

III-133 正規圧密及び過圧密砂地盤内のアンカーの引き抜き抵抗係数と周辺地盤の変形

東京大学大学院

○学生会員 林(IM)鍾鉄

東京大学生産技術研究所 正会員 龍岡 文夫

1. まえがき: アンカーの引き抜きによって周辺地盤は変形するが、地盤の破壊面の形と位置を予測する事はアンカーの引き抜き抵抗力を求めるために重要である⁽¹⁾⁽²⁾。今回は正規圧密及び過圧密砂地盤内の剛なアンカーの変位による引き抜き抵抗係数及び周辺地盤の変形の関係について述べる。

2. 実験方法及び結果: 平面ひずみ状態の豊浦砂地盤内の二次元アンカーを引き抜き、引き抜き抵抗力とアンカー表面の垂直応力とせん断応力の分布を測った。地表面には上載圧($\Delta\sigma_v$)を加えて地盤内の拘束圧を上げた。また、アンカーの底面には Protectorを用いた(林ら²⁾)。

Table 1. Test results of pullout of anchor.

Test name	H (cm)	e	Dr (%)	$\Delta\sigma_v$ (kgf/cm ²)	$\overline{\mu_{max}}$ (°)	OCR	K'_0
APP17	45.80	0.661	84.93	0.015	44.79	1	0.463
APOP2	45.60	0.657	86.00	0.015	44.58	10.13	1.252

地盤の変形の測定方法等の詳細は文献1), 2)を参照されたい。井川³⁾によると正規圧密状態の地盤の場合、上載圧が高い程、また密度が低い程、アンカーの引き抜きによる周辺地盤の変形は小さく、変形はアンカー表面に集中する。今回は”周辺地盤の変形が大きい場合、即ち上載圧が非常に低く、正規圧密状態の場合(APP17)”と”過圧密比(OCR)=10.13と非常に過圧密された場合(APOP2)”を比較する(Table 1)。ここで、Hはアンカーの深さ、eは地盤の初期間隙比、 $\overline{\mu_{max}}$ はアンカー表面での深さ方向の平均的な最大摩擦角である。また、OCR、 K'_0 はそれぞれ深さ方向の平均的なOCR、静止土圧係数(K_0)の測定値であるが、 K'_0 はアンカー表面の初期せん断応力の発生のために地盤の真の K_0 ではないことに注意する必要がある。

2-1. 引き抜き抵抗係数(C_p): アンカーの引き抜き抵抗力(P)を一般化して $C_p = P / \{ \tan \alpha_{mob} (\gamma \cdot H^2 + 2 \cdot \Delta\sigma_v \cdot H) \}$ で表す。ここで、 α_{mob} はアンカー表面と隣接地盤との摩擦角($=\overline{\mu_{mob}}$)、 γ は地盤の単位体積重量である。Fig. 1に実験による $\delta \sim C_p$ の関係を示す。OCR=10.13(APOP2)の場合は $\delta \approx 0.05\text{mm}$ と非常に小さい引き抜き量で C_p は明確なピーク値を示すのが分かる。 δ が約0.5mmより大きくなるとOCRによる差はなくなる。しかし、APP17の場合は $\delta \approx 4\text{mm}$ から、APOP2の場合は $\delta \approx 8\text{mm}$ から C_p が下がる点は若干異なっている。さて、Fig. 1(b)を見ると $\delta=0$ の時の C_p がAPP17の場合よりむしろAPOP2の場合が小さいが、その理由はたぶん引き抜きが始まる時のアンカーの回転による測定誤差であろうがまだよく分からない。

2-2. 周辺地盤の最大せん断ひずみ($\gamma_{max} = \epsilon_1 - \epsilon_3$)の分布: Fig. 2, 3はそれぞれ実験APP17とAPOP2の場合のそれぞれの δ の時の γ_{max} の分布である。Fig. 2(APP17)の場合は δ が4mm(b)から8mm(c)まで大きくなるとひずみ集中領域(A面)が深い所から浅い所に伝播してゆくが、 γ_{max} の最大値はあまり変わらない(むしろ下部では変形の弾性回復現象が見える)。Fig. 3(APOP2)の場合は $\delta=8\text{mm}$ (b)まで少しづつ周辺地盤のひずみ集中領域(B面)は内部での γ_{max} が大きくなりながら上部まで広がるが、8mmを越えるとあまり変わらない。

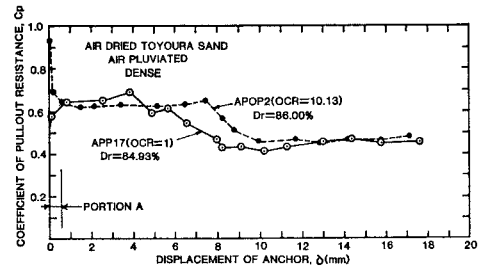
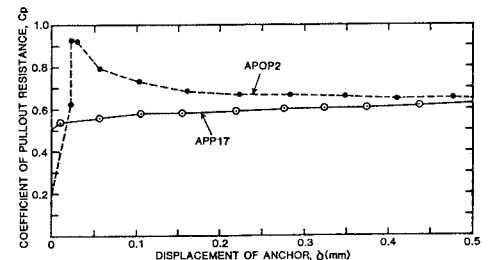
(a) $\delta=0 \sim 20\text{mm}$ (b) Portion A, $\delta=0 \sim 0.5\text{mm}$ Fig. 1. Comparison of C_p between tests APP17 and APOP2 during pullout of anchor.

Fig. 1. Comparison of C_p between tests APP17 and APOP2 during pullout of anchor. The graph shows that for both tests, C_p starts at approximately 0.6 and remains relatively constant until δ reaches about 4-8 mm, after which it begins to decrease. A portion of the graph is labeled 'PORTION A'.

一方、これらの図からOCRが大きい方が周辺地盤の変形は大きくなる事が分かる。また、Fig. 2(a), (b), (c)のA面の位置を比較すると、アンカーの引き抜きによって外側に移動(回転)して、ピークの辺($\delta \div 4\text{mm}$)からは移動が止まる事が分かる。この傾向はAPOP2の場合も似ている。 $\delta = 4\text{mm}$ では、A面はほぼ直線でアンカー表面との角度は約 12.1° である。B面は深い所で少し曲がって曲線になっていて、上部の直線部とアンカー表面との角度は約 27.2° である。これから地盤が過圧密される程周辺地盤のひずみ集中領域(せん断層までには発達しない)が外側に広がる事が分かる。次に残留時について考察する。アンカーを引き抜いてゆくと周辺地盤にせん断層が生じ、 C_p が下がる。Fig. 1を見るとAPP17とAPOP2の場合がそれぞれ $\delta \div 4\text{mm}$, 8mm から C_p が下がるから、その時から周辺地盤のどこかにせん断層が形成される事が分かる。Fig. 2, 3から分かるようにアンカーの変位がいくら大きくてもアンカー表面以外の周辺地盤では完全なせん断層が生じていない。それぞれ $\delta \div 4\text{mm}$ ($\text{OCR}=1$), 8mm ($\text{OCR}=10.13$)まではどこにもせん断層が生じることなく周辺地盤が持ち上がるが、その時からアンカー表面にせん断層が生じ始まる事が分かる。以上のことからOCRの違いによる C_p の最大値の相違の理由は初期の K_0 値の相違のためであって、 C_p が下がり始まる時の δ の相違の理由はアンカーの周辺地盤に形成されるひずみ集中領域(A, B面)の形が相違しており、このためアンカーの下部地盤から上部地盤まで

$\gamma_{\max}$ のピークの状態が進行的に移動するのに必要な δ が異なってくるためであると思われる。

3. まとめ: 上載圧が低い程、またOCRが高い程アンカーの周辺砂地盤の変形は大きい。しかし、上載圧が低くかつOCRが大きい程最終的な完全なせん断層はアンカー表面のみに発生することが分かった。現場のように上載圧が大きい場合とゆるい地盤の場合は変形がもっとアンカー表面に集中するであろう。アンカーの引き抜きによるアンカー表面での垂直応力がほぼ一定に保つ C_p があまり減少しない要素試験型の実験の場合以外はアンカーの引き抜きによって結局アンカー表面のみにせん断層が生じ C_p が下がってしまうと思われる。◇謝辞: 本研究について有益な助言を頂いたM2の吉田 健治氏並びに研究室の皆さんに感謝します。◇参考文献: 1)林 鍾鉄、龍岡 文夫、"砂地盤内の平面ひずみ模型鉛直アンカー表面の応力状態、"第22回土質工学研究発表会、昭和62.6、pp.1361-1364。2)林 鍾鉄、龍岡 文夫、井川 広視、"模型鉛直アンカーの周辺砂地盤の破壊モード、"第23回土質工学研究発表会、昭和63.6。3)井川 広視、"砂中のグランドアンカーの破壊モードと表面摩擦角に関する研究、"法政大学土木工学科卒論、1988。

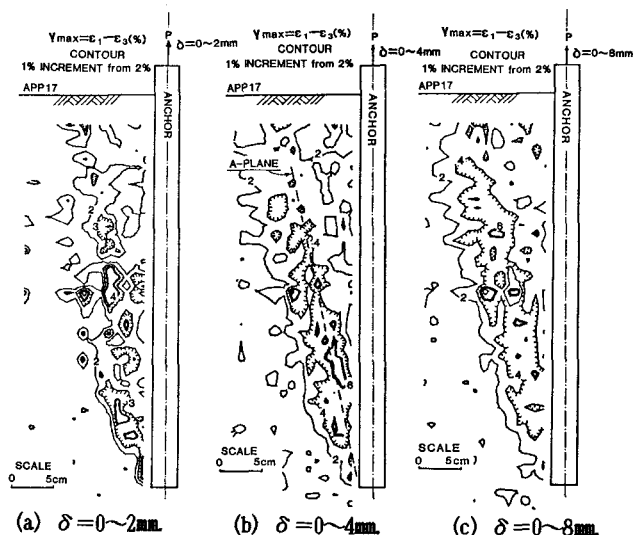


Fig. 2. Contour line of $\gamma_{\max}$ in the case of test APP17.

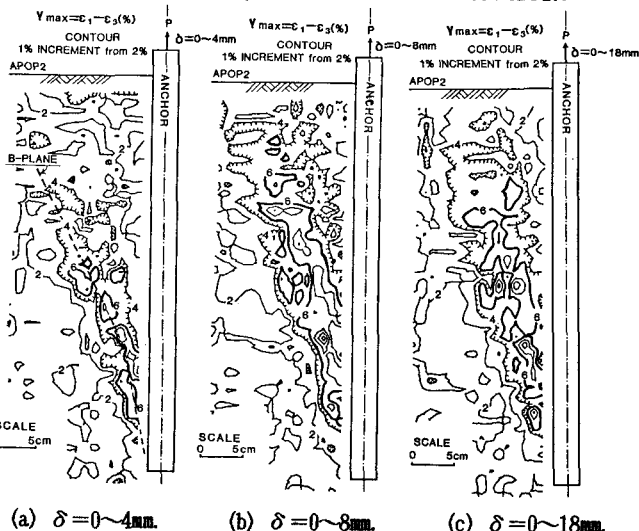


Fig. 3. Contour line of $\gamma_{\max}$ in the case of test APOP2.