

ノンフレーム工法(仮称)について

長崎県長崎林業事務所 渡 辺 利 一
長崎県島原振興局林務課 永 田 明 弘

1. はじめに

平地の少ない日本では、宅地が山に近接しており、山腹崩壊による人的被害があとをたたない現状にある。

そこで、山腹斜面の山脚部に土留工や張りコンクリートなどの防災工事を実施しているが、最近になってコンクリートで固められた法面が生活環境や景観の悪化などの問題となり、緑化が取り入れられる各種の工法が考案され多く施工されている。

治山事業においても、保全対象に近接する山腹崩壊防止工事が多くなり、土留工と緑化工の組み合わせた工法が一般的に行われてきた。しかし、この工法は立木の伐採と法切りを伴い、一見安定した斜面であっても傾斜が急で工法の安定勾配になじまないとの理由で法切りを施工している。この法切りに伴い、法切り面にかかっていた先行荷重が取り除かれ急激な地山のゆるみが発生するケースも見られた。

そこで、補強土工法を利用して立木の伐採、法切りを行わない、つまり、現況森林の地形・植生を破壊せず、緑を残しながら斜面の安定強化を図り、山腹面の安全率を高める工法を実施したので報告する。

2. 地区の概要

今回治山事業を実施した所は、長崎市街より西方へ約4.0kmの所に位置している長崎市福田本町福田地内である。山腹斜面は南向きで、前方にはすぐ海が広がり、山腹と海の間には、国道202号線が走田支所を始め民家、商店等が密接する保全上重要な地区である。(図-1)

施工地は、面積が6,950m²で幅150m、最大斜面長60.0m、高低差55.0m、傾斜角40°~50°で斜面は急傾斜域と崖域の2つに区分される。地質は輝石安山岩でその上部に強風化層が分布し、アラカシ等の照葉樹林が密生している。

3. 工法概要

3-1 開発経緯

ノンフレーム工法の開発は、従来工法の分析を行いつつ次のような疑問点をもったことからスタートした。

- ① 森林をなぜ伐採するのか
- ② 斜面をなぜ整形するのか
- ③ 再度緑化するのか

本来治山事業とは、森林法第41条に規定しているように、保安林の指定条項である森林法第25条第1項第1号から第7号までに掲げる目的を達成するために行われる森林の造成事業又は森林の造成若しくは維持に必要な事業であり、森林による防災機能の高度発揮を図る為の補完的事业であると定義されている。つまり治山事業では、森林の造成又は維持が本来の目的であり、長い年月をかけて成立した森林を伐採し斜面を整形し再度植生を導入することが果たして保安林機能の高度発揮につながるのかという疑問である。

この3つの疑問を解決する方法として、森林(樹木)を伐採せず、森林の持つ防災機能を最大限活用しながら斜面補強ができないかと考えた。そこで、斜面安定に森林の持つ根系のネット構造を生かしながら、これを補完する土木的工法の導入を検討した。

表層の崩積土層については、根系のネット構造で強化されており、これと同様なものを地表面に張りめぐらす、たとえば蜘蛛の巣のようなものを張ることで、2層のネット構造ができる、しかし、これだけでは斜面の安定度は飛躍的に高くなることが理解できた。そこで補強土工法の中の鉄筋挿入工を導入し穿孔をレッグハンマーで施工することで問題の解決を図った。

この工法を施工するに当たり一例として、従来の工法とノンフレーム工法を施工した場合現場がどのように変化するかをCG(コンピューターグラフィ

ックス)により比較してみた。ノンフレーム工法は樹木の伐採や法切りを伴わないため施工後も施工前と同じであるが、従来の工法では、樹木の伐採や法切りを伴うため、景観が損なわれ、最大斜面長が、60.0mもあることから保全対象に対して圧迫感を与えてしまう。また、経済性は、従来の工法が㎡あたり25,000円に対して、ノンフレーム工法は、24,000円とほぼ同じとなり、さらに従来の工法は再度森林を形成するのに要する時間と維持経費が必要であるが、この工法は、現況の森林を残し防災機能を発揮し続ける工法であるため必要としない。

3-2 ノンフレーム工法の構造

3-2-1 概略

このノンフレーム工法は、樹木の根系による土砂崩壊防止機能、すなわち根系のネット構造と土塊の緊縛力によるせん断抵抗力を高めるために、自穿孔ロックボルトを用い、土中に挿入する事で土塊の斜面に対するせん断抵抗力の増加と地上部に設置した支圧板による土塊移動時の押さえ込み効果により斜面の安全率を高める構造となっている。また、局部での土塊移動時には、支圧板を連結しているワイヤーが土塊移動推力をネット構造により分散吸収し局部での抜け出しを全体で負担する構造となっている。この工法は、樹木の伐採や法切りを行う従来の工法に比べ、生活環境や景観を損なう事がない。

3-2-2 各部材構造

(1) 自穿孔ロックボルト(図-2)

自穿孔ロックボルトは、ロッドが径の28.5mmで長さが3.00mで1.50mのものを2本使用し接合はカップラーによって行っている。また、永久構造物であるため腐食対策として亜鉛メッキ仕上げを行った。

ビットは、径が45mmである程度の硬さをもった岩盤でも穿孔可能である。

穿孔には、30kg級のレッグハンマーを用いる。

(2) 支圧板(図-3)

支圧板は、土塊の押さえ込み効果を発揮させる部材で構造が複雑なため鋼製とし、球面ワッシャー、ナット、角座金でロックボルトに定着し、頭部防食のためベルキャップを取り付ける。また、常時風雨にさらされるため亜鉛メッキ仕上げとした。

(3) ワイヤー(図-4)

① ワイヤーは、 $\phi = 8.0\text{mm}$ を使用し、ターンバックルで連結する。

② ターンバックルは、施工性が良く、もしワイヤーが縮んだ場合でも容易に維持管理できる。

③ クランプ管は、ワイヤーをターンバックルのフックに掛け折り返してきたワイヤーを固定するために使用する。

3-3 安定解析

3-3-1 概要

今回は、地すべり抑止杭の安定解析を利用した。

3-3-2 せん断抵抗による安定解析

ロックボルトを細い杭と考え、土層のすべりに対してロックボルトのせん断力で抵抗するものとして安定解析を行った。(図-5)

ロックボルト1本当たりのせん断抵抗力

$$B\gamma = \text{約}7.6\text{tf/本}$$

であるが、すべり面の傾斜によって変化する。

すべり面方向での抵抗力Rは、次式によってもとまる。

$$R = B\gamma \cdot \cos(\alpha - V_0)$$

$B\gamma$: 許容せん断力

α : すべり面傾斜角

V_0 : ロックボルトの鉛直からの打設角

これによると、各ロックボルト毎の抵抗力の総和は、大きいものとなる。次にNo.3横断で試算してみると、

現状の斜面の安全率を $F_0 = 1.00$ とした場合、すべり力 $\Sigma T = 91.76\text{tf/m}$ となる。

ロックボルトのせん断効果を見込めば、

$$FB = \frac{91.76 + 117.98}{91.76} = 2.29$$

$F_0 = 1.00 \rightarrow FB = 2.29$ と約2倍近い安全率の上昇とった。

4. ノンフレーム工法施工

4-1 施工手順(図-6)

ノンフレーム工法は、まず穿孔ポイントの選点から始まる。選点方法は、ノンフレームの1セットが一辺2.00mの正六角形であるため、測線縦方向に、2.00mをとり横方向にはルート3となる1.73mの所に選点する。正六角形の隣合う2点と中心点から正三角形を作り、ワイヤーを掛けていくのであるが、

この時立木が支障となり正三角形を作る事が出来ない場合は、樹木を伐採せずに、アンカーの方をずらし、正三角形に近い形とし、それでも難しい場合は補助アンカーを設置して樹木を残すよう選点していく。

次に穿孔用の足場設置・穿孔機の設置と穿孔用資材の搬入がある。足場は、穿孔ポイント選点の際、できる限り樹木に接しないようにしているが、どうしても接触する場合は、足場を斜め方向にしたり、足場を少し大きめにし足場のなかに樹木を取り込むなどして足場を設置し樹木を伐採しないようにしている。なお、足場についてはレッグハンマー1台につき2セットを用意し、1箇所が穿孔中に次の足場を設置する方法で施工する。資材の搬入については山腹面が $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ と急であることと、斜面長が平均45mと長いため中間地点に電動ウインチを置き、そこまで必要な資材を上げ、そこから人力により施工位置まで運搬する。

ロックボルトは、自穿孔ロックボルトをロッドに使用し、30kg級のレッグハンマーにより1.00m~1.70mの崩積土層とその下の定着岩盤である輝石安山岩を1.00m以上穿孔し定着させる。この自穿孔ロックボルトは、通常そのまま埋め殺しとするが、ビットは穿孔本数が多く高価なため回収するようにしている。しかし、岩盤の亀裂等にジャミングし抜けなくなった場合は全損で計上している。また、ロックボルトは1.50mものを2本継いで3.00mとし、土中に2.70m挿入し残りの0.30mについては、支圧板等の上部工の定着金具及び頭部保護用キャップ取付として地上に出しておく。

モルタルは、施工場所近くに設置した手押しポンプにより注入する。

上部工はモルタルの養生が済んでから行う、工程としては、支圧板の設置で隠れてしまうロッド部分に防食用のテープを巻き、その後、支圧板を仮に設置する。その支圧板のうえに角座金、球面ワッシャー、球面ナットの順にセットし仮締しておく、次にワイヤーを張る、この時に仮に設置しておいた支圧板をワイヤーが折れ曲がらないよう方向を調整し、ワイヤーが綺麗に張れた方向でトルクレンチにより支圧板を定着させる。

ワイヤーは、正三角形の場合の、7.00m用と、ポイント選点で述べた正三角形にならなかった部分に使う8.00m用の2種類を準備している。ワイヤーどうしの連結はターンバックルにより行う。手順としては、ターンバックルのフックにワイヤーを掛け、次にクランプ管にワイヤーを通し、長さを調節してからクランプ管を加締、ワイヤーを圧着させ、ターンバックルを締めていき緊張させワイヤーの設置を完了させる。ロッド頭部にベルキャップをキャッピングし2重防食をするためプロコートオイルを注入しノンフレーム工法を完了させる。

4-2 施工中の改善点

(1) クロスビット

クロスビットは、空気穴が通常2つ穴の製品であるが、崩積土層を穿孔するため、空気穴が目詰まりをおこしやすく、ロッドを引き抜いて掃除する作業が必要となり、穿孔作業にロスが生じた。そのためクロスビットを4つ穴に改良したところ圧縮空気が増えたことにより孔内の洗浄が効率よくでき、スライムによる目詰まりが改善され、穿孔作業がスムーズに施工できた。

(2) モルタル注入

モルタル注入は、当初電動ポンプによる注入を行っていた。しかし、現場において電動ポンプより注入してみると、1本当当たりの注入量が極少量であるため一瞬のうちに圧入が完了し山腹面に流れ出し、材料のロスと森林土壌に悪影響を与える心配が生じたので、手押しポンプによる確実な方法に改善した。

5. 問題点

この工法については、現場で発生した各問題については施工中にある程度改善や改良を行い工事を進めてきたが、今後の課題として、

① 安定解析方法の確立

今回は地すべり抑止杭の考えで実施したが、鉄筋挿入工と支圧板、ネット構造が一体となった安定解析と目標安全率の確立。

② 支圧板の効果

土塊が局部で移動した場合考えたとおり、押さえ込み効果が発揮されるか。

③ ワイヤーロープ連結ネットが、果たして局地的に一部の土塊が移動した場合土塊移動推力を分

散吸収し全体で負担するのか。

④ モルタル注入による既存木への影響を解決しなければならない。

6. ま と め

問題点で述べた①～③については、現在実施している室内モデル試験を繰り返し行うことにより確立させたいと考えている。

今回実施したノンフレーム工法は、森林の持つ防災機能を高め、生活環境や景観等を考慮すること、

つまり森林の持つ保健休養機能を残し、斜面の安定度を高める防災工事が出来たと思っている。

先ごろ、河川工事でコンクリートの護岸工事をやめ自然を生かした工法を今後取り入れていくと新聞やテレビで報道されていたが、我々治山技術者はもともと森林の造成や森林の維持といった自然を活用する分野の技術者である。再度治山事業とは何かまた、森林のため、人のための治山的事業とは何かを考えなくてはいけないのではないかと。

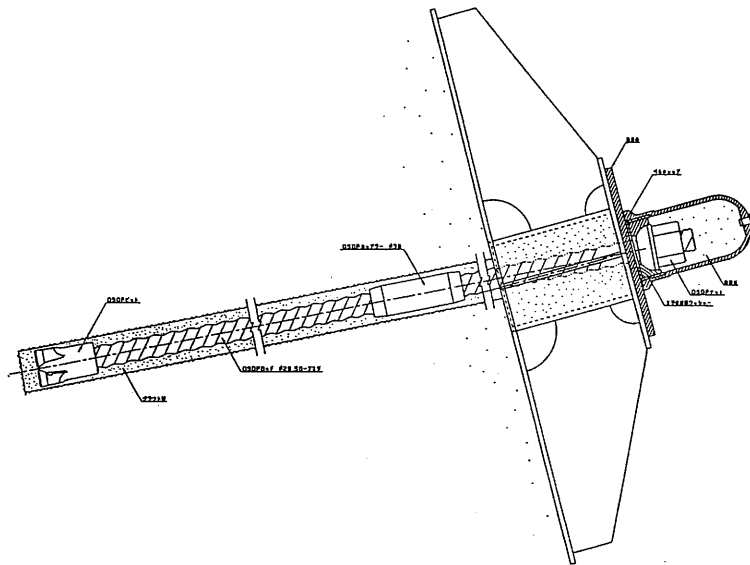


図-2 ロックボルト工法標準施工図

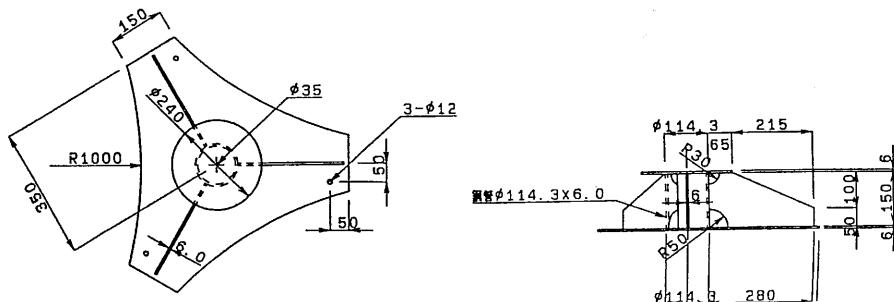
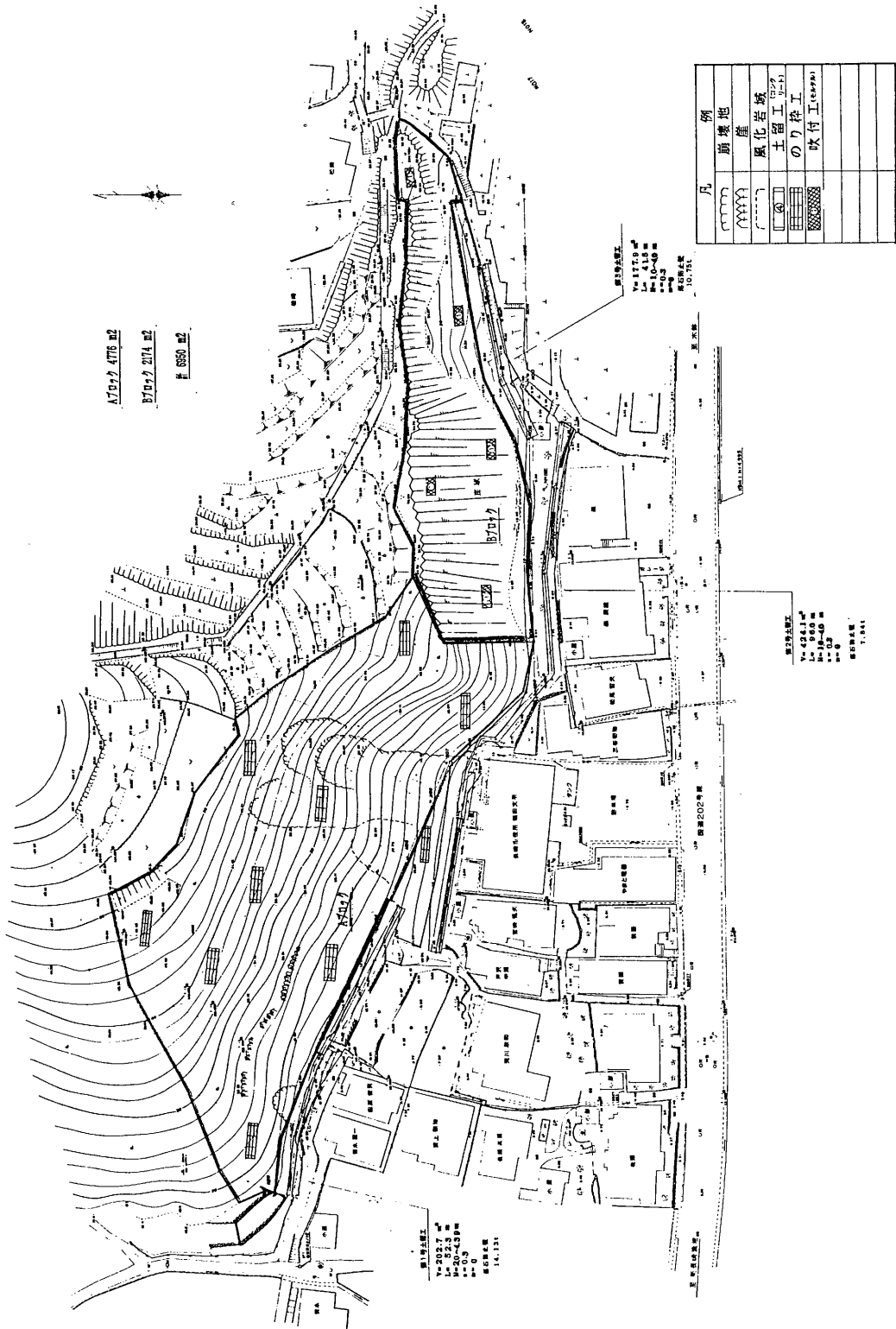
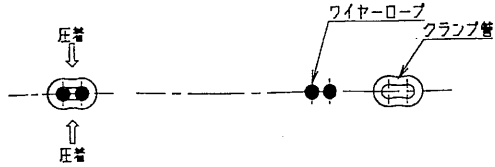


図-3 ノンフレーム工法支圧板構造図



図一 平成7年度福田地区復旧治山事業平面図

クランプ管取付図(A部)



ターンバックル取付図(B部)

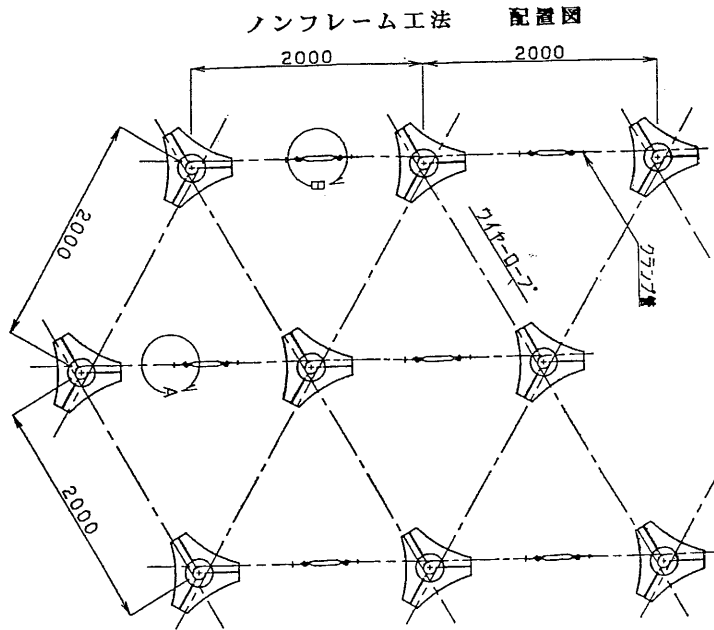
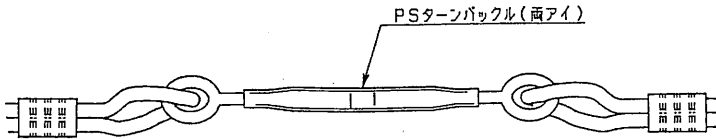


図-4 ノンフレーム工法構造図

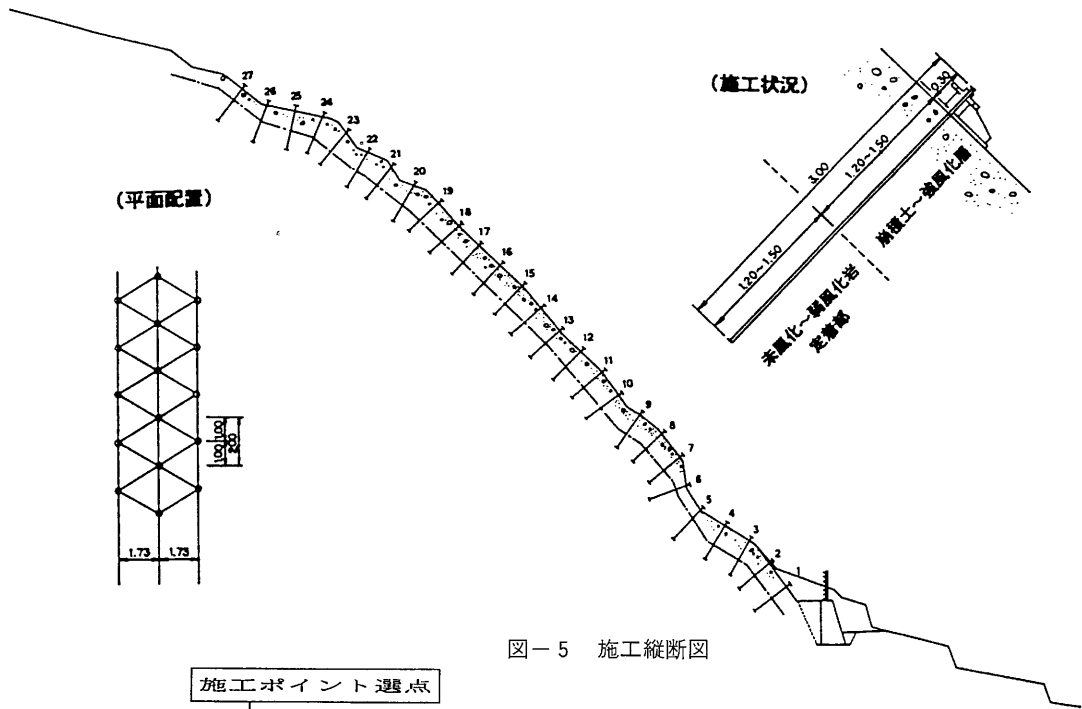


図-5 施工縦断図

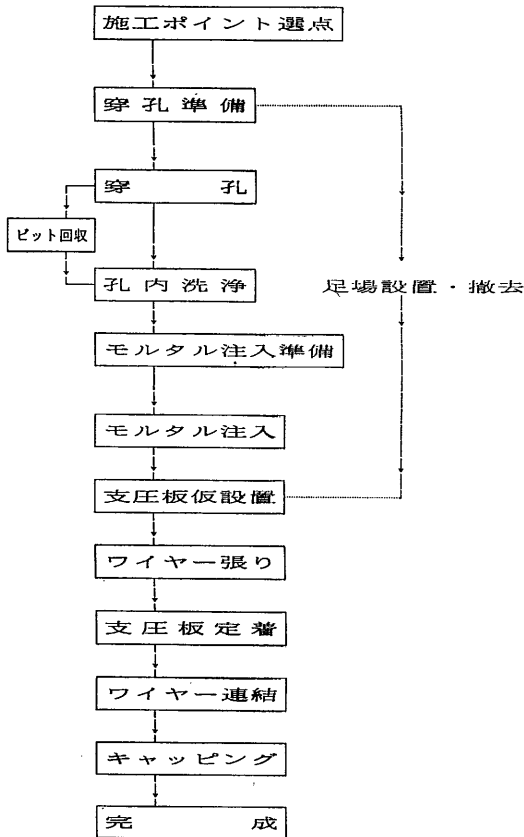


図-6 ノンフレーム工法フロー

