

# 高盛土による空港ができるまで

## Construction of an airport with high enbankment

みや ち よう すけ  
宮 地 陽 輔\*

### 1. ま え が き

今回、本小特集「道路ができるまで」の中で、高盛土による空港ができるまでという題目で、紙片をさいていただくことになったが、本文で述べるのが空港であるため、いわゆる「道路」とは若干の違いがある。

空港と道路は同じ舗装体を主構造とするものの、道路の延長に比べ、空港の滑走路はせいぜい4000mの延長である。また、道路幅に比べ、空港は、滑走路でさえ45～60m幅、航空機の安全のために平坦性を確保する着陸帯に至っては300mの幅となり、ターミナルなどの付帯施設を入れると100haを優に越す平坦な面積が必要となる。このため、道路が線の構造であるのに対し、空港は点的ないしは面的構造と言われる。

本文で述べる「高盛土による空港ができるまで」は、こうした特性を持つ空港のうち、特に丘陵地帯で平坦性を確保するために高盛土を行うこととなった北海道の釧路空港を例に、その調査、設計を経て建設に至るまでの検討経緯を述べる。

### 2. 計 画

釧路空港は、運輸大臣が設置・管理する第2種空港として、昭和48年11月に小型ジェット機の精密進入が可能な1800m滑走路が供用され、北海道・道東交通の要所として重要な役割を果たしている。昭和54年12月には釧路空港整備基本計画が作成され、同空港の航空需要の増大に対処するため、低騒音大型ジェット機(L-1011など)が就航可能な2300m滑走路に拡張することが決められた。

釧路空港は、北海道釧路市西部、釧路湿原が西部丘陵地帯にさしかかる台地上にあり、三方を山に囲まれている。このため、滑走路を延長しようとするといずれの方向にもかなりの盛土が必要となり、滑走路を500m延長することで、空港の北側の斜面部では、標高差約65m、土量約200万m<sup>3</sup>に及ぶ高盛土が必要となった。

### 3. 高盛土工技術調査委員会の発足

釧路空港高盛土は、標高95mの中位段丘から標高30m前後の低位段丘に至る比高差、約65mの傾斜地に施工しようとするもので、この様な規模の盛土は空港工事として例

が少ない。さらに、予備調査の結果、盛土周辺の地盤条件が悪く、斜面部から大量のゆう水が見られること、加えて釧路地方が道東の地震多発地帯であり、地震時の安全性の検討が必要であること、などが問題点として挙げられた。このため、昭和55年、釧路空港高盛土技術調査委員会を土質工学会北海道支部に設置していただき、高盛土の調査、設計、施工について技術的検討を行うこととした。

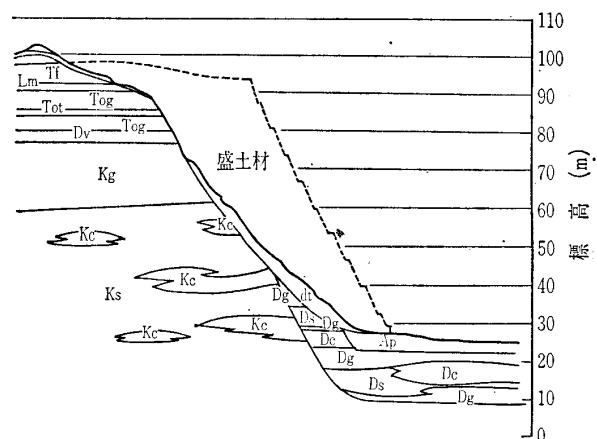
委員会は、東大の石原研而教授を委員長とし、大学、運輸省、北海道開発局の権威者、10名で構成し、昨年までの間、小委員会を含む9回の委員会が開催され、調査、土質条件の設定、安定解析、構造設計、安全性評価、土工管理計画、動態観測計画、と審議が進められてきた。

### 4. 調 査

調査の結果、明らかとなった高盛土計画地の地盤土層断面図を図一1に示す。この地盤は、第4紀洪積世の基底層である釧路層群(Kg, Ks, Kc)を基盤とする第4紀層によって構成され、上層の中位段丘には下位より、古期火山噴出物(Dv)、鶴丘層(Tog, Tot)、新期火山噴出物(Lm, Tf)が分布し、斜面のり先部の低位段丘には第6段丘堆積物(Dc, Ds, Dg)、沖積低地堆積物(Ap)がそれぞれ分布している。また、斜面中腹から下部の表面は、ルーズな崖錐性堆積物(dt)によって覆われており、その下面の釧路層群下部層は風化が進んでいる。

各層の物理特性と力学特性を表一1に示す。

予備調査で心配された斜面中腹からのゆう水は、詳細調査の結果、以下の事項が明らかとなった。



図一1 高盛土地盤土層断面図

\*北海道開発局 港湾部空港課 空港第一係長

表一 地盤構成土層の特性

上段は試験値の範囲，下段は平均値である。

| 土層区分    |                                      | 沖積低地堆積物                              | 崖錐堆積物                   | 第6段堆積物                  |                         | 新期火山噴出物                 | 釧路層群下部層                 |                          |                        |
|---------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| 力学的性質   |                                      | 腐植土 (Ap)                             | 砂礫 (dt)                 | 粘性土 (Dc)                | 砂質土 (Ds)                | 火山灰 (Avn)               | 強風化部 (Kf)               | 中〜射風化部 (K <sub>1</sub> ) | 未風化部 (K <sub>2</sub> ) |
| 物理特性    | 土粒子の比重 $G_s$                         | 1.75~2.70<br>2.34                    | 2.65~2.81<br>2.72       | 2.25~2.70<br>2.55       | 2.62~2.76<br>2.70       | 2.55~2.68<br>2.62       | 2.55~2.72<br>2.65       | 2.58~2.74<br>2.66        | 2.57~2.75<br>2.69      |
|         | 自然含水比 $w_n(\%)$                      | 28.1~249.9<br>97.4                   | 11.7~23.8<br>21.0       | 35.7~58.2<br>48.8       | 17.3~52.3<br>38.9       | 40.8~113.3<br>73.2      | 24.6~52.3<br>37.7       | 23.5~49.7<br>32.3        | 17.7~29.0<br>26.1      |
|         | 湿潤密度 $\rho_t(\text{g}/\text{cm}^3)$  | 1.16~1.70<br>1.44                    | 1.84~1.91<br>1.87       | 1.60~1.76<br>1.70       | 1.64~2.09<br>1.81       | 1.36~1.76<br>1.56       | 1.61~1.89<br>1.75       | 1.63~1.92<br>1.78        | 1.87~2.00<br>1.98      |
|         | 乾燥密度 $\rho_d(\text{g}/\text{cm}^3)$  | 0.37~1.14<br>0.73                    | 1.49~1.59<br>1.55       | 1.02~1.23<br>1.14       | 1.08~1.76<br>1.30       | 0.66~1.25<br>0.90       | 1.12~1.41<br>1.27       | 1.10~1.51<br>1.35        | 1.51~1.63<br>1.57      |
| 圧密特性    | 圧密降伏応力 $p_c(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ | 0.53~4.35<br>2.04                    | —                       | 7.25~8.90<br>8.08       | —                       | 2.63~7.10<br>5.41       | 4.05~4.82<br>4.44       | 8.20<br>8.20             | —                      |
|         | 圧縮指数 $C_c$                           | 0.58~1.90<br>1.04                    | —                       | 0.59~0.61<br>0.60       | 0.11<br>0.11            | 0.58~1.00<br>0.76       | 0.34~0.39<br>0.37       | 0.36<br>0.36             | 0.13<br>0.13           |
| せん断圧縮試験 | 一軸圧縮強度 $q_u(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ | 1.31~1.57<br>1.44                    | 0.35~0.40<br>0.37       | —                       | 0.21~0.23<br>0.22       | —                       | 0.87~1.10<br>1.01       | 1.60~1.65<br>1.63        | 2.69~3.01<br>2.85      |
|         | 非圧密排水条件 (UU)                         | 粘着力 $c_u(\text{kgf}/\text{cm}^2)$    | 0.10~0.84<br>0.55       | 0.55~0.65<br>0.58       | 0.85~1.96<br>1.41       | 0.21~0.78<br>0.50       | 0.18~1.13<br>0.67       | 0.36~0.60<br>0.50        | 0.36~0.66<br>0.54      |
|         | 内部摩擦角 $\phi_u(\text{度})$             | 3°00'~15°12'<br>90°00'               | 14°42'~22°24'<br>17°28' | 5°25'~7°00'<br>6°12'    | 13°15'~19°54'<br>10°36' | 8°10'~15°35'<br>12°30'  | 5°18'~24°30'<br>15°00'  | 11°24'~25°00'<br>20°24'  | 20°42'~20°42'          |
|         |                                      | —                                    | —                       | —                       | —                       | —                       | —                       | —                        | —                      |
|         | 圧密排水条件 (CU)                          | 粘着力 $c_{cu}(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ | 0<br>0                  | 0<br>0                  | —                       | —                       | 0.30~0.40<br>0.35       | 0<br>0                   | 0.70<br>0.70           |
|         | 内部摩擦角 $\phi_{cu}(\text{度})$          | 28°30'~28°30'                        | 27°51'~34°21'<br>30°26' | —                       | 33°48'~33°48'           | —                       | 31°42'~34°24'<br>33°03' | 34°42'~34°42'            | 39°00'~39°00'          |
|         |                                      | —                                    | —                       | —                       | —                       | —                       | —                       | —                        | —                      |
|         | 圧密排水条件 (CD)                          | 粘着力 $c_d(\text{kgf}/\text{cm}^2)$    | 0~0.64<br>0.42          | 0<br>0                  | 0.68~0.75<br>0.72       | 0~0.33<br>0.18          | 0.11~0.46<br>0.32       | 0<br>0                   | 0~0.21<br>0.10         |
|         | 内部摩擦角 $\phi_d(\text{度})$             | 23°12'~32°21'<br>28°18'              | 33°22'~36°56'<br>35°12' | 30°20'~31°36'<br>31°18' | 34°49'~38°18'<br>37°12' | 26°18'~43°14'<br>31°36' | 32°00'~40°27'<br>36°18' | 30°16'~39°12'<br>36°30'  | 41°59'~41°59'          |

- ① 地下水は，水収支計算の結果，雨水によってかん養される。
- ② 帯水層は砂礫層であり，鶴丘層 (Tog) と釧路層群上部層 (Kg) に限られる。
- ③ 帯水層には，いわゆる「水みち」が存在し，ゆう水現象は局部的なものと判断される。
- ④ 傾斜地からの地下水ゆう出は，釧路層群上部層 (Kg) に限られる。
- ⑤ 地下水ドレーン設計における基本流量は， $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$  である。

高盛土用の盛土材料については場内から採取できないこともあり，空港周辺でいくつかの土取り場候補地を選定し，土質調査を行った。高盛土材料としては，施工性，経済性のほか，以下のような適性条件を定めその選定を行った。

- ① 工事中および完成直後の高盛土内部に発生する過剰間隙水圧を速やかに排除させ，高盛土の安定性を保てる透水性材料
- ② 締固めにより，粘着力，内部摩擦角の各々が有効に作用する材料
- ③ 粒度分布が良く，締固め効果の高い材料
- ④ 凍上による影響の少ない材料
- ⑤ 耐震性から，粒度分布が良く，粒径範囲の広い材料以上から，高盛土材料は，新期火山噴出物，砂質土を主

体とする大楽毛 (おたのしげ) 累層 (Ot) と砂礫からなる釧路層群 (Kg) を混合使用することとし，その質量混合比は  $\text{Ot} : \text{Kg} = 1 : 4$  とした。また，盛土の締固め施工基準は，空港工事仕様書では JIS A 1210 第2法による D 値 90% 以上，となっているが，高盛土工においては盛土の安定を確保する目的から D 値 95% を目標にし，試験施工を行い，土工管理基準値を設定することとした。

## 5. 高盛土安定解析

釧路空港高盛土は，傾斜した地山に盛土を行うこと，盛土のり先部に軟質な堆積土が存在すること，から盛土と地山の境界部にひずみが集中し，すべり面を形成しやすいという構造的弱点を有している。このため，円弧すべり計算のほか，有限要素法による応力・ひずみ解析を行い，円弧すべり計算だけでは計り知ることのできない相対的な弱点部を把握しようとした。このため，高盛土の安定性の評価は，円弧すべり計算（必要に応じて直線すべり）のほか，静的有限要素法，動的有限要素法により検討を行い，総合的に高盛土安定性の評価をした。安定性評価の手順フローを図一2に示す。以下，静的安定解析，動的安定解析，総合評価に分けて述べる。

### 5.1 静的安定解析

安定解析は，二次元の断面検討を行うこととし，その代

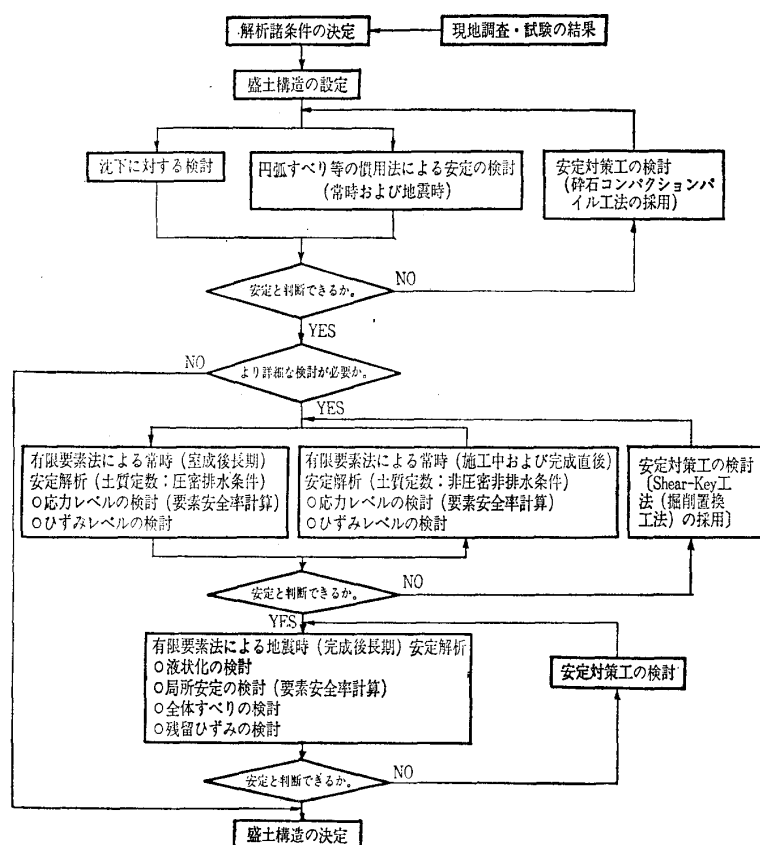


図-2 高盛土安定解析のフロー

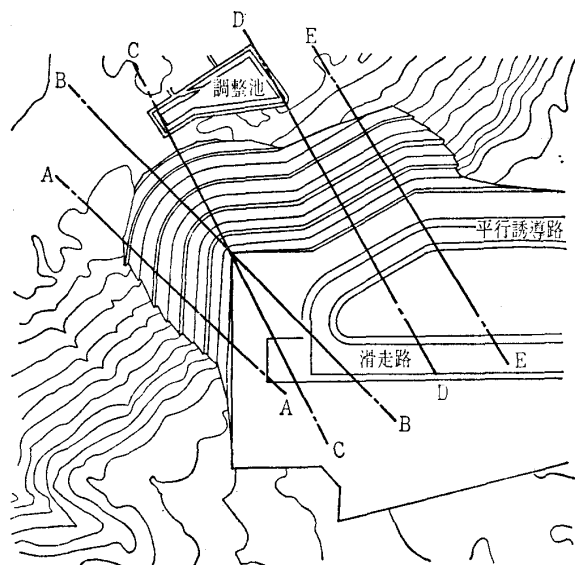


図-3 検討断面位置図

表断面は地形、地質条件、盛土形状などを考慮し、図-3に示すいくつかを想定し、解析の中で逐次、代表断面を決定してゆくこととした。

まず、いくつかの断面について円弧すべり計算を行った。この結果、無改良地盤では、

- ① 釧路層群下部層の風化部が厚く、その部分を通るすべり面の安全率が低い。
- ② のり先部に分布する腐植土層はせん断強さが盛土荷重に対して小さく、すべり抵抗力が不足することから、地盤改良工を必要とする。

- ③ 低位段丘堆積物の砂質土層を通る深いすべり面の安全率が小さい。

などが明らかとなった。このため、盛土のり先部の腐植土層は地盤改良を行うこととした。

地盤改良工法としては、改良対象部分が斜面に施工する長大のり面盛土ののり先部に当たることから、鉛直荷重に対する支持力の強化ではなく、むしろのり先部におけるせん断変形の抑止効果を期待するものである。したがって、せん断抵抗の補強、側方変位の抑止などの目的を主とし、経済性、施工性、特に腐植土層が過圧密であること、などを考慮し、置換率15%程度の砕石コンパクションパイル(GCP)工法を用いることとし、以後の検討を進めることとした。

有限要素法では、土の非線形挙動に、ダンカンとチャンの提案式を用い、盛土の積上げ層数を10層と想定し、その築造過程を考慮した。解析の結果、

- ① 傾斜地を覆う崖錐の大部分は、要素安全率が  $F_s=1.00\sim1.20$  の範囲にあり、特に下部(低標高部)で、 $F_s\leq 1.10$  の部分が多い。
- ② GCP工法を施したのり先のAp層も、 $F_s\leq 1.10$  となっている。

- ③ そのほかの地山、盛土は、おおむね  $F_s\geq 1.50$  となっており、安定している。

- ④ 崖錐部のひずみが大きく、上部で2%前後、下部では9%以上となっている。

- ⑤ Ap層も4~5%と大きなひずみとなっている。

- ⑥ そのほかの部分のひずみは小さく0.5%以下である。
- などがわかった。このため地山と盛土の接触部である崖錐、Ap層を通るすべり面を形成しやすい状況にあると考えられる。そこで、GCP工法だけでは地震時の安定が確保できないものと判断し、さらにせん断力やひずみを効果的に遮断して盛土を安定化させるためのくさび効果を目的とする Shear Key 工法、せん断抵抗力の不足する崖錐層を撤去し、盛土材に置き換える置換工法を採用することとした。

以上の安定対策工を行った結果、次に示す改良効果が確認されたため、地震時の検討を進めることとした。

- ① 盛土と地山境界部の要素安全率は、 $F_s=1.20\sim2.00$  の範囲にあり、全般には  $F_s\geq 1.50$  である。
- ② Shear Key 部は、 $F_s\geq 2.00$  であり、GCP 部も同様である。
- ③ せん断ひずみの分布は、全般に平均化され、顕著な弱点部は認められない。
- ④ 盛土と地山境界部でせん断ひずみは0.5~1.0%であり、GCP 部は1~2%の範囲にあり、そのほかは0.5%以下である。

## 5.2 動的安定解析

釧路地方は、千島海溝沿いに起こるマグニチュードM=

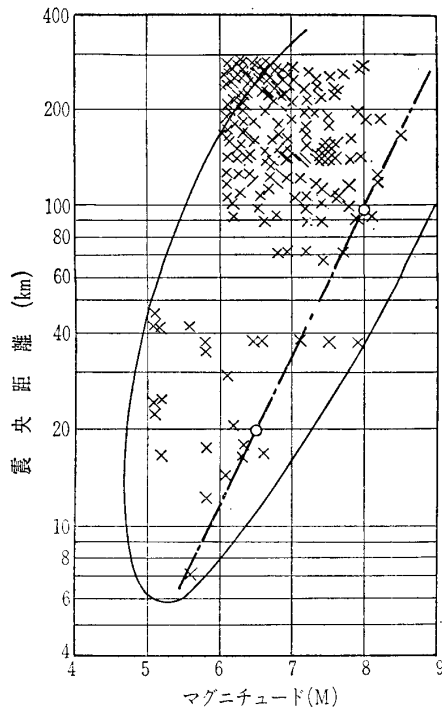


図-4 地震規模～震央距離図

8クラスの海溝性地震にしばしば見舞われる、日本でも有数の地震地帯である。一方、釧路空港高盛土の地山傾斜地には、多くの地下水ゆう出箇所があり、また斜面沿いには崖錐、釧路層群下部層の風化部が分布し、のり先付近には腐植土層が5 m程度堆積している。加えて、高盛土は図-3に示すように特殊な盛土形状を示すために動的挙動が複雑であることなどから、二次元の有限要素法による地震応答解析を行った。

設計地震波は、図-4に示すような過去の地震履歴から、①千島海溝沿いに発生するマグニチュード $M=8$ クラスの大規模地震、②近距離に発生する $M=6\sim7$ クラスの中規模地震の2種類を想定した。各々の入力波形としては想定地震と同程度の地震規模で発震機構が近似している実波形を選定し、採取地点の表層部分の影響を除去して入力波とした。入力地震波の諸元を表-2に示す。

応答解析の結果、最大加速度分布、最大せん断ひずみ分布などから、

- ① 遠距離大規模地震では、盛土のり肩から地盤にかけての境界域で水平方向の引張り力を受けており、約480 galの最大加速度が発生した。
- ② また、地山と盛土上部における接触部で不安定な部分がある。

表-2 入力地震動諸元

| 諸元<br>対象地震 | マグニ<br>チュード<br>(M) | 実効<br>距離<br>(km) | 基盤最大<br>加速度<br>(gal) | 卓越<br>周期<br>(sec) | FEM入力<br>加速度<br>(gal) | 備考                 |
|------------|--------------------|------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|
| 遠距離大規模     | 8.0                | 60               | 200                  | 0.5               | 138.5                 | S-733<br>根室<br>中島沖 |
| 近距離中規模     | 6.5                | 20               | 300                  | 0.25              | 191.0                 | S-369              |

- ③ 近距離中規模地震では、地震動の周期特性から、のり先付近の地盤で加速度の大きい領域が発生した。
- ④ また、地山と盛土上部接触部の盛土側で一部不安定な部分があるが、不安定な部分が連続しておらず、大規模地震に比べ不安定領域は少ない。

などがわかった。

液状化の検討は、釧路層群下部層風化部 ( $K_1'$ ,  $K_1''$ )、第6段丘堆積物砂質土 ( $D_s$ ) について、地震応答波をもとに計算を行った。この結果、大規模地震の場合に  $K_1'$  層の一部で液状化の起こる可能性があることが判明した。

動的解析による安定性の検討では、有限要素法の結果を使い、さらに全体すべりに対する安全性の検討と残留ひずみ量による検討を行った。結果は以下の通り要約される。

- ① 地震応答解析で求めた各要素の最大加速度より等価水平震度を求め、円弧すべり計算を行った。この結果、安全率は遠距離大規模地震で、 $S_f \geq 1.08$ 、近距離中規模地震で、 $S_f \geq 1.70$  となった。
- ② 局所安全率の小さい部分を通るすべり面を想定し、すべり面上の要素応力からせん断力とせん断抵抗力を求め、すべり面上の総和により全体すべりの安全性を検討した。この結果、任意の時刻において、全体すべりに対する安全率は、 $S_f \geq 1.4$  となった。
- ③ 大規模地震時の解析から得られた代表的な応力波形を振動三軸試験の外力として試料に作用させた。試料は、第6段丘堆積物砂質土 ( $D_s$ ) 層のサンドサンプラーによる不かく乱試料で、試験の結果、得られた残留ひずみ量は1.0% となった。

なお、参考解析として、現在、研究段階にあると言える震後ひずみ解析を行い、安定性評価の参考とした。

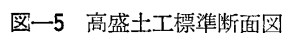
### 5.3 安定性総合評価

常時の安定性については、安定対策工を施した場合、円弧すべり計算では所要の安全率を確保しており、安定と評価できる。また、静的条件下における有限要素法による解析によっても、要素安全率、せん断ひずみ等の値や分布傾向から判断して、特に弱点もなく、安定と評価できる。

地震時の安定性については、安定対策工を施した場合、要素安全率および残留ひずみの結果から、大規模地震では、地山と盛土の上部接触部に不安定領域が広がっている。しかるに、全体すべりにおいては安定であることから、部分的な破壊が起こり小規模な被害を与える可能性はあっても、全体すべりや大変形を起こす可能性はほとんどないと推察できる。また、中規模地震でも若干の被害が起こる可能性はあるが、全体すべりはないものと判断される。液状化の

表-3 設計断面の最小すべり安全率

| 検討ケース                | 常時   | 地震時  |
|----------------------|------|------|
| 完成直後 ( $K_h=0.10$ )  | 1.46 | 1.02 |
| 完成後長期 ( $K_h=0.20$ ) | 2.25 | 1.25 |



状化を起こすことがないように、盛土表面には透水係数の低い現地発生粘性土を2m厚で張ることとした。

さらに、雨水や春先の融雪に伴うのり面の表面破壊を防止するため、保護工として軽量のり砕生芝工法を採用した。

#### 6.4 地盤改良工

高盛土の基礎部分を自然地盤のままとした解析および検討結果では、盛土材料が強いのにに対して斜面上の崖錐、のり先に分布する腐植土層、その他の軟質土に安定上問題があることが認められた。そのため、高盛土の安定を図る地盤改良工として、のり先部に分布する腐植土層の砕石コンパクションパイルによる改良、腐植土層の一部を置換するShear Key 工法および崖錐を撤去する置換工法を計画した。

① のり先の安定を図る目的から、腐植土層を強化する必要がある。腐植土層は過圧密地盤となっており、また経済性、施工性などを考慮すると、地盤改良工法として砕石コンパクション工法の採用が最も望ましい。なお、砕石コンパクションによる改良は、約7500m<sup>2</sup>の範囲に行い、施工仕様は正三角形配置、打設間隔1.7m、置換率15%程度とした。

② 盛土荷重によって生ずる崖錐、釧路層下部層風化部および腐植土層のせん断破壊を抑止し、高盛土の安定を確保しなければならない。その対策としては、軟質部をよく転圧した良質土で置換する工法が最も確実である。そこで、せん断力やひずみを効果的に遮断して盛土を安定化させるためのくさび効果を目的として、Shear Key 工法を採用した。置換部分は、主に腐植土層の一部で、その範囲を腐植土層の山側における幅約25mにわたる部分とし、置換面積は約43000m<sup>2</sup>、置換土量は約5万m<sup>3</sup>である。

③ 盛土斜面の表層部を構成して分布する崖錐は、盛土荷重に対してせん断抵抗力が不足する部分であり、この層の対策は高盛土全体の安定に大きな影響を及ぼす。そこで、崖錐は、施工時におけるパイロット道路の設置、Shear Key 工による腐植土層の掘削などに伴って掘削され、残される部分が少ないことから、高盛土安定の向上を図って、すべて掘削除去し、盛土材料に置換することとした。なお、崖錐の掘削土量は約17万m<sup>3</sup>である。

### 7. 施工計画

#### 7.1 盛土試験

本工事に先立ち、工事仕様、土工管理などのために盛土試験を行った。盛土材料は、4.で述べたように、Ot 材料とKg 材料を混合して得られるものであり、ストックパイルによる混合を計画した。試験においては、まず、ストックパイルの造成に際してのOt 材料とKg 材料の各ストック厚さを検討し、設計で目安とした質量混合比1:4から、

Ot 材料20cm に対して、Kg 材料65cm とした。

転圧試験は、まき出し厚さ4種類、転圧回数4種類、転圧機種3種類で検討し、設計値を満足するよう、30t 級タンピングローラーで30cm まき出し厚、転圧回数4回以上、に決定した。

品質管理基準値は、安定解析において定められた盛土材料諸元を満足させ得るための材料品質を確保する規格であるが、この盛土材料の土取り場は、不均質な層相を呈する地層が分布しており、土質管理が複雑化することが危ぐされる。このため、品質管理は、土取り計画などの施工性、経済性などと合わせ、極力簡易な方法で管理することとし、次の項目について定めることとし、これらはせん断強さ、すべり安全率などとの関係から求めるものとした。

- ① 粒度組成の許容範囲
- ② 施工含水比の許容範囲
- ③ 基準密度

#### 7.2 動態観測

高盛土の動態観測は、施工中および完成後長期にわたる高盛土とその地盤における挙動を観測しようとするものである。

施工中においては、観測値を解析結果と比較することによって、推定される盛土施工品質の程度、異常値の発見による安定管理など、施工中の安定評価資料の入手を目的とする。このため、有限要素法による解析のさいの要素分割を参考に、傾斜計、沈下計、間隙水圧計、土圧計を設置することとした。

完成後長期における動態観測は、長期的な高盛土安定の管理とその評価資料の入手、さらに施工中の資料と合わせて今後の同種構造物計画への資料とすることなどを目的とするものである。計器としては、施工中の観測計器を活かすこととし、そのほかに地震観測用の強震計と間隙水圧計を設置することとした。

### 8. あとがき

釧路空港高盛土工事は、昭和57年度に砕石コンパクション工とShear Key 工を行い、昭和58年度から崖錐層の置換工と合わせ高盛土材の施工を実施している。土工量としては、昭和58年度、46万m<sup>3</sup>、昭和59年度、51万m<sup>3</sup>となっており、今年度末には高盛土の施工高は約30mとなる予定で、現在、工事の最盛期にある。現地では、RI 法（ラジオ・アイソトープ）による含水比測定などを試験的に活用し、施工管理や動態観測につとめている状況である。

本文は「高盛土による空港ができるまで」という題目で、北海道釧路空港の高盛土の検討経緯を述べた。しかし、ページの都合上、解析の条件、手法、結果などは大幅に割愛させていただいた。このため、わかりにくい面もあるかと思うが、検討経緯等、読者諸兄のお役に立てば幸いである。

(原稿受理 1984.9.27)