

大阪大学工学部 正会員 松井 保
 大阪大学工学部 正会員 ○鍋島康之
 大阪大学大学院 学生会員 Noor Ul Amin
 大阪大学大学院 学生会員 松田 拓
 (株) ジオシステム 正会員 内畑賢三

1. はじめに

一般にグリッド補強材は縦部材の摩擦抵抗力の他に横部材による支圧抵抗力による補強効果があり、支圧抵抗による補強効果の方が摩擦抵抗よりも卓越していることが知られている¹⁾。本研究で使用しているスチールグリッド補強材は鉄筋を縦横に組み合わせて溶接した補強材である。この補強材の引抜き試験では、縦筋の破断や溶接点の破断がみられ、これらの現象によって最大引抜き抵抗が制限されていることが考えられた。そこで最大引抜き抵抗に及ぼす補強材強度の影響について検討を行った。

2. 引抜き試験概要

図-1に引抜き試験で使用したスチールグリッド補強材の形状・寸法を示す。まず、この補強材における横筋本数と支圧抵抗力の関係を調べるために、横筋の本数を1～3本に変えた補強材を用いた引抜き試験を行った。また、縦筋の摩擦抵抗力を求めるため、縦筋のみの引抜き試験も並行して行った。試料は表-1に示す乾燥砂を使用し、上載圧は49.0～294.3 kPaの間で変化させた。引抜き速度は約1.0mm/minである。引抜き試験装置および試験手順の詳細については既報を参照されたい²⁾。

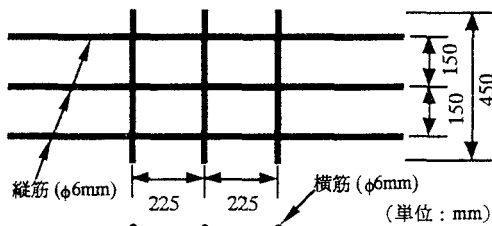


図-1 スチールグリッド補強材の形状・寸法

表-1 砂の物理特性

土粒子密度 (g/cm ³)	最大粒径 (mm)	D ₅₀ (mm)	U _c	U _c '
2.65	4.75	0.46	3.71	0.84

3. 引抜き試験結果

図-2は引抜き力ー引抜き変位関係の一例を示している。縦筋のみの引抜き試験の場合、引抜き力(摩擦抵抗)は引抜き変位の小さいところで最大値に達しているが、横筋1本の引抜き試験の場合、引抜き変位の増加に

伴い単調に増加する。縦筋の摩擦抵抗は横筋1本の引抜き試験における引抜き力の10%程度以下であることから、引抜き抵抗の大部分が横筋による支圧抵抗であることがわかる。本研究における最大支圧抵抗は引抜き試験における引抜き力から縦筋の摩擦抵抗を差し引いて計算した。図-3は1～3本の横筋を持つスチールグリッド補強材に対する最大支圧抵抗と上載圧の関係を示している。図中の破線は同じ横筋本数の試験ケースを示し、実線は引き抜けた試験ケースのみの回帰線を示す。上載圧および横筋本数の増加と共に最大支圧抵抗は上昇し、横筋が2および3本の場合には上載圧がある値以上に大きくなると縦筋の破断が生じ、支圧抵抗力はそれ以上、上昇しなくなる現象がみられる。また、横筋が1および2本の場合には上載圧が上昇すると縦筋の破断に達するまでに溶接点の破断が生じるケースがみられる。溶接点の破断が生じると最大支圧抵抗は徐々に引き抜けた場合の試験結果から求めた回帰線よりも低い値を示す。

次に以上のような現象がどのような場合に起こるのかを考える。縦筋の破断、溶接の破断、補強材の引抜きが起こる場合はスチールグリッド補強材の材料強度と引抜き力の関係によって次のように分けられる。

$$T_f > N \cdot P_f > T \quad (\text{補強材引抜け})$$

$$T_f > T > N \cdot P_f \quad (\text{溶接点破断})$$

$$N \cdot P_f > T > T_f \quad (\text{縦筋破断})$$

$$N \cdot P_f > T_f > T \quad (\text{補強材引抜け})$$

ここに、T: 引抜き力、T_f: 縦筋の引張強度、N: 横筋本

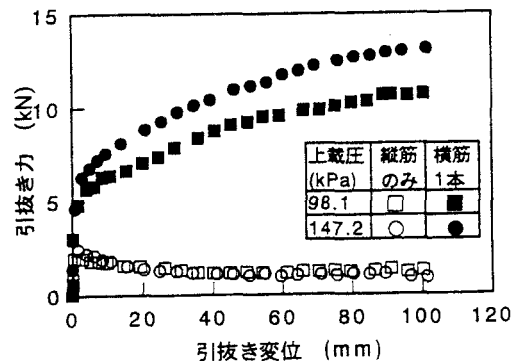


図-2 引抜き抵抗ー引抜き変位関係

数, P_f : 溶接点のせん断強度である。

いま, 縦筋の摩擦力は図-2に示したように小さいので無視し, 引抜き力は主に横筋の支圧抵抗によるものと考えことにする。また, 横筋の支圧抵抗力を Terzaghi の支持力式をもとに, 直径が6mmと小さいこと, 乾燥砂(粘着力はない)を使用していることを考慮すると次式のように表される。

$$T = w \cdot N \cdot d \cdot \sigma_n \cdot N_q$$

ここに, w : 縦筋間隔である。よって縦筋の破断する場合, 溶接点破断する場合は以下の2式で表される。

$$\sigma_n > \frac{T_f}{w \cdot d \cdot N_q} \cdot \frac{1}{N} \quad (\text{縦筋破断})$$

$$\sigma_n > \frac{P_f}{w \cdot d \cdot N_q} \quad (\text{溶接点破断})$$

以上の式に表-2に示した縦筋の破断強度および溶接点のせん断強度を代入すると, 横筋本数と上載圧の関係は図-4に示すように3つの領域に分けられ, それぞれ溶接点の破断, 縦筋の破断, 補強材引抜けに対応していると考えられる。ただし, 表-2に示すように縦筋の破断強度にはあまりばらつきがみられないが, 溶接部のせん断強度にはJISに基づくせん断強度試験結果と実際に引き抜き試験結果から逆算した溶接点せん断強度にはかなりの差がみられた。これは実際に土中で起こる溶接点の破断と空中でせん断するJISの試験とはその破壊モードに差があり, 空中ではその破壊モードを正確に表現していないためであると考えられる。従って図-4には引抜き試験結果から逆算した溶接点せん断強度の値を用いて範囲を示している。また, 溶接点の破断についてはその境界が明確ではなく, 溶接点せん断強度のばらつきによって補強材が引抜けるケースと溶接点破断するケースの両方の引抜き試験結果が混在する領域として現れていることがわかる。しかしながら, 現在のスチールグリッド補強材を使用する限りにおいては横筋本数が4本以上であれば, 上載圧にかかわらず溶接点の破断はみられないことになり, 補強材の縦筋が破断するかもしれないことがわかる。

4. まとめ

スチールグリッド補強材の最大支圧抵抗は, 上載圧や横筋本数が増加するほど増加するが, 引抜き力が縦筋の引張強度に達すると縦筋が破断するため, それ以上増加しない。つまり, 縦筋の引張強度によって最大支圧抵抗は制限される。また, 横筋本数が少ない場合, 上載圧がある値を超えると縦筋と横筋の溶接点の破断によっても最大支圧抵抗は制限される。しかし, 本研究で使用しているスチールグリッドでは横筋が4本以上であれば上載圧にかかわらず溶接点の破断は生じない。

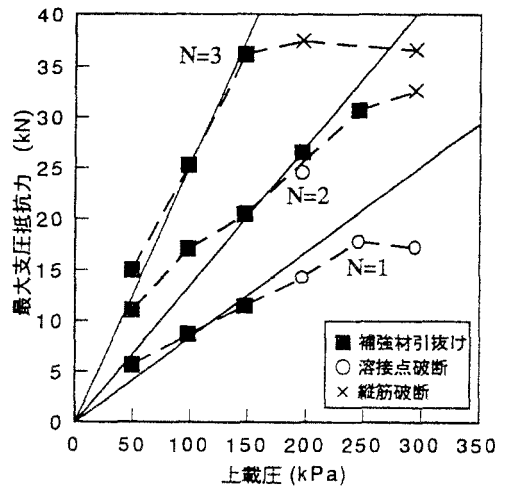


図-3 最大支圧抵抗力—上載圧関係

表-2 補強材の材料強度

	最大値	最小値	平均値
引張強度試験	14.3	12.4	13.7
溶接点せん断強度試験 (JIS)	12.8	11.0	11.9
引抜き試験結果から逆算した溶接点せん断強度	6.9	5.6	6.4

(単位: kN)

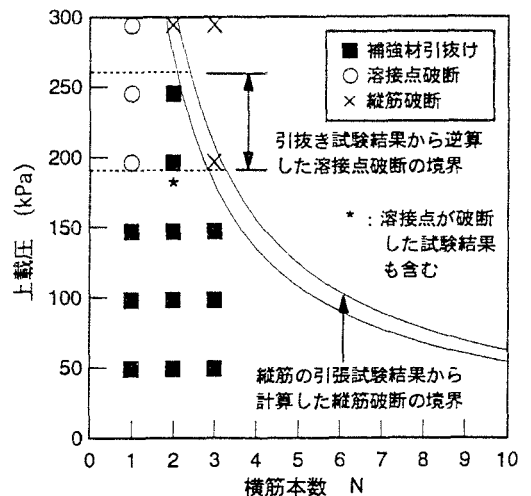


図-4 スチールグリッド補強材の破壊パターン図

【参考文献】 1) M. P. Nielsen and L. R. Anderson: Pullout resistance of wire mats in soil, Report for Hilfiker Co., Dept. of Civil Eng., Utah State University, 1984. 2) T. Matsui et al.: Ultimate pullout loads of steel mesh in sand, Technology Reports, Vol. 46, No. 1, Osaka University, 1996.(in press)