するにあたって、物理特性を把握するために各種土質試験と力学特性を把握するために中型

表 2 川砂の物理試験結果一覧

土粒子密度 ρ_s (g/cm^3)		2.762
粒 度	礫分 (2~75mm) %	7.5
	砂分 (0.075~2mm) %	88.5
	シルト分 (0.005~0.075mm) %	1.8
	粘土分 (0.005mm 未満) %	2.2
	最大粒径 mm	9.5
	均等係数 U_c	2.98
分 類	地盤材料の分類名	分級された礫まじり砂
	分類記号	(SP-G)
締 固 め	試験方法	A-b
	最大乾燥密度 (g/cm^3)	1.642
	最適含水比 (%)	18.3

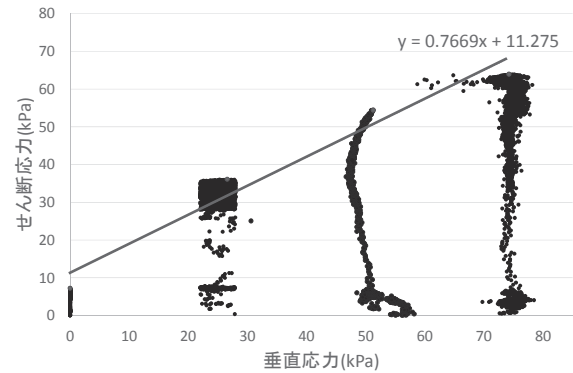


図 14 定圧一面せん断試験結果

定圧一面せん断試験をそれぞれ実施した。中型定圧一面せん断試験は、実験と同じ条件（含水比 10%、湿潤密度が $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ ）となるように調整して実施した。本実験では、アンカーの根入れ長は最大でも 0.7m であるため、拘束圧が低い条件での力学特性（粘着力、内部摩擦角等）を把握する必要がある。そのため鉛直応力を 0, 25, 50, 100kPa の 4 ケースに設定した。川砂の物理特性を表 2 に、一面せん断試験結果（鉛直応力～せん断応力関係）を図 14 にそれぞれ示す。一面せん断試験結果は、データにばらつきは見られるが、粘着力 $c=11.3$ (kPa)、内部摩擦角 $\phi=36.3$ 度という結果が得られた。

3) 実験方法

本実験で実施した実験ケースを表 3 に示す。引き抜き角度とアンカー根入れ長を变化させて全 16 ケースの実験を行った。使用した模型地盤は、川砂（利根川水系）であり、含水比 10%となるように加水して調整し、湿潤密度が $1.65\text{g}/\text{cm}^3$ となるように 1 層 150mm を基本として、6 層で締固め、高さ 900mm の模型地盤を作成した。模型地盤は 2 回作製し、1 回目がアンカー根入れ長が 0.7m、2 回目がアンカー根入れ長 0.6m および 0.5m の実験に使用している。図 15 は実験終了時の深さ方向の含水比分布を示したものである。アンカーの根入れ長が

表3 実験ケース一覧

		アンカー根入れ長(m)		
		0.7	0.6	0.5
引き抜き角度 α (度)	0	5	-	(7),(8)
	30	3	-	(9)
	45	2	-	(10)
	60	4	-	(11),(12)
	70	(15),(16)	(14)	-
	75	(6)	-	-
	90	(1)	-	(13)
使用土槽		1回目	2回目	

※表内はケース No. を示す。

○は根入れ長の1割程度引き抜けたものを示す。

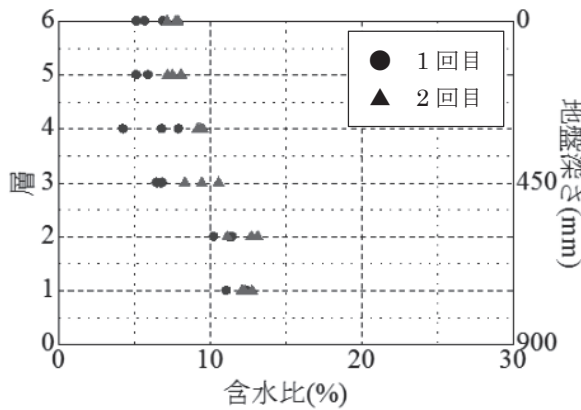


図15 含水比分布

最大でも 0.7m であることを考慮し、3 層目から 6 層目（地表面以下 0.6m まで）の平均含水比を求めると、1 回目が 6.0%，2 回目が 8.5%であった。両者に違いが見られた要因としては、締固め作業時の水分蒸発と地盤作製から実験実施までの期間が 1 回目の方が長かったためだと考えられる。

実験時の計測項目は、①アンカー頭部に設置された鉛直・水平方向の変位計（共和電業製）、②ウインチに設置された荷重計（共和電業製）と変位計（共和電業製）、③アンカーに一定間隔で貼付したひずみゲージから得られる軸力と曲げモーメントである。

4) 実験結果及び考察

本実験では、電動ウインチのトルク不足により引き抜き途中で停止してしまい、いくつかのケースでアンカーが引き抜ける現象まで完全に確認することができなかった。このことも踏まえて、実験結果及び考察を述べる。

図 16 に引き抜き角度 α （図 13 参照）が 45 度及び 0 度の角度での鉛直引き抜き荷重と鉛直変位の関係、図 14 に引き抜き角度 α が 45 度・90 度の角度での水平荷重と水平変位の関係をそれぞれ示す。図 16 と図 17 のアンカー根入れ長に関して注目すると、鉛直荷重と水平荷重は、根入れ 0.7m の方が 0.5m より大きい傾向にある。これは根入れ長を深くすることで、アンカーに対する拘束力が高まったものだと考えられる。また、水平荷重であるケース 5, 7 及び 8 に関しては荷重と同時にアンカーに対

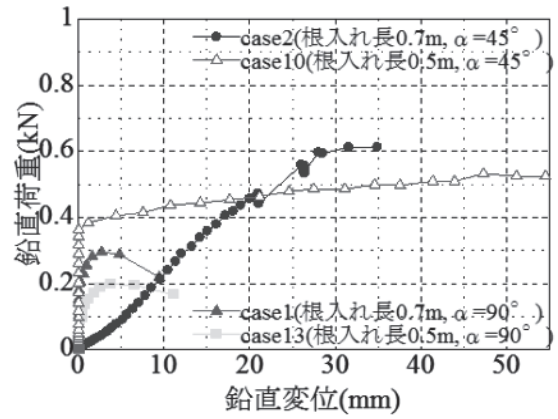


図16 鉛直引き抜き荷重と鉛直変位の関係

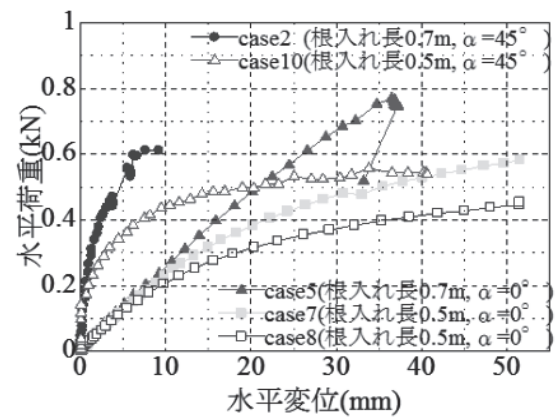


図17 水平荷重と水平変位の関係

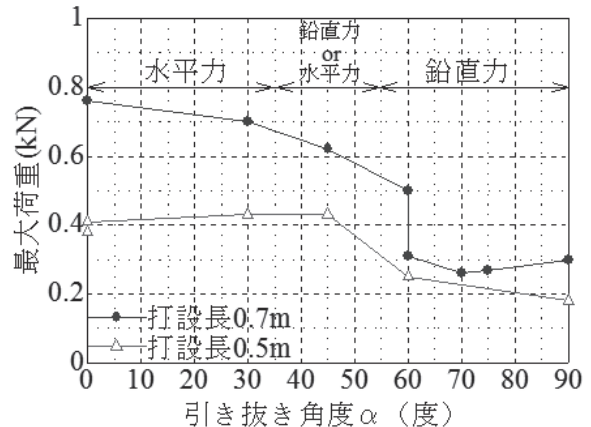


図18 最大荷重と引き抜き角度の関係

して地盤の受働土圧が發揮され、進行方向上の川砂に食い込むことにより水平変位量が抑制され、変化量が緩やかに増加する傾向が見られた。一方、水平荷重に加えて鉛直引き抜きも加わった 45 度に引き抜くケース 2 及び 10 に関しては、水平抵抗が case5, 7 及び 8 に比べて少ないため、荷重変位関係のピークが初期に発現されている。これらより、引き抜き角度が小さいほど水平抵抗が増加し、アンカーが引き抜ける可能性を抑制できるものと推測される。これらのことから、アンカーの引き抜き

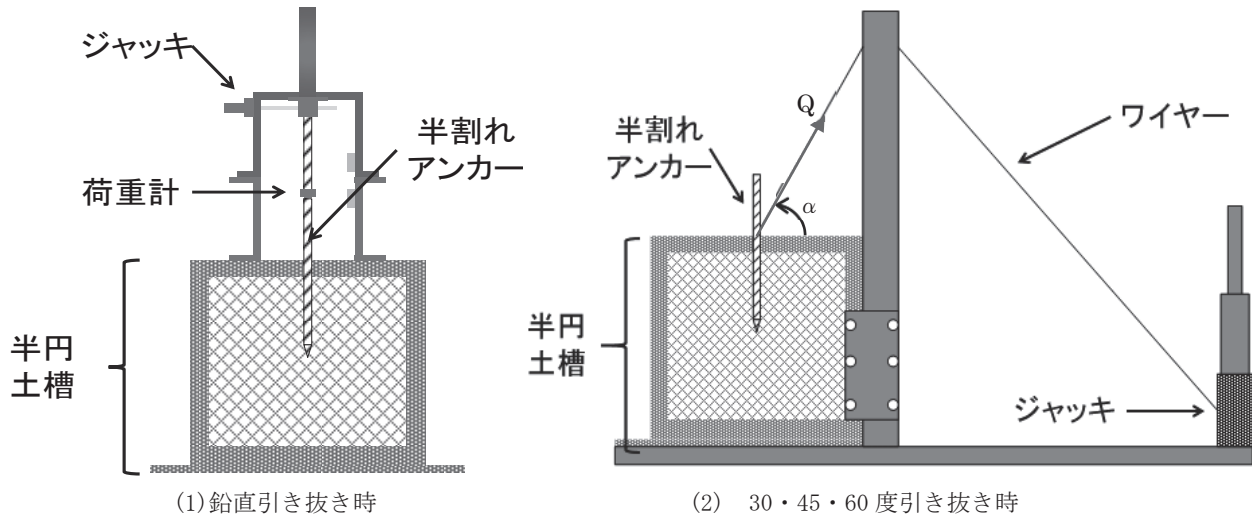


図 19 実験概要図 (側面図)

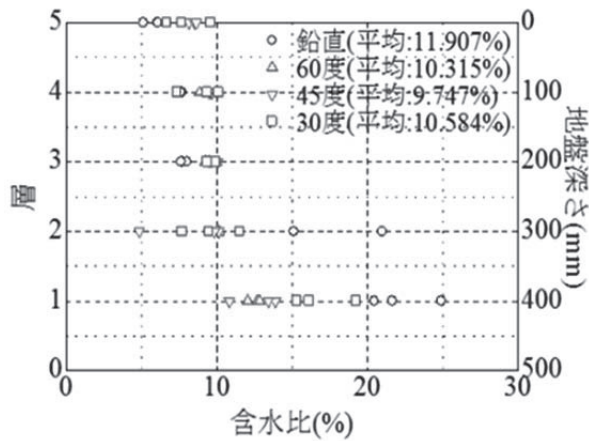


図 20 引き抜き実験終了時の含水比分布図

表 4 実験条件一覧

引き抜き角度		速度(mm/s)	打設長(mm)	含水比(%)
鉛直		0.2	210	11.907
60度		0.2	210	10.315
45度		0.2	210	9.747
30度		0.2	210	10.584

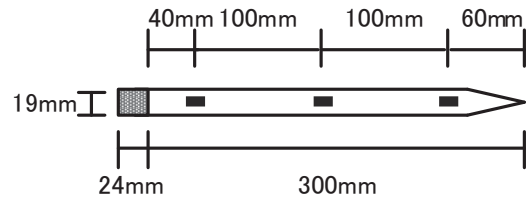


図 21 アンカー概略図

角度によって水平・鉛直成分の荷重の分担割合が異なり、それらが複合的にアンカー引き抜きに影響していると言える。親網固定用のアンカーが引き抜けることは法面工事中の作業員が墜落してしまうことを意味しており、絶対に避ける必要がある。そのため、アンカーが引き抜けないような引き抜き角度を求めることが必要である。複合荷重が付与される杭を設計する場合、最大引き抜き荷重値より鉛直・水平方向分力を求め、その大小関係よりどちらの成分が卓越しているかを判別している¹⁴⁾。

これを参考に、図 18 に最大荷重と引き抜き角度の関係図を示す。ここでは最大引き抜き荷重は装置の都合上計測できなかったため、鉛直変位が 3mm 時の荷重値と引き抜き角度から推定して算出したものであり、以下の式から判別を行った。

$$PH = Q \cos \alpha > PV \quad (2)$$

$$PV = Q \sin \alpha > PH \quad (3)$$

ここで、Q: 引き抜き荷重, PH: 水平方向荷重, PV: 鉛直方向荷重, α : 引き抜き角度

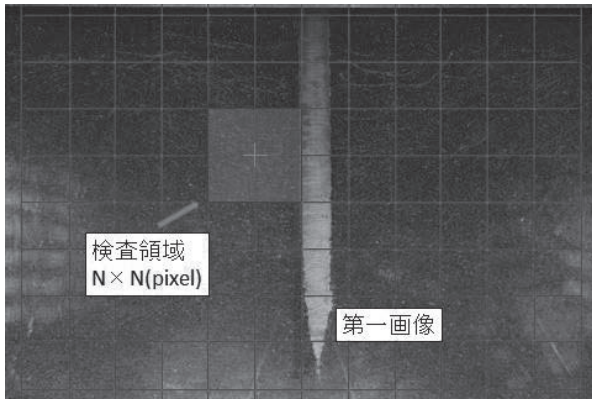
この図から鉛直と水平が卓越する引き抜き角は打設長によって変化するが、引き抜き角度が 40 度から 60 度の範囲内に鉛直引き抜きが卓越しない引き抜き角度が存在すると思われる。

4 半円土槽を用いたアンカー引き抜き実験によるアンカーと地盤の変形挙動の把握

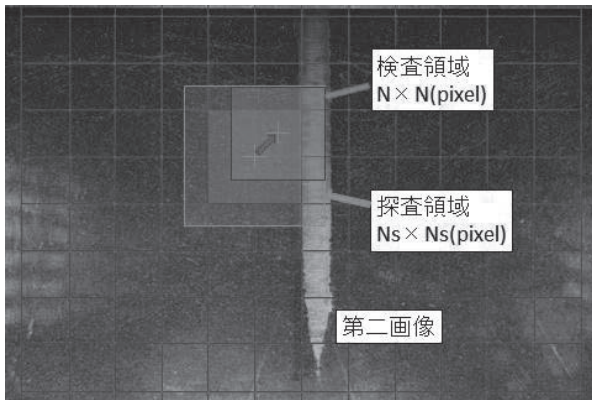
引き抜き時のアンカーと地盤の変形挙動を把握するために半円土槽 (図 19 参照) を使用して粒子画像流速測定法 (Particle Image Velocimetry, 以下 PIV という.) による画像解析を行った。これにより、鉛直引き抜きが卓越しない引き抜き角度と地盤内の角度変化の関係を把握できると考える。

1) 模型地盤構成

PIV を用いた半割れアンカー引き抜き実験は、安衛研内にある室内試験室で実施した。この実験試料は、3 章と同様に川砂 (利根川水系) を調整し (含水比 10%, 湿潤密度が 1.65g/cm³)、1 層 100mm を基本として、5 層締固めて高さ 500mm の模型地盤を作成した。図 20 に実験終了時含水比分布を示す。底面付近の含水比は各実



(a) 第一画像



(b) 第二画像

図 22 直接相互相関法

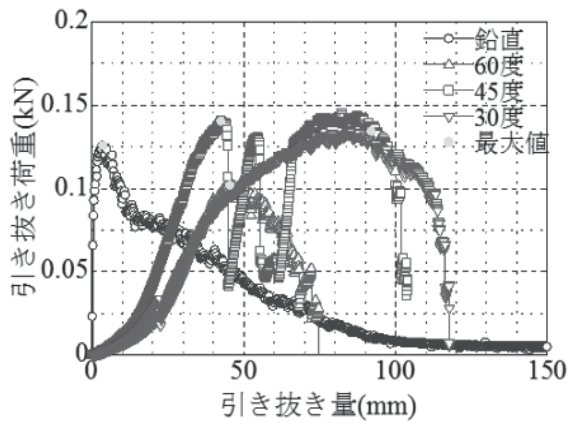


図 23 荷重と引き抜き量の関係

験とも 10%を超えているが、各実験終了時の平均含水比を求めると、10%前後であった。

2) 実験方法

半円土槽(半径 500mm, 高さ 500mm)内の土粒子の動きを読み取るために、アクリル面にモビロンシートを貼り付け、半割れアンカー(直径 19mm, 長さ 300mm)を設置した。電動ジャッキ(オリエンタルモーター製)を使用し、引き抜き速度を 0.2mm/s とした。なお、引き抜き速度は、PIV に使用するデジタルカメラ(Canon 製, EOS Kiss x8i, 2420 万画素)のシャッター間隔(5 秒)を踏まえて決定した。なお、モビロンシート越しに写る土粒子をデジタルカメラで把握することにより、引き抜

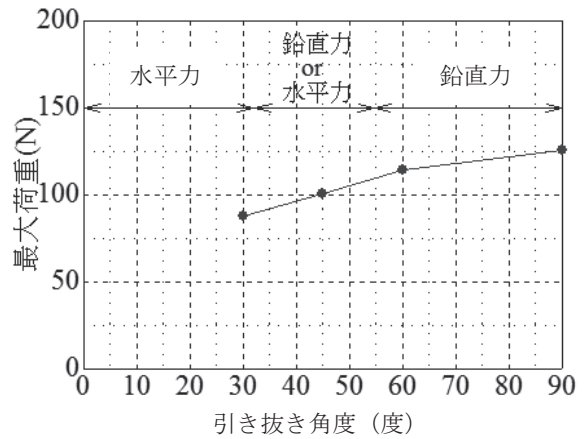


図 24 最大荷重と引き抜き角度の関係

表 5 PIV 画像サイズ

引抜角度	平均画像倍率	画像サイズ
鉛直	0.056mm/pixel	4000 × 3800
60度	0.070mm/pixel	6000 × 4000
45度	0.065mm/pixel	6000 × 4000
30度	0.070mm/pixel	4800 × 3000

き時のアンカーと土粒子集合体の挙動を読みとった。PIV に関しては後述する。

3) 実験条件と計測項目

引き抜き角度を変えることによってアンカーの引き抜き抵抗度合が変化する。そのため、表 4 に示す引き抜き角度を変化させた実験を実施した。使用した半割れアンカーは土槽の寸法を考慮して直径 19mm × 長さ 300mm とし、打設長と突出長の割合は従来の安全基準^{2), 3)}より 7 対 3 とした。アンカーの計測項目は、①アンカーとワイヤー間の荷重と変位、②アンカーに図 21 に示すような間隔で貼ったひずみゲージから得られる軸力である。

4) PIV による画像解析について

画像解析を行うにあたって、生画像は歪んでいるため、画像を平面化しなければならない。本研究では、複数の標点に粒子マスク相関法を用いて、自動で標点の画像座標を取得するプログラムを用いた。基準点プレートをラスタ走査し、0.7 以上の相互相関数が得られたピクセルを白、それ以外を黒とする。ここで得られた各標点の座標を数値化し、実際の座標との歪みを高次多項式で変換して補正を行った。

直接相互相関法(図 22)とは、局所的な輝度値パターンの類似相互相関で評価するものである。微小時間が異なる 2 時刻の可視化画像がデジタル画像としてある場合、第一画像中の検査領域の輝度値パターンが第二画像中のどの位置に移動したのかを、相互相関係数を用いて検出する。

5) 実験結果

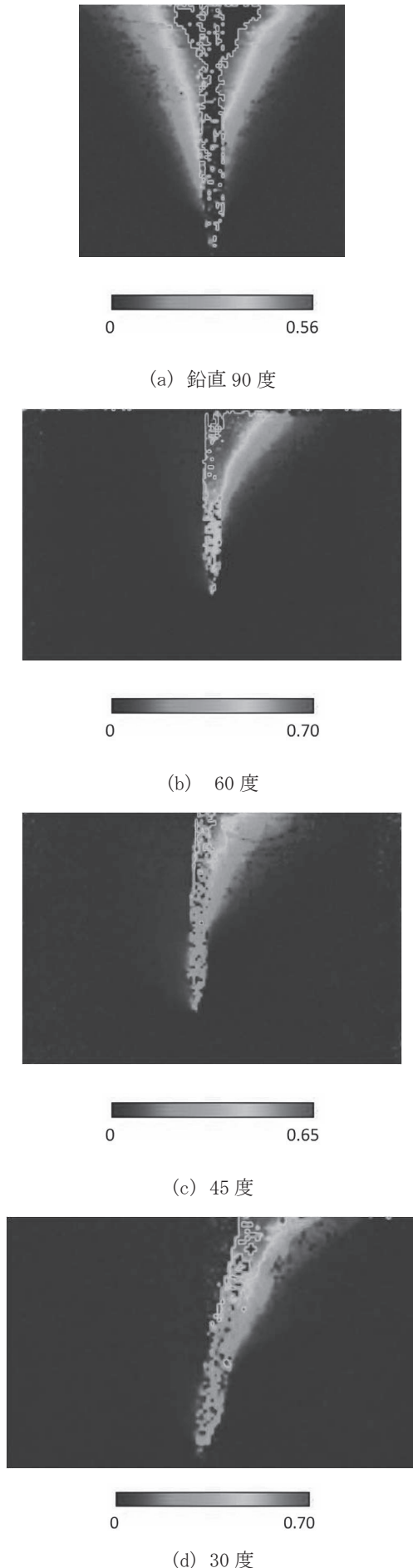


図 25 最大地盤変位増分

図 23 に荷重と引き抜き量の関係を示す。鉛直引き抜き

時は、載荷直後から荷重が急激に上昇し、アンカーが 5mm 上昇した時点で最大荷重値が発現する。30 度・60 度に関しては徐々に荷重値が上昇する。また、ピーク以降は荷重が減少している傾向から、アンカーと地盤の周面摩擦抵抗がなくなったと考えられる。45 度に関しては、荷重の増減が繰り返されている。図 24 に最大荷重と引き抜き角度の関係¹²⁾を示す。こちらは、2 章と同様に最大引き抜き荷重値より鉛直・水平方向分力を求め、その大小関係よりどちらの成分が卓越しているかを判別している。また、引き抜き 45 度の引き抜き実験に関しては図 20 に示す第一ピーク時を最大引き抜き荷重として算出したものであり、(2)式と(3)式から判別を行った。

図 15 と同様に、引き抜き角度が 40 度から 60 度の範囲内に鉛直引き抜きが卓越しない引き抜き角度が存在するのではないかとと思われる。

6) PIV 結果

図 22 に変位増分分布図を示す。変位増分分布図の色彩範囲は、個々の標点の変位した移動量を mm で示している。鉛直引き抜き時(図 22(a))において、アンカー周辺部の地盤がアンカー先端を中心に時間経過と共にくさび状に変形している様子が分かる。60 度・45 度引き抜き時(図 22(b), (c))において、打設長の半分付近から右側に変位していることが分かる。左側の変形に注目してみると、60 度引き抜き時より 45 度引き抜き時の変位範囲が大きい事が分かる。

5 まとめ

本研究では法面作業時におけるアンカー固定方法について検討するために、実物大水平載荷・鉛直引き抜きによる組み合わせ実験・PIV を用いた半割れアンカー引き抜き実験を実施した。以下に得られた知見を示す。

- 1) 衝撃載荷試験による親網固定アンカー引き抜き実験より、アンカーが抜ける際はその前の落下時の衝撃荷重が徐々に減少するのではなく、急激に衝撃荷重が変化することが示された。
- 2) 小型模型実験において、最大引き抜き荷重発現時における引き抜き量が鉛直引き抜き時の場合あまり変位しない、そのため引き抜き角度を 60, 45 及び 30 度により引き抜き量がある程度発生するため、工事現場において目視確認して危険性が分かる。
- 3) 川砂を使った二つの実験より、水平が卓越する引き抜き角は打設長によって変化するが、引き抜き角度が 40 度から 60 度の範囲内に鉛直引き抜きが卓越しない引き抜き角度が存在すると思われる。
- 4) PIV 結果により引き抜き角度 60, 45 及び 30 度にする事により水平抵抗が得られることが分かった。

謝辞

実験を実施するにあたり、ライト工業株式会社様、ジオデザインの海老澤伸二氏には多大なる御尽力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 国土交通省河川局砂防部：第5回土砂災害対策懇談会資料，平成20年3月
- 2) 一般社団法人全国特定法面保護協会：法面工事現場 安全衛生管理の手引（改訂版），35p，2008.
- 3) 建設業労働災害防止協会 墜落災害防止のための作業箇所別安全対策検討委員会：多発する崖，斜面からの墜落災害をなくそう！
- 4) http://www.kensaibou.or.jp/data/pdf/leaflet/tahatsusuru_gake_syamen_tsuiraku.pdf
- 5) 玉手三葉寿・櫻山徳治・笹沼たつ・高橋亀久松：立木の引き倒し試験，日林誌 47: 210-213, 1965
- 6) (社)地盤工学会：グラウンドアンカー工法の調査・設計から施工まで，2001
- 7) 岡庭翔一・伊藤和也：法面からの墜落災害防止のためのアンカーによる親綱固定方法に関する衝撃載荷実験，土木学会論文集 F6（安全問題），Vol.70, No.2, I_129-I_136, 2014.
- 8) 新任修：既存資料の重要性と面的調査，地質と調査，1986年，第1号，pp. 73-76, 1986.
- 9) 地盤工学会 地盤調査法改訂編集委員会編：地盤調査の方法と解説，(社)地盤工学会，317p，2013.
- 10) 伊藤和也・笹原克夫：掘削作業の再現による地盤の変形挙動の把握，第9回地盤工学会関東支部発表会，2012.
- 11) 地盤工学会 地盤調査法改訂編集委員会編：地盤調査の方法と解説，(社)地盤工学会，889p，2004.
- 12) H.G.POULOS：PILE FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN，John Wiley and Sons，1980.