

神戸大学大学院 牛田 智樹  
 神戸大学大学院 山根 仁  
 神戸大学工学部 正会員 ○藤原 照幸  
 神戸大学工学部 正会員 軽部 大蔵

**はじめに** 実際に現場で施工されるアンカーは、目的に応じて、基本試験、適正試験、確認試験が行われる。これらの試験は、段階的に荷重を増加させていき、その段階ごとにある一定時間荷重を保持し除荷するという繰り返し載荷方法であり、その荷重保持時間におけるアンカー頭部変位量の経時変化（クリープ）が検討される。このクリープには、グラウトと地盤の間、引張り材とグラウトの間、グラウト自体、地盤自体などに起こるが、アンカーではこれらを一つ一つ分離するのは困難であるので、一括してクリープと総称している。また、引張り材に所定の緊張力を導入し定着した際には、変位量が一定の状態でおこる応力緩和（リラクゼーション）について検討されなければならない。これら2つの問題は、特に永久アンカーとして用いるときに大変重要となってくる。

今回、このようなクリープ、リラクゼーションといった現象下におけるアンカー頭部変位量、またはアン定着部に作用するせん断応力、垂直応力の挙動を、模型アンカーを使って、現地盤に近い応力状態の下で測定したので報告する。

**試験方法** 試験機は、図-1のように中型三軸試験機を改造したものである。まず、リラクゼーション試験では、砂供試体（直径10cm, 高さ23cm）に埋設されたステンレス製の模型アンカー（直径1.5cm）を一定速度で引き抜いていき、予想極限引抜き力の60～100%の間に設定した初期引張り荷重に達したところで、引き抜きを停止して変位を一定に保ち、各応力の変化を測定した。また、クリープ試験の場合は、同じく予想極限引抜き力の60～90%の各設定荷重に達したところで引き抜きを停止し、その荷重を保持して変位（アンカー頭部変位量）と各応力の挙動を測定するというものである。試料は気乾豊浦砂を用い、試験中は排気状態とした。供試体を三軸セルに収めることにより、現場のアンカーに作用する土被り圧と同じ応力レベルの一定拘束圧を載荷することができる。また、図のように模型アンカーの部材A～Eのうち、Eにサンドペーパー（＃100）を接着することによって定着部とし、この部分でせん断応力と垂直応力を測定できるようになっている。実験装置、方法の詳細は、参考文献1), 2)を参照されたい。

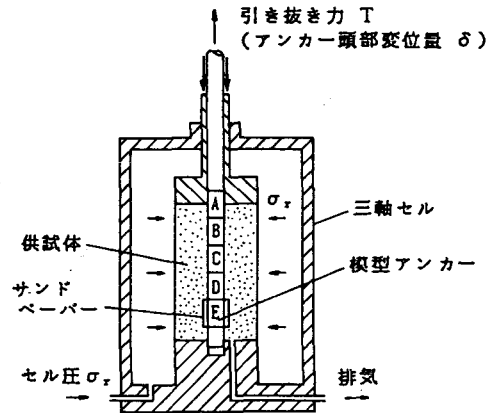


図-1 試験装置

**試験結果** 図-2(a)は、リラクゼーション試験の結果であり、同じ実験条件下で予想極限引抜き力 $T_{ug}$ の60%～100%の間に設定した初期引張り荷重 $T_d$ が発生した時点から変位を一定に保ったときの引抜き力 $T$ と経過時間との関係を示している。 $T_d$ が $T_{ug}$ に近いほど（ $T_d$ が大きいほど）最初の減少は急激で、その後少しずつ減少していき、最終的にほぼ一定値を保つようになる。次に、図-2(b), 図-2(c)はそれぞれこの時の定着部Eに作用するせん断応力 $\tau_e$ 、垂直応力 $\sigma_{ne}$ の推移を示している。 $\tau_e$ においても、 $T$ と同様の傾向がみられる。 $\sigma_{ne}$ においては、最初の急激な減少はなく、終始緩やかに減少していき、最終的にほぼ一定の値に落ち着くが、 $T$ や $\tau_e$ の時のように $T_d$ の違いによる明確な緩和量の違いはみられなかった。次に、図-3は、

図-2(a)の $T_d=0.9$   
 $T_{ug}$ における $\sigma_{NE}$ と  
 $\tau_E$ の応力経路であ  
 る。①は、アンカー  
 を埋設する前のフリ  
 ーの状態である。③  
 は側圧 $\sigma_r=0.8$ (kgf/  
 $cm^2$ )を載荷した状態  
 であり、引き抜きは

この点から始まっている。④は  
 リラクゼーション過程の部分で  
 ありプロットの集まりが左下方  
 に下降していることから $\sigma_{NE}$ 、  
 $\tau_E$ の両方の応力緩和が確認で  
 きる。極限引抜き力を確認する  
 ために、④の最下部から再び引  
 き抜きを開始すると、⑤におい  
 てピークを示した後、⑥の残留  
 状態に至っている。次に、図-4

はリラクゼーション試験における各初期引張り荷重と引抜き  
 力の緩和率(%) (=引抜き力の緩和量 $\Delta T$ (kgf)/各初期引張  
 り荷重 $T_d$ (kgf) $\times 100$ ) との関係を示している。初期引張り荷  
 重が大きくなるほど(極限引抜き力に近づくほど)、緩和率  
 が大きくなる傾向がみられる。また、 $T_d=0.9T_{ug}$ の場合、  
 同じ相対密度(以下、密度とする) どうしで比較すると、緩  
 和率は側圧の高い方が小さく、同じ側圧どうしでは、密度  
 の高い方が小さくなっているのがわかる。この一連のリラクゼ  
 ーション試験における緩和率の最大値は、約9%であった。  
 $\tau_E$ にもこれと同じ傾向がみられたが、 $\sigma_{NE}$ については明確  
 な傾向はみられなかった。次に、図-5はクリープ試験の結果  
 で、予想極限引抜き力の80%で荷重を保ったときの相対引  
 抜き変位量(=アンカー頭部変位量-キャップ浮き上がり量)  
 と経過時間との関係である。変位は最初急勾配で増加し、そ  
 の後はほぼ一定の増加率となる。この場合のクリープ率(=ク  
 リープひずみ/全ひずみ)は、約6%程度であった。クリープ  
 量は、設定荷重が大きくなるほど、そして密度が低く側圧が  
 低くなるほど大きくなるという結果が得られた。

**参考文献** 1)砂山：摩擦型アンカー表面の応力状態について  
 , 神戸大学修士論文, 1992 2)牛田：グラウンドアンカーの  
 経時特性に関する研究, 神戸大学卒業論文, 1993 3)土質  
 工学会：グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説, 1990  
 4)グラウンドアンカー技術協会：グラウンドアンカー工法, 1986

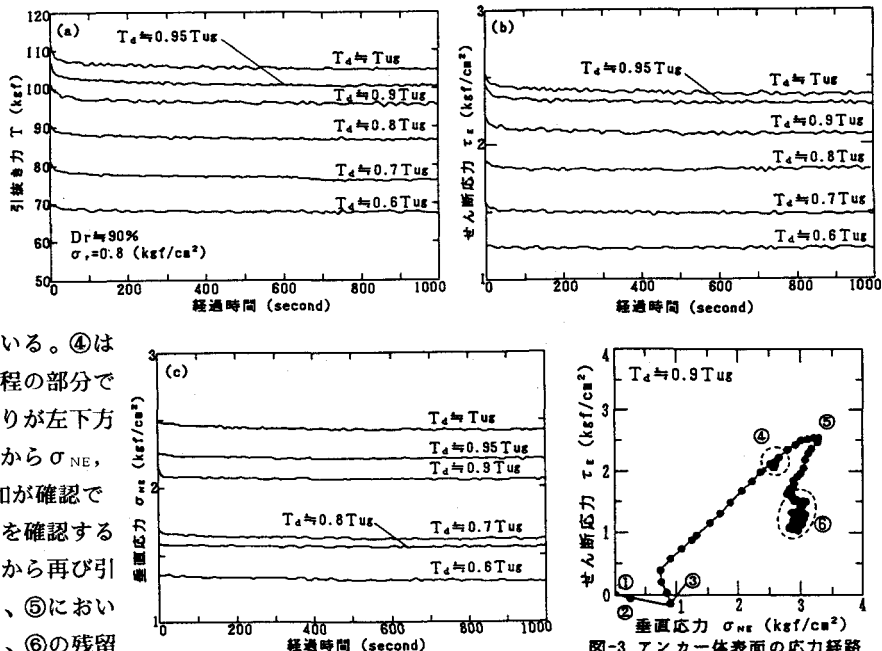


図-2 リラクゼーション過程における $\sigma_{NE}$ ~ $t$ 関係

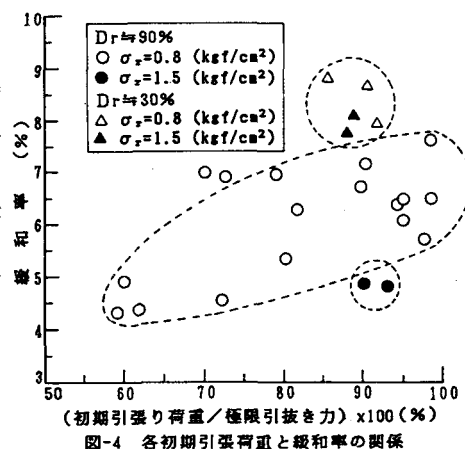


図-4 各初期引張り荷重と緩和率の関係

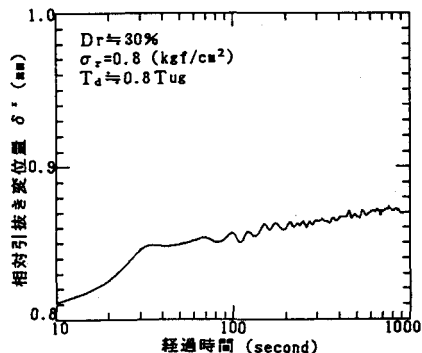


図-5 クリープ過程における $\delta^*$ ~ $\log t$ 関係