

多段積多数アンカー式補強土壁の動態観測

Dynamic Observation of a Step-type Multi-Anchored Reinforced Retaining Wall

小浪 岳 治 (こなみ たけはる)

岡三リヒック㈱企画開発部 課長

三浦 均 也 (みうら きんや)

豊橋技術科学大学助教授

佐々木 泰比古 (ささき やすひこ)

北海道開発局留萌開発建設部

藤井 大 道 (ふしい たいとう)

北海道開発局留萌開発建設部

1. はじめに

多数アンカー式補強土壁工法は、壁面と補強材後端部のアンカープレートに挟まれた土を拘束することにより補強して、直壁を有する盛土を構築するための補強土工法の一つであり、「現地発生土を盛土材として効率よく利用できる」、「建設に際して大型重機を必ずしも必要としない」など環境に配慮できる利点を有している。その構造は、壁面パネルで構成する直壁に作用する土圧を安定した盛土中に設置する複数のアンカー群によって支持するものである。盛土材料の摩擦を期待する他の補強土工法に比べるとアンカーにより引抜き抵抗をより効果的に発揮できるため、本工法は盛土材に液性限界の低い粘性土を用いることができ、比較的広範囲の土質材料に対しても適用できるという特徴を有している。

盛土高の増大に対しては、補強材を長くしたり、使用部材の強度あるいは取付け間隔を高めることで対応でき、これまでに最高壁高24 mの施工実績を有するが、壁面直下の支持力に限界があることや、アンカーの高強度化に対応して建設材料費が増大するなどの問題がある。

本報告で対象とした道路盛土においては高さ22.8 mの盛土が延長約150 mにわたって計画され、多段積の多数アンカー式補強土工法の優位性が設計比較により確認されたために適用された(口絵写真-21)。ただし、現行の設計マニュアル¹⁾は、単一(一段)の補強土壁に対して書かれているので、建設中および建設後の盛土の挙動を動態観測することによって、今後の多段式補強土壁盛土の設計法を確立するためのデータを得ることとした(口絵写真-22)。本報告では、多段積多数アンカー式補強土壁の力学的および経済的な特色を説明するとともに、動態観測の結果を報告する。

2. 補強メカニズムと設計方法

多数アンカー式補強土壁の設計についてはマニュアル等¹⁾に詳しいが、ここでは安定性と設計の考え方を簡単に説明する。内部安定性は、壁面パネルに作用する土圧とアンカープレートの引抜き抵抗を照査することによって補強領域の一体性を検討するものである。壁面パネルに作用する土圧分布は、主動崩壊線を設定してCoulombの土圧論に準じて求める。この際、盛土材料

の粘着力を無視して安全側とし、上載盛土を換算盛土高として考慮している。タイハーに作用する引張り荷重は各タイハー設置位置での土圧に分担面積を乗じて求められる。また、タイハー後端に取付けられるアンカープレートは、タイハーの引張り荷重により土中で引抜かれて移動し、その極限引抜き抵抗力は軸対称条件下ですべり線法を適用して算定できる²⁾。土中に埋設されたアンカープレートの引抜き量は補強土壁の壁面状態に直接影響を与える。このため引抜き量を所定の値以下に制限するために、アンカープレートの許容引抜き抵抗力は極限引抜き抵抗力の3分の1(安全率3)としている。

一方、外部安定性は内部安定性が確保され補強領域の一体性が保証される条件の下、補強領域の常時および地震時における安定性を検討する。通常の擁壁構造物の設計に準じて滑動に対する安定性を検討するとともに、後背斜面と補強領域を通過する円弧すべりによる検討を行っている。また、補強領域を剛体と見なした全体系に対する基礎地盤の支持力検討、および壁面直下の荷重集中部における支持力の検討も、外部安定性に含まれる。

3. 多段積の設計比較

本報告で動態観測を行った多段積多数アンカー式補強土壁の断面を図-1に示す。このような盛土を単一の壁

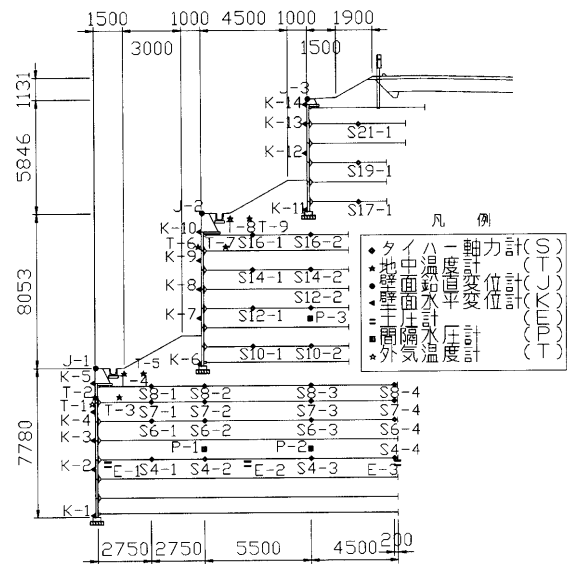


図-1 多段積多数アンカー式補強土壁の断面図

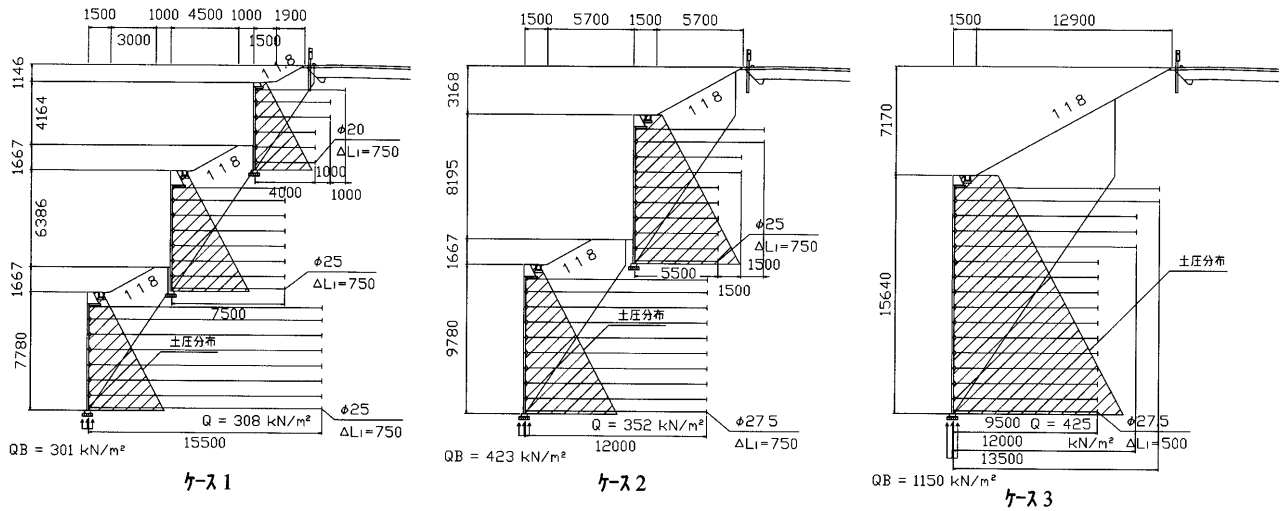


図-2 設計3ケースの比較

面として設計しないで多段積とすることの長所として、「壁面直下に集中する地盤反力を低減することによる比較的軟弱な基礎地盤上での建設」、「使用する補強部材に要求される強度や引抜き抵抗力を低減することによる補強材の縮減」が期待できる。力学的なこと以外にも、残土が過度に発生しないのであれば、多段積とすることによって、近傍の交通や歩行者に対する圧迫感を回避でき、小段部での緑化により景観にも配慮できると考えられる。

多段積補強土壁を採用するに当たって事前に実施した3ケースの設計の比較を図-2に示す。多段積補強土壁の設計については提案された手法³⁾があるものの、実際の挙動を調べた事例は少ない。ここではケース1とケース2において、上方の盛土が下方の盛土の主働崩壊線に掛からないように、壁面の位置を決定した。図には、壁面背後の土圧分布、および盛土最下部における補強材取付け間隔とタイバーの直径を示している。盛土材料は転圧後に礫分40.2%、砂分31.2%、シルト分22.4%、粘土分6.2%となる細粒分質礫質土であり、設計に用いる土質定数を $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 30^\circ$, $c = 0 \text{ kN/m}^2$ とした。

ケース3の単一壁面とすることによって壁面パネルの段数を減らすことが可能であるが、図-2に示すように3段積(ケース1)と比較して、壁面パネル背後の土圧はおよそ2倍程度増加するので盛土下部のタイバー直径が増加し、取付け間隔も密となり、さらに盛土上部におけるロッド長も増大する。このため単位奥行きあたりの補強材数量はケース1と比較して重量でおよそ9%、建設費でおよそ6%増加する。また、壁面直下の基礎に作用する荷重が3倍以上になるために、基礎地盤の支持力対策が必要になる。ケース2はこれらの中間的な傾向を示している。つまり、用地に余裕がある場合、多段積とすることによって、力学的に安定するために必要な補強材の使用量と配置が変わり、建設費の低減が図れる。当該箇所では、このようなことを総合的に判断して、3段積の形式(ケース1)が採用された。

4. 動態観測結果と考察

図-3に盛土高の時系列を示す。③の時点までの計測

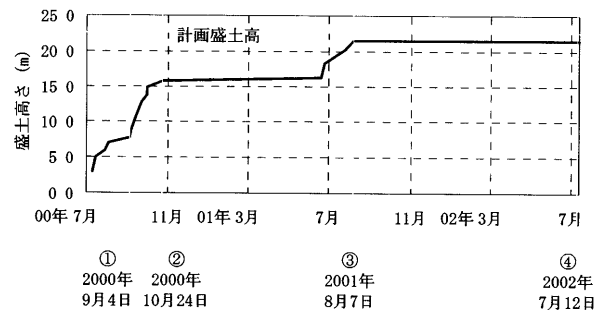


図-3 盛土高

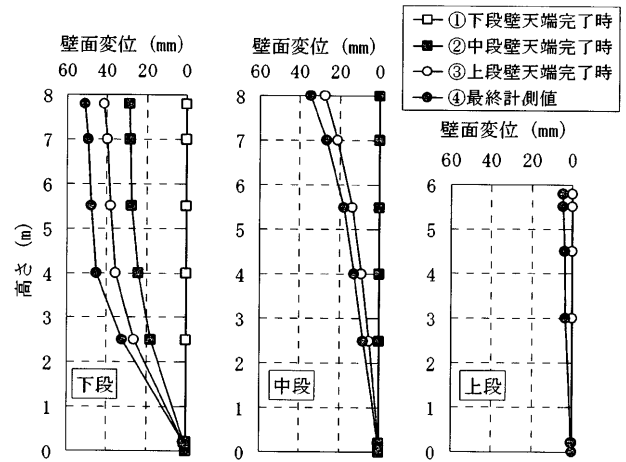


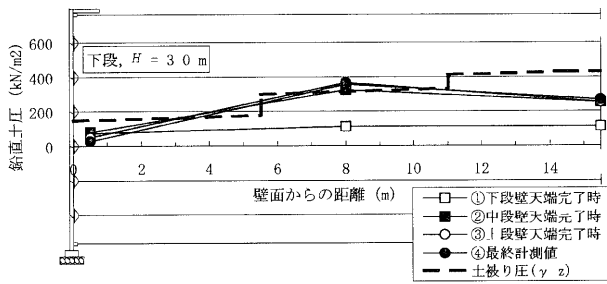
図-4 壁面変位量

結果は既に報告されており⁴⁾、本報では図中の①~④の時点における計測値について以下で検討する。各段の完成時における壁面変位量を図-4に示す。壁面変位の管理値は壁高に対して3%¹⁾とされているが、最下段で0.7% (最大壁面変位は51 mm) 以下となっている。

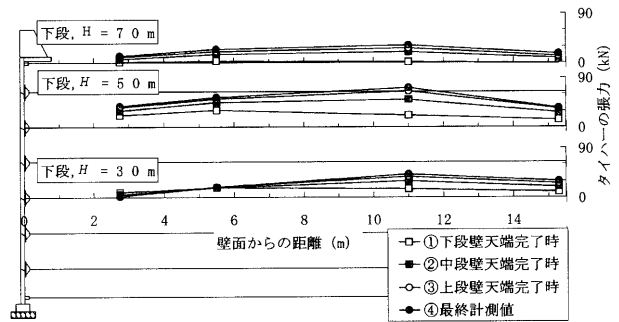
図-5に原地盤面から3mの高さにおける盛土内の鉛直土圧分布を示す。上方の補強土壁が最下段補強土壁の鉛直土圧に及ぼす影響は、直壁近傍で小さいといえる。

図-6は最下段補強土壁におけるタイバー長さ方向の張力分布を示している。設計ではタイバーの周面摩擦を無視してアンカープレートの抵抗力のみを期待しているが、図示のように実際には周面摩擦がある程度発揮され、張力は変化している。中段、上段の補強土壁の建設時に

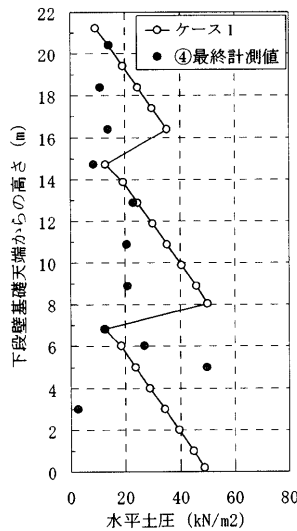
論文



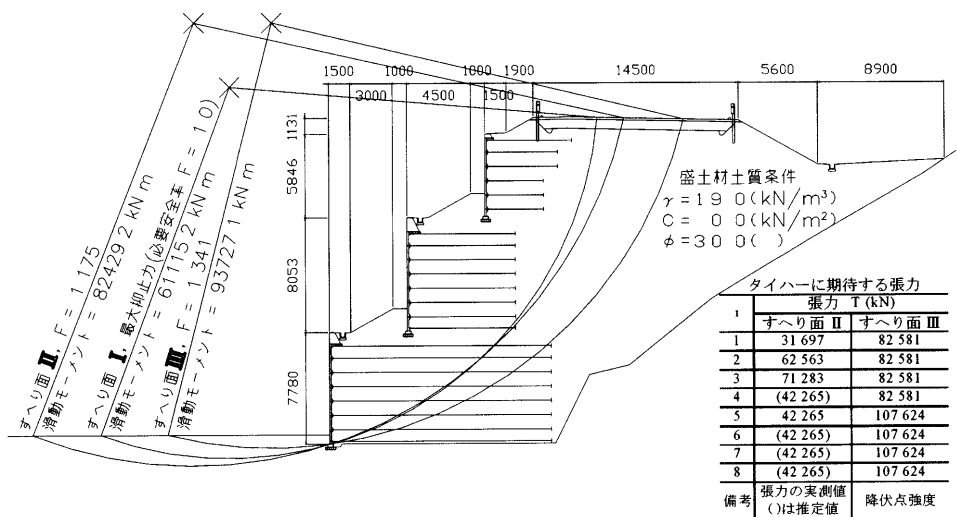
図一五 鉛直土圧分布



図一六 タイハーの張力分布



図一七 水平土圧分布



図一八 円弧すへり安定検討

はタイハー中間部に変化が見られ、上方補強土壁が張力を増大させる可能性が認められる。

つきに最終計測値 (④の時点) に基づく各段の補強土壁の壁面直近でのタイハーの張力から算出した土圧分布の変化を図一七に示す。図中には Case 1 の条件において求めた内部土圧の計算値も示している。下段の補強土壁の上部では設計値を上回る傾向が認められ、タイハー張力には上方補強土壁の影響を考慮する必要性が示唆されている。図一五に示した壁近傍の鉛直土圧が小さいことを勘案すると、このタイハー張力は外部のすへり等の影響によるものと推察できる。

図一八は補強土壁のつま先を通る円弧すへり面に対する安定計算の結果を示している。円弧すへり計算の詳細は参考文献1)に譲るが、すへり面Ⅰはタイハー張力による補強の効果を考慮せずに、安全率 F (滑動モーメントに対する抵抗モーメントの比) が1.0となるために必要な抑止力 ($F \times$ 滑動モーメント - 抵抗モーメント) が最大となる円弧すへりを示している。一方、すへり面Ⅱ、Ⅲは円弧が横切るタイハーの張力を補強効果として考慮した場合の最小安全率を与える円弧すへりであり、補強効果に寄与するタイハー張力をすへり面Ⅱにおいてタイハー張力の計測最大値または計測値に基づく推定値、すへり面Ⅲにおいてはタイハー降伏時の張力としている。

最大抑止力を与える円弧すへりⅠが最下段補強土壁の補強領域内を通ることから、円弧すへりの安定に及ぼす最下段補強土壁の補強効果の影響が大きいといえる。す

へり面Ⅱでは $F=1.175$ であり、滑動モーメントに対して補強効果を考慮した抵抗モーメントが大きいことから、現状において盛土全体が安定しているといえる。また、マニュアル¹⁾で適用されるすへり面Ⅲでは $F=1.341$ となり、一般的な円弧すへり安全率1.2を満足している。

5 おわりに

紹介した動態観測結果から、多段積多数アンカー式補強土壁の建設過程における壁面や補強材の挙動をある程度明らかにすることができた。また、タイハー張力は円弧すへり検討により評価でき、現在の標準設計手法の妥当性を示すことができた。今後は、テータの分析と数値解析等による検討を進め、多段積補強土壁の合理的な設計手法を提案する予定である。

参考文献

- 1) 軸土木研究センター 多数アンカー式補強土壁設計 施工マニュアル, 1998
- 2) 三浦 野見山 日下部 境 多数アンカー擁壁の模型実験および引抜き抵抗の数値解析, 第29回土質工学研究発表会, 1994
- 3) Ogawa, Hotta, Ueda and Segrestin Three topical Terre Armee Wall in Japan, Proc of IS Kyushu, 1992
- 4) 干場 藤井 秦 補強土壁 (多数アンカー式) の多段施工について, 第45回北海道開発局技術研究発表会発表概要集, 2001

(原稿受理 2003 2 12)