

立命館大学大学院	学生会員	檀上徹	(株) 中藏	非会員	福島信夫
立命館大学	学生会員	○寺本龍生	立命館大学	正会員	藤本将光
立命館大学大学院	学生会員	宮島佳之	立命館大学	フェロー	深川良一

1. はじめに

京都市東山山麓部の古くからの住宅地では、現状として古い石積み等の既存擁壁が多数存在している。今日、建物の耐震診断や補強工事は一定の進展をみているものの、既存擁壁の耐震化はほとんど進んでいない。我が国の地中アンカーは、ドイツの技術を移入して仮設工法として広がり、現在はグラウンドアンカー工法として確立している。これは掘削孔内に銅棒等を挿入した後、セメントペーストを注入し、硬化後の孔壁周辺摩擦で引き抜きに抵抗する方法であり、硬化後の乾燥収縮による隙間が生じて緩む恐れがある。そのため、振動を受けると抜けやすくなるという弱点があるが、現在のところこれらに対する地震時対応の検討についてはなされていない。そこで著者らは、地震時においても地盤内で爪が周辺土塊を掴み取り引き抜き抵抗力を発現するような拡開型アンカー（以後、鯨錨型杭と呼ぶ）の開発を目指す。本論文では、開発に向けた第一段階として、今回提案する鯨錨型杭の引き抜き力を検証するため、グラウンドアンカーを模擬したモルタル付き杭との比較を行った。

2. 試験概要と試験条件

本試験の試験条件を表-1 に示す。相対密度を 2 種類（60，100%），使用した杭を 2 種類（モルタル付き（写真-1），鯨錨型（写真-2））の計 4 回、引き抜き試験を実施した。本試験で用いたモルタル付き杭は、径 6.0mm の杭に、水セメント比 26%の無収縮・急硬モルタル（リペモル P-500）を用い、数日間養生することで、モルタル径 30mm のモルタル付き杭を作製した。鯨錨型杭についても同様の杭径（φ6）のものを使用し、先端部分の爪の長さを 110.0mm とした。本試験では、杭径、爪の長さ、剛性を実際に使用される杭の 1/3 になるように設定し、杭の形状による引き抜き力の比較を行った。試料は滋賀県信楽真砂土を用い、含水比調整をした後、所定の密度になるよう 100mm ごとに木製ランマーを用いて円筒カラム（内径：580mm，高さ：1030mm）内へ敷き詰めた。底面より 100mm の位置に杭の底面がくるよう設置し、さらに 300mm の層を作製する（写真-3）。ジャッキ、ロードセル、杭を治具で固定し、この状態を「0」として試験を行う。カラム上部のハンドルを手動で回す（0.2mm/1 回転）ことで杭を鉛直上方向へ引き抜き、ロ

表-1 試験条件

試験		1	2	3	4
試料		信楽産まさ土			
相対密度	%	60	60	100	100
使用する杭		鯨錨型	モルタル付き	鯨錨型	モルタル付き
設定含水比	%	10.0			
乾燥密度	g/cm ³	1.506		1.735	
湿潤密度	g/cm ³	1.657		1.909	
間隙比	-	0.73		0.50	
最大粒径	mm	19.0			
相対密度に対するN値※		18		65	

※Gibbs & Holtz の相対密度とN値の関係式¹⁾を使用。



写真-1 モルタル付き杭

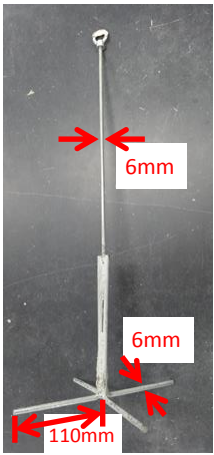


写真-2 鯨錨型杭

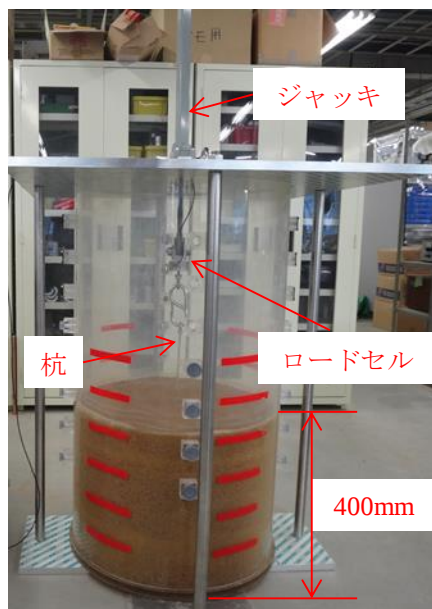


写真-3 土槽概要

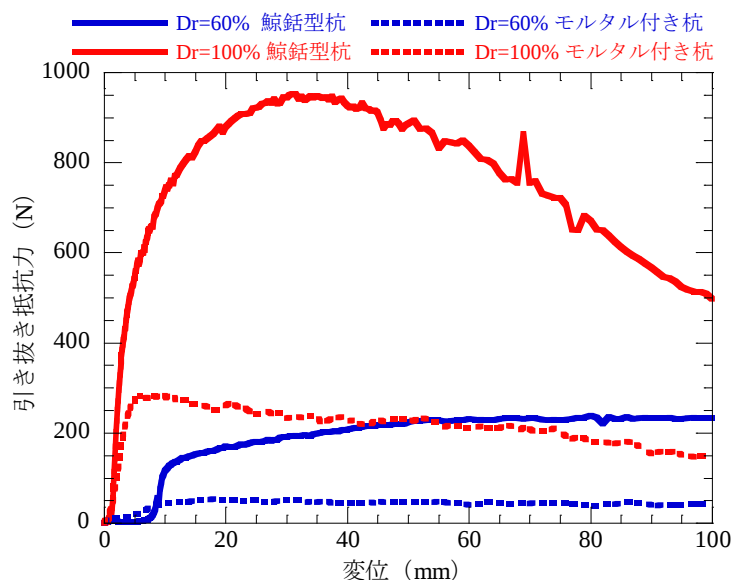


図-1 各試験における変位－引き抜き抵抗力の関係

ードセル（東京測器，型番：TCLK-5KNA）で引き抜き時に杭へ掛かる応力（ここでは，引き抜き抵抗力と呼ぶ）を計測した．計測は引き抜き変位量が 100mm に達した時点で終了とした．

3. 試験結果と考察

各試験結果における変位－引き抜き抵抗力の関係を図-1 に示す．図より各試験の最大引き抜き抵抗力は，Dr=60%，鯨銛型杭（試験 1）で 237.6N，Dr=60%，モルタル付き杭（試験 2）で 54.0N，Dr=100%，鯨銛型杭（試験 3）で 953.5N，Dr=100%，モルタル付き杭（試験 4）で 284.6N であった．Dr=60%時のモルタル付き杭と鯨銛型杭を比較すると，鯨銛型杭は約 4 倍の引き抜き抵抗力を発現した．また，Dr=100%時のモルタル付き杭と鯨銛型杭を比較すると，鯨銛型杭は約 3 倍の引き抜き抵抗力を発現し，鯨銛型杭が引き抜き抵抗力を十分に発現していることが分かる．鯨銛型杭の爪部分が引き抜き時に周辺地盤に引っかかることで引き抜き抵抗力も増大したことが推測される．

以上より，鯨銛型杭の爪が十分に開いた状態を想定した場合，従来のアンカー工で用いられるモルタルを注入し硬化した模型杭（モルタル付き杭）に比べ，3 倍以上の引き抜き抵抗力を発現すると判断できる．

4. おわりに

本研究では，鯨銛型杭の開発に向け，2 種類の模型杭（モルタル付き杭，鯨銛型杭）を用いた室内における引き抜き試験を実施し，補強工法としての引き抜き抵抗力を比較検証することで，鯨銛型杭の実現可能性について検討した．本研究で得られた知見を以下に示す．

1. Dr=60%および Dr=100%の地盤密度が普通～非常に密な範囲でも，十分に抵抗力を発現できる．
2. モルタル付き杭に比べ鯨銛型杭は 3 倍以上の引き抜き抵抗力を示したことから，補強工法として十分に抵抗力を発現できる．

謝辞：本研究は，公益財団法人京都産業 21 の平成 25 年度連携型イノベーション研究開発事業＜産学連携プロジェクト形式・シーズ育成促進事業＞の援助を得た．また，(株)吉川組の鬼武様には，模型杭の作製をして頂いた．ここに記して謝意を表する．

参考文献

- 1) Gibbs, H.J. and Holtz, W.H. : Research on Determinings the Density of Sands by Spoon Penetration Testing, 4th ICSMFE, London, Vol.1, p.35, 1957.