P-104

堰堤等の基礎補強時における網状鉄筋挿入工（E. P. ルートパイル工）の高度化に関する実験

○藤本　将光，前川　裕哉，原田　紹臣（立命館大学理工学部）
小西　成治，疋田　信晴（ヒロセ補強土株式会社）

1. はじめに

本研究は，一般的に現場条件が困難な箇所においても施工が優位と考えられる鉄筋を用いた地山や盛土の基礎補強のために網状鉄筋挿入工（E.P.ルートパイル工）[1]の設計時における更なる高度化を図るため，筆者ら[2]がこれまで取り組んできた水平荷重に対する補強効果に加えて，鉛直方向の荷重に対する基礎補強効果について，室内実験により杭間隔や杭設置角度，杭表面における摩擦の違いが補強効果に与える影響の把握を目的としている．

2. 鉛直方向に対する網状鉄筋挿入工の補強効果

杭の配置（間隔や角度）や摩擦抵抗の違いが網状鉄筋挿入工（E.P.ルートパイル工）の群杭としての地山補強効果（鉛直荷重）に与える影響について把握することを目的に，今回実施した室内荷重載荷実験の概要を以降に示す．

2.1. 実験条件

本実験で用いた実験装置の概要を図-1 に示す．図-1 に示されるとおり，実規模に対して約 1/40 程度の縮尺を想定し，水槽内に土砂（W=250mm, L=370mm, H=200mm：ただし，40mm 毎の 5 層で締め固め）を敷き詰めて，その土層内に供試体（アルミ製で作成された杭および鉄製で作成された杭頭：フェーシング）を配置している（図-2）．地盤内の杭（供試体）の径および長さは ϕ=6mm, l_1=100mm とし，杭の設置角 θ_1 はそれぞれ変化させている（TYPE I, II, III：図-2）．群杭密度の違い等が補強効果に与える影響について把握するため，図-3 に示す平面配置（n=5, 10 及び杭無）を変化させている．そして，図-1 に示されるとおり，配置された供試体の上部からほぼ一定の力で鉛直荷重 P を載荷し，予備実験での荷重と変位との傾向より得られた一定の変位値（30mm）までにおける鉛直荷重の変化について，荷重計を用いて連続的に計測している．使用する土砂については一般的な信楽産真砂土とし，予備実験等により最も地盤強度が期待できると考えられる条件（含水比 10%，乾燥密度 1.6 g/cm^3，湿潤密度 1.72 g/cm^3）で締め固めている．さらに，杭と土との摩擦抵抗（粗度）の違いが補強効果に与える影響を把握するため，図-4 に示すとおり，アルミ杭（TYPE A）の表面において溝切り加工した杭（TYPE B, C）を用意している．なお，溝切り加工の有無や粗度の異なる杭における土との摩擦抵抗の違いを把握するため，図-1 に示す実験装置により，単杭（TYPEI, n=1）が土層内に鉛直方向へ貫入するのに必要な最大鉛直荷重を事前に把握している．なお，TYPE A, B および C（図-4）の土層内への貫入に際して得られた最大鉛直荷重 p_n は，それぞれ 57.8N, 97.8N および 102.2N（ただし，杭貫入長 100mm あたり）であった．

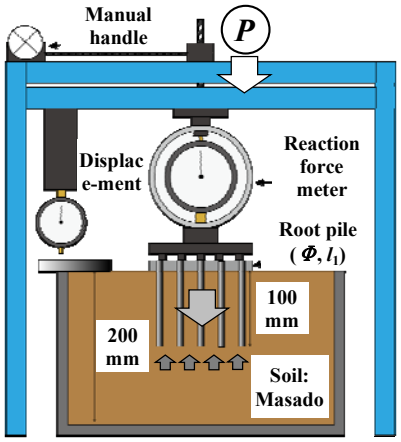

図-1　実験装置の概要

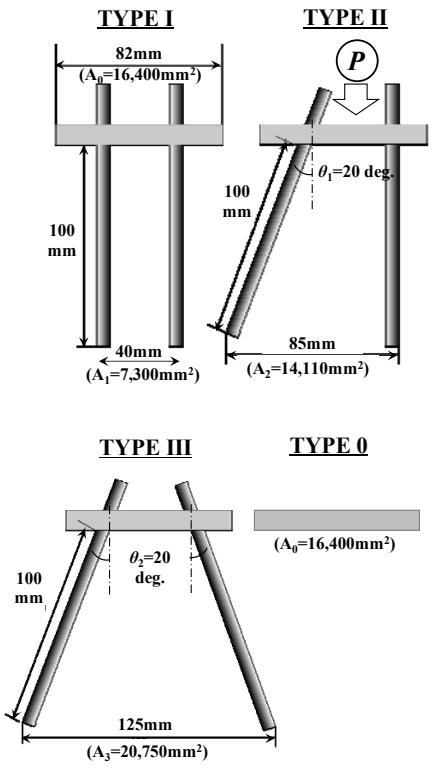

図-2　杭の断面配置型式

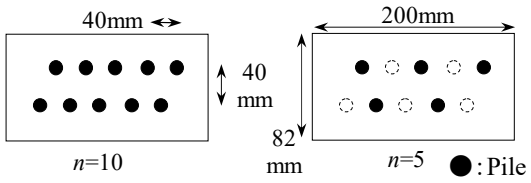

図-3　杭の平面配置型式

図-4　杭表面における摩擦粗度（溝切り）状況

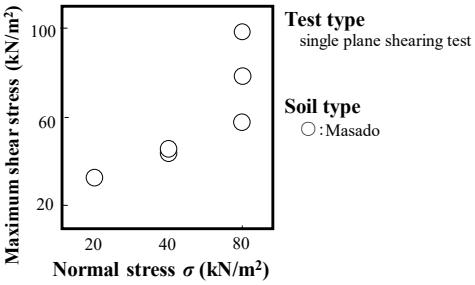

図-5　使用した各土砂の一面せん断試験結果

2.2, 実験結果

土層内の地盤特性を把握するために実施した一面せん断試験の結果を図-5 に示す．表面摩擦抵抗（図-4）が異なる杭をそれぞれ配置させた群杭（図-2 および図-3）と杭無し（TYPE 0：フェーシングのみ）における鉛直方向の最大荷重に関して，群杭先端部で形成されると考えられる仮想改良底面積（$A_{1\sim3}$：図-2）に着眼して整理した結果を図-6 に示す．図-6 に示されるとおり，最大荷重と仮想改良底面積とはほぼ比例することが確認された．また，杭無し（TYPE 0）のフェーシング部の面積（A_0：図-2）と最大荷重との関係は，仮想改良底面積と最大荷重との関係に内挿されることが確認された．なお，群杭密度（群杭先端の仮想改良底面積 $A_{1\sim3}$ と杭断面積 A_Φ の合計 ΣA_Φ との比）の違いが仮想改良底面の地盤応力（仮想改良底面積 $A_{1\sim3}$ あたりの最大荷重 P_n）に与える影響について，図-7 に示す．図-7 に示されるとおり，群杭の密度と仮想改良底面付近における地盤応力に関して，強い線形の関係性が確認された．また，図-6 にも示されるとおり，杭表面における摩擦抵抗（図-4）の違いが地盤における最大荷重 P_n（鉛直支持力）に影響を与えていることが確認された．ここで，単杭における最大荷重 p_n の違いが群杭の最大荷重 P_n に与える影響に関して，群杭の最大荷重 P_n を杭断面配置形式毎（TYPE I, II, III）にそれぞれ無次元化した値 (最小荷重である TYPE A の群杭における最大荷重 P_{min} との比) と，単杭の最大荷重 p_n をそれぞれ無次元化した値（最小荷重である TYPE A の単杭における最大荷重 p_{min} との比）との関係を図-8 に示す．図-8 に示されるとおり，杭表面摩擦抵抗が大きくなるに伴って加速度的に群杭の補強効果に影響を与えることが確認された．今後，杭摩擦の違いが補強効果に与える機構解明が望まれる．

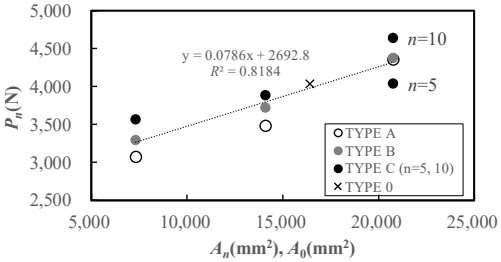

図-6　杭配置型式の違いが補強効果に与える影響

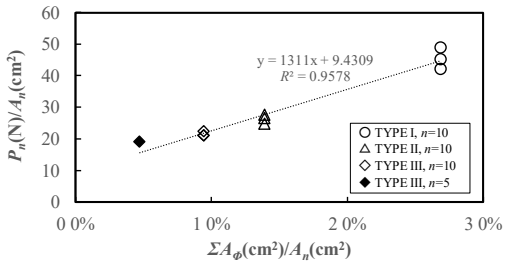

図-7　群杭密度の違いが補強効果に与える影響

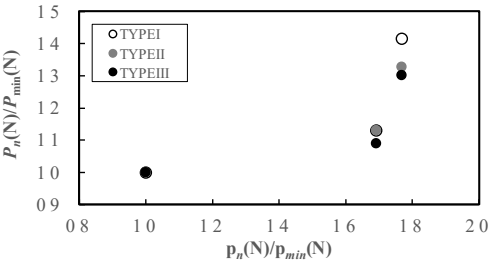

図-8　杭表面粗度の違いが補強効果に与える影響

3, おわりに

基礎の補強として期待される網状鉄筋挿入工における杭の配置や摩擦抵抗の違いが地山補強効果に与える影響に関して，鉛直荷重を対象に基礎的な実験を実施した．なお，実験結果によると杭の設置角度，杭の密度および表面における摩擦抵抗の違いが地盤の鉛直抵抗に影響を与えることがわかった．なお，鉛直方向の抵抗に関して，群杭先端部で仮想的に形成されると考えられる改良補強体による効果（改良体底面における地盤からの反力）が期待できることがわかった．また，杭の摩擦抵抗が補強効果において重要であることがわかった．更なる検証および考察が望まれる．

参考文献

1) 龍岡文夫・三木五三郎・松尾恵一・児玉秀文：鉄筋により補強された砂地盤の支持力特性 I，東京大学生産研究，Vol. 33, No.10, pp. 21-24, 1981.

2) 原田紹臣・藤本将光・深川良一・奥田悠太・小西成治・疋田信晴：杭の設置間隔や角度の違いが網状鉄筋挿入工の地山補強効果に与える影響，*Kansai-Geo Symposium 2017*, pp. 282-285, 2017.