

砂地盤における繰り返し注入型アンカー体の注入特性と球根形状の特徴

ライト工業株式会社 正 ○和田 弘 九州共立大学工学部 正 前田 良刀
九州大学大学院 フェロー 落合 英俊, 正 安福 規之

1. はじめに

通常のグラウンドアンカー工法では、1回の注入でアンカー体を造成するのが一般的であるが、繰り返し注入型アンカー工法では、二重管バブルパッカー注入システム¹⁾を用いて繰り返し圧力注入することによりアンカー体の球根形状を拡大することが可能である。

本研究では、大型土槽(D500mm×H1500mm)内の密度を調整した砂地盤において実物大に近い規模で繰り返し注入試験を行った。本文では、その試験結果から注入回数、注入圧力、注入量、球根拡大形状に関する注入特性について評価するものである。

2. 注入試験の内容および方法

上載圧力 σ_{v0} を98kPa, 147kPa, 196kPaの3ケース、繰り返し注入回数を1回, 2回として二重管ダブルパッカー注入方式による注入試験を文献^{2), 3)}に示す注入システムと試験地盤を用いて行った。

本試験の目的は、アンカーの定着地盤に対する適切なグラウト注入量や注入圧力を見つけ、原位置での設計・施工管理手法へ反映することである。実際の現場で施工される場合、注入量は地盤やアンカー体径によっても異なるが、経験的に損失量も考慮して、深さ1m当り40~130ℓ程度であり、注入速度は、

毎分当り8~10ℓ程度である。本試験では、現場と同規模の注入量を設定した場合、土槽外へリークするため、試験の再現性とデータの採取時間を考慮して、アンカー有効長500mmに対し、1回当り注入量4ℓ、注入速度4ℓ/minとしている。

3. 注入圧力と注入量の関係

前述の注入計測システムを用いて計測した1, 2回注入時の注入量(Q)、注入圧力(P)、注入速度(v)、壁面増加土圧($\Delta\sigma_{rw}$)の関係(上載圧 $\sigma_{v0}=147\text{kPa}$ の例)を図-1に示す。また、土圧の変化をみるために、土圧計を注入管から壁面までの地盤中に3箇所設置してある。注入時に地盤中の増加応力がどの様に分布するかを注入時の最大注入圧力を示す時点で示したのが、図-2の圧力半径(r)と注入圧力(P)、増加応力($\Delta\sigma_{rw}$)の関係である。

この図-1の管内抵抗による損失を補正した注入圧力は、注入速度が一定であるのに、脈動しながら上昇する。これは、グラウトがセメントミルクであるため、浸透注入するのではなくスリープグラウトの円筒を介して地盤を押し広げる圧縮注入現象を生じながら塑性域を拡大している過程を示している(写真-1参照)。また、同様に壁面増加土圧もこの注入圧力の増加と共に増加している。

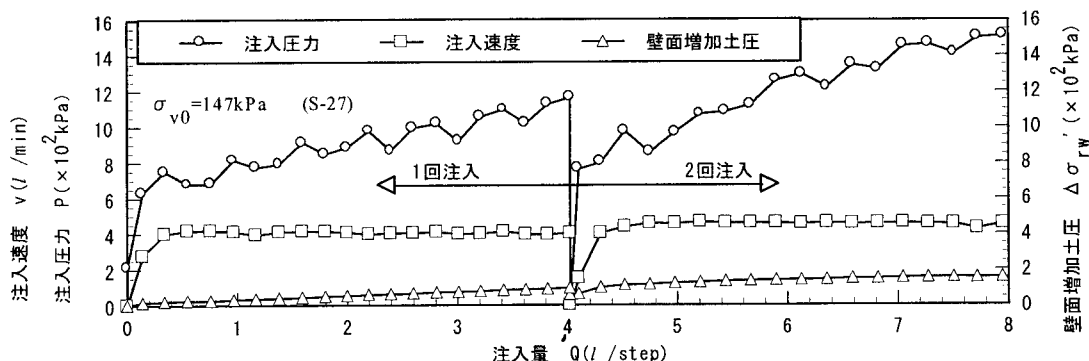


図-1 注入量と注入圧力、注入速度、壁面増加土圧の関係

ここで、空洞膨張圧理論に基づいてこれらの現象を評価すると、拘束圧一定の均一な無限地盤であれば、限界圧(P_u)を最大主応力として塑性域が円環状に拡大する(図-3参照)。このとき、バイリニアな土の応力・ひずみ関係では限界圧は一定であるが密度が増加し、砂のように圧密が進行する条件では、限界圧も増加する。すなわち、図-1の計測結果は、周辺の密度増加が生じ、限界圧が漸次上昇する現象となっている。

また、図-3のモデルで説明される空洞膨張圧理論が、注入過程の2点について表した図-2の計測結果と一致するかを確認するため、本理論から導かれる式(1)、(2)と文献3)から求められる内部摩擦角 $\phi'=37(^{\circ})$ を用いて、回帰曲線式を求めると式(3)、(4)が得られる。ここで、式(3)、(4)の単位は($\times 10^2 \text{kPa}$)で、(σ_{ro}')は球空洞初期応力であるが、近似的に地盤の静止土圧として求めている。

$$\sigma_r' = \sigma_{ro}' + \Delta\sigma_r' \quad (1)$$

$$\sigma_r' = P_u \left(\frac{R_u}{r} \right)^{\frac{2 \sin \phi'}{1 + \sin \phi'}} \quad (2)$$

$$\Delta\sigma_{r1}' = 13.38 \left| \frac{45}{r} \right|^{0.75-0.92} \quad (3)$$

$$\Delta\sigma_{r2}' = 15.92 \left| \frac{67}{r} \right|^{0.75-0.92} \quad (4)$$

この結果、球空洞の拡大により限界圧も増加することが認められ、また、空洞膨張圧理論に基づく応力の変化も説明できる。すなわち、圧力増加分(ΔP_u)と体積(表面積)増加分(ΔV)により、塑性域半径(R_p)も拡大している。このことは、この砂地盤における繰り返し注入型アンカーの注入特性が、この理論とよく一致することを示している。

4. まとめ

繰り返し注入型アンカーの注入試験結果から得た注入特性に関する主な結論は次に示す通りである。

1) スリーブグラウトおよび先行繰り返し注入グラウトが注入圧力の円環状受圧壁となって地盤を押し広げ、アンカー体を拡大する。

2) 砂のような地盤条件では、限界圧増加分(ΔP_u)と球空洞体積増加分(ΔV)が存在する。

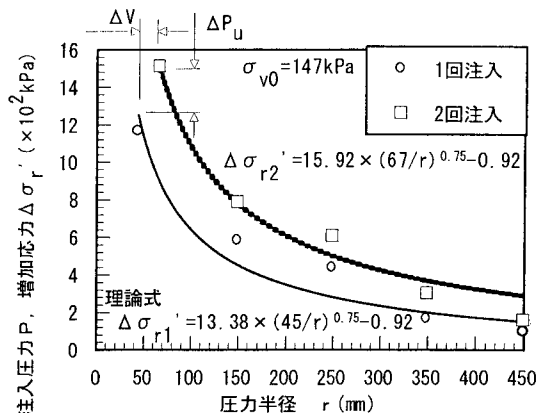


図-2 圧力半径と注入圧力・増加応力分布

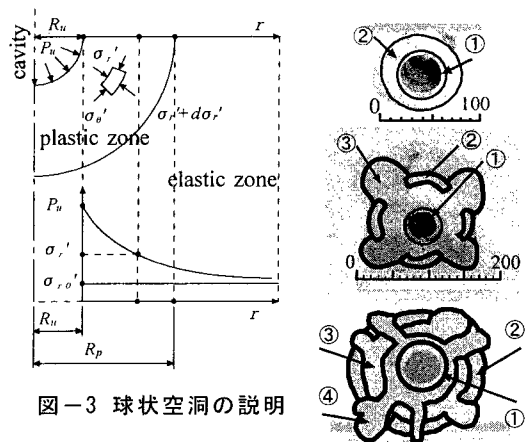


図-3 球状空洞の説明

①注入管 $\phi 48.6 \text{mm}$
②スリーブグラウト、③1回グラウト、④2回グラウト
写真-1 アンカー体切断面

3) 空洞膨張圧理論は、二重管ダブルパッカー注入方式で砂地盤中にセメントミルクを繰り返し注入するときの限界圧および地盤内応力を推定するのに有効である。

<参考文献>

- 1) 和田, 末吉, 落合, 安福: 繰り返し注入型アンカー工法における引抜き力の評価, 地盤工学会グラウンドアンカー設計・施工に関するシンポジウム発表論文集No. 111/IV-3, 6, 1998
- 2) 原田, 和田, 前田, 落合: 繰り返し注入型アンカーにおける大型土槽内での引抜き力の評価, 平成10年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集III-67, 3, 1999
- 3) 和田, 前田, 落合, 川本: 繰り返し注入型アンカーにおける大型土槽試験装置の開発と試験地盤の物性, 平成10年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集III-65, 3, 1999