



アルミ棒積層地盤を用いた支持力試験について

吉田, 信之
西, 勝
脇田, 光浩
別当, 知昭

(Citation)

神戸大学都市安全研究センター研究報告, 3:87-93

(Issue Date)

1999-03

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/00317519>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/00317519>



アルミ棒積層地盤を用いた支持力試験について

On bearing capacity test using model ground of aluminum rods

吉田 信之¹⁾

Nobuyuki Yoshida

西 勝²⁾

Masaru Nishi

脇田 光浩³⁾

Mitsuhiro Wakita

別当 知昭⁴⁾

Tomoaki Bettou

概要：アルミ棒積層模型地盤を用いてフーチング基礎の支持力試験を行い，載荷試験中の基礎周辺のアルミ棒の挙動を詳細に観察して，せん断層について考察した．本報では，試験概要とそれらの結果の一部を紹介する．

キーワード：フーチング，模型実験，支持力，すべり面，変形

1. 序論

支持基礎下の地盤は，通常地盤内にすべり面を伴って進行的に破壊する．このような変形が局所化する現象は全体の破壊を示す前兆となることから，変形の局所化やすべり面の形成機構を明らかにすることは破壊現象を明らかにし，基礎地盤の破壊予測を行う上で大変重要なステップである．谷¹⁾は砂質土を用いた二次元の模型支持力実験を行い，すべり面について貴重な知見を得ている．また，神谷・東畑²⁾は，デジタルマイクロスコープを用いて，平面ひずみ圧縮試験におけるせん断層付近の砂粒子の挙動(回転等)を観察し，せん断層内外における粒子の挙動の違いやひずみの局所化傾向を示唆している．

本研究では，アルミ棒積層模型地盤を用いてフーチング基礎の支持力試験を行い，載荷試験中の基礎周辺のアルミ棒の挙動を詳細に観察して，せん断層について考察した．本報では，試験概要とそれらの結果の一部を紹介する．

2. 試験概要

(1) 試験装置の概要及びモデル地盤

実験装置の概略を図-1に示す．載荷枠の幅は1500mm，高さは1000mmである．中剛板が，150mm間隔で上下に移動可能であり積層体地盤の層厚を調節できる構造になっている．載荷枠の上・中剛板が，載荷中に撓むのを抑えるために，実験装置背後に補強板を取り付け，上部剛板には更に剛板を取り付け剛性を高めた．フーチングの沈下は，スクリュージャックで行う．ハンドルを1回転させると0.8mm降下し，最大200mm降下させることができる．フーチング基礎とスクリュージャックのピストン間にロードセルを取り付け，フーチング底面に作用する荷重を測定する．フーチング前面と載荷枠前面にスチール製メジャーを取り付けてある．

実験に用いるアルミ棒（JIS A 5052，比重2.69）は，長さ50mmで直径8，15，16mmである．また，個々のアルミ棒の挙動（並進・回転挙動）を観察するために，アルミ棒の一方の端面に十字の標線を入れてある．

模型フーチング基礎はアルミ製であり，底面の奥行きは50mmで，幅は100と200mmの2種類を用意した．各

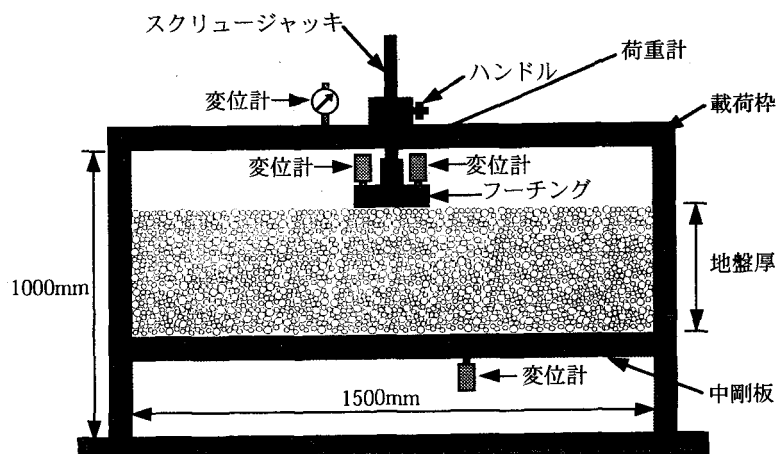


図-1 実験装置概要

フーチング側面には、基礎を十分沈下させたときアルミ棒がフーチング上部に入り込んでくるのを防ぐため、長さ150mm、厚さ5mmのアルミ板を取り付けている。

モデル地盤は、アルミ棒を積層して作製した。単一径(16mm)のアルミ棒を用いる場合、最密構造(正六角形配置)に積むケースと最疎構造(正方形配置)に積むケースの2通りを設定した。最密構造の場合は、右から左へ(または左から右へ)一定の順序で一段ずつアルミ棒を積み上げてゆく。また、最疎構造の場合は、上下のアルミ棒が横にずれないように注意しながら積み上げてゆき、最上段では偏荷重を作用させるため、アルミ棒1個分横方向にずらす。二種径混合では、8mm径及び15mm径のアルミ棒を混合して用い、過去の研究³⁾を参考に混合重量比は3:2とし、これをアルミ棒数比に換算して(84:16)、一様乱数表をひいて01から84の数字が出れば8mm径のアルミ棒を、85から00の数字が出れば15mm径のアルミ棒を抽出し積み上げていくことにした。アルミ棒を積み上げる作業中、透明アクリル板を実験装置前面に取り付けて、アルミ棒の端面をそろえている。なお、初期間隙比 e_0 は、16mm単一径の最疎配列地盤で0.267、最密配列地盤で0.108で、8mm径・15mm径混合地盤で0.24~0.26であった。

本実験では、予備実験の結果に基づいて、下部剛板から2段目に中剛板を取り付けて約410mmの地盤厚で主に実験を行った。なお、画像処理システムの制約から、8mm径のアルミ棒が個々の挙動を観察するのに最小の大きさであり、また実験装置サイズの制約から200mmの基礎幅が使用できる最大のものであることを付記しておく。

(2) 試験方法

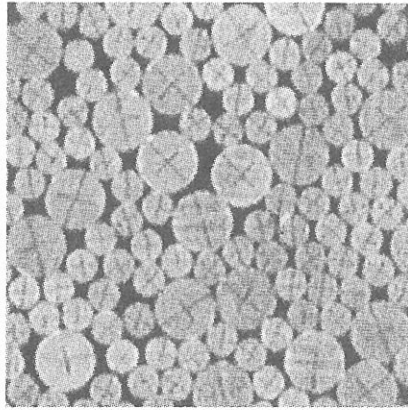
アルミ棒の側面をよく研磨し、実験装置とアルミ棒との接触面もよく研磨しておく。荷重計、フーチングを取り付け、アルミ棒積層地盤を作製する。変位計をフーチング上面に2カ所、上部剛板、中剛板にそれぞれ1カ所ずつの計4カ所に設置してデータロガーに接続する。フーチングを約2.4mm/minの一定速度で手動により沈下させて、フーチング基礎の沈下量をフーチング上面の変位計より、フーチングに作用する荷重を荷重計より記録すると同時に、デジタルカメラ(FUJI XEROX XD530, 130万画素)を用いて写真撮影を行い、アルミ棒の挙動を観測する。写真撮影は、写真の中心にフーチングの中央線が通るようにあらかじめ構図を決めてデジタルカメラを三脚で固定し、手動により行う。試験の前後にアルミ棒積層地盤の全体を、載荷中は、直接基礎下部分を撮影する。

(3) データ処理方法

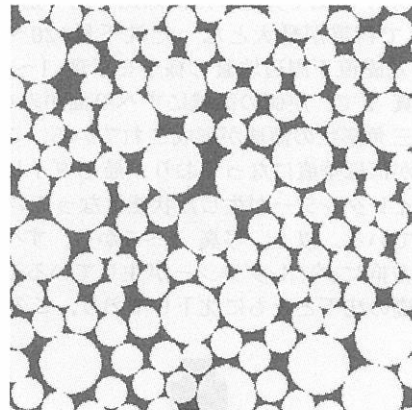
アルミ棒の個々の挙動を子細に観測するため、前述のようにデジタルカメラを用いて写真撮影を行った。それらの画像をパソコンに取り込み、Photo Shop(解像度: 28.346 pixels/cm)を用いて、個々のアルミ棒の各種運動を計測するとともに直接基礎下及びその周辺の間隙比を算定した。

並進・回転運動については取り込んだ画像に座標を設定し、あらかじめ入れておいたアルミ棒の標線から、アルミ棒の中心の水平と鉛直変位及び標線の回転角を読み取った。なお、取り込んだ画像に座標を設定した際の読み取ることのできる最小単位は0.1mmである。

間隙比については、取り込んだ画像を変換しきい値法を用いて2値化処理を施し算定した。2値化処理前後の画像を図-2に示す。処理後の画像で黒い部分が間隙、白い部分がアルミ棒である。なお、間隙比の計測方法による誤差は、写真画面中央では0.0013以下で、写真画面四隅では最大で0.0025となり、写真のゆがみがあることが確認された。よって、本実験での間隙比算定では、写真画面の隅を用いないことにした。



(a) 処理前



(b) 処理後

図-2 間隙比算定のための処理

3. 試験結果及び考察

(1) 単一径アルミ棒積層地盤

16mmの単一径アルミ棒最密配列地盤でフーチング基礎幅100mmの結果を図-3に示す。縦軸は荷重計より読み取った値、横軸はフーチング上面に取り付けた2つの変位計の読みの平均値である。図より、沈下開始から荷重が急増しているのが分かる。沈下量約4mm時に、突然地盤表面が弾け飛び実験を続けることが不可能になった。これは、地盤状態が最密配置であり、積層地盤内でのアルミ棒同士のかみ合わせがしっかりしていたためと考えられる。

16mm径の単一径アルミ棒最疎配列地盤で、フーチング基礎幅が100mmの結果を図-4に、フーチング基礎幅が200mmの結果を図-5に示す。図-4、5より、荷重が規則的に変化しているのが分かる。これは、アルミ棒の積層が正方形配置で不安定な構造であるため、フーチングの沈下とともに積層地盤に荷重がかかるとアルミ棒一段がまとまって横にずれて崩れフーチング底面と地盤表面との間にすきまができ、荷重が殆どゼロになるが、フーチングがさらに沈下すると、フーチング底面が地盤表面に再び接し地盤に荷重がかかり、アルミ棒一段が再び崩れ荷重がゼロになるのを繰り返すためである。また、図-5より、沈下量約100mm以降、特に沈下量100~110mm、120~130mmにおいては、100mm以前に比べて荷重の急激な増減が見られるが、これは地盤が徐々に安定した構造に移っている現れであると考えられる。

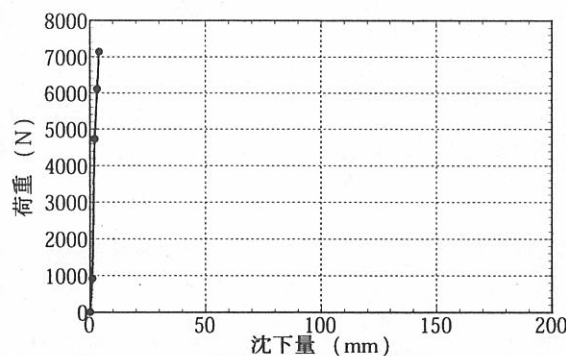


図-3 荷重-沈下量関係 (最密配列)

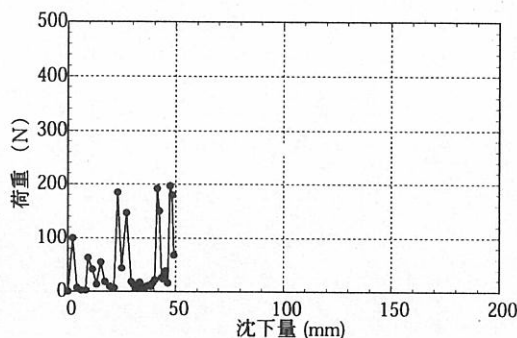


図-4 荷重-沈下量関係 (最疎配列, B=100)

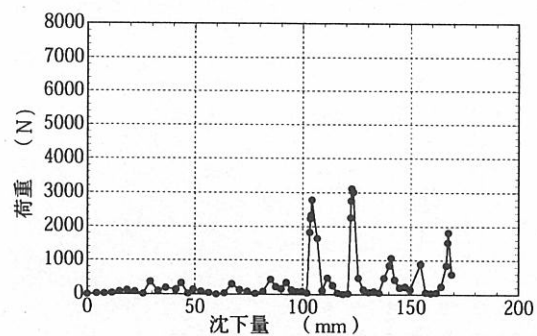


図-5 荷重-沈下量関係 (最疎配列, B=200)

図-6に示す領域で算定した間隙比と沈下量の関係を図-7に示す。間隙比は、沈下量の増大とともに減少しており、図-5で荷重が最大となった沈下量120～130mmで、最小となっている。沈下量125, 128, 130, 132, 135mmの基礎直下周辺地盤の様子を写真-1～5に示す。写真-1において直接基礎下は完全に密な状態になっており、写真-2で、左側の領域にすべり面がみられる。写真-3で、右側にもすべり面がみられ、基礎両端を2頂点とする正三角形形状の領域が形成されている。このとき左側のすべり面では、すべり面を挟むアルミ棒を結ぶ線とすべり面がほぼ垂直になっており、最もダイレタンシーが生じた状態である。写真-4で、右側のすべり面ではほぼ最大のダイレタンシーが生じた状態になっている。写真-5で、すべり面を挟むアルミ棒が、すべり面に沿ってさらにずれている。以上、写真-1～5から、すべり面を挟むアルミ棒がすべり面に平行方向にずれており、すべり面に垂直方向にダイレタンシーが生じていることが認められた。また、正三角形形状の領域は全く変化せずにフーチング基礎の沈下とともに沈下しており、この領域は剛体として挙動していることが確認できた。

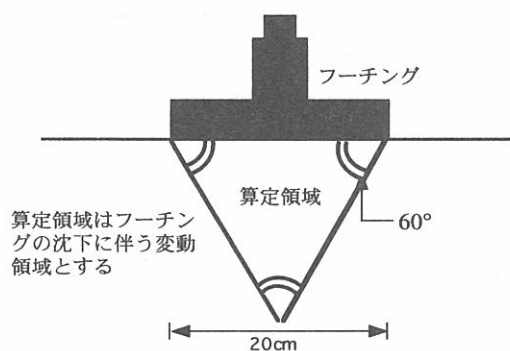


図-6 間隙比算定領域

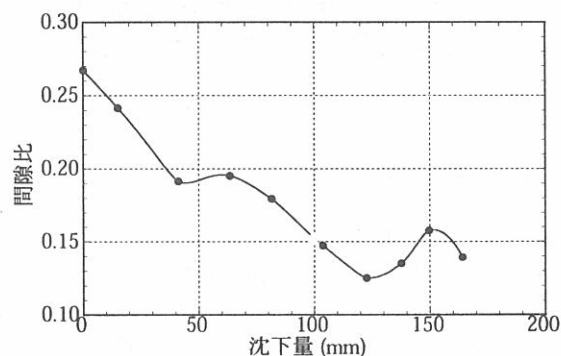


図-7 間隙比-沈下量関係（最疎配列, B=200）

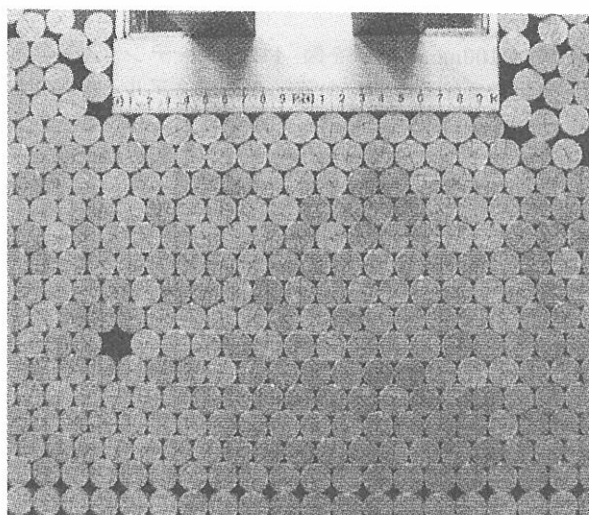


写真-1 基礎直下周辺地盤の様子（沈下量=125mm）

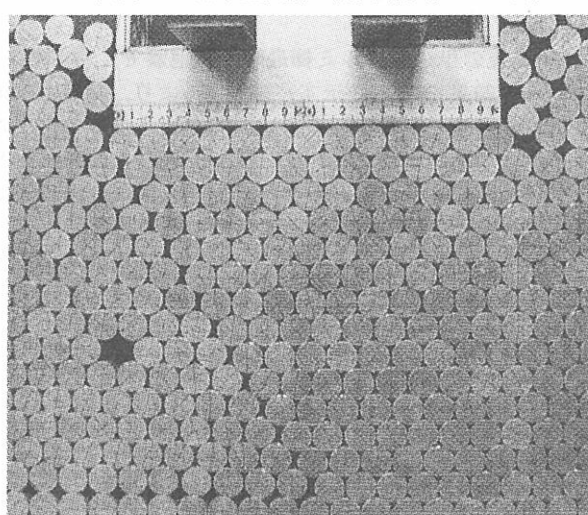


写真-2 基礎直下周辺地盤の様子（沈下量=128mm）

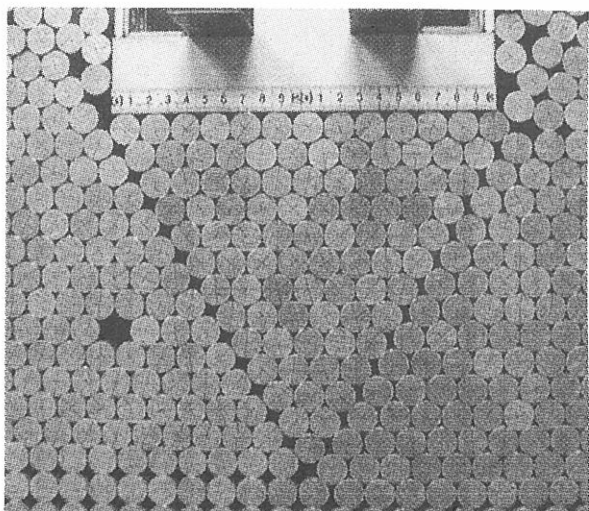


写真-3 基礎直下周辺地盤の様子（沈下量=130mm）

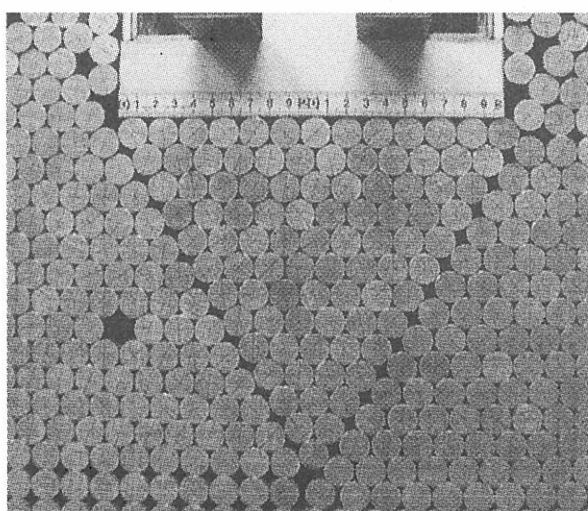


写真-4 基礎直下周辺地盤の様子（沈下量=132mm）

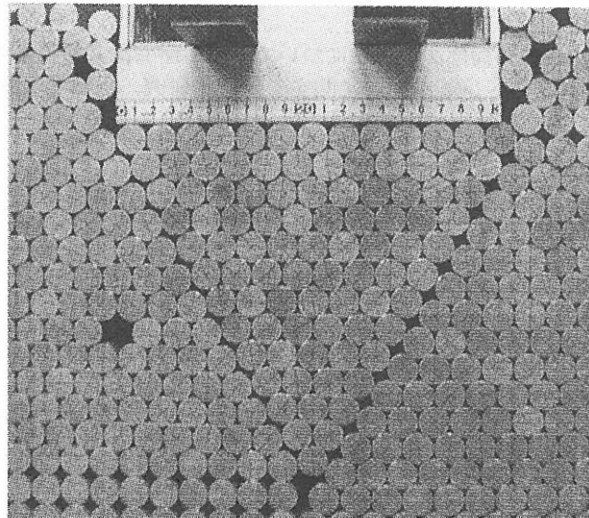


写真-5 基礎直下周辺地盤の様子 (沈下量=135mm)

(2)二種径混合アルミ棒積層地盤

8mm径と15mm径のアルミ棒を混合積層した地盤での載荷荷重と基礎沈下量の関係について、基礎幅100mmの結果を図-8、基礎幅200mmの結果を図-9に示す。基礎幅200mmでは同条件下で三回試験(a, b, c)を行ったが、再現性のよい結果が得られている。図-9は、図-8に比べて同じ沈下量に対して、より大きな荷重がかかっている。基礎底面幅 B/D_{50} 径の値を計算すると、図-8で12.5、図-9で25.0であり、アルミ棒の径と基礎幅との相対的な大きさに起因するサイズ効果が結果に現れているものと考えられる。また、図-4、5と比較して、荷重はなめらかに増加し支持力の発現傾向が見られる。

4. 結論

本報では、アルミ棒積層地盤を用いたフーチング基礎の支持力試験を行い、その結果の一部を紹介した。結論を以下に列記する。

- 1) 単一径の最密配列地盤では、アルミ棒の移動が困難であるため、小さな沈下量で荷重が急増し基礎近傍のアルミ棒が突然弾け飛ぶ現象がみられた。
- 2) 単一径の最疎配列地盤では、基礎の沈下に伴い荷重が規則的に変動し、基礎下領域が徐々に密になり、基礎両端を二頂点とする正三角形の剛体領域が形成される。その境界は写真から確認でき、ダイレタンシー挙動が認められた。
- 3) 二種径混合地盤では、滑らかな支持力発現がみられた。(基礎底面幅 B/D_{50} 径)の値が小さい場合にはサイズ効果が顕著になることが分かったが、その限界については今後の課題である。

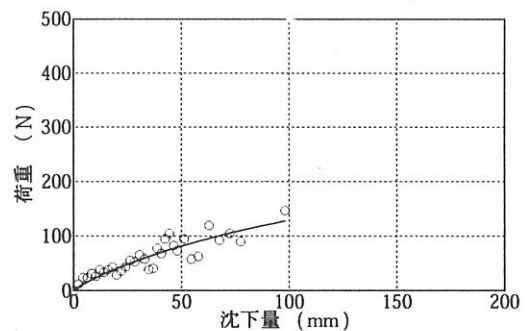


図-8 荷重-沈下量関係 (B=100)

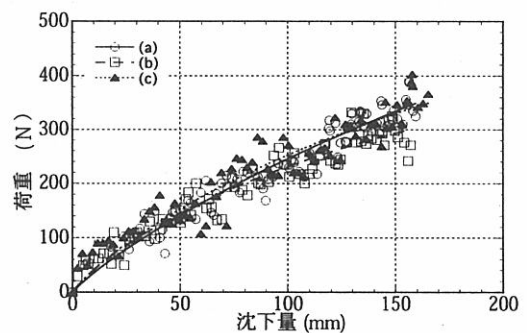


図-9 荷重-沈下量関係 (B=200)

謝辞：本研究は、平成9年度(財)セコム科学技術振興財団の研究助成を受けて行ったものであり、ここに記して敬意を表します。

参考文献

- 1) 谷和夫：砂地盤上の浅い基礎の支持力機構，修士論文，東京大学大学院工学系研究科土木工学科専門課程，1986.3.
- 2) 神谷弘志，東畑郁生：せん断層付近の砂の粒子運動の顕微鏡観察，第33回地盤工学会研究発表会，1998，

pp.559-560.

- 3) 村山朔郎, 松岡 元: 粒状土地盤の局部沈下現象について, 土木学会論文報告集第172号, 1969, pp.31-41.
- 4) 村山朔郎, 松岡 元: 砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究, 土木学会論文報告集第187号, 1971, pp.95-108.

筆者: 1) 吉田信之, 神戸大学都市安全研究センター, 助教授; 2) 西 勝, 神戸大学工学部建設学科, 教授; 3) 脇田光浩, 神戸大学工学部建設学科, 学生; 4) 別当知昭, 神戸大学大学院自然科学研究科, 学生

ON BEARING CAPACITY TEST USING MODEL GROUND OF ALUMINUM RODS

Nobuyuki Yoshida
Masaru Nishi
Mitsuhiro Wakita
Tomoaki Bettou

Abstract

A bearing capacity test of a model footing was carried out on a model ground of aluminum rods in order to investigate the initiation and development of shear band and slip surface during loading. This report describes the test apparatus, the methods of testing and data treatment and some test results.

The tests are performed on the model grounds of aluminum rods with single diameter and of those with two different diameters. As preliminary consideration, the load-settlement relationships and the change of void ratio near the footing are presented for the aluminum rods with single diameter and only load-settlement relationships for those with two different diameters.

It is shown that the slip surface is clearly observed in the aluminum rods ground with single diameter and that dilatancy behaviour is noted at the boundary. Size effects resulting from the relative magnitude of the diameter of aluminum rods and the footing width are also observed especially for the aluminum rods ground with single diameter.

