

論文・報告

リゾートマンション・カルムヴィラ熱海工事報告

Construction Report on CALM VILLA ATAMI

山崎 康孝*
Yasutaka YAMAZAKI新宅 俊治**
Shunji SHINTAKU

This paper is the report on the outline of the construction works of a resort condominium "Karumu Villa atami" which was built in the vicinity of JR Atami Station. Since the site is in a steep slope ground bordering on the railroad ground of JR, the construction works were advanced always under the consultation with South Railway Administration Bureau of JR Odawara Track Maintenance Section. Further, also in surrounding districts other than the border with the railroad, houses stand closely together, therefore, to the works of disassembling existing structures and building anew, utmost attention was paid. Moreover, as the landslide protection method, the earth anchor construction method which is advantageous in the environment like this was adopted, and the points to which attention was paid at the time of execution are also mentioned.

Keywords : earth anchor, landslide protection., foundation work.

1. まえがき

近年、経済大国となったわが国では、よりよい環境を求めて市街地のスクラップ・アンド・ビルドの名のもとに都市の再開発・再生産が進められている。

リゾートマンション・カルムヴィラ熱海新築工事もその一例といえる。本工事は、温泉街の急傾斜地で、三方の崖下に民家が密集し、敷地頂部はJRの鉄道敷に近接するという厳しい環境条件下で行われた。

ここでは、本工事の概要について述べるとともに、今後ますます多くなる急傾斜地における山留め工事のアースアンカー工法の施工についても報告する。

2. 工事概要

工 事 名：カルムヴィラ熱海新築工事

工事場所：静岡県熱海市咲見町1736-1-16

事業主：丸紅不動産㈱

設計監理：川田工業㈱、大成建設㈱

施 工：川田工業㈱

用 途：共同住宅

敷地面積：2 147.04m²

建築面積：862.80m²

延床面積：7 353.43m²

構 造：鉄骨鉄筋コンクリート造

規 模：地下2階地上1階(パブリック棟)

地下1階地上12階(住居棟)

工 期：解体造成工事 1985年11月～1986年8月

新築工事 1987年4月～1988年12月

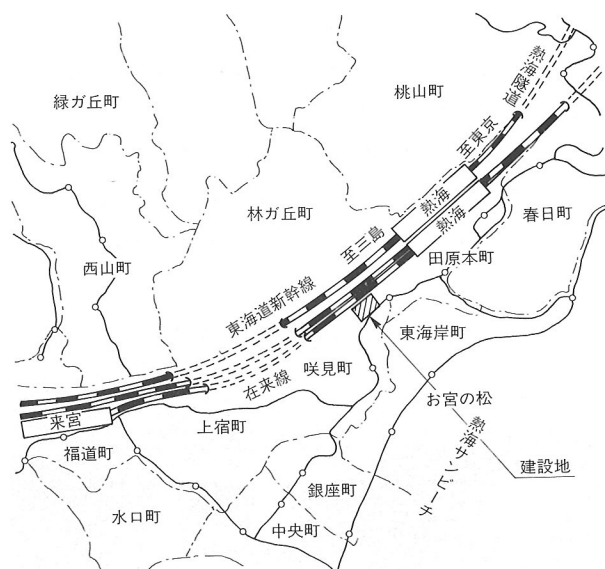


図-1 施工位置図

*川田工業㈱建築事業部工事部部長 **川田工業㈱建築事業部工事部工事一課係長

3. 敷地の特徴

(1) 周辺の環境

工事場所は図-1に示すように、JR熱海駅から西へおよそ300mの地点で、敷地上辺の境界をJRの在来線と接する急傾斜地にある。またその他の境界も石垣や自然の地山、あるいは民家と接している。このため工事は在来線の運行を妨げないように、計画段階から施工に至るまで、常にJR小田原保線区南鉄道管理局との協議を必要とし、また周辺の民家への影響を考慮して、工事の手順および工法の選択には慎重な配慮を要した。

(2) 地盤の地層

当敷地は、地形的には熱海市和田浜の海岸低地を形成する面より一段高い位置に当たり、比較的急な斜面上に位置している。伊豆半島の先端から箱根までの全長80kmの地帯には、富士山愛鷹山を含めて11個の第四紀火山を数えることができるが、敷地はこのうちの一つである多賀火山の山麓斜面端に当たり、海岸部を走る熱海ビーチラインより60mから80mほどの比高を有している。熱海市の斜面部を構成する地層は、多賀火山の放出物および溶岩流であるが、ところによっては多賀火山の基盤である第三系の凝灰岩(湯ヶ原郡)が頭を出していることから、基盤に相当な起伏があることが予想される。

上層は火山放出物が主体となって斜面地を形成している部分と、比較的浅部より凝灰岩に総称される風化粘土化した土層となっている。明治中期に建設された東海道

線の切土埋設が予想されたが、埋設土層は見当たらなかった。

(3) 急傾斜地における掘削の影響

古くから安定を保ってきた自然な急傾斜地であっても数km離れた開発工事の影響を受け、大雨や地震などによって崩壊することがある。さらに長年安定していた石垣の劣化や、自然林の伐採などによっても、その安定性が急激に低下する傾向がある。このような地盤で工事を行うので、敷地内だけでなく、敷地周辺の変化にも留意しなければならない。したがって斜面上の建造物、斜面上下の建造物などの保護のために多くの工期と予想外の工事を必要とすることがある。

4. 施工計画

全体の施工計画にはJRとの協議、承認が必要なため、工事着手以前にすべての計画を完了させた。許可承認後、施工については、途中立ち合い検査を受けながら逐次作業を繰り返すことにした。図-2は計画と施工、検査の流れであり、図-3、4は総合仮設計画図の平面図と断面図である。

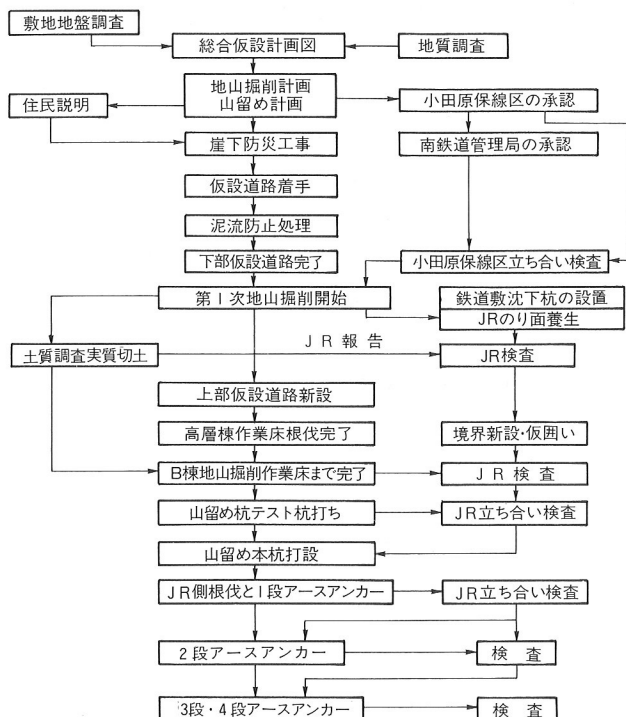


図-2 施工計画フローチャート

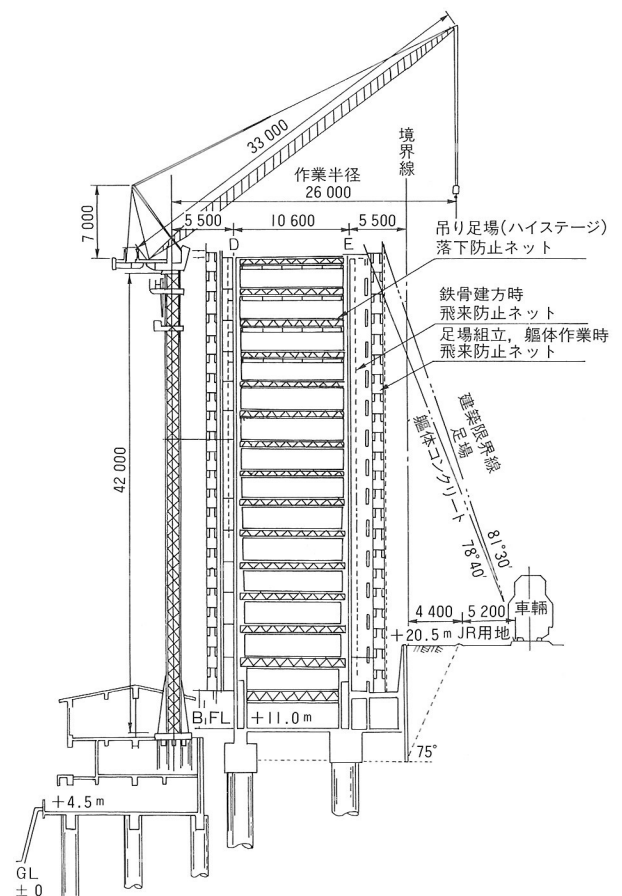


図-3 断面図

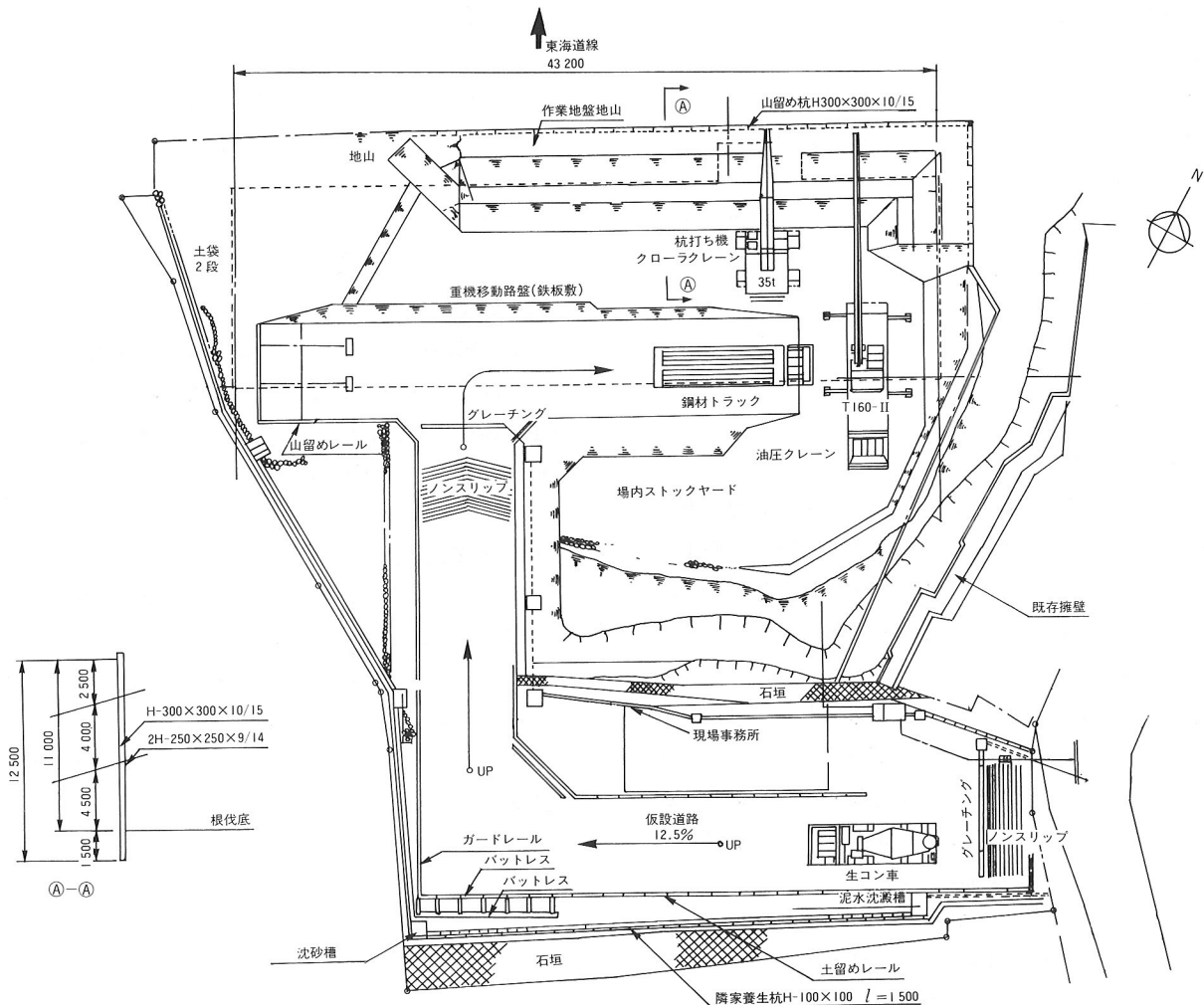


図-4 総合仮設計画図

5. アースアンカー工法による山留め工事

(1) 工法の発展の経過

アースアンカーの山留めの歴史は比較的浅く、昭和32年藤原ダム工事において岩盤アンカーとして採用されたのが最初である。アースアンカーとしては、メナールのアイデアをもとに基礎地盤コンサルタント(株)が開発実用化したPSアンカー工法によって昭和39年神戸市垂水において施工されたのが最初であろう。

以来アースアンカーは山留め壁のタイバックアンカーなどの仮設用として広く採用されるようになり、昭和48年にはアンカー長として総延長36万mが施工されたと推定されている。アースアンカー初期は削孔機の開発が遅れ、非常に高価な状況にあった。昭和44年に、現在多く使用されている径100～145mmのケーシングドリル式ロータリー削孔機が開発されて、アンカー削孔はあらゆる地盤に対して容易となり、特に崩壊性地層を克服したり、被圧地下水下での施工に成功したことなどから急速に発展した。とりわけ山留め用タイバックアンカーを中心とする仮設のアンカーが、折からの建設ブームに伴う省力化の気運と、アンカーを利用しなければ施工できない地

形や空間の利用と相まって急増し、今日に至っている。

アースアンカーの特徴は、いうまでもなく山留め工法としての部分的な工程の能率化だけでなく、工事全体を考慮した場合の省力化、工期の短縮、その結果としての工費の低減にある。また、アンカー工法と他の工法を採用する際の分岐点は安全性、確実性、施工の迅速性、地盤の状態および近隣の環境にあるので、計画者がこれらの事項を絶えず念頭において山留め計画を行わなければならない。

(2) 計画時の留意事項

① 地盤条件

アースアンカーは地盤強度に大きく依存している。地盤は人為的に変更することが難しい。

② 周辺の既存構造物、埋設物の調査

施工中および完成後に既存構造物や埋設物へ悪影響を与えないため、また都市周辺では水道管、ガス管、通信線など多くの埋設物があるため、詳細な調査が必要である。

③ 敷地の条件

アンカー工法を採用するのに十分な広さの敷地が

ある。アンカーが隣地あるいは道路下などに飛び出す場合は、事前の許可が必要。この手続きを踏んでいないと、事後に問題が起こることがある。

(3) 設計手順

図-5 にアースアンカーを設計する際の流れを示す。

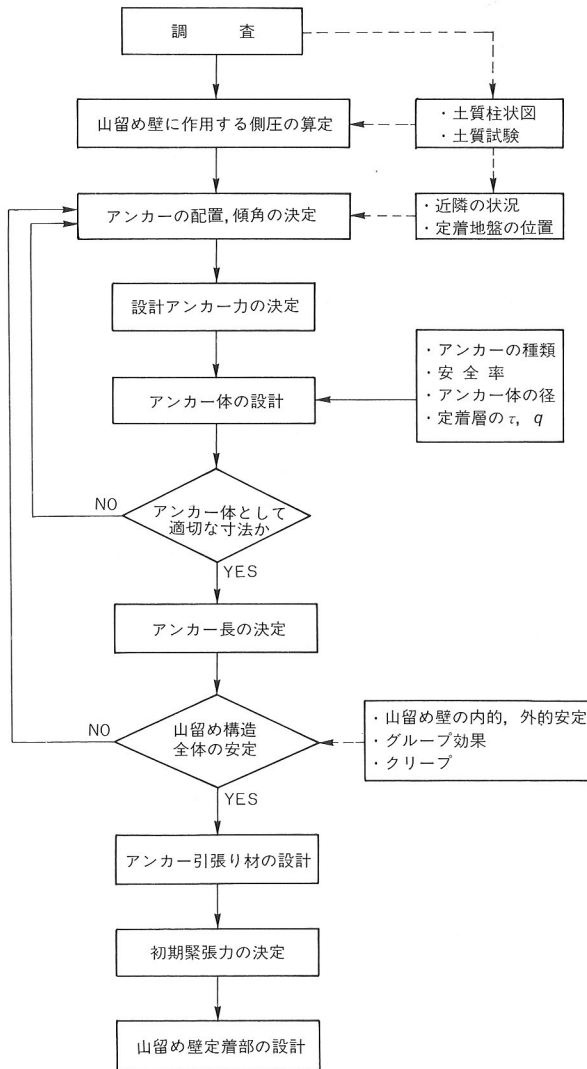


図-5 アースアンカー設計手順

(4) 構造物としての安定

構造物をアンカーにより安定させるときには、アンカーの耐力のほかに構造物、アンカー、地盤の全体を含めた構造系についての安定を検討する必要がある。安定計算の方法は構造物の形によって異なるが、山留めや擁壁のような土圧を受ける構造物では、外的安定計算と内的安定計算の両方について検討しなければならない。しかしKranz, A. Ranke, H. Ostermayerらは、アンカーの長さの決定に際しては、土の崩壊の解析ではなく、内的安定の検討が一般的であるとしている。

a) 外的安定計算

外的とは、山留め工を例にすれば、アンカー、山留め壁、背面土のすべてを考えた安定を意味し、具体的な計算方法としては図-6に示すように円弧すべり法で行うのが一般的である。すなわち、円の中心をいろいろ変えて、アンカー先端の外側を通る種々のすべり面を考え、これらの安全率のうち最小値を外的安定計算における円弧すべりに対する安全率とする。安全率の値は一般に1.2~1.5の数値が採用されている。

b) 内的安定計算

内的とは図-7に示すように、アンカーと山留め壁根入れ部分の仮想支点との間の深いすべり面の安定計算を意味する。内的安定計算方法として最も一般的に行われているのはKranzの簡易計算法である。

Kranzの方法は図-8に示すように、アンカー体の中央点と山留め壁の仮想支点を結んだ直線を深いすべり線と仮定し、図の斜線を付した部分に作用する力のつり合いから、そのアンカー配置における限界抵抗力を求め、その水平分力とアンカーの設計水平力との比を安全率とするものである。

限界抵抗力の水平分力($_{\max}R_h$)は図-9に示される力のつり合いから次式で求めることができる。

$$E_{rh} = [W - (E_{ah} - E_{lh}) \tan \delta] \tan(\phi - \theta) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$_{\max}R_h = f_A (E_{ah} - E_{lh} + E_{rh}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$f_A = \frac{1}{1 + \tan \alpha \cdot \tan(\phi - \theta)} \quad \dots\dots\dots (\text{図-10}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、

W : 深いすべり線にかかる土塊の重量(t/m)

E_a : 山留め壁の上端から仮想支点までの山留め壁にかかる主動土圧(t/m)

E_l : 仮想アンカー定着壁にかかる主動土圧(t/m)

ϕ : 土の内部摩擦角(度)

δ : 壁の摩擦角(度)

θ : 深いすべり線の傾斜角(度)

α : アンカー傾斜角(度)

これに対してJelinek, Ostermayerらは模型実験をも

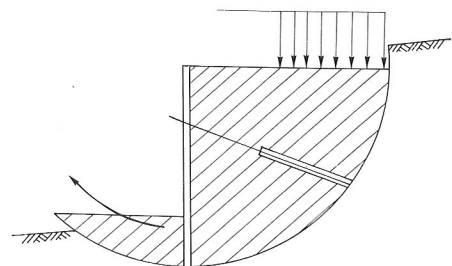


図-6 外的安定で検討すべき破壊(すべり面による地盤破壊)

とにして、すべり面は曲線状にした方が実状によく合うこと、深いすべりを生ずるときに同時に山留め壁に働く土圧は主働土圧よりも大きく、その大きさは深いすべり面の方向によって決まること、アンカーの間隔が十分狭ければ曲線状のすべり面はアンカー体の中央点ではなく、アンカー体先端から生ずることを指摘している。しかし一般的には、Kranzの簡易計算法の方が安全側の値を与えるので、この簡易計算法が広く用いられている。

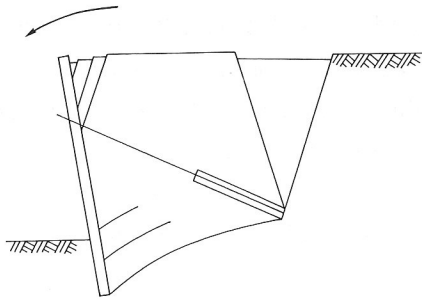


図-7 内的安定で検討すべき破壊
(深いすべり面における破壊)

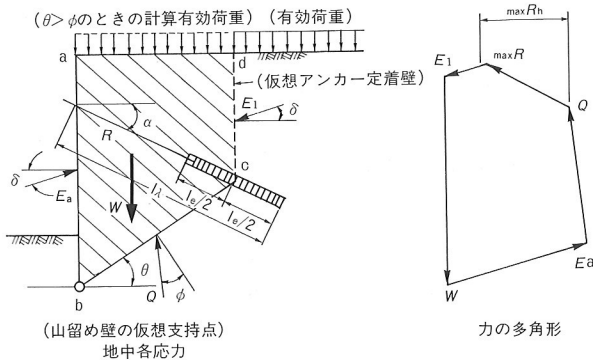


図-8 Kranzの簡易計算法

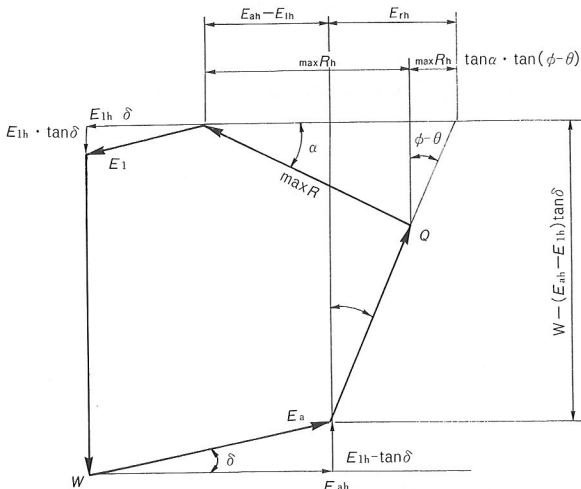


図-9 力の多角形の幾何的關係

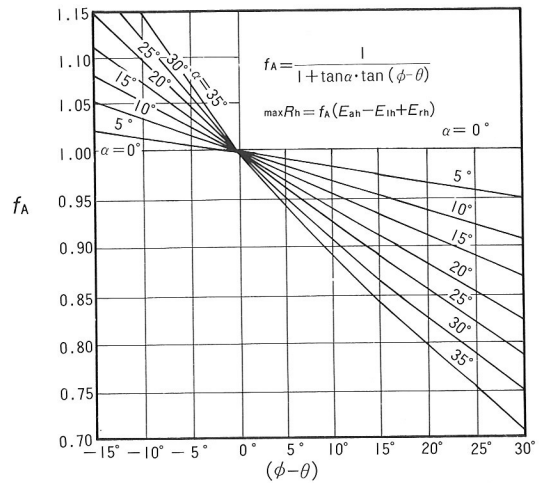


図-10 f_A 計算図

(5) アースアンカーの施工

山留め計画、根切り計画、アースアンカー計画等の計画審査がJR南鉄道管理局で行われ承認されたので、計画に基づいて、1段目アースアンカーの施工を開始した。

図-11にアースアンカー装置の概略を、写真-1、2にアースアンカー施工とJR立ち合い検査の状況を示す。

アースアンカーの削孔は上部作業床から施工し、図-12,13,14に示す施工順序でアンカー緊張までを行い、設計耐力を確認する。この後、次の段のアースアンカーのため3mの地山掘削を行い、下段アンカーの作業床を設けアンカーを施工する。高層棟(写真-3)は4回のサイクルで、低層棟(写真-4)は2回のサイクルで、延べ50日間の作業で完了した。

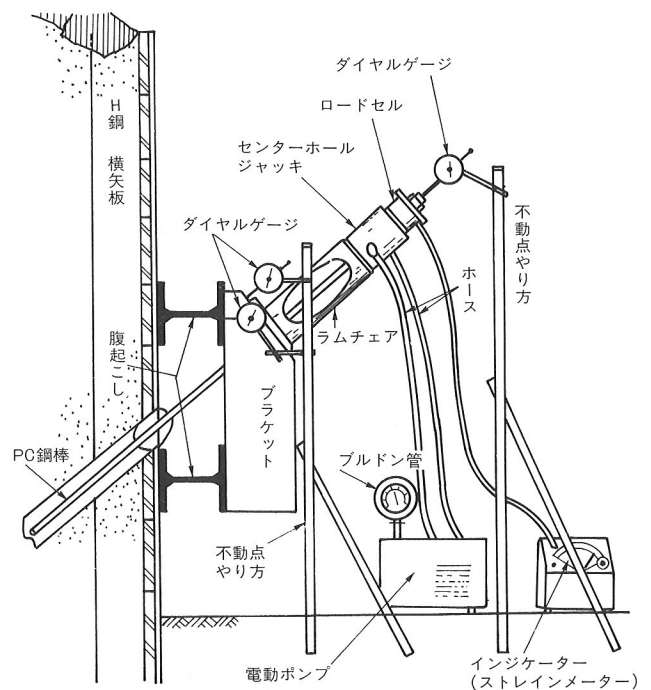


図-11アースアンカー装置



写真-1 アースアンカー施工状況

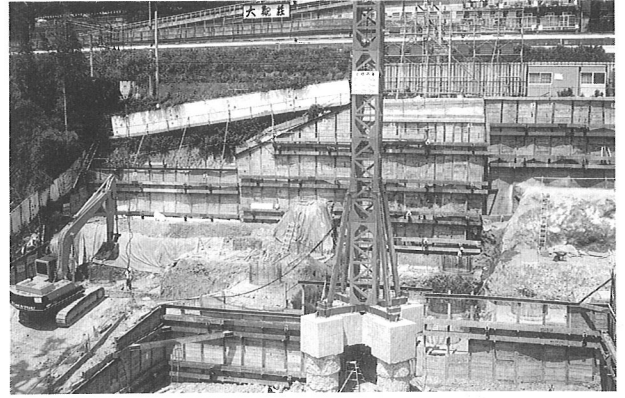


写真-3 高層棟と低層棟山留めと深礎杭



写真-2 JR小田原保線区立ち合い

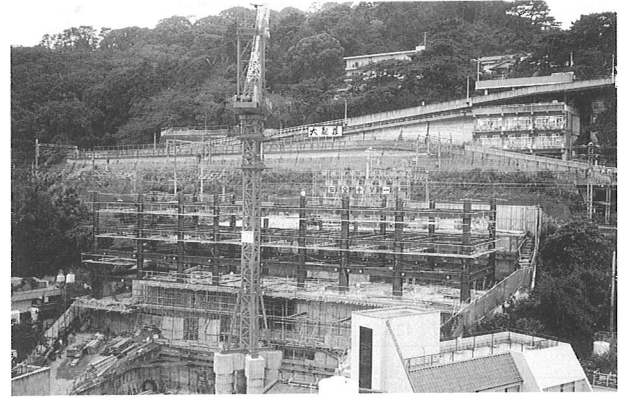


写真-4 高層棟鉄骨建方・低層棟基礎工事

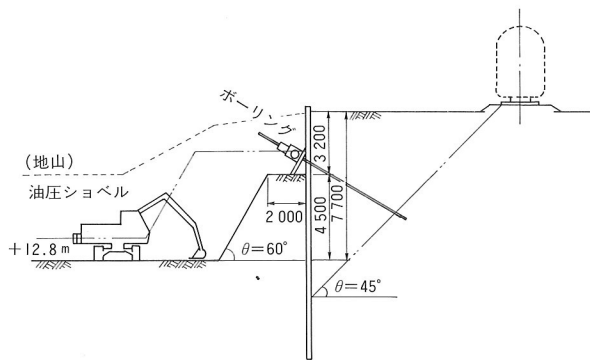


図-12 根伐およびアースアンカー施工

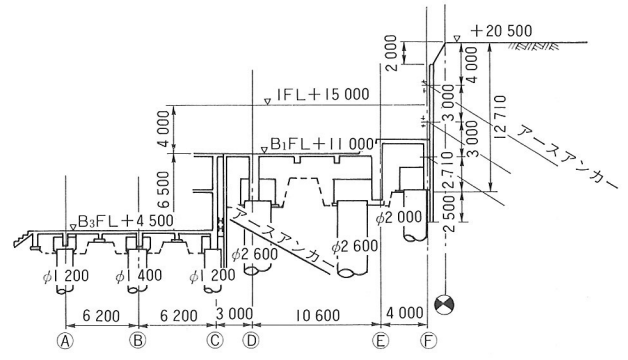


図-14 基礎工事

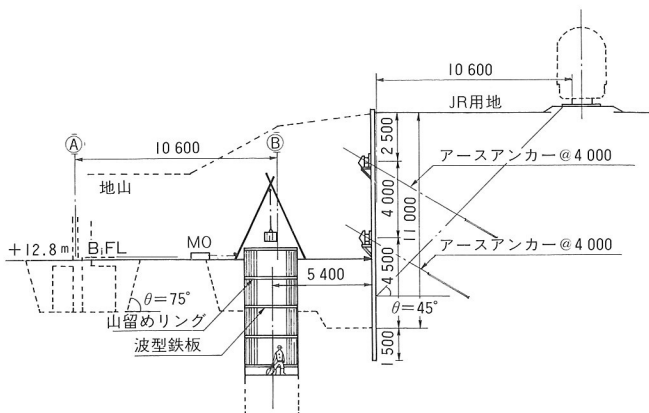
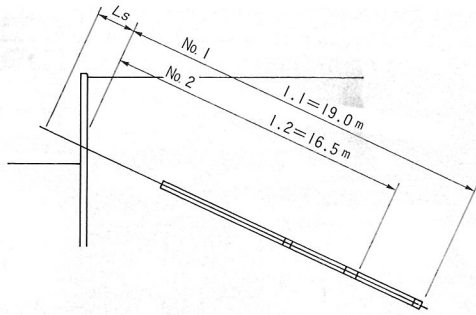


図-13 深礎工事(手掘り)

(6) アースアンカーの引張試験

設計されたアンカーが期待どおりの耐力を有するか否かを確認するため、実際のアンカーにおいて引張試験を実施した。試験アンカーは設計荷重の1.2倍まで引張ったが、引き抜けなどの兆候はまったくみられず、十分な耐力を有していることが確認された。また最大荷重時の変位量も許容範囲内であり、弾性変位量とアンカー荷重との判定図によっても、健全なアンカーと判断できた。また施工されたアンカーすべてに対して、設計荷重による確認引張試験を行いアンカー耐力を確認した。緊張計算書を図-15に、緊張管理グラフを図-16に示す。



タイプ case-1

$$\Delta L = \frac{T \times (L_s + L)}{A \times E}$$

No.1 ストランド

$$\Delta L_1 = \frac{T \times (L_s + L_1)}{A \times E} = \frac{16.2 \times 10^3 \times (130 + 1900)}{1.974 \times 1.95 \times 10^6} = 8.54 \text{ cm}$$

No.2 ストランド

$$\Delta L_2 = \frac{T \times (L_s + L_2)}{A \times E} = \frac{16.2 \times 10^3 \times (130 + 1650)}{1.974 \times 1.95 \times 10^6} = 7.49 \text{ cm}$$

図-15 緊張計算書

荷重 (t)	5	10	15	20	27
伸び (mm)	0	13	27	39	62
もどり (mm)	13	27	42	55	

打設日	5月19日
緊張日	5月28日
養生日数	9日

- ① 弾性伸び量
- ② 計算伸び量
- ③ 測定伸び量
- ④ 測定もどり量
- ⑤ No.2 ストランドの計算伸び量
- ⑥ No.1 ストランドの計算伸び量

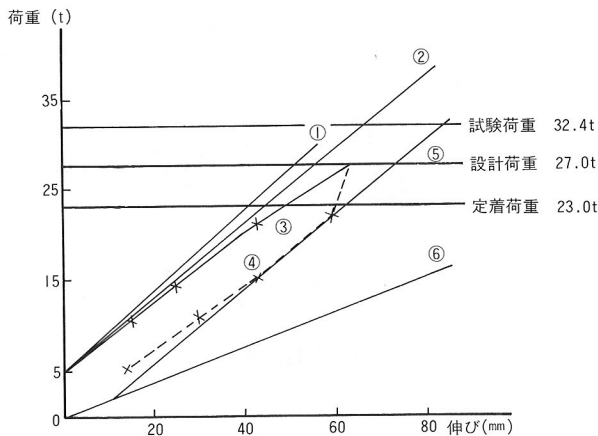


図-16 緊張管理グラフ

6. あとがき

本工事はJR在来線と境界を接する急傾斜地において、在来線や周辺の民家等へ損害を与えないように慎重に進められた。このような環境への対策として、本工事の山留め工法にはアースアンカー工法が用いられた。

アースアンカー工法は、傾斜地に適するという利点のほか、工事全体を考えた場合の省力化や工期の短縮にも有利である。しかしながら、地中に打ち込んだアンカー

によって山留め壁を支えることになるので、地盤中の構造物や近隣の施設への影響を事前に詳細に検討しておくてはならない。また、地盤そのものの性質を明確に把握するのは難しいので、工事の最中のアンカー軸力の変化や周囲の地盤の変化に、常に気を配っておく必要がある。

今後もこのような厳しい環境の中での工事が多くなることが予想されるが、計画の段階から十分な経験を有する施工者どうしで協議を重ね、安全性、経済性ともに無理のない工事を行っていききたい。

参考文献

- 1) テルツヤギ・ベック・加藤渉：土質力学基礎編，pp. 202～208，1969年8月。
- 2) 彰国社：建築の技術施工7，210号，pp. 30～42，1983年7月。
- 3) 奥園誠之：斜面防災100のポイント，pp. 6～9，pp. 60～69，1986年11月。
- 4) 土質工学会：アースアンカー工法，pp. 1～7，pp. 43～73，1976年9月。