

アンカー式鋼管土留め擁壁工における 動態観測について（中間報告）

雲雀 翔太

近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 紀勢線出張所 (〒649-2621和歌山県西牟婁郡すさみ町周参見2947)

一般国道42号すさみ串本道路 和深IC（仮称）において、多段アンカー式鋼管土留め擁壁の施工中である。その規模は最大擁壁高17.1mに達する前例のない規模であることから、施工箇所の現地状況を勘案すると、施工中の安全確保、施工後の地山挙動確認が必須である。このため、変位計・荷重計・水位計等の計測機器を用いて実挙動と設計想定挙動との整合性を確認しながら施工を進めている。

本報告では、施工途中の段階ではあるものの、実施工において得られた計測データと設計値との比較・検討結果について報告するとともに、今後の展望についても考察する。

キーワード 鋼管土留め擁壁、動態観測、水平変位、多段アンカー、管理基準値

1. はじめに

紀南河川国道事務所では、和歌山県東牟婁郡串本町から同県西牟婁郡すさみ町に至る19.2kmの自動車専用道路として一般国道42号すさみ串本道路事業を推進している。この道路が完成することにより、異常気象時の通行規制区間の解消、南海トラフ地震発生時には、防災・災害時の代替路としての機能が発揮されることが期待されている。当工事は和深IC（仮称）の施工を担当している。

本工事では道路擁壁に多段アンカーを併用した最大壁高17.1mの鋼管土留め擁壁を施工するが、国内におけるこの規模の施工実績は存在しない。このため施工中の安全確保には多段アンカーの緊張力や、鋼管の変位について管理基準を定め実施工において動態観測を行い、各管理基準を満足しているか確認しながら施工を進める必要がある。

本報告では、動態観測によって得られた計測データと設計値を比較・考察するとともに、今後の展望について考察するものである。



図-1 位置図

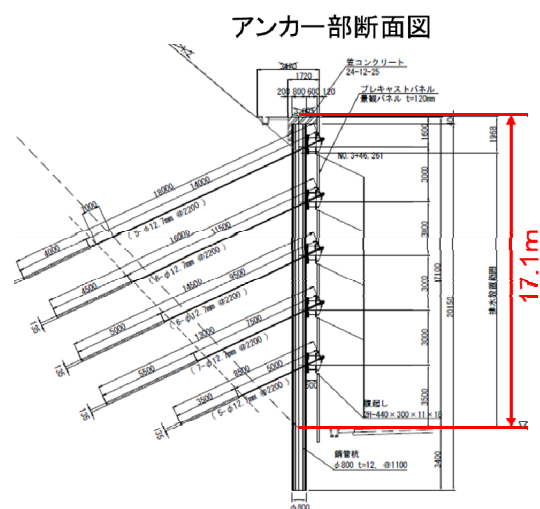
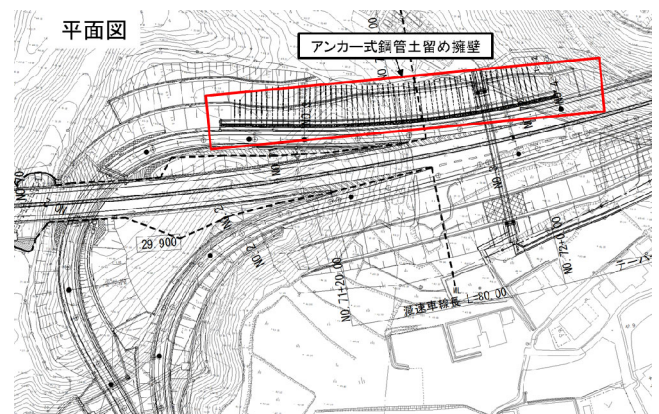


図-2 平面図（上） アンカー一部断面図（下）

2. 多段アンカー式鋼管土留め擁壁の概要

(1) 現場条件

本現場の地質条件として、泥岩が堆積している牟婁群層が分布していることから、切土安定勾配を1:1.2と設定している。しかし、一部、用地取得が困難な箇所が存在しており、設定した切土安定勾配では用地を侵すこと、また道路構造上の幅員確保のため、土留め構造が必要となった。

また、背面地山が擁壁に対して地滑り型の地山崩壊の可能性が考えられ、擁壁背面の地下水位は高い状況である。アンカー式土留め擁壁は水抜孔を設置することにより背面水位を考慮しない構造であるが、近年頻発するゲリラ豪雨等により一時的に背面水位が上昇することで擁壁に水圧が作用する可能性が考えられる。

(2) 施工方法

施工フローを図-3に示す。ジャイロプレス工法による鋼管杭回転圧入のため反力架台を設置する。設置完了後、架台上で圧入機（ジャイロパイラー）の組み立てを行い鋼管杭の鉛直度・圧入法線を確認しながら計画天端まで回転圧入を行う。次の鋼管杭の回転圧入には、既に圧入された鋼管を反力架台として圧入をする。以上の手順で鋼管杭の回転圧入を実施し、鋼管杭打設完了後、鋼管全面の掘削を実施し、所定高さにて、アンカー体を挿入する。そのアンカーに所定緊張力を作用させて、腹起しへ定着させる。アンカー工完了後、鋼管杭全面にコンクリートパネルを設置し、パネル背面の空隙をエアモルタルで充填を行う。

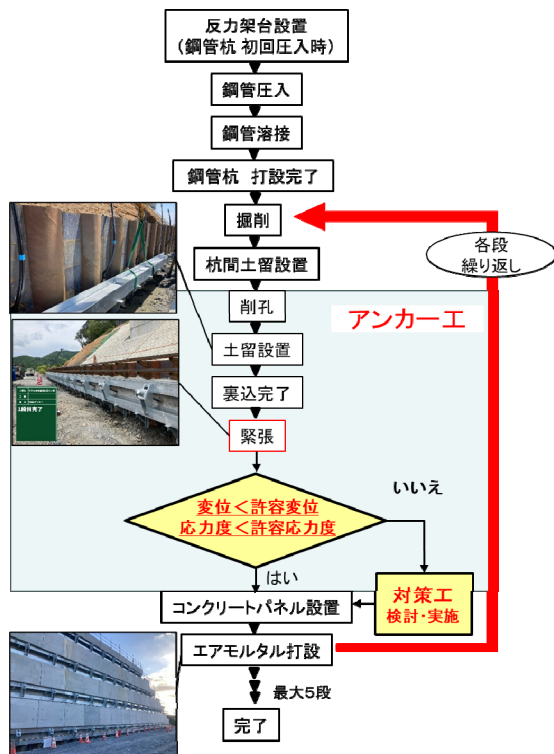


図-3 施工フロー

3. 動態観測工について

本章では計測項目、計測理由および管理基準値について述べる。最大壁高となる5段アンカー部を管理断面とし、各計測装置設置箇所を図-4に示す。

(1) 計測項目

a) 水平変位計測（地中変位）

多段アンカー式土留め擁壁の変形および背面地山の地中水平変位の把握を目的として、多段式傾斜計を5段アンカーの最大壁高部に11箇所設置し、計測を実施した。

b) アンカー荷重計測

アンカー式土留め擁壁は、土圧を鋼管杭とアンカーで分担する構造であるため、アンカーに作用する荷重を把握することにより擁壁に作用する土圧を計測するとともに、アンカーの緊張力を計測することで背面地山の変状を把握することを目的としてロードセルによる計測を実施した。また、温度変化によるアンカー緊張力の増減の可能性を考慮し、温度計測も合わせて実施した。

c) 水平変位計測（面的管理）

管理断面として1断面を設定しているが、擁壁全体の変位挙動の把握を目的として面的な変位計測を実施した。計測方法として、アンカー工の各段にターゲットシールを設置し、光波測距儀（トータルステーション）を用いて計測を実施した。また、多段式傾斜計による計測値と光波測距儀による計測値を比較することにより、変位計測の精度向上および背面地山挙動を多角的に把握することを目的として実施した。

d) 背面水位計測

背面水位がアンカー荷重および擁壁変位に与える影響を確認するために水位計測を実施した。

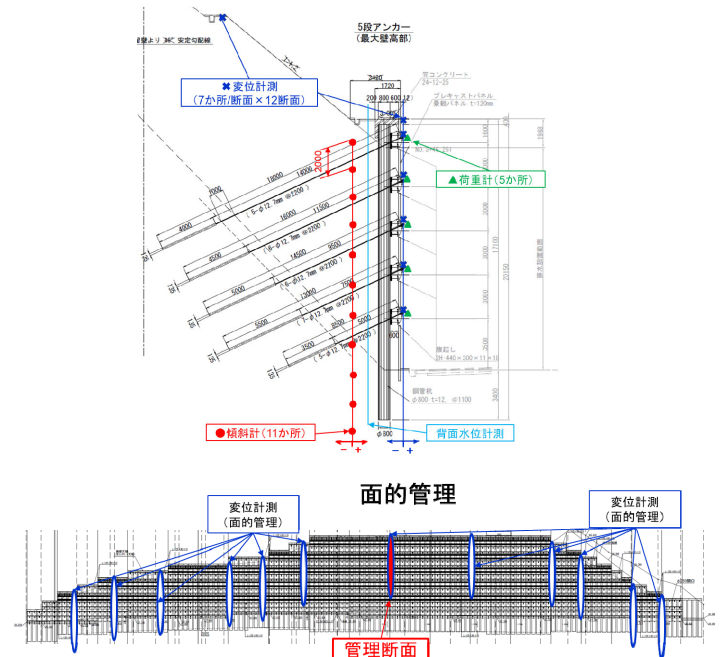


図-4 計測装置設置箇所

(2) 管理基準値

水平変位（地中変位）とアンカー荷重の管理基準値を表-2に示す。管理基準値の設定、運用方法について「道路土工 仮設構造物指針¹⁾」に準拠して設定した。水平変位の管理基準値については「ジャイロプレス（回転切削圧入）工法による鋼管土留め擁壁設計・施工指針²⁾」によると、4m以上の壁高となる擁壁の場合、杭頭部の許容水平変位量が50mm~100mmの範囲で採用されることが多いとあるが、本工事の施工規模と本設構造物であることを考慮し、水平変位とアンカー荷重の1次管理値は常時の設計値を管理基準値と設定した。また、2次管理値については水平変位・アンカー荷重ともにL2地震時における設計値を採用している。なお、アンカー荷重の管理値については、アンカー許容応力の80%と設計値（常時・L2地震時）の比較を行い、小さい設計値を採用している。次に、管理値を後述のとおり運用することとした。

測定値<1次管理値

：土留めについては特に問題なく工事を続行。

1次管理値<測定値（予測値）<2次管理値

：2次管理値（L2地震時）を許容値としているため、現施工段階では問題は無いが、次の掘削ステップにて、2次管理値を上回るか否かを検討し、計測頻度を多くするなど警戒観測態勢を取る。

2次管理値<測定値

：工事を中断。対策工の検討・実施を行い工事続行。

4. 計測結果

本章では動態観測工の計測結果を示す。なお、本工事は6次掘削（最終掘削）を施工中であり、土圧が鋼管へ及ぼす影響が大きいと考えられる3段目以降について結果を整理する。

a) 変位計測結果（地中変位）

水平変位の計測結果について、図-5に傾斜計において最も変位量大きい鋼管天端における計測結果を示す。掘削が進むにつれ変位も増加する傾向が確認されたが、5次掘削完了時における最大変位は鋼管天端部の4.9mmであり、1次管理値17mmに対して十分な余裕を有している。以上のことから、現時点における擁壁の水平変位は管理基準値に対して十分な余裕を有していることから、施工は安定した状態で進捗していると評価できる。

b) アンカー荷重計測結果

アンカー荷重計測結果を図-6に示す。各段で増減は確認されたものの大きな変化は確認されなかったことからアンカー力の安定性が確認された。また、気温が及ぼすアンカー緊張力への大きな影響は確認されなかった。なお、引き続きアンカー荷重計測を行う。

表-2 管理基準値

○1次管理値

			1段アンカー	2段アンカー	3段アンカー	4段アンカー	5段アンカー
水平変位		(mm)	6	10	12	14	17
アンカー 緊張力	1段目アンカー	(k N)	84	123	113	152	111
	2段目アンカー	(k N)		81	121	178	182
	3段目アンカー	(k N)			96	246	240
	4段目アンカー	(k N)				156	313
	5段目アンカー	(k N)					192

※ 1 次管理値＝常時荷重における設計値×100％

○2次管理値

			1段アンカー	2段アンカー	3段アンカー	4段アンカー	5段アンカー
水平変位		(mm)	40	50	57	60	52
アンカー 緊張力	1段目アンカー	(k N)	392	548	554	559	434
	2段目アンカー	(k N)		318	481	529	542
	3段目アンカー	(k N)			308	595	574
	4段目アンカー	(k N)				342	649
	5段目アンカー	(k N)					380

※ 2 次管理値＝L2地震時荷重における設計値×100％

※ 1次管理値=常時荷重における設計値×100%

※ 2次管理値=L2地震時荷重における設計値×100%

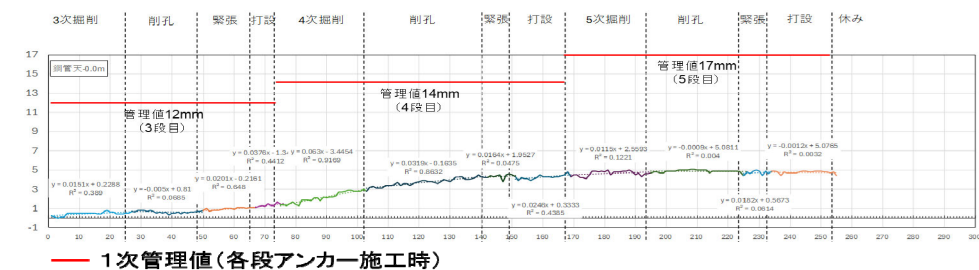


図-5 傾斜計計測結果（鋼管天端）

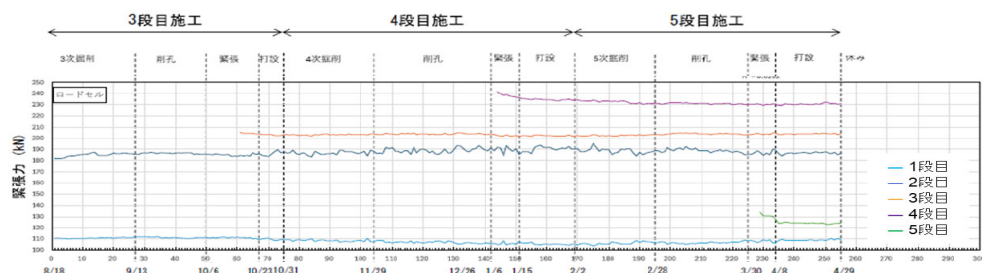


図-6 アンカー荷重計測結果

c) 変位計測結果（面的管理）

図-7に光波による水平変位計測結果を示す。光波による手動計測においても水平変位は0～5mmの範囲で増減を繰り返しており、地中変位と同様、大きな変位の進行は確認されなかった。

d) 背面水位計測結果

図-8に降雨量が及ぼす背面水位への影響と鋼管変位の関係を示す。計測期間中の3/30に最大降雨量118.5mm/日（最大時間雨量35.1mm/h）を記録し、降雨時には一時的に背面水位の上昇が確認されたが、降雨後には速やかに水位が低下しているため、擁壁の排水構造が正常に機能していることを示している。また、鋼管に及ぼす影響についても、鋼管天端における降雨による変位

差は5mmの範囲に収まっていることから、降雨が擁壁変位に与える影響は軽微であることが確認された。

e) 地震時挙動

計測開始の2025年8月18日から2026年5月19日時点において、施工箇所周辺では震度1以上の地震が4回観測された。図-9に震度3を記録した2026年5月における、地震時の変位計測結果、アンカー荷重の計測結果を示す。図から読み取れるとおり、地震発生後における変位とアンカー緊張力ともに多少の増減はあるものの、地震発生前の計測値へ収束していることが確認出来ることから、震度3程度の地震では擁壁挙動への影響はないと評価できる。

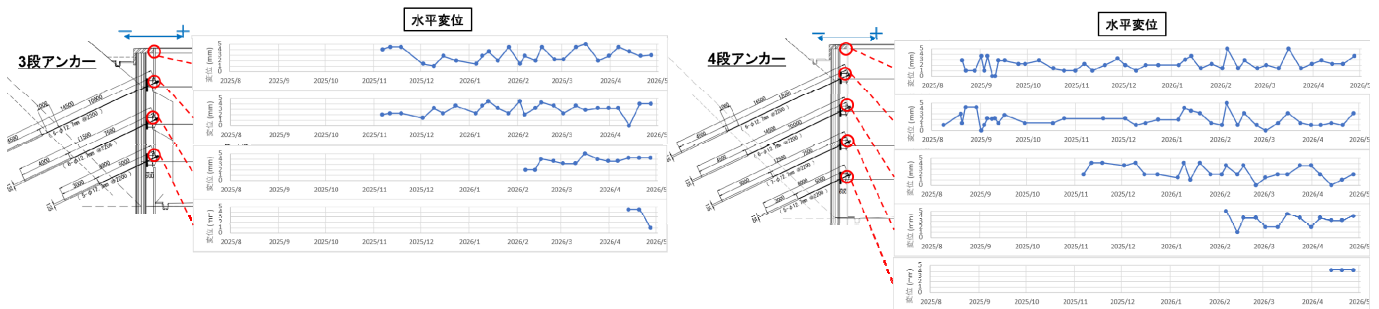


図-7 光波による水平変位計測

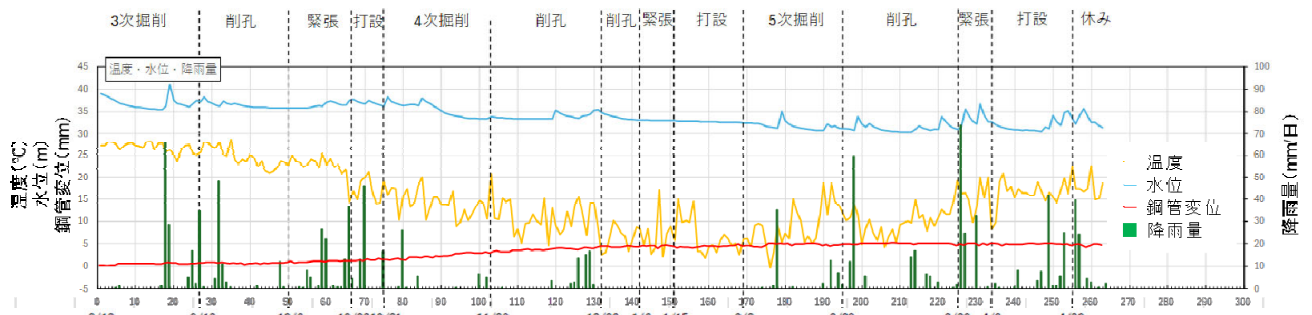
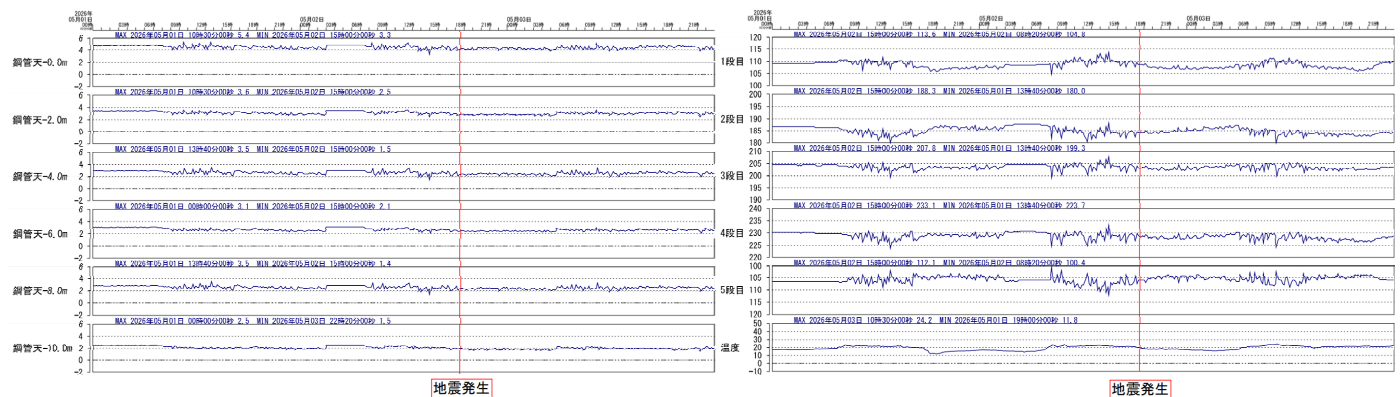


図-8 降雨量－（背面水位・鋼管変位）



水平変位一時間

緊張力一時間

図-9 地震時における鋼管変位（0.0～-10.0m）

5. 考察

アンカー式土留め擁壁は、弾塑性法により設計を実施しており、掘削時とアンカー緊張時を考慮したステップ解析を実施している。図-10に3～5次掘削完了時における設計変位量と実変位量の比較図を示す。施工は、前述したとおり実変位量が表-2に示す1次管理値以内であるか確認を行いながら実施した。比較図から鋼管天端（0.0～-8.0m）において、設計変位量と実変位量に差があることが確認できるが、設計ではアンカーの引張力により変位を抑制する構造であり、鋼管天端では変位を生じさせない計算であるため、実変位量との乖離が発生したと考えられる。また、5次掘削完了時の鋼管天端部（0.0～-2.0m）においては、設計変位量との差がより大きいことが確認できるが、ジャイロプレス工法での施工に際して、先行して圧入した鋼管杭をパイラーのジャッキで反力として鋼管杭を打設するため鋼管天端から-1.5m下がりまで先行掘削を行う必要があり、鋼管天端から-1.5mは埋戻し地盤であることから、設計変位量との差が大きくなっていると考えられる。

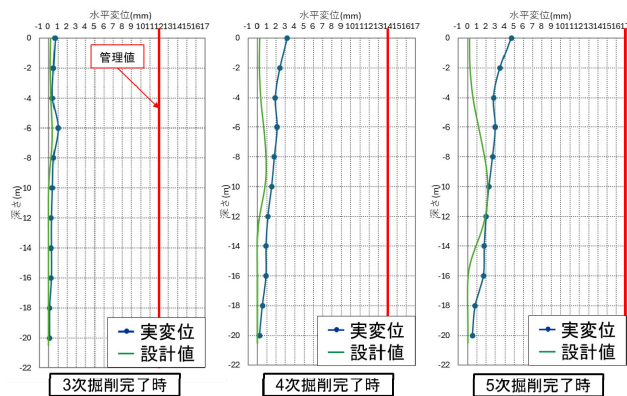


図-10 設計変位量と実変位量の比較

6. 今後の展望

本報告では、国内初となる最大壁高17.1mの多段アンカー式鋼管土留め擁壁の施工中における動態観測結果を報告した。

以上の結果より、中間報告であるものの、本構造の有効性が確認された。本報告が、今後の類似工事における工法選定の一助となり、有効な選択肢の一つとして活用されることを期待する。

謝辞：本論文作成にあたり関係者の皆様には、多大なるご協力を頂きました。この場をお借りして御礼申し上げます。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路土工 仮設構造物指針
- 2) 国際圧入学会 (International Press-in Association)：ジャイロプレス（回転切削圧入）工法による鋼管土留め擁壁設計・施工指針