

交流巻上機の速度制御(その1)

—速度制御の必要性と制御の応用例—

Speed Control of A.C. Winder [I]

渋谷 英 寅*

Hidenobu Shibuya

内 容 梗 概

最近交流巻上機の運転に特殊な速度制御を要求されることが、増加の傾向にある。本篇においては速度制御の必要性は、その使用目的や、巻上機の型式などによりことなつてくることを述べ、なお、最近実施して好結果を得ている二、三の例につき紹介する。

電氣的制御の詳細については交流巻上機の速度制御(その2)(本号P.27~33)を参照されたい。

[I] 緒 言

炭砒、砒山で用いられる巻上機は一般天井クレーンと同じくロープを用いた運搬機構ではあるが、大馬力であること、運搬距離が長いこと、高速であること、ロープの自重が大きな影響を有すること、使用目的により速度制限があることなどより必然的に速度制御の問題がでてくる。

速度制御方式として直流を用いれば勿論万全であり、また現在でも大型機はこれによつてゐるが、中小型機では価格の関係で交流が希望され、従来、交流巻上機では同期速度でしか安定した運転はできず、半速あるいは低速を得るのは手加減により機械的に制動を掛けていた。

最近交流巻上機の速度制御として成功した二、三の実施例について説明する。

[II] 巻上機の状態による速度制御の必要性

運搬経路(縦、斜坑)、巻上機の機構的型式、運転方法などにより必要性が異なる。

(1) 斜坑巻上機の場合

もつとも多く用いられる炭車巻上機では坑底→坑口→差戻し→坑口→坑底と単純な操作で特に速度を制御すべき必要性はない。まれに坑道途中の屈曲点、交叉点あるいは特に坑道状況の悪い所などで半速走行を要求されたり、差戻し時炭車の脱線、衝突を防ぐ意味で除行を要求されたりする場合があるが、これらは厳密な意味の速度制御ではないので、普通は機械制動によつて運転している。

人車巻上機でも炭車用とほぼ同じである。

斜坑スキップ巻上機では底開き式スキップカーを用いることが多いので、予定停止点以前に確実に低速としてストライカーにより底開き機構を動作させ、またスキップカーが起動後、底蓋を閉じて行くためには一定低速で走行する必要がある。またスキップカーへの積込は一般

に上部ホッパーから供給されるので車を低速で走行させながら積込む方が効果的な場合が多い。すなわち安定した低速走行の要求がでてくる。これは従来手動機械制動で行つていたが電氣的にできれば効果的である。

(2) 縦坑巻上機の場合

もつとも多く用いられるケージ巻上機(内容:炭車あるいは人員)の場合は着床位置を正確にせねばならない。着床精度は停止前の速度が低い程、また安定している程、また機械制動の即応性が大である程良好であるが、もつとも影響の大きいのは停止前速度である。普通行われる停止は巻胴に矢印を設け、これを見ながら運転するため、停止前速度は1 m/s以下を要求される。ところが大型縦坑巻では8 m/s以上のものが多い故1/8速度となり機械制動のみによる減速あるいは低速運転でははなはだ不安定かつ非能率である。

停止精度が悪いことは炭車の入替にははなはだ不便となり場合により再起動調整の必要が起りこれは著しく能率を損ずる。すなわち、大型、高速、高能力の巻上機ほど停止を問題とする。縦坑スキップの場合は底開き式、転倒式いずれの場合でもケージ巻よりは停止精度は悪くてよい。

また大型高能力縦坑巻では1サイクル60秒程度であり全速走行時間は非常に短く(数秒の場合もある)減速、低速時の時間が比較的長い。すなわち減速開始が遅すぎれば最終低速が得られず危険あるいは停止精度不良となり、早すぎれば最終低速走行時間が著しく延長され非能率となる。また加速、減速も予定通り行かず加減速度が不安定であれば前同様の結果を生じる。

すなわち大型縦坑巻上機では停止前低速のほかに加減速度の正確さが要求されてくる。

(3) 型式による差異

単胴巻の場合、上げ荷(+負荷)のみならず下げ荷(-負荷)があり、時により下げ荷が相当大きい。全速走行中(同期回転中)の普通の巻上機は下げ荷の場合、まず機械制動を掛けて一応電動機を正負荷にし、しかる後電動機

* 日立製作所亀有工場

速度を順次下げていかぬと過速してしまう。また加速の場合も下げ荷重により自然加速するので適時に電動機を加速していかぬと、もし遅れば過速の危険性がある。

一般に斜坑巻では加、減速時間の全体に対する影響が小さいので不便ながら一応使い得るが、大型縦坑巻ではこのような状態では使い難い。

この一負荷の交流速度制御は困難な部類に属する。複胴巻の場合でも一負荷のみでなく一負荷もありこの場合は単胴巻と同じになる。

ケーベ巻の場合は複胴巻に準ずるが加速減速の場合急激な加速度はロープとシーブ間にスリップを起すので注意を要する。

(4) 運転方式による差異

手動運転の場合、斜坑長距離用、あるいは縦坑少量運搬用では大して問題にならぬが、短距離大型高能力となるにしたがい、加減速、低速時間の損失、停止精度の要求度合などのため、次第に特殊制御を要求されるようになる。遠方操作あるいは押釦、自動運転の場合は特別な小型低速度巻を除き絶対に特殊制御が必要となる。

〔III〕 交流制御の応用例

交流巻上機の制御方式は各社が種々の案を持ちそれぞれ実用されており、またその理論的性能についても説明されているが、以下に二、三の実用例についてその必要性と効果について述べる。

制御の方式および試験結果については本号交流巻上機 of 速度制御(その2)を参照されたい。

(1) 斜坑炭車巻上機の制御実例について

通常斜坑炭車巻上機では特殊な速度制御の必要はないが本例の場合、「坑道途中が悪く部分的に半速としたい」また「引込すべき片盤が数多くありこの際半速として脱線の危険を少くしたい」との要求があつた。

この巻上機の仕様を第1表に示す。

運転順序は巻上起動—300m間を50m/minにて走行、(この間2回部分的に全速)—550m間全速走行—200m間50m/minにて走行(この間2回部分的に全速)—停止—巻下起動以下同様。

であり、巻胴軸トルクは巻上加速時最大 +33,000kgm 巻下減速時 -14,000kgm 間と種々変化がある。

この場合は加速、減速、半速、停止などはすべて任意の時期にコントローラハンドルのみで行うが、その精度、能率に対しては厳密な要求はない。

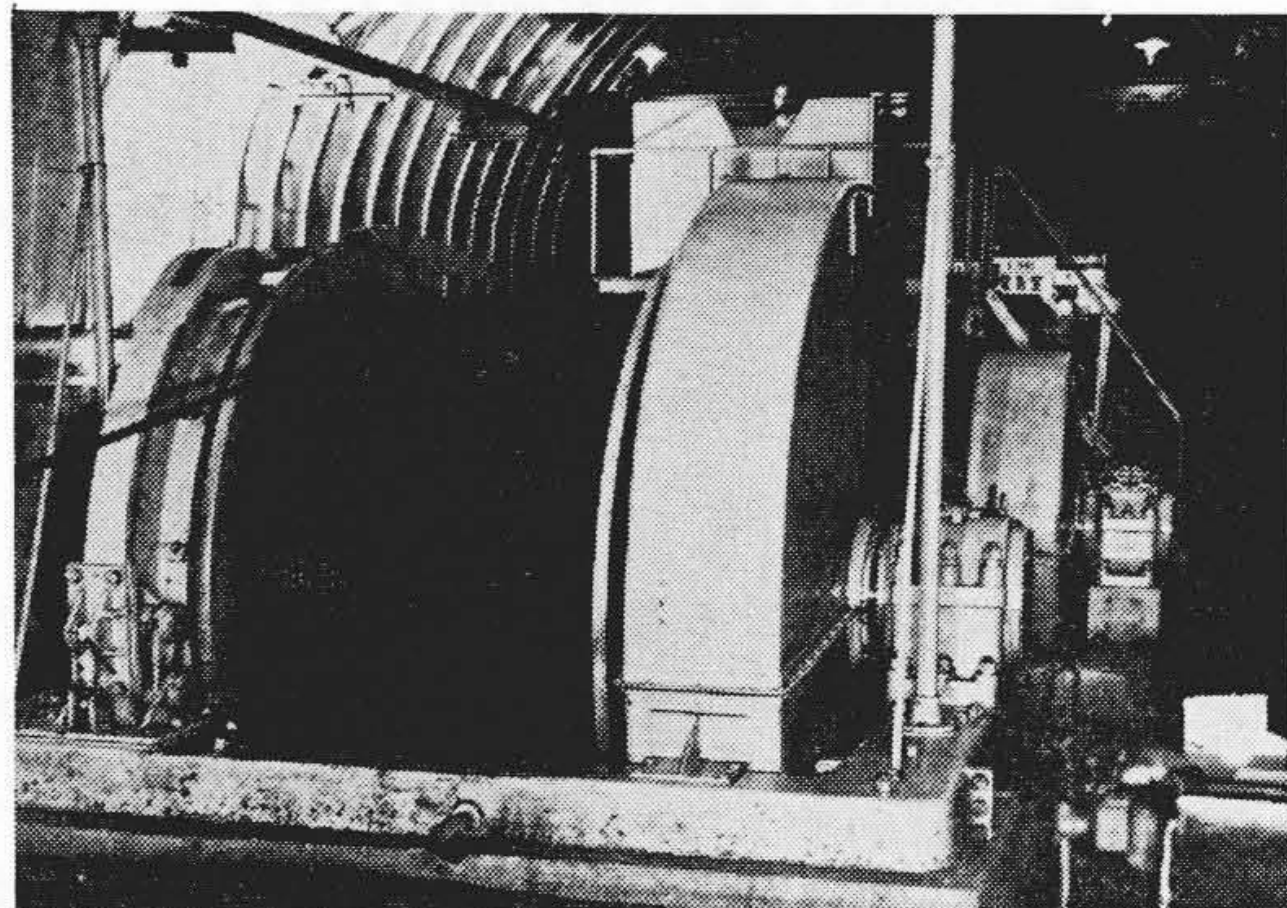
要は極力機械制動を行わず半速を得ることにあり、主電動機の抵抗制御と15~低周波発電機制御方式とを組合わせて実用し好結果を得た。

(2) 斜坑スキップ巻上機の制御の実例について

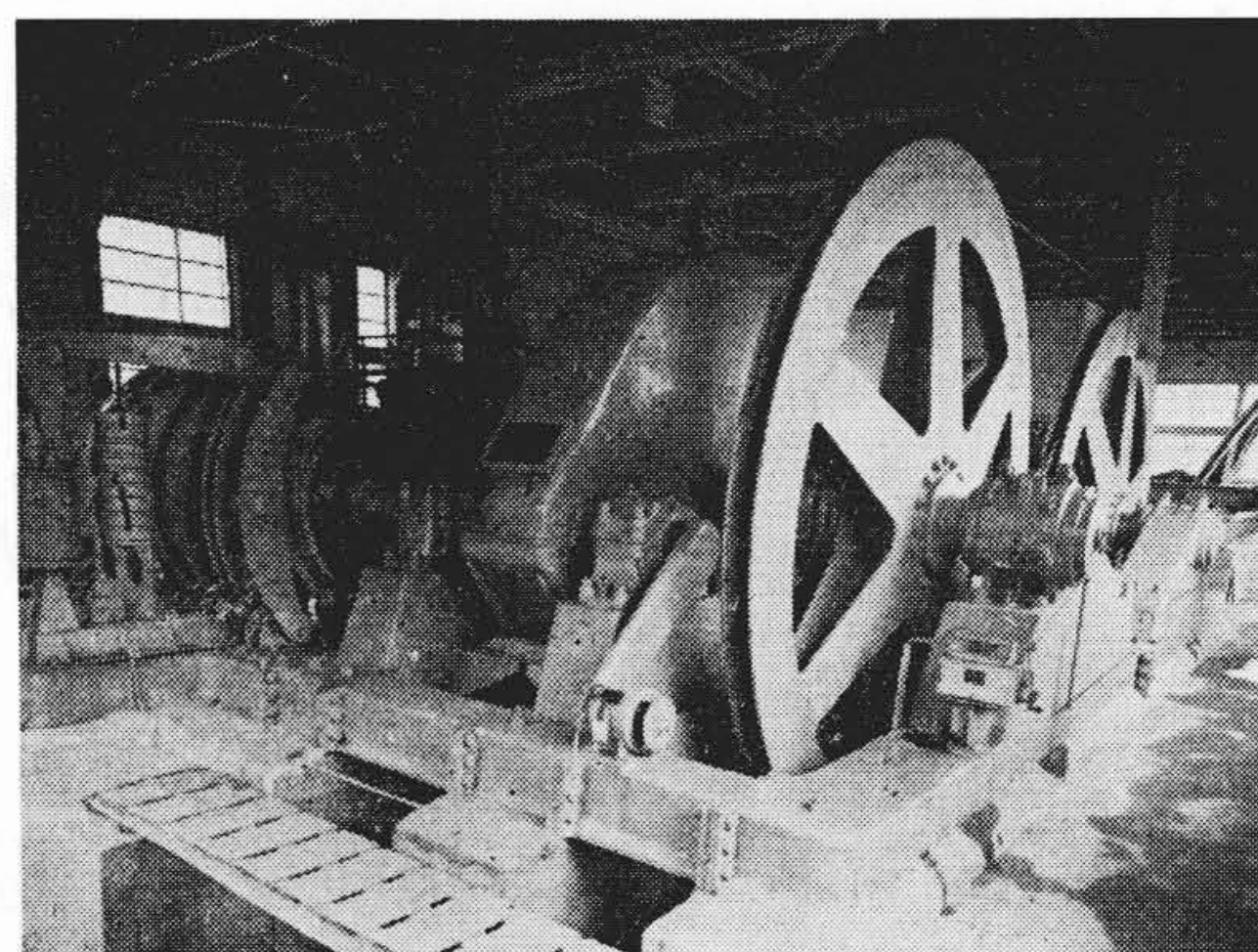
本巻上機は300HP電動機2台によりケーベ型シーブ

第1表 単胴巻上機の仕様

型式	SD ₂ -NP _S O
鋼索張力	11,500 kg
巻上速度	210 m/min, 52 m/min
巻胴寸法	2,400 φ × 1,500 W × 3,000 F
鋼索	34 φ × 1,700 m
巻込段数	5段(地巻共)
制動機	油圧
電動機	400 kW 3,300 V 60/15~ 切換



第1図 SD₂-NP_SO 単胴巻上機



第2図 EVD-NPOE スキップ巻上機

2個を別個に駆動する。

仕様は第2表の通りであるが、表中巻上速度240m/minは坑道悪化のため将来は350m/minとなる。第3図にそのDuty Diagramを示す。

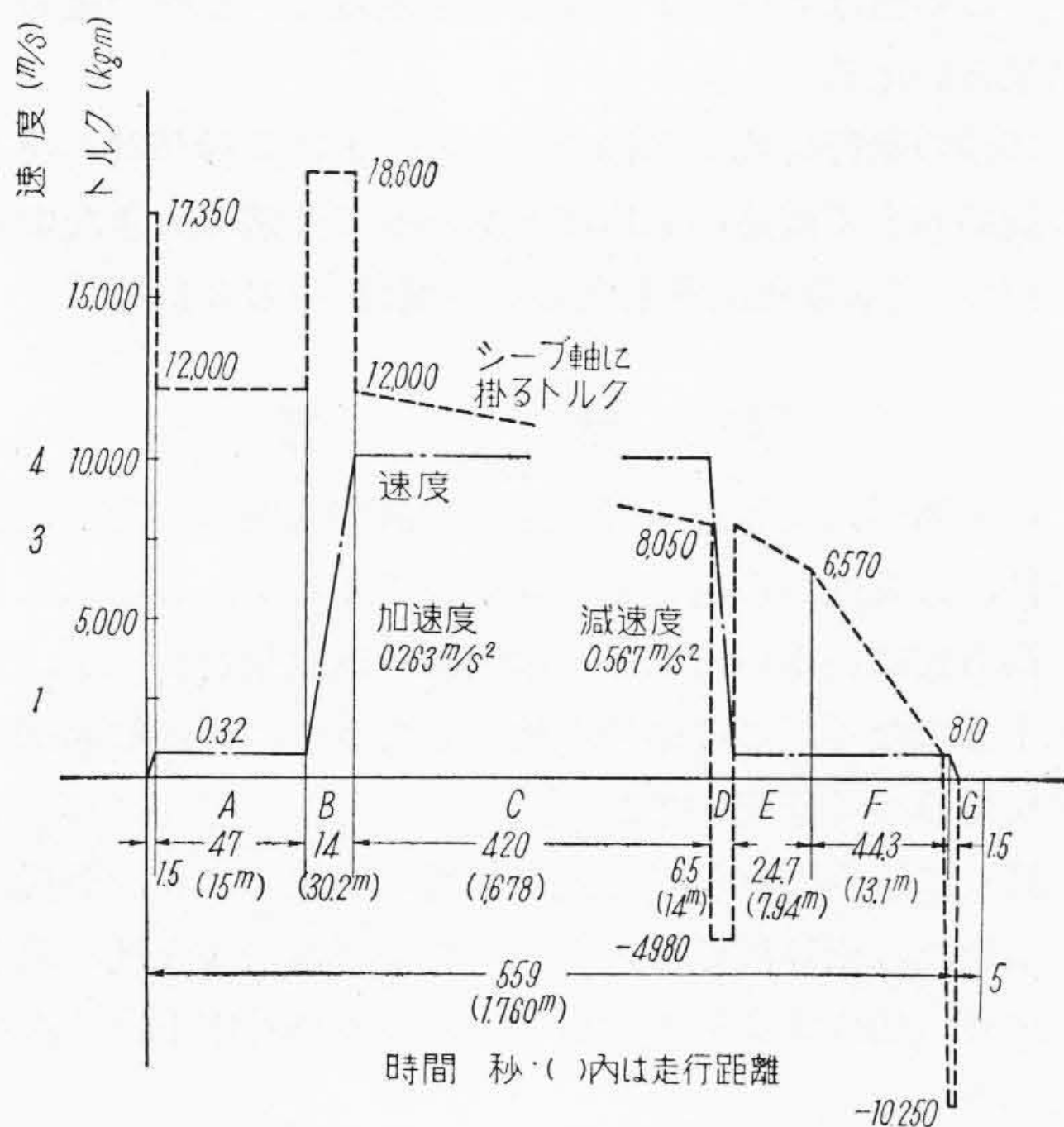
このスキップ巻上設備の特長はケーベ型駆動である、底開スキップカーを用いて一斉放出を行う、連続自動積込設備により坑底において除行中に積込む、押釦自動運転などである。

すなわちA部は上部スキップカーの底扉を順次閉じていくため必要な除行距離であり、B部は加速、C部は全速、D部は減速、E部は余裕、F部は坑底において連続自動積込に必要な除行距離である。

線図に見る通り全速走行中の距離は全体の95%を占めるが時間は75%で残り25%の時間の大部分は除行時間である。

第2表 スキップ巻上機の仕様

型式	EVD-NPOE
最大鋼索張力	10,950 kg
最大不平衡張力	7,050 kg
シープ	3,150 φ×2
巻上速度	240 m/min (将来 350 m/min)
巻上低速	19.2 m/min (将来 28 m/min)
スキップ自重	10,000 kg
スキップ積載量	15,000 kg
鋼索	34φ 5.01 kg/m
巻上距離	1,760 m
積込方式	下り連続自動
電動機	300 HP×2, 18P 50~4~ 切換



第3図 スキップ巻上機の Duty Diagram

除行速度が不安定であると事故の原因となるのみならず積込効果 (現在 100%) に影響し普通の (自動制御なし手動除行) 運転では 15~20% の積載不足あるいは過積によるコボレを生じこの面で非能率となる。

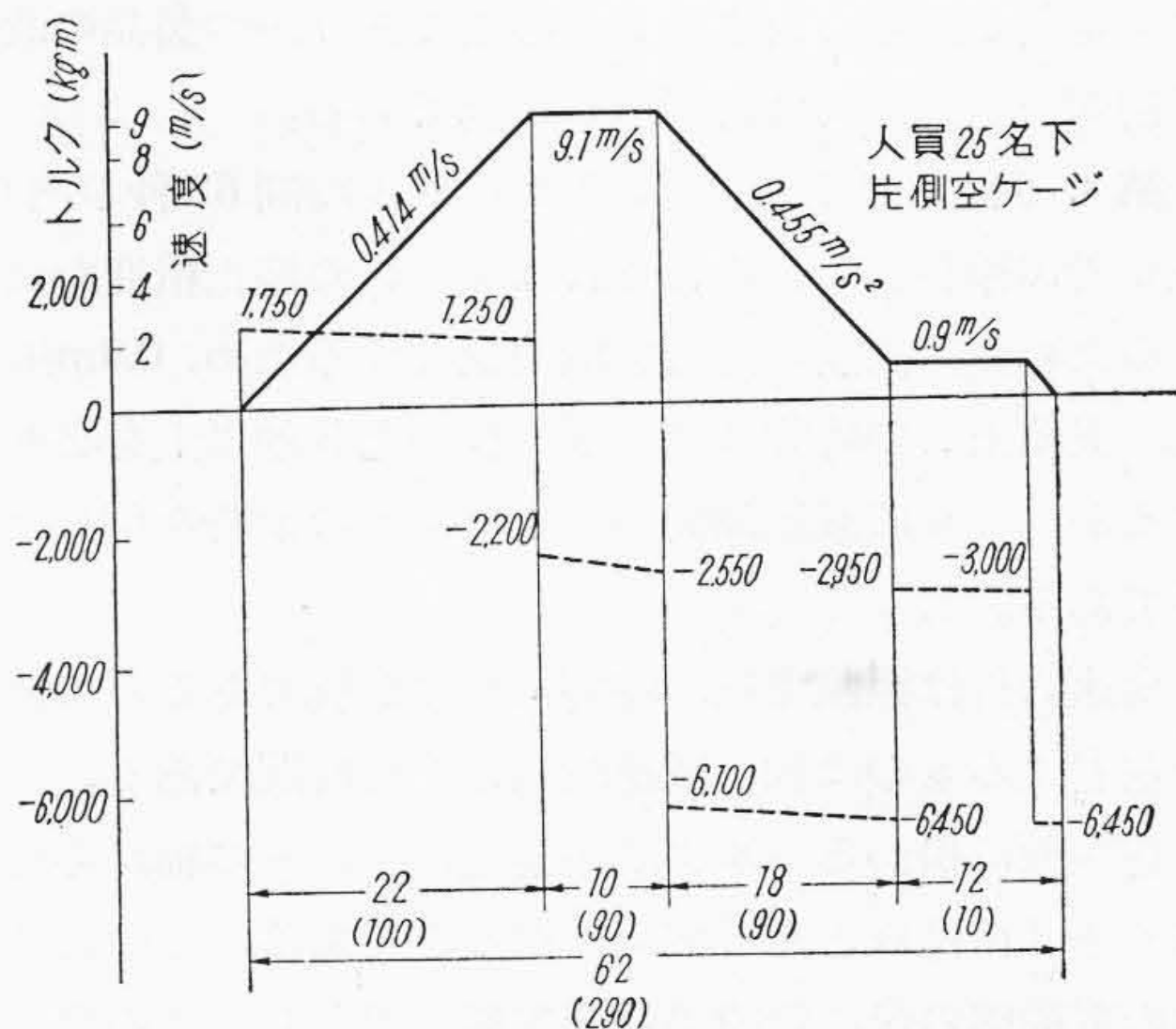
すなわちこの応用例では微速を安定させることが主目的である。

加速、減速は合計20秒で時間的には大した影響はないが、減速時間の短縮は微速時間の大きな延長となつてくるし、ロープのスリップ防止の点からも好ましくない。

この意味で減速中の自動制御も必要である。

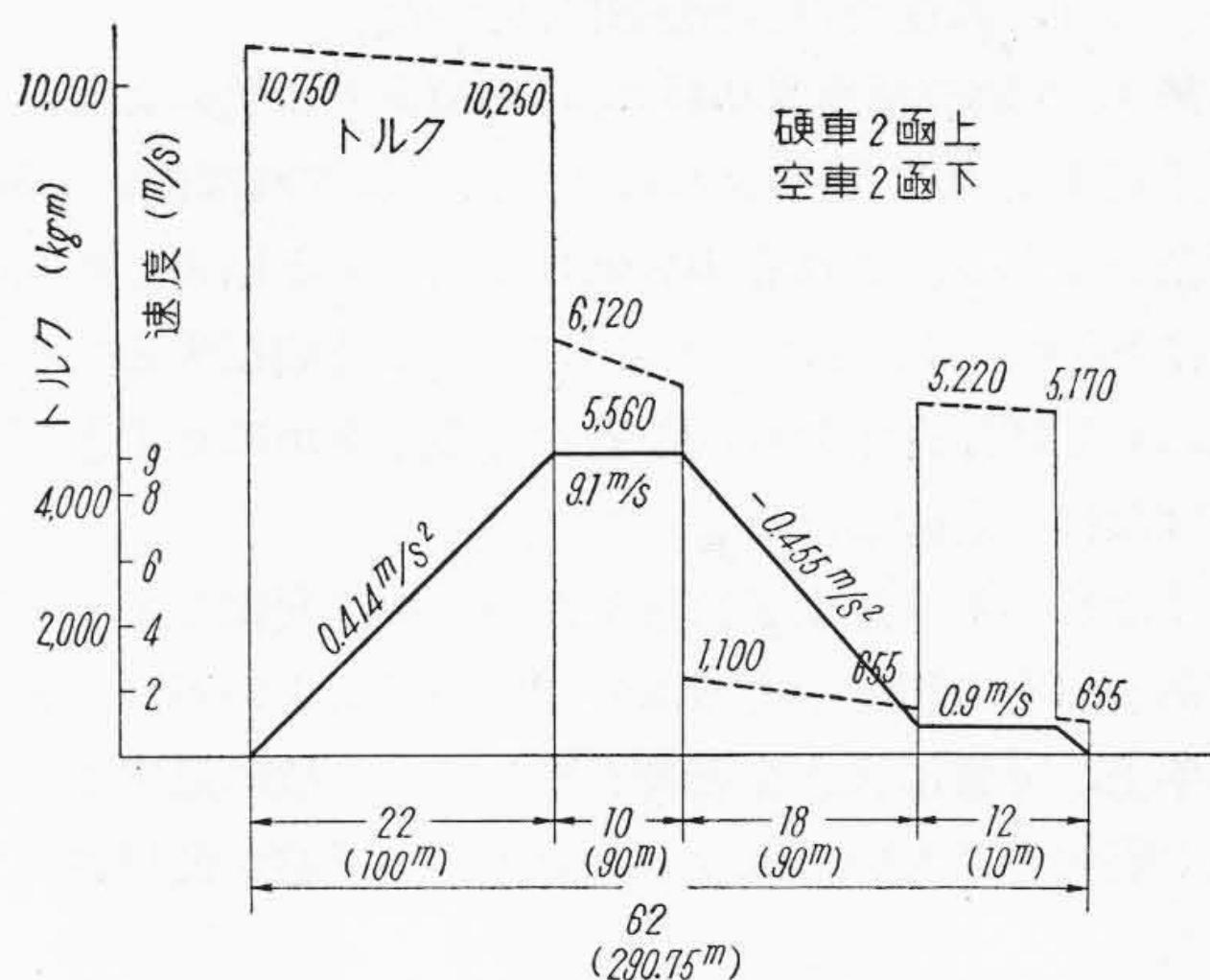
これらの理由から、安定な低速運転のできることを特長とし、減速度を自動制御することのできる低周波発電機制御方式を採用した。

巻上機シープ軸のトルク変化はA~C部は普通の巻上機と大差なく、D部は減速度制御の必要から負トルクを出させこの量を安定に制御する必要上大きな減速度とした。またF部は坑底においてスキップカーが走行中、端から順次下り積込を行うので、負荷は順次大幅に減少し



時間秒:()内は走行距離

第4図 ケーベ巻上機の Duty Diagram



時間秒:()内は走行距離

第5図 ケーベ巻上機の Duty Diagram

ほとんど零になる。

手動ブレーキのみでこの間を定速にするのは実績上困難であり、前例ではこのため積込効率が悪くなつていたが、今回は4~による除行のため好結果を得た。

G部において坑口スキップカーは一斉放出を行い、負荷は大きく一となる。この部は時間的に短く必要もないので、電氣的制御はあまり期待せず放出直後機械制動をかけるようにしてある。本設備の詳細については追つて発表する。

(3) 竖坑ケーベ巻上機制御の実例について

本巻上機はもと単純な AC 電動機により駆動していたケーベ巻であるが、能率向上の必要上特殊制御を追加したものである。

巻上機の仕様を第3表に、Duty Diagram の内2例を第4、5図に示す。

この巻上機は比較的浅い深度の竖坑で人員昇降、硬車上、他各種の用途に当てられるため、停止精度、1サイ

クル時間の短縮, いずれもが必要でありかつ製品の改造で制御方式としてはむづかしい例である。

第 4, 5 図に見るごとく, 1 サイクル時間 62 秒の内 0.9 m/s で 10 秒要している。これはケージの停止精度を良くするため着床直前の速度を極力低くするため, 0.9 m/s とし, 実績上この時間は運転手の操作上 3 秒以上を必要とするが, これに減速傾向の変化分だけの余裕を付したものである。

全速走行は距離で $\frac{1}{3}$, 時間でわずか $\frac{1}{6}$ であるので能率を左右するものは加, 減速時間と除行時間である。

巻胴軸に掛かるトルクは用途上, +, - の幅が非常に広く下げ荷はほとんどブレーキのみである。このため既設の電動機の後には新設 AC 発電機を追加し, この発電機の制動力を別置の M-G Set により制御する AC Dynamic Brake 方式として作用させ, 前者とトルクを重畳させて加, 減速時の自動制御を行つた。

第 4, 5 図の減速度 0.45 m/s^2 が荷重の正負により, もし予定より 10% 速すぎれば走行距離にすれば僅か 7.5 m の狂いであるがこれを 0.9 m/s で除行する結果, 時間的には 8.3 秒, すなわち全体の 13.5% の時間損失となり, またもし 10% 遅すぎれば予定除行距離 9 m に近すぎ運転ははなはだ危険となる。

すなわち加減速度が荷重条件がいかに変化しても一定である (その値そのものは変つていてもよいが) ことは能率上, 非常に大きな影響を有し, この故に通常この程度の堅坑巻においては今までレオナード巻が使用されていた。

第 3 表 ケーベ巻上機の仕様

型 式	SS-NPO
鋼索張力	6,200 kg
不平衡張力	1,600 kg
巻上速度	9.1 m/s
シープ径	5,000 ϕ
鋼 索	32 ϕ
巻上距離	約 290 m
主電動機	500 HP 50~ 300 rpm

この結果は荷重の変化にかかわらず加, 減速はいずれも予定曲線通り安定しており, また低速も予期以上に低く (0.74 m/s) 安定さすことができたので除行部分の余裕は必要なく 5 秒で足りている。レオナードを用いても, この値は 3 秒以下には運転上困難であるので優秀な結果といえる。

10 秒の除行時間が 5 秒でたりることは $5 \text{ 秒} / 62 \text{ 秒} = 8\%$ の能率向上で前述の減速度とあわせて非常に大きな影響を持つ。(本号交流巻上機 of 速度制御 (その 2) 参照)

[IV] 結 言

以上述べた交流巻上機 of 速度制御実施例は, その使用条件, 必要性から選定した 3 方法であるが, この他にも制御方式はいろいろある。本例は一応成果を得たが, 未だ十分でなく, この結果を検討してさらに高度の制御方式を得るべく研究中である。

終りに臨みこれらの方式の採用, 実施に当り, 御援助を頂いた, 松島炭硯株式会社, 常磐炭硯株式会社, 北海道炭硯汽船株式会社の関係各位に厚く御礼申上げる次第である。



特 許 の 紹 介



特 許 第 226612 号

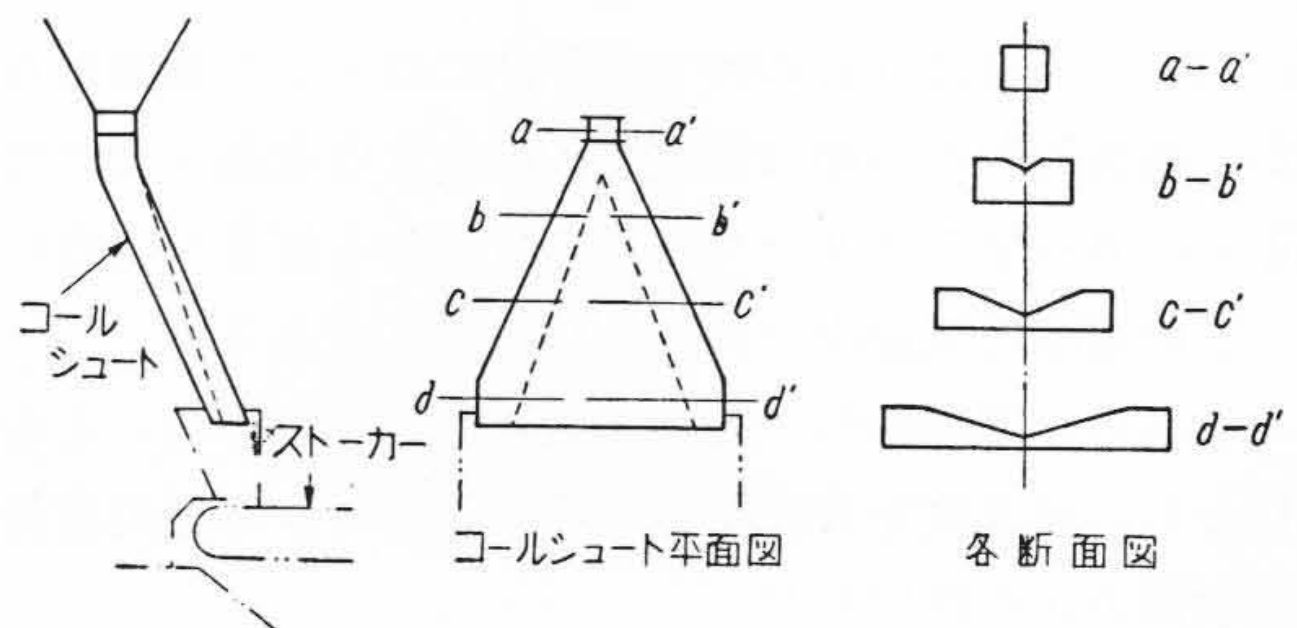
河 原 誠 二・山 本 富 雄
大 津 武

コ ー ル シ ュ ー ト

ストーカボイラでは往々効率に悪影響を及ぼす筋焚き現象を生ずることがある。これはストーカの幅方向の燃焼状況が不均一となることで, 燃焼状況の不均一はストーカ上の石炭の粒度分布が両端で粗, 中央近くで細となる結果によるものである。

このストーカにおける分粒現象はそもそもコールシュート内で起るものであり, このシュート内の分粒作用がいかにして起り, これを防ぐにはいかにしたらよいかを実験と並行した理論的究明をなすことにより本発明が完成された。

すなわちシュートにおける分粒作用はシュートの形状から内部を沈降する炭層が両端下がりとなることにより石炭の転落現象を生じその結果両端が粗に中央近くが細となるものであることが見出された。本発明のコールシュートはシュート内を沈降する炭層が水平となるようにシュートの幅の増大につれて中央部の断面をせまくした



形状を有する。

本コールシュートを実用した結果はストーカ上の石炭粒の分布が均一となり, したがって筋焚き現象も著しく改善された。