

# スチールグリッド補強土の補強メカニズムの 解明と支圧抵抗力の評価

鍋島康之<sup>1</sup>・松井保<sup>2</sup>・周詩廣<sup>3</sup>・鶴田慎之介<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 博士(工) 大阪大学助手 大学院工学研究科土木工学専攻(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

<sup>2</sup>フェロー 工博 大阪大学教授 大学院工学研究科土木工学専攻(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

<sup>3</sup>学生員 工修 大阪大学大学院 工学研究科土木工学専攻(〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1)

<sup>4</sup>正会員 工修 前田建設工業(株) 技術本部技術研究所(〒179-8914 東京都練馬区旭町1-39-16)

スチールグリッド補強材の引抜き試験を行い、スチールグリッド補強土の補強メカニズムと横筋で発揮される支圧抵抗力の発現特性について調べた。その結果、スチールグリッド補強土の引抜き抵抗力の大部分は支圧抵抗力であり、横筋間隔200mm以上であれば支圧抵抗力は各横筋(直径6.0mm)に均等に作用すること、つまり横筋本数に比例して増加することがわかった。これは、補強材縦筋の伸張性がほとんどなく、引抜き時の各横筋の変位量がほぼ等しいためである。さらに、支持力理論に基づいた支圧抵抗力評価式を提案した。そして、種々の試料土を用いた引抜き試験結果と比較した結果、試験結果とほぼ一致し、提案式の適用性が確認された。

**Key Words :** steel grid reinforcement, reinforced earth, bearing resistance, Prandtl's theory, pullout test

## 1.はじめに

補強土工法は擁壁を伴う盛土工法と比較して施工性・経済性に優れていることから広く用いられている。この補強土工法の補強効果を表す指標の一つとして引抜き抵抗力が挙げられる。テールアルメ工法など帶状補強材を用いる補強土工法の引抜き抵抗力は補強材と土との摩擦抵抗力に依存しているため、盛土材に良質土を用いることが必要条件となる。実際にテールアルメ工法の設計法<sup>1)</sup>では、盛土材の細粒分含有率は25%以下と定められている。これに対し、縦筋と横筋より構成されたスチールグリッド補強材の引抜き抵抗力は縦筋に作用する摩擦抵抗力と横筋で発揮される支圧抵抗力より得られる。支圧抵抗力は摩擦抵抗力に比べて非常に大きいことから、ある程度良質でない土に対しても適用できると考えられる。

しかし、スチールグリッド補強土の補強メカニズムや支圧抵抗力が十分に解明されておらず、支圧抵抗力の評価方法も確立されていない。現行の設計法<sup>2)</sup>はTerzaghiの帶状基礎に対する支持力式と支持力係数を応用して支圧抵抗力を求め、補強土の設計を行っているため、合理的でない設計となる可能性がある。

著者らは、これまでスチールグリッド補強土の補強メカニズムに関する研究<sup>3), 4), 5)</sup>を行ってきたが、支圧抵抗力による補強効果が非常に大きく、補強メカニズムを解明する上で引抜き抵抗力に占める支圧抵抗力を精度良く評価することが最重要課題であることがわかっている。このため、本論文では、乾燥砂およびまさ土についてスチールグリッド補強材の引抜き試験を行い、スチールグリッド補強材の補強メカニズム、特に引抜き抵抗力に対する摩擦抵抗力と支圧抵抗力の分担率を明らかにするとともに引抜き抵抗力のほとんどを担っている支圧抵抗力の発現特性について調べる。さらに、支持力理論に基づいた支圧抵抗力評価式を提案し、引抜き試験結果との比較を通して提案式の適用性について検討する。なお、本論文はこれまでの成果<sup>3)</sup>とその後のまさ土に関する成果をあわせて統合的にまとめたものである。

## 2.引抜き試験概要

### (1) スチールグリッド補強材

スチールグリッド補強材とは、鉄筋(直径6.0mm)を格子状に組み合わせ、その接合部を自動溶接して

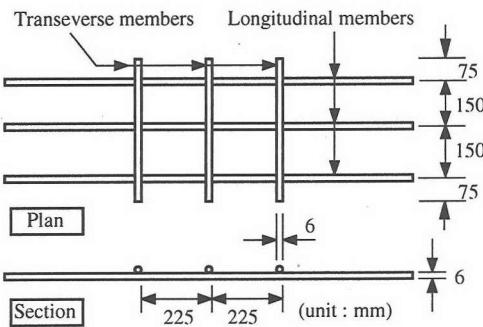


図-1 スチールグリッド補強材の形状

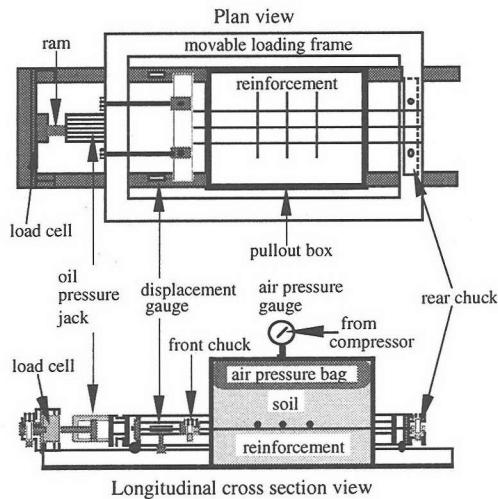


図-2 引抜き試験装置の概要

作製した鉄筋製グリッド補強材である。本研究の引抜き試験で用いるスチールグリッド補強材の形状を図-1に示す。一般的な補強材のグリッドサイズは縦筋間隔150mm×横筋間隔225mmであり、実際の施工においても同形状の補強材が用いられている。また、補強材は防錆のためにすべて亜鉛によるメッキ加工が施されている。本研究で使用したスチールグリッド補強材の縦筋本数は土槽側面の壁面摩擦の影響を考慮して十分な間隔を確保するために、すべての試験ケースにおいて3本とした。また、各横筋(横筋幅:450mm)で発揮される支圧抵抗力の特性を調べるために、横筋本数(N)および横筋間隔(S)を、0~3本、100~260mmの間でそれぞれ変化させている。本研究で使用したスチールグリッド補強材および試験条件の一覧を表-1に示す。なお、横筋本数N=0のスチールグリッド補強材は縦筋3本のみの引抜き試験を示している。

表-1 スチールグリッド補強材および試験条件一覧

横筋本数 N	横筋間隔 S (mm)	試料土	上載圧 (kPa)
0	—	乾燥砂、まさ土	49.0~245.3
1	—	乾燥砂、まさ土	49.0~245.3
2	225	乾燥砂、まさ土	49.0~245.3
3	225	乾燥砂、まさ土	49.0~245.3
3	100	乾燥砂	49.0, 98.1
3	125	乾燥砂	49.0, 98.1
3	150	乾燥砂	49.0, 98.1
3	175	乾燥砂	49.0, 98.1
3	200	乾燥砂	49.0, 98.1
3	260	乾燥砂	49.0, 98.1

表-2 試料土の物理的性質

	乾燥砂	まさ土
土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.65	2.76
最大粒径 (mm)	4.75	4.75
D <sub>50</sub> (mm)	0.46	0.50
U <sub>c</sub>	3.71	380
U <sub>c'</sub>	0.84	11.1
内部摩擦角 (deg.)	37.3	26.2
粘着力 (kPa)	0.0	63.8

## (2) 試料土

引抜き試験に用いた試料土は乾燥砂およびまさ土であり、これらの特性を表-2に示す。内部摩擦角および粘着力は引抜き試験の上載圧と同程度の圧密圧力(49.0~147.2kPa)で三軸CD試験を行って求めた値である。乾燥砂の模型地盤はホッパーを用いて空中落下法により相対密度D<sub>r</sub>≈80%になるように作成した。また、まさ土の模型地盤は、木製ランマーを用いて標準締固めエネルギーの20%で突固めて作成した。このとき、まさ土は最適含水比16.0%になるよう調整し、最大乾燥密度ρ<sub>d</sub>=1.75g/cm<sup>3</sup>前後の値となるよう突固めを行った。

## (3) 試験装置

引抜き試験装置の概略を図-2に示す。土槽サイズは縦1050mm×横754mm×高さ475mmであり、原寸大のスチールグリッド補強材が使用できよう決定した。スチールグリッド補強材は前後のチャックを用いて水平になるように固定でき、可動式載荷フレームごと移動して引き抜くことができる。また、上載圧はエアバッグを用いて空気圧により載荷し、引抜き力は油圧ユニットにより引抜き変位速度1.0mm/minの変位制御方式で載荷した。引抜き力および引抜

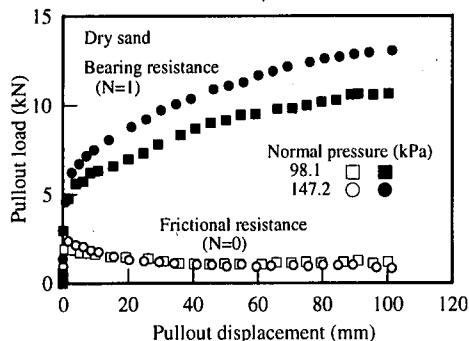


図-3 引抜き試験における摩擦抵抗力と支圧抵抗力

き変位の計測はロードセルおよび変位計でそれぞれ行った。試験は引抜き変位100mmに達した時点もしくは補強材が破断した時点で終了とした。なお、極限支圧抵抗力は最大引抜き力からその変位における摩擦抵抗力を差し引いた値を用いている。

試験装置、試験手順および模型地盤作成方法の詳細については既報<sup>3), 4), 5)</sup>を参照されたい。

### 3. スチールグリッド補強土の補強メカニズムと支圧抵抗力特性

#### (1) スチールグリッド補強土の補強メカニズム

スチールグリッド補強材の引抜き抵抗力は縦筋に作用する摩擦抵抗力と横筋で発揮される支圧抵抗力によって構成される。著者らのこれまでの研究<sup>4), 5)</sup>により、支圧抵抗力は摩擦抵抗力よりもはるかに大きいことがわかっている。図-3は乾燥砂を用いたスチールグリッド補強材の引抜き試験における摩擦抵抗力と支圧抵抗力を示している。摩擦抵抗力は図-1に示したスチールグリッド補強材から横筋を取り除いた縦筋3本のケース(N=0)の引抜き試験結果であり、支圧抵抗力は横筋1本のみをもつスチールグリッド補強材(N=1)の引抜き試験結果から摩擦抵抗力を差し引いたものである。摩擦抵抗力は引抜き変位の小さい時点では最大値を示した後、引抜き変位の増加とともに減少し、引抜き変位20mm以後はほぼ残留応力状態を示している。これに対して、支圧抵抗力は引抜き変位の増加とともに単調に増加する。上載圧の大きさによりその割合は多少変化するが、横筋1本のみをもつスチールグリッド補強材の引抜き抵抗力に占める摩擦抵抗力の割合は10%以下であることがわかる。

さらに、摩擦抵抗力の割合は横筋本数の増加とと

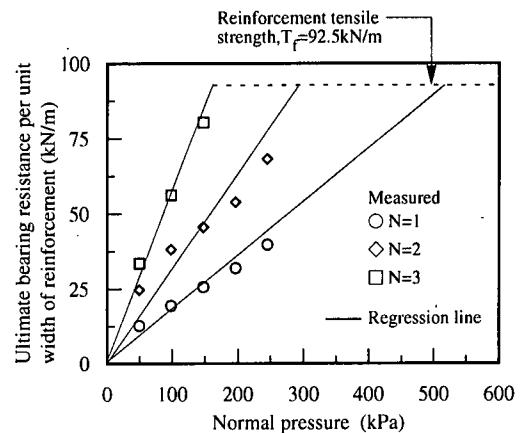


図-4 単位幅あたりの支圧抵抗力ー上載圧関係

もに減少するため、一般的なスチールグリッド補強材のグリッド(開口部)当たりに対する支圧抵抗力と摩擦抵抗力の分担率で整理すると、摩擦抵抗力の分担率が乾燥砂で平均2.0%、まさ土で3.3%となった。つまり、支圧抵抗力は引抜き抵抗力全体の95%以上を担っている<sup>5)</sup>ことがわかった。

#### (2) 支圧抵抗力の増加特性

図-4は乾燥砂における横筋単位幅あたりの極限支圧抵抗力ー上載圧関係である。極限支圧抵抗力は横筋本数および上載圧の増加に伴って増加する。しかし、支圧抵抗力が縦筋の引張強度に達すると補強材の破断が起こるため、縦筋引張強度および溶接点せん断強度により極限支圧抵抗力の上限が決定される<sup>6)</sup>ことがわかっている。

図-5は乾燥砂およびまさ土における補強材破断が起らなかった試験ケースの極限支圧抵抗力ー上載圧関係である。ここでは、横筋幅、横筋直径、横筋本数をかけたものを支圧抵抗力を発揮する部分の全面積と考え、その単位面積あたりの極限支圧抵抗力で示している。乾燥砂、まさ土においても任意の上載圧における横筋単位面積あたりの極限支圧抵抗力は横筋本数に関わらずほぼ等しく、支圧抵抗力は各横筋に均等に作用していることがわかる。これは、スチールグリッド補強材の縦筋に引張力が作用しても伸張性がほとんどなく、引抜き時の各横筋の変位量がほぼ等しいためである。また、各横筋に作用する支圧抵抗力はそれぞれ上載圧の増加とともに線形的に増加するが、乾燥砂とまさ土の支圧抵抗力を比較すると、その増加割合は乾燥砂のほうがかなり大きい。上載圧に対する支圧抵抗力の増加割合の試料土によ

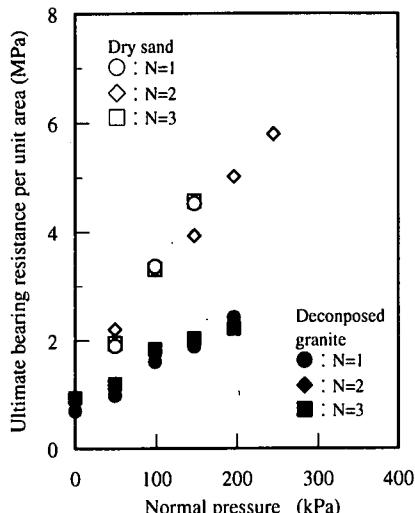


図-5 単位面積あたりの支圧抵抗力ー上載圧関係

る相違は、試料土の内部摩擦角の相違に起因するものと考えられる。支圧抵抗力は横筋の変位により周辺の土を変形させて支圧抵抗領域を形成することにより発現しており、この大きさは土の内部摩擦角に強く影響を受けるためである。

以上の考察より、スチールグリッド補強材の引抜き抵抗力は横筋単位面積あたりの支圧抵抗力と横筋本数により算出でき、横筋単位面積あたりの支圧抵抗力は上載圧と試料土の土質定数により決定されるといえる。

### (3) 支圧抵抗の相互干渉

現在使用している横筋間隔 225mm のスチールグリッド補強材では、各横筋で発揮される支圧抵抗力は等しいことが明らかにされたが、横筋間隔が狭くなるにしたがってその支圧抵抗力は相互干渉の影響を受け、引抜き抵抗力は低下する<sup>7), 8), 9)</sup>ことが知られている。そこで、補強材間隔を 100 ~ 260mm に変化させたスチールグリッド補強材の引抜き試験を行った結果を図-6 に示す。明らかに横筋間隔の増加とともに支圧抵抗力は増加し、乾燥砂と横筋直径 6.0mm のスチールグリッド補強材を用いた今回の引抜き試験結果では横筋間隔が 200mm 以上あれば、支圧抵抗力はほぼ一定値になることがわかる。

## 4. 支持力理論に基づいた支圧抵抗力の評価

### (1) 既往の支圧抵抗力評価式

土中においてスチールグリッド補強材の横筋が引

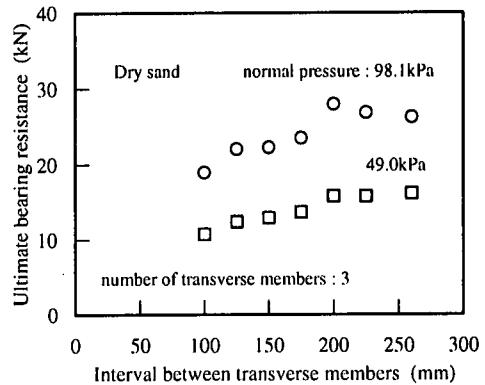


図-6 支圧抵抗力ー横筋間隔関係

き抜かれる際に発揮する支圧抵抗力は、帯状基礎の支持力式<sup>10)</sup>を基にして考えれば、次式が得られる。

$$q_f = d \cdot \sigma_b = c \cdot d \cdot N_c + d \cdot \sigma_n \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot d^2 \cdot N_\gamma \quad (1)$$

ここに、 $q_f$ : 横筋単位長さあたりの極限支圧抵抗力、 $d$ : 横筋直径、 $\sigma_b$ : 横筋単位面積あたりの極限支圧抵抗力、 $c$ : 粘着力、 $\sigma_n$ : 上載圧、 $\gamma$ : 土の単位体積重量、 $N_c$ 、 $N_q$ 、 $N_\gamma$ : 支持力係数である。スチールグリッド補強材の横筋径が敷設幅に比べるとかなり小さいので、 $d^2 \neq 0$  と仮定すると、式 (1) は次式で表すことができる。

$$q_f = d \cdot \sigma_b = d \cdot (c \cdot N_c + \sigma_n \cdot N_q) \quad (2)$$

よって、横筋単位面積あたりの極限支圧抵抗力  $\sigma_b$  は支持力係数  $N_c$ 、 $N_q$  を用いて表現することができる。

この支持力係数  $N_c$ 、 $N_q$  に対し、既往の研究では帯状基礎の全般せん断破壊理論 (general shear failure) および局部せん断破壊理論 (punching shear failure) に基づいた評価式が提案されている。Peterson ら<sup>11)</sup>は全般せん断破壊理論に基づいた支圧抵抗力評価式として、浅い帯状基礎における底面が滑らかな場合の Prandtl の支持力解を用いて支持力係数  $N_c$ 、 $N_q$  を次式で示している。ただし、Peterson らは上載圧と等しい側方応力が作用すると仮定して誘導している。

$$\begin{cases} N_q = \exp(\pi \cdot \tan \phi) \cdot \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) \\ N_c = \cot \phi \cdot (N_q - 1) \end{cases} \quad (3)$$

ここに、 $\phi$ : 内部摩擦角である。

また、Jewell ら<sup>12)</sup>は局部せん断破壊理論に基づいた支圧抵抗力評価式を、深い帯状基礎における Prandtl

の支持力解を用いて導き、支持力係数 $N_q'$ ,  $N_c'$ を次式で示している。

$$\begin{cases} N_q' = \exp\left(\left(\frac{\pi}{2} + \phi\right) \cdot \tan \phi\right) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \\ N_c' = \cot \phi \cdot (N_q' - 1) \end{cases} \quad (4)$$

全般せん断破壊および局部せん断破壊に基づいた評価式は、これまでに実施された多くの引抜き試験結果から実測された支圧抵抗力の上限および下限をそれぞれ示している<sup>3), 9), 11)</sup>ことが確認されている。つまり、実際の支圧抵抗力はこれらの中間的な挙動を示していることがわかり、合理的な設計を行うためには適切な支圧抵抗力評価式が必要である。Bergadoら<sup>9)</sup>は同様の見地から独自の支圧抵抗力評価式を提案している。

本研究ではこれら既往の研究を受け、スチールグリッド補強材が発揮する支圧抵抗力を簡便にしかも比較的精度良く求めることのできる支圧抵抗力評価式を Prandtl の支持力理論をもとに誘導する。

## (2) Prandtl 理論に基づいた支圧抵抗力評価式の提案

これまで著者らは、スチールグリッド補強土の支圧抵抗力を評価するため、引抜き試験結果<sup>4), 5)</sup>をもとに支圧抵抗力の発現特性を明らかにし、砂質土に対する支圧抵抗力評価式<sup>3)</sup>を提案した。しかし、最近では良質な盛土材が不足し、細粒分を多く含み粘着成分を有する盛土材が使用される場合も多いため、このような盛土材に対しても適用できるように支圧抵抗力評価式を修正する。

本研究で提案する支圧抵抗力評価式は Prandtl の支持力機構を基に誘導する。まず、Prandtl の支持機構を 90° 回転させて、支圧抵抗の発現機構を考える(図一7 参照)。ここで、領域 AOA' は主働土圧領域、領域 AOB および A'OB' は塑性過渡領域である。また、Prandtl の全般せん断破壊理論によると領域 ABC および A'B'C' は受働土圧領域であるが、式(3)と式(4)の中間的な挙動を表現するために、本研究では静止土圧状態にあると仮定して支圧抵抗力評価式を誘導する。

最初に、主働土圧領域 (AOA') における水平方向成分の力のつり合いより次式が与えられる。

$$\sigma_b = (q_0 + c) \cdot \tan \alpha \quad (5)$$

ここに、 $q_0$ : AO, A'O 面に作用し、鉛直方向に対して  $(\pi/4 + \phi/2)$  の傾きを持つ土圧、 $\alpha$ : 角度 OAA' または角度 OA'A である。

また、塑性過渡領域における AO 面と AO 面から  $\omega$

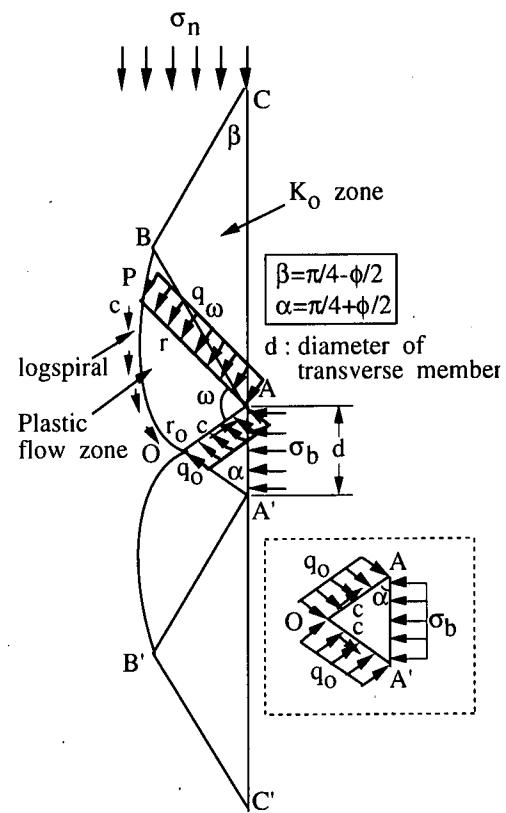


図-7 Prandtl 理論を基にした支圧抵抗領域

だけ傾いた AP 面の A 点まわりのモーメントのつり合いで次式が与えられる。

$$q_0 \cdot \cos \phi \cdot \frac{r_0^2}{2} = q_\omega \cdot \cos \phi \cdot \frac{r^2}{2} + \int_0^\omega c \cdot r^2 d\theta \quad (6)$$

ここに、 $r_0$ : AO の距離、 $q_\omega$ : AP 面に作用する土圧、 $r$ : AP の距離である。

曲線 OB は対数らせんで表されるため、AP の距離  $r$  は次式で与えられる。

$$r = r_0 \cdot \exp(\omega \cdot \tan \phi) \quad (7)$$

さらに、点 P の力のつり合い(図-8 参照)より、AP 面に作用する土圧  $q_\omega$  と上載圧  $\sigma_n$  の関係は次式で与えられる。ここで、点 P における応力状態は静止土圧状態と仮定する。

$$\begin{aligned} q_\omega &= \sigma_n \cdot \cos \delta + K_0 \cdot \sigma_n \cdot \sin \delta \\ &= \sigma_n \cdot \cos(\omega - \alpha) + (1 - \sin \phi) \cdot \sigma_n \cdot \sin(\omega - \alpha) \end{aligned} \quad (8)$$

ここに、 $K_0$ : 静止土圧係数、 $\delta$ : 上載圧  $\sigma_n$  と AP 面に作用する土圧  $q_\omega$  のなす角度 ( $=\omega - \alpha$ ) である。式(5)～(8)より、横筋単位面積あたりの極限支圧抵抗力

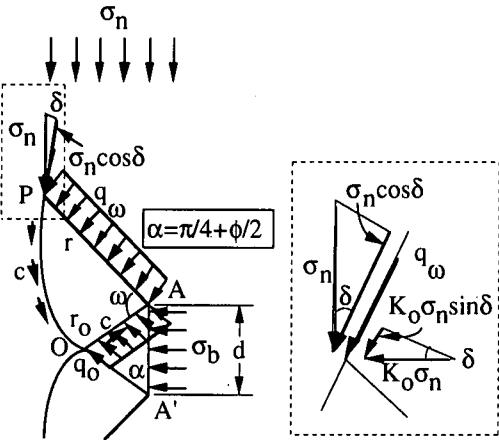


図-8 点Pのまわりの力のつり合い

$\sigma_b$ は塑性過渡領域角 $\omega$ の関数として次式で表される。

$$\begin{aligned} \sigma_b &= q_\omega \cdot \exp(2\omega \cdot \tan \phi) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \\ &+ c \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \frac{\exp(\pi \cdot \tan \phi) + \sin \phi - 1}{\sin \phi} \end{aligned} \quad (9)$$

ここに、

$$\begin{aligned} q_\omega &= \sigma_n \left[ \cos\left\{\omega - \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)\right\} \right. \\ &\quad \left. + (1 - \sin \phi) \cdot \sin\left\{\omega - \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right)\right\} \right] \end{aligned}$$

したがって、式(9)は塑性過渡領域の大きさに依存する。Prandtl理論では塑性過渡領域は $\omega=\pi/2$ であるので、式(9)にこれを代入すると次式が得られる。

$$\begin{cases} \sigma_b = c \cdot N_c'' + \sigma_n \cdot N_q'' \\ N_c'' = \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \cdot \frac{\exp(\pi \cdot \tan \phi) + \sin \phi - 1}{\sin \phi} \\ N_q'' = \exp(\pi \cdot \tan \phi) \cdot \tan\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2}\right) \\ \quad \times \left\{ \cos\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) + (1 - \sin \phi) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi}{2}\right) \right\} \end{cases} \quad (10)$$

式(10)を本研究における支圧抵抗力評価式として提案する。著者らの提案式はPrandtl理論をもとにしているが、実際に補強材が引き抜かれる状態を考え90°回転させた支持力機構を用い、受働土圧領域の部分を静止土圧状態にあるとして誘導している点で

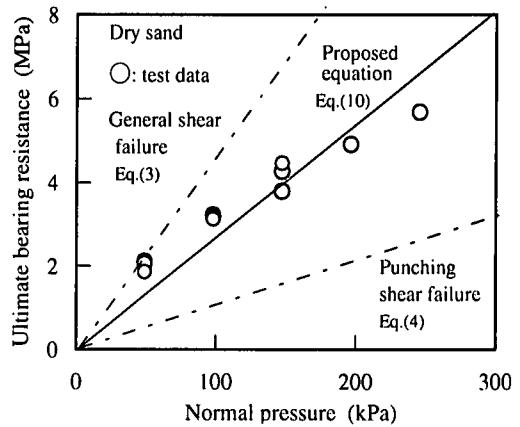


図-9 引抜き試験結果と提案式の比較（乾燥砂）

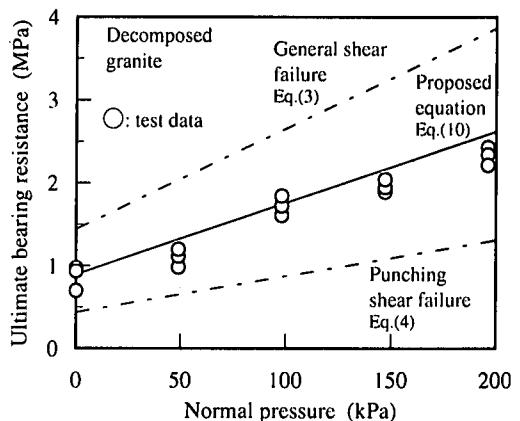


図-10 引抜き試験結果と提案式の比較（まさ土）

Prandtl理論と異なっている。

### (3) 提案式の適用性

本研究で提案した支圧抵抗力評価式の適用性を検討するために、提案式と引抜き試験結果を比較した。図-9, 10は本研究で実施した乾燥砂、まさ土の引抜き試験結果における単位面積あたりの極限支圧抵抗力ー上載圧関係である。図中には提案式に加えて全般せん断破壊および局部せん断破壊に基づいた評価式も示している。試料土に関わらず観測された支圧抵抗力は全般せん断破壊と局部せん断破壊の評価式の中間に分布しており、提案式は引抜き試験結果とよく一致している。特に、多数アンカーの引抜き試験結果も含めて砂質土に対する支圧抵抗力を良好に表現できる<sup>3)</sup>ことがわかっている。さらに、図-11はBergadoら<sup>9)</sup>がweathered clay（三軸UU試験結果、 $c=132.0\text{kPa}$ ,  $\phi=30.5^\circ$ ）を用いて行った引抜き試験結果

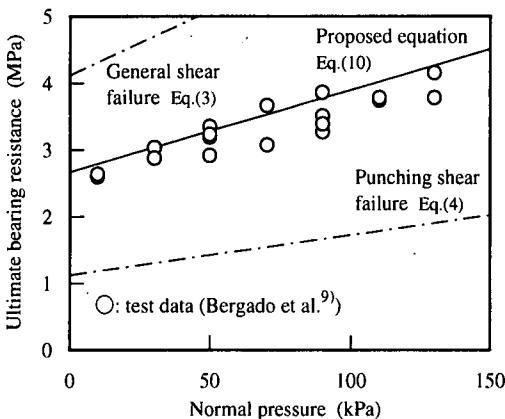


図-11 提案式の適用性の検討 (weathered clay)

と提案式を比較した結果である。提案式は引抜き試験結果とよく一致しており、weathered clay のような粘着力を有する試料に対しても適用可能であることがわかる。よって、本研究で提案した支圧抵抗力評価式は砂質土だけでなく粘性土に対しても、その支圧抵抗力を評価できることが確認された。

## 5.まとめ

本研究ではスチールグリッド補強材の引抜き試験を行い、補強メカニズムならびに支圧抵抗力特性について明らかにした。また、支持力理論を基に支圧抵抗力評価式を提案し、その適用性を検討した。本論文の主な結論を以下にまとめる。

- ①各グリッド（開口部）における摩擦抵抗力の分担率は、乾燥砂で2.0%、まさ土で3.3%と非常に小さい値であり、スチールグリッド補強土における引抜き抵抗力は支圧抵抗力が95%以上を担っている。
- ②鉄筋径6.0mmのスチールグリッド補強材では、横筋間隔が200mm以上であれば、支圧抵抗力は各横筋に均等に作用する。また、各横筋に作用する支圧抵抗力は上載圧の上昇とともに増加し、その増加割合は試料土の土質定数に依存する。
- ③Prandtlの支持力理論に基づいて支圧抵抗力評価式を提案し、その適用性を引抜き試験結果をもとに検討した結果、提案式は引抜き試験結果とほぼ一致し、その適用性が確認された。

## 参考文献

- 1) 社団法人土質工学会: 土質基礎工学ライブラリー 29 補
- 2) 強土工法, 1986.
- 3) ワイヤーウォール補強土壁工法技術研究会: ワイヤーウォール補強土壁工法設計・施工マニュアル, 1997.
- 4) Matsui, T., Nabeshima, Y. and Amin, N.U. : Bearing mechanism of steel grid reinforcement in pullout test, Proceeding of International Symposium on Earth Reinforcement (IS-Kyushu), Fukuoka, Vol.1, pp.269-274, 1996.
- 5) Matsui, T., Nabeshima, Y. and Amin, N.U. : Reinforcing effect of steel grid reinforcement in granular soil, Proceeding of International Conference on Urban Engineering in Asian Cities in the 21st Century, Bangkok, Vol.1, pp.B37-B42, 1996.
- 6) 鶴田慎之介, 松井保, 鍋島康之: まさ土におけるスチールグリッド補強材の支圧抵抗力, 第32回地盤工学研究発表会, pp.2527-2528, 1997.
- 7) 鶴田慎之介, 松井保, 鍋島康之: スチールグリッド補強土における補強材溶接点強度の評価, 第51回年次学術講演会, III-2, pp.640-641, 1996.
- 8) Peterson, L.M. : Pullout resistance of welded wire mesh embeded in soil, Report to the Hilfiker Company, Utah State University, 1980.
- 9) Jewell, R.A., Milligan, G.W.E., Sarsby, R.W. and Dubois, D. : Interaction between soil and geogrids, Proceedings of the Symposium on Porlymar Grid Reinforcement in Civil Engineering, London, Thomas Telford Limited, pp.19-29, 1984.
- 10) Bergado, D.T., Chai, J.C. and Miura, N. : Prediction of pull-out resistance and pullout force-displacement relationship for inextensible grid reinforcements, Soils and Foundations, Vol.36, No.4, pp.11-22, 1996.
- 11) Palmeira, E.M. and Milligan, G.W.E. : Scale and factors affecting the result of pull-out tests of grids buried in sand, Geotechnique, Vol.39, No.3, pp.500-524, 1989.

(1999.1.26 受付)

## ELUCIDATION OF REINFORCING MECHANISM AND EVALUATION OF BEARING RESISTANCE IN STEEL GRID REINFORCED EARTH

Yasuyuki NABESHIMA, Tamotsu MATSUI, Shi-Guang ZHOU  
and Shinnosuke TSURUTA

The authors performed a series of pullout tests to elucidate the reinforcing mechanism of steel grid reinforced earth and to evaluate the bearing resistance mobilized on transverse members. The bearing resistance was major part of the total pullout resistance in the steel grid reinforced earth, which was equally mobilized on each transverse member in case of wider interval between transverse members than 200 mm and increased in proportion to the number of transverse members. It is because longitudinal members of steel grid reinforcement hardly extended during pullout tests and all transverse members equally displaced. Considering the bearing resistance characteristics of steel grid reinforced earth, the authors proposed an equation to estimate the bearing resistance which was based on the bearing capacity theory. The applicability of the proposed equation was confirmed through the comparison between analytical and experimental test results for both frictional and cohesive-frictional backfill soils.