

調整池法面改修工事に係るフェーシング機械

定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

桑田直人

斜面上での舗装施工は機械等の機器保持が問題となり、傾斜が緩く機械の転倒角度以内で十分に安全が確保できる場合を除き、上部もしくは下部からのサポートが必要である。この場合、ワイヤやロッドで固定してしまうと施工機械の自由度は制限される。たとえばワイヤ巻き上げ装置（ウインチ）を用いて保持すると、施工機械の移動はウインチの巻き上げ・巻き下げ速度に拘束されるものとなり、施工機械自身の自由な移動を制約する事になる。そこで、施工機械重量の斜面分力に相当する反力を賄えば、施工機械は自力で自由に斜面上を移動する事が出来る。この発想から、油圧ウインチのワイヤを斜面分力に相当する張力で牽引し、それ以上の張力がかかる時は緩み、逆に緩んだ時はワイヤに斜面分力が発生するまで巻き上げを行う「定張力ウインチ」を開発した。

本報では、「定張力油圧回路」を応用した定張力ウインチの説明と、「定張力ウインチ」を搭載した自走式ウインチポータと施工例に関して説明する。

キーワード：ダム、舗装工、切削工、フェーシング、ウインチ

1. はじめに

定張力ウインチとは、斜面舗装における切削や清掃作業において、安全かつ円滑に作業を行うための定張力油圧回路を備えたウインチのことである。

近年、治水管理用などの貯水池、調整池などは耐用年数経過に伴う補修整備が行われるようになってきている。これらの貯水池においてアスファルト混合物を遮水層として使用している場合には、表面を切削、除去して新たに混合物を舗設する補修工事が行われている。一般的に貯水池の形状は斜面部と水平底面で構成されており、特に斜面部の切削、作業には汎用の舗装機械をそのまま使用することは出来ない。このような斜面上の補修作業において、切削機を用いての切削作業を効率的且つ安全に実施するため定張力ウインチを開発した。

定張力ウインチは斜面上で作業する切削機を支持するウインチポータに搭載し、切削機の下面方向重量をキャンセルする機能を備えている。定張力ウインチに支持されることにより、切削機のオペレータが意図する作業速度で斜面上での切削作業を実施することが出来るようになった。また、レーン変更時の移動速度も同様に切削機のオペレータが自在に設定することが出来る。これにより、単位時間当たりの施工量が向上し、

現場の出来高向上に貢献することが出来た。

本報は定張力ウインチ開発の背景とその技術的な説明を行うとともに、実際の現場において確認された施工効率の向上を報告するものである。

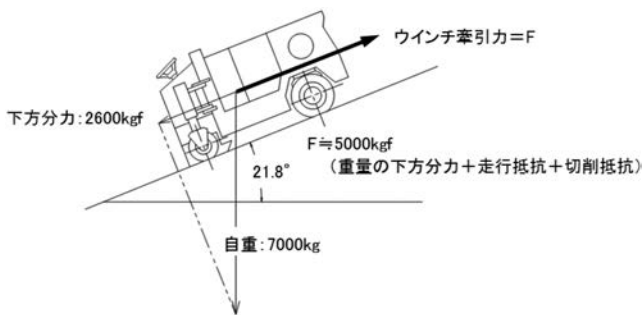
2. 開発の背景

通常、斜面上で機械作業を行う場合、その機械の保持が重要となる。斜面勾配が緩く、施工機械が斜面を滑落するおそれが無い角度以内であれば、自走でも安全に斜面上で作業を実施できる。しかしながら、斜面勾配がきつくなるに従い、滑落を防ぐために施工機械を保持しなければならず、一般的には斜面上部、又は下部からの支持が必要となる。これまで斜面上で切削機を用いて切削作業を行う場合、切削機の走行用油圧モータのネガティブブレーキを手動により解除して、牽引自在の状態にしたうえでウインチポータに備えたウインチの牽引により作業を行ってきた。その際に切削機は自走できる状態ではないため、斜面下方から上方に向かい切削作業を行ってきた。

例として、斜面勾配 21.8 度 (40% 勾配) において切削幅員 1 m の切削機で作業する場合、切削幅員が 1 m の切削機重量が 7000 kg とすると、切削機重量の斜面下方方向の分力だけで、 $\sin 21.8^\circ \times 7000 \text{ kg} \approx$

2600 kg となる。実際にはここに走行抵抗と切削抵抗を加算し、さらに安全率を乗じなければならないので、ウインチ牽引力は 4000 ~ 5000 kgf 級のものが要求される (図一1)。そのためウインチポータは、ウインチ牽引力に対抗できる重量の大型機種を配置しなければならなかった。ここでの斜面での走行抵抗と切削抵抗は経験値に基づき設定されたものである。特に切削抵抗は切削時の切削深さ、切削速度等に左右されるため定数化することは困難である。

新規の建造物として斜面作業を行う場合と異なり、補修・改修工事においては堤頂部周辺に既設の構造物などが配置され、作業エリアに制約を受けることになる。従って施工性を向上させるためには斜面切削作業に使用するウインチポータは小型で機動性のある機種の配置が要求される。定張力ウインチはそのような現場の要求に基づき開発されたものである。



図一1 斜面上の切削機に働く力の関係

3. 新規開発の定張力ウインチ搭載ウインチポータ

(1) 定張力ウインチの原理

前述のとおり、堤頂にウインチポータを配置して切削機を支持する場合、ウインチポータの牽引により切削作業を行う。従って切削作業はウインチの牽引速度に支配されるため、切削機的能力を最大限發揮することが出来ない。

そこで図一2に示すように、施工機械重量の斜面下方方向分力 H と同じ力 F' で釣り合うように反力相当の力を滑車の先にウエイトで賄えば施工機械の斜面分力はキャンセルされ、平地で作業するときと同様の自由度で、自力で切削作業することが出来る。

このようなウインチシステムが実現されれば、切削機が自走で降下する時はワイヤに F を超える張力が働きワイヤは巻き出される。逆に切削機が自走で登板する時はワイヤロープが緩もうとするので、ウインチによりワイヤは巻き取られる。また、切削機は斜面上の任意の位置で停止する事も出来る。この機能をウインチの油圧回路に組み込み、常にワイヤを斜面分力相当 F で緊張するシステムが定張力ウインチである。実際にはウエイトに相当するウインチトルクは油圧回路の圧力調整により行う。従って状況に応じてウインチトルクは自在に設定可能で、切削機以外の斜面施工機械の牽引にも応用可能である。

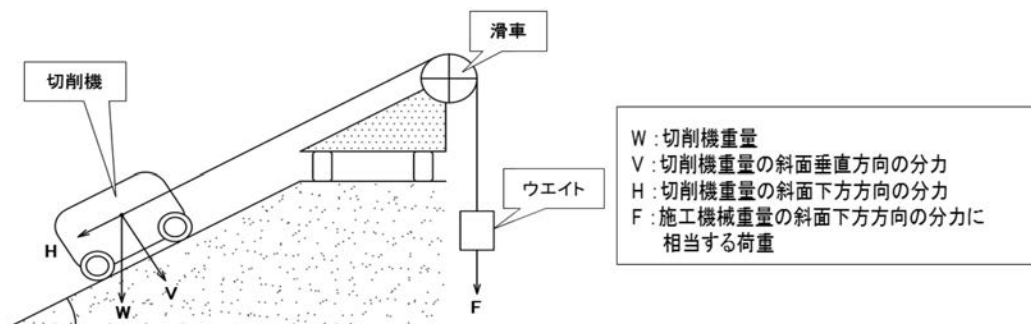
(2) 定張力ウインチ油圧回路

図一3に定張力ウインチの油圧回路を示す。実際にはウインチ落下防止用カウンタバランスバルブやモータのネガティブブレーキ回路等が組み込まれているが、ここでは回路図を簡略化するために省略している。圧力調整を容易にするため、定張力圧力制御用リリーフバルブ⑤は遠隔操作できる仕様である。

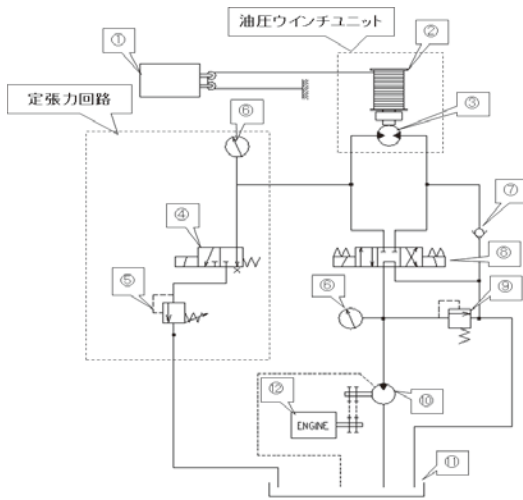
(3) 定張力ウインチ油圧回路の圧力設定

(a) 斜面上での切削方向

定張力ウインチにより切削機を支持するので、斜面上を自走により切削することが可能である。従って切削方向は斜面登坂方向、下降方向、何れの方角でも選定することが出来る。法肩までの確実な切削を実施するためと、定張力ウインチに掛かる負荷を低減するために切削方向は斜面下り方向で実施することとした。この時の自重 7000 kg の切削機の斜面下方方向分力は「2. 開発の背景」で示した通り $\sin 21.8^\circ \times 7000 \text{ kg} \approx$



図一2 定張力ウインチの原理イメージ



1	切削機
2	ウインチドラム
3	ウインチ駆動油圧モータ
4	定張力-通常回路切換バルブ
5	定張力圧力制御用リリーフバルブ
6	圧力ゲージ
7	キャピティ防止用チェックバルブ
8	ウインチ回転方向制御バルブ
9	回路保護用メインリリーフバルブ
10	油圧ポンプ
11	油圧タンク
12	パワーユニット

図-3 定張力ウインチ油圧回路

2600 kg である。

(b) 実作業において定張力ウインチに求められる張力の推測

これまでの経験とメーカーの助言から、15度の斜面(約27%勾配)の登坂においては滑落の危険が無く、安全に作業が出来ることが確認されている。15度の斜面の斜面下方方向の分力は、 $\sin 15^\circ \times 7000 \text{ kgf} = 1800 \text{ kgf}$ となり、この分力相当を定張力ウインチの張力からキャンセル出来ると考え、定張力ウインチに求められる張力は $2600 \text{ kgf} - 1800 \text{ kgf} = 800 \text{ kgf}$ と設定した。この方針が正しいか試験施工にて確認を行った。

(c) 試験施工における定張力ウインチの圧力設定の確認

弊社機械センターでの試験施工により、張力 600 kgf ~ 800 kgf の設定で安定した登坂と切削作業が出来ることが確認できた。この結果から現場作業における「定張力圧力制御用リリーフバルブ」設定圧力を決定した。

(d) 斜面切削機

採用した切削幅員 1 m の切削機は「範多機械製 CRP100」。車体前後方向のエンジン傾斜許容傾斜角度は 30 度なので、21.8 度の斜面上での施工に特に問題はない。

(4) 定張力ウインチ搭載ウインチポータ

定張力ウインチを搭載したウインチポータと切削機による斜面切削作業状況を写真-1、図-4に示す。この現場の斜面勾配は 21.8 度 (40% 勾配) である。ウインチポータの概略仕様を表-1に示す。

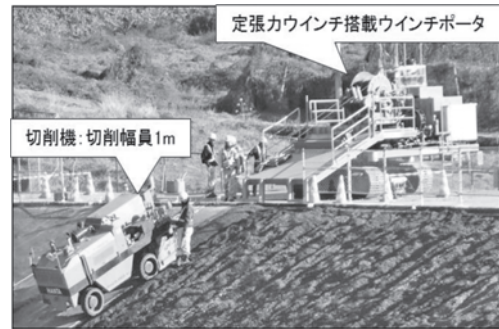


写真-1 斜面切削作業状況

表-1 ウインチポータ仕様

主要寸法	全長	7570 mm
	全幅	3000 mm
	全高	3000 mm
車体重量		14100 kg
エンジン出力		110 kW
ウインチ能力	最大牽引力	22 kN/17 MPa
	動作速度	0 ~ 70 m/min

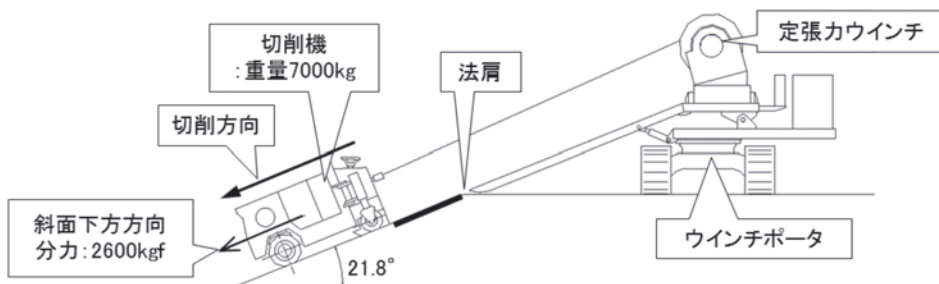


図-4 ウインチポータの配置と切削方向

4. 開発結果

(1) 技術的効果

「2. 開発の背景」で述べたとおり、切削幅員1mの小型切削機でも従来であればワイヤ牽引力5000kgf超のウインチポータが要求された。その際、ウインチポータもウインチ能力に応じて大型のものになる。定張力ウインチを搭載することにより、同じ切削機を支持するにもワイヤ張力が800kgf程度に抑えることが出来る。従って、定張力ウインチを搭載することを前提にウインチポータを設計すると表-2に示す通り小型省力化が図れる。

表-2 ウインチポータスペック表

	従来施工用 ウインチポータ	定張力ウインチ搭載 ウインチポータ
最大ウインチ牽引力	70 kN	10 kN
必要ウインチ牽引力	50 kN	6 kN
ワイヤ径	φ 20 mm	φ 10 mm
車体重量	18600 kg	8000 kg 以下

(2) 経済的効果

調整池改修工事での施工計画段階における日当たり施工量、稼働日数を施工実績と比較した。表-3にある曲面部は斜面が曲面により構成されている箇所、直面部は短冊を並べたような面であり曲面部に比べ施工は容易である。この表に示すように「定張力ウインチ」と切削機の組合せにより計画稼働日数48日間に對して、実績33日間で施工を完了し、15日間の削減が出来た。

表-3 切削作業の稼働日数：計画と実績の対比

	計 画		実 績	
	曲面部	直面部	曲面部	直面部
斜面施工エリア				
施工量 (m ² /日)	140.4	238.8	242.5	285.6
面積 (m ²)	3980	4550	3980	4550
稼働日数 (日)	29	19	17	16
稼働日数合計	48		33	

なお、計画にある1日当たりの施工量は官積算資料に基づく。

(3) 施工または実績

定張力ウインチはこれまで4台の自走式ウインチポータに搭載した。導入した現場は前述の調整池改修工事の他2現場である。

5. その他機械への応用

調整池改修工事においては切削機のみならず、定張力圧力を調整することにより斜面清掃車の支持も行った。自走により斜面清掃作業を行えるので、斜面切削作業と同様効率的な作業を実施することが出来た(写真-2)。



写真-2 定張力ウインチに支持された清掃車による斜面作業

本工事では使用しなかったがホイールローダ、クローラダンプ等斜面運搬機械等にも応用が可能である。但し、運搬機械は荷卸し前後で車体総重量が変わるので、ウインチ牽引力の調整に注意が必要である。

6. おわりに

本報では、新規に開発を行った定張力ウインチポータの原理と導入効果に関して報告を行った。斜面での機械施工の難しさを少しでも緩和する斜面特殊機械の開発により、斜面切削技術を確立すると共に、施工効率と品質の向上に繋げる事が出来た。

定張力ウインチを使用した施工方法は特許出願中である。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 平成27年度 建設施工と建設機械シンポジウム 報文

【筆者紹介】

桑田 直人 (くわだ なおと)
鹿島道路㈱
機械部 開発・設計課

