

VI-5 街路小樽祝津山手線コンクリート 擁壁工事の設計と施工

小樽市役所 正員 白畑政信
石村 実
山本義三
早坂昭光

まえがき

小樽祝津山手線は、臨港線から小樽海岸国定公園の祝津を結ぶ北小樽地区の幹線道路である。周辺には、近年住宅地として人口増加が著しい赤岩、高島地区があり、小樽水族館の唯一のバス路線ともなっており、観光ルートとしての位置づけも高く、早期整備を望まれていた路線である。

事業区間内は、2つの直角クランクがあり交通渋滞や事故等の要因となっているため、この区画をショートカットし、道路の線形を変えることにより交通の円滑化を図るものである。新ルートでは、民家が隣接している傾斜地を最大切土高13mで開削する土留工が必要であった。

本報告は、延長143m、最大直高13mの土留擁壁として経済性、施工性の面からフレキシブル鉄筋コンクリート杭（フレコン杭）にロックアンカーを併用したコンクリート逆巻工法を採用したので、その設計と施工について述べたものである。以下に工事概要を示す。

施 工 場 所	小樽市梅ヶ枝町及び赤岩一丁目
工 事 内 容	形 式 ; 親杭 (フレコン杭) コンクリート擁壁 (ロックアンカー併用)
	延 長 ; $L = 143\text{m}$
	壁 高 ; $H = 0.9 \sim 13.0\text{m}$
	壁面積 ; $A = 1,440\text{m}^2$
主要工事数量	フレコン杭 $\phi 355.6 \times 6.4$ (7本束ね12ケーブル) $n = 34$ 本
	" (3本束ね20ケーブル) $n = 38$ 本
	ロックアンカー E5-3~E5-10 ($\ell = 10\text{m} \sim 16\text{m}$) $n = 162$ 本

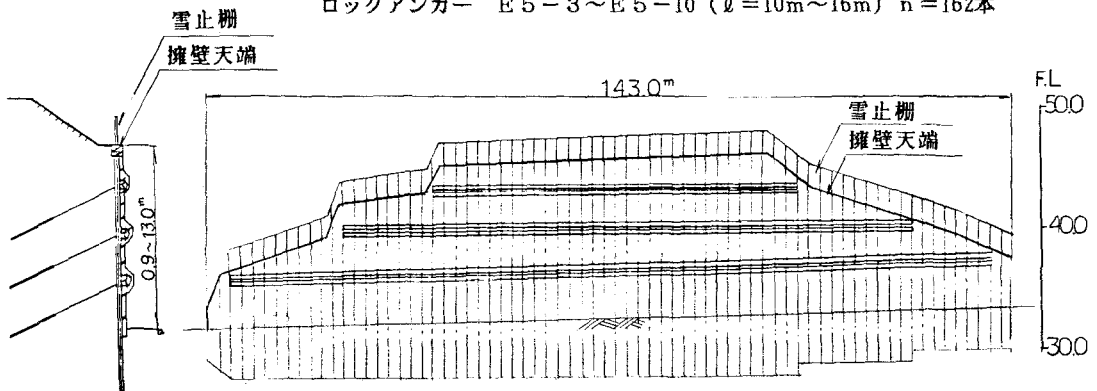


図 - 1

1. 地質概要

施工位置の地質は、新第三系及びそれ以降の火成岩であり、新鮮世の朝里層と呼ばれ全体に岩相の水平及び垂直の変化がばいしい。上層より表土・凝灰角礫岩・凝灰岩・角礫安山岩により構成されている。建設省の土研式岩区分によると凝灰角礫岩・凝灰岩が軟岩(I)~(II)、角礫安山岩で軟岩(II)~中硬岩に分類できる。根切り部は、軟岩(I)~(II)であり、破碎・風化が相当進み軽い衝撃により容易に割れ、一部レキ状、

粘度化していた。根入れ部は、20cm程度の棒状コアとしての採集が確認されており、軟岩(Ⅱ)～中硬岩であった。

調査ボーリングでは、地下水位の存在が確認されなかったが、地山のふもと付近の数箇所から一時的な湧水が確認されており、部分的にポーラスな層が存在していることが推測された。

2. 土留工法の選定

傾斜した地形に民家が隣接しており、地山は強風化した岩盤である。最大切土高13mを開削するには法付オープンカット工法や従来の擁壁工法による施工法では、用地上の制約や斜面の安定化に問題があった。

そこで、直壁で施工可能な工法として

第1案 連続地中壁(ロックアンカー併用)工法

第2案 親杭コンクリート壁(ロックアンカー併用)工法

第3案 鋼矢板コンクリート壁(ロックアンカー併用)工法

で、比較検討した結果、第2案は他の案に比べて

①削孔はロックオーガーで十分対処でき、孔壁保護の必要がないこと。さらに削孔時に地山を必要以上に緩めず施工できること。②開削時に土留背面の地山性状が確認できるため、施工中に速やかな対応ができること。③コンクリート壁を逆巻きで施工できるので、背面の排水処理工が容易であること。

④経済性に優れかつ工程に合わせた施工範囲を年度毎に調整できること。

などの利点が多く、本工法では親杭コンクリート(ロックアンカー併用)工法を採用した。親杭には、従来から形鋼や鋼管が採用されているが、本擁壁では地質条件、構造規模から、小断面でかつ断面耐力の大きな杭種を選定することが経済性の面で非常に有利であった。フレコン杭は、図-2に示す様に鋼管の軸方向に高強度で連続したフレキシブル鉄筋を挿入し、モルタル又はコンクリートで鋼管内を充填した合成杭であり、

①小断面で高強度を発揮できる。②腐食に強い。(設計上は、主に曲げモーメントに対しフレキシブル鉄筋コンクリートが抵抗)

③連続した同強度の杭にできる。(フレキシブル鉄筋には継手がない)

④フレキシブル鉄筋量により現場で自由に耐力を変えることができる。

などの大きな特徴があるため、フレコン杭を採用した。フレコン杭は地すべり抑止杭等にも施工実績が多く信頼性、経済性の点からも高く評価されている。

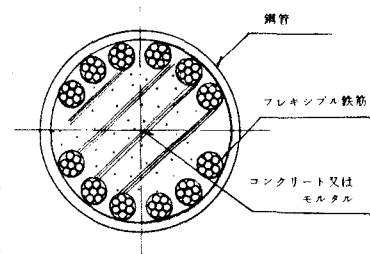


図 - 2

3. 設 計

1) 使用側圧

土留壁の設計側圧は、強風化した岩であることから亀裂面でのせん断抵抗として、内部摩擦角のみを評価し、静止土圧が作用するとした。また、内部摩擦角は凝灰角礫岩 $\phi=38^\circ$ 、凝灰岩 $\phi=42^\circ$ とした。

静止土圧係数は、常時をJakyの式($K_0=1-\sin\phi$)で、地震時は物部式により算出し、それぞれ凝灰角礫岩 $K_0=0.384$ ($K_{0E}=0.434$)、凝灰岩 $K_0=0.331$ ($K_{0E}=0.377$)とした。

図-3に壁高13.0m部の設計側圧分布を示す。

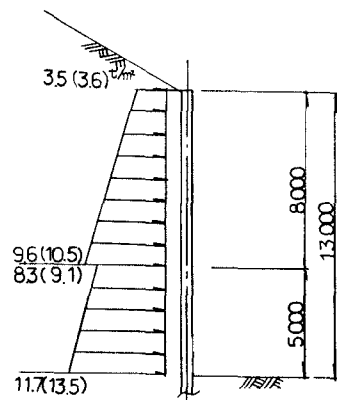


図 - 3

2) フレコン杭

フレコン杭の断面計算は、ロックアンカー位置（腹起し）と地盤内の仮想支点を支点とした単純梁法で行い、根入れ長はつり合い根入れの1.5倍の長さとした。杭間隔の設計では、開削時に地山の安定性の検討も必要であるが、ここでは従来の施工実績（1.5m～2.0m）を参考に、打設間隔を2.0mとした。

設計断面力と使用杭の諸元を表－1に示す。

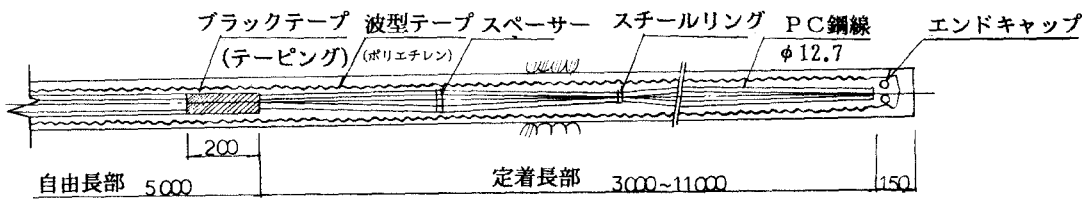
表－1

壁高(m)	断 面 力		仕 様 杭		
	M (t m)	S (t)	仕 様	Ma (t m)	Ma (t)
13.0	68.4	52.2	φ 355.6×6.4 7本束ね12ケーブル	70.8	467.6
7.0	23.7	17.9	φ 355.6×6.4 3本束ね20ケーブル	54.6	303.4

3) ロックアンカー

ロックアンカーの設計は、アンカー間隔2.0m、打設角25°とし、1/2分担法でアンカー反力を算出しアンカー仕様を決定した。定着長は定着層の摩擦抵抗を凝灰角礫岩及び凝灰岩でそれぞれ $f = 6.0 \text{ kg/cm}^2$ 、 10 kg/cm^2 とし安全率 $F_s = 3.0$ として算出した。

ロックアンカーは永久構造物として採用するため、特に鋼材の防錆及び所定のかぶりを確保することを重視し、図－4に示す様に合成樹脂製のコルゲートシースで被覆したダブルプロテクションシステムのVSL永久アンカー工法を採用した。

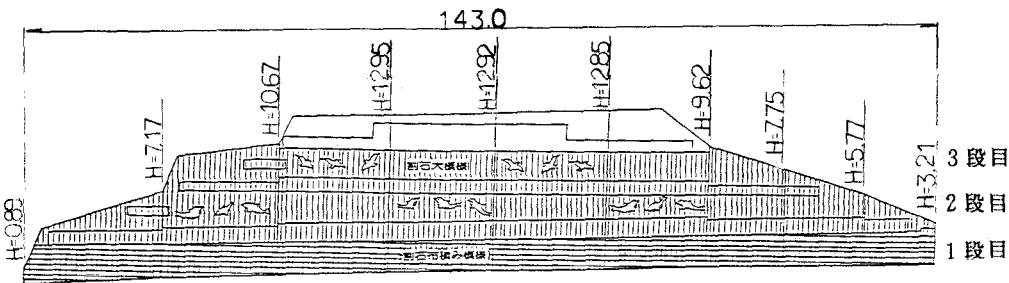


図－4

4) コンクリート壁

コンクリート壁の設計では、中抜け土圧に対して種々の要因を考慮して設定しなければならないが、ここではフレコン杭の設計に用いたと同じ側圧を採用した。コンクリート壁と杭との接合部はジベル (D16ctc200) で一体化させ、十分な補強鉄筋を配置した。

コンクリート壁には、3段の腹起しが前面に突起した形になっている。この突起と高い直壁が街路としてかなりの威圧感を与えるので、これを緩和させるため、壁面レリーフを採用した。レリーフデザインの選定では、街路としてかつ小樽のイメージを十分配慮し、下段は割石布積み模様、2段目、3段目にはそれぞれカモメ、イルカを描いた割石大模様とし、壁面にうるおいを持たせた。図－5に壁面レリーフ図を示す。



図－5

4. 施工

1) フレコン杭工

削孔には、ロックオーガー(110KW)を使用し、 $\phi 450\text{mm}$ 最大深度18mを削孔精度1/300で管理し施工した。削孔速度は、1.2本/日であった。

フレコン杭の構築は先端蓋付鋼管($\phi 355.6 \times 6.4$)を建込み、フレキシブル鉄筋を固定し、外周にセメントミルクを注入し、鋼管内に中詰モルタルを打設した。図-2に各々の配合を示す。

表-2

外周セメントミルク			中詰モルタル			
混合B種セメント	砂	水	混合B種セメント	砂	水	混合剤
983kg	—	688kg	600kg	1,230kg	310kg	6 kg

2) ロックアンカー工

ロックアンカーは、削孔径 $\phi 135\text{mm}$ 、傾斜角 25° をボーリングマシンで削孔した。最大削孔長は16.0mで削孔速度は1.8本/日であった。

通常のストランド永久アンカーでは、ケーブル加工時に定着部となるストランド部にセメントミルクを注入し、棒状となったものを引張材として挿入するため挿入時の施工に難点がある。ここで採用したストランド永久アンカーは、アンボンドタイプの被覆鋼線を使用したもので引張材定着部の注入と挿入後の孔内セメントペースト注入が同時に施工できるため、ストランド本来の施工性の良さが発揮され作業性も向上した。

本緊張に先だち、試験緊張をアンカー本数20本に1本の割合で実施した。計画最大荷重($P_{\max}$)を施工時荷重の1.2倍とし、5段階の繰り返し載荷を行ない、荷重-変位量関係に基づき管理基準を設定し施工した。

3) コンクリート壁工

コンクリート壁は、上部から段階的に施工するため逆巻き工法で施工し、腹起し材(H鋼)、鉄筋、ジベル等で錯綜しているため流動化コンクリート(スランプ18cm)を打設し、壁面レリーフ部は発砲スチロール製の化粧型枠を使用した。逆巻き工法で施工する場合、一般的にコンクリート打設後ブリージングによって打継ぎ部に空隙が生じたり、レイタンスが発生する。そのためコンクリートの打継面を一体化するため図-6に示す範囲を特殊混和材(タイメック)使用の膨張コンクリートを使用した。

膨張コンクリートは、試験練りを行ない膨張率を2%となるように配合した。

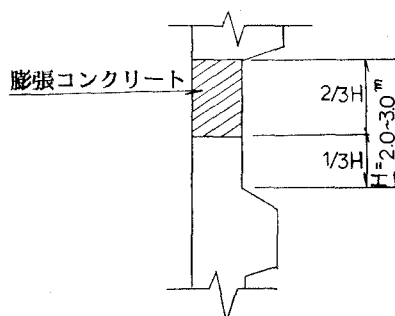


図-6

あとがき

新ルートの街路を建設するにあたり、民家の隣接した傾斜地を最大切土高13mの開削が必要であったが、比較的新しいタイプのフレコン杭コンクリート擁壁工を採用することで、経済性、施工性に優れ当初の事業目的を十分達成することができた。

最後に本稿の作成に御協力をいただいた大成建設(株)札幌支店の諸氏に対し、ここに記して謝意を表します。