

セメント工場の計測制御

Instrumentation and Control of Cement Plant

川野 正一郎*
Masaichirô Kawano

内 容 梗 概

近年ますます需要が増加し、輸出面においても著しい進出を示してきたセメント工業は、その生産体勢もしだいに整ってきて、より能率的な運転管理方法がとられるようになってきた。またその基本となる計装ならびに自動制御という面においても非常な速度で発展してきている。

本文においてはこのたび大阪窯業セメント株式会社に納入され現在運転中のレポール式キルンの計装を中心に、セメント工業の総括制御ならびに計装について記述し、それらに関連する自動制御を採り上げている。

1. 緒 言

一般化学工業において、あらゆる方面にわたって採用されている計装も、セメント工業ではダスト、そのほか種々の問題が残されており、計装はまだ十分に行なわれず人の判断によって手動操作の行なわれている所が多い。もちろん部分的には計装されている所もかなりあるが、セメント工業としての本質的な計装や自動制御を採り入れている所はきわめて少ない現状で、今後解決されるべき要素が多量に残されている。

今回大阪窯業セメント株式会社に整備された計装および自動制御は、これらの問題を完全に解決したとはいえないまでも、その運転管理の合理化については万全を期するよう計画されたものである。

2. セメント製造様式とその工程

2.1 セメントの原料

セメント原料の主成分は石灰石 CaCO_3 、シリカ SiO_2 、アルミナ Al_2O_3 および酸化鉄 Fe_2O_3 であり、これに石膏が混入される。

2.2 製造様式

製造様式は原料がキルン（焼成回転窯）にて焼かれるまでの生産工程により次の三つに大別できる。

2.2.1 乾 式 法

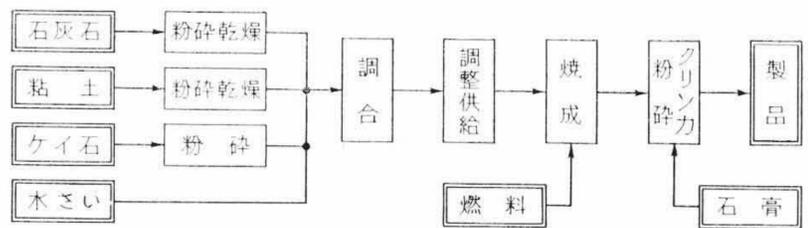
石灰石、粘土などの原料を乾燥粉碎調合して粉末状混合原料として窯に送入する。この方式は簡単であり、現在のわが国においては全設備能力の半数を占めているが、すべて原料処理が粉末状で行なわれるためダストの出方がきわめて多く原料調合の際にも混合むらが起りやすい欠点がある。またこの方式では、経済的見地より自家発電ボイラを設置して、キルン廃ガスの余熱を回収し、損失を少なくしている。第1図にこのフローシートを示す。

2.2.2 湿 式 法

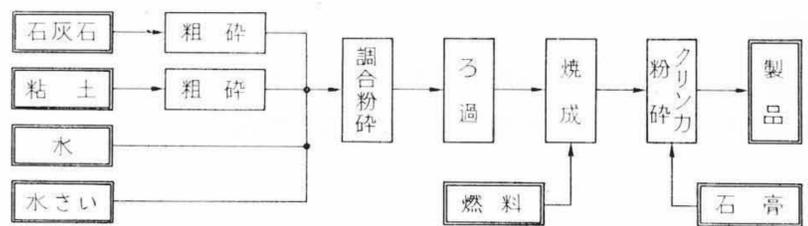
原料に水を注加して微粉碎を行ない、それぞれ泥漿(しょう)状になった原料を正確に調合する。窯への送入は泥漿状のまま送入する方法とスラリーフィルタで水分の一部を脱水してケーキ状として送入する方法の二つの方式があり、前者はロングキルンに、後者は廃熱利用ボイラを備えるショートキルンに使用される。キルンを出たクリンカーおよびそれ以降の処理は乾式法と変わらない。第2図にそのフローシートを示す。

2.2.3 半 乾 式 法

原料調合、粉碎までは乾式法と同様であるが原料を窯に送入するとき、一度造粒機にかけて10%内外の水を加えて造粒する。この代表的なものはレポール式であってこれは造粒された粒をグレートに送り込んで仮焼してからキルンに送り込んで焼成するもの



第1図 乾式法フローシート



第2図 湿式法フローシート

で乾式、湿式に比較して燃料消費が少なく、焼成状態も良いという利点がある。

2.3 製造工程

本文で主として述べる様式は半乾式法で、レポールキルン方式におけるセメント製造工程を6系統の部門に大別しそれぞれの系統について簡単に紹介しておく。もちろん乾式法や湿式法においてもさきのフローシートよりみて十分参考にすることができる。

(1) 原料受入部門

石灰石、粘土類のほか原料を貨車あるいは船から荷おろしして、ベルトコンベヤ、バケットエレベータなどにより輸送し途中インペラブレーカによって適当な大きさに粗砕し所定のホールに貯蔵する。

(2) 原料乾燥粉碎部門

おのおのの原料をロータリドライヤにて乾燥し、ミルにより粉碎する。ドライヤ入口出口にはそれぞれ温度、圧力計を設けて燃焼状態を監視する。

(3) 原料調合および再粉部門

粉碎された各原料を定速度フィーダにより一定の割合に調合して混合原料を作り、ミルによってふたたび細かく粉碎する。

(4) 焼成部門

調合された原料はメジャーフローによりグレートに送り込まれるが、その途中においてペレタイザにより約10%の水が注加され成粒される。グレートで原料は仮焼されてキルンにはいり、キルン内で約1~2時間で焼成され次いでクーラにて約1,450°Cから130°Cに急冷されクリンカーとなる。

この焼成部門はのちに述べるようにセメント製造工程中最も重要な部門で、各種自動制御ならびに計装が施されている。

* 日立製作所日立工場

(5) 仕上部門

焼成されたクリンカは石膏とともにセメントミルによって粉碎されて製品のセメントとなる。

(6) 出荷部門

バッカーにより袋詰めされたり、バラ売りされたりする。ここにおける輸送機関もベルトコンベヤによるが、フラクソ式空気輸送装置により空気で送られる場合もある。

3. 電動機総括制御方式

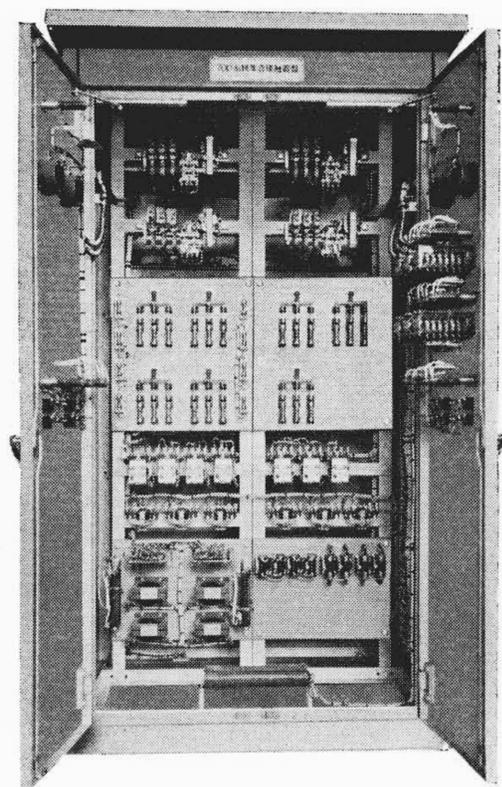
セメント工場における動力機器はそのほとんどが誘導電動機である。原料あるいは製品の流れが途中でオーバーフローなどの起こらないよう電動機群の順序起動停止の必要がある。また途中の機器の事故に際しても経路切り替えあるいは流れを止めることも肝要である。そのため、小人数で容易に操作のできる総括制御の必要性が叫ばれ、最近ではほとんどこれが採用されている現状である。しかしこれを実施するにあたっては、運転操作の円滑化、簡易化という点に十分考慮を払い、これに関連する自動制御系、計装関係などに対しても、それらが遊離することのないよう十分注意する必要がある。そのためには一応次のような事項をよく考慮し、検討してみることが必要である。

- (1) タンク、ホールなどにより輸送系の一度切れるところで系統を適当に分割する。
- (2) 各系統には中央監視盤を設けて操作が容易にできるようにする。
- (3) 機器に故障が発生した場合には警報表示し、運転表示灯を点滅させると同時に輸送経路上の原粉がオーバーフローしないように経路を切り替えるか、または故障機器より上流の機器を停止させる。
- (4) 各タンク、ホールのレベルを測定して常に支障のない運転を行なうように考慮し、必要に応じて満杯、空量に対しては警報および表示灯により表示し、あるいは同時に輸送を自動的に停止させる。
- (5) 現場において電動機の単独運転を可能にする。また適当な場所に連動単独切替開閉器を置く。
- (6) 電動機群の総括制御と計装との間にも必要なところはインタロックを施しこれらを連動させる。
- (7) 中央監視室は現場と連絡のとりやすい所に設け、ベル、ランプなどによる合図、またはインタホーンにおいて連絡が十分可能ようにする。また連動運転の際には起動警報を鳴らす。
- (8) 無接点リレーの採用。複雑な経路選択が多い場合は無接点リレーを使用すると操作線も少なく、回路も簡単になる。
- (9) 2箇月以上わたる連続運転の場合もおのこの装置は十分な信頼性をもっていること。

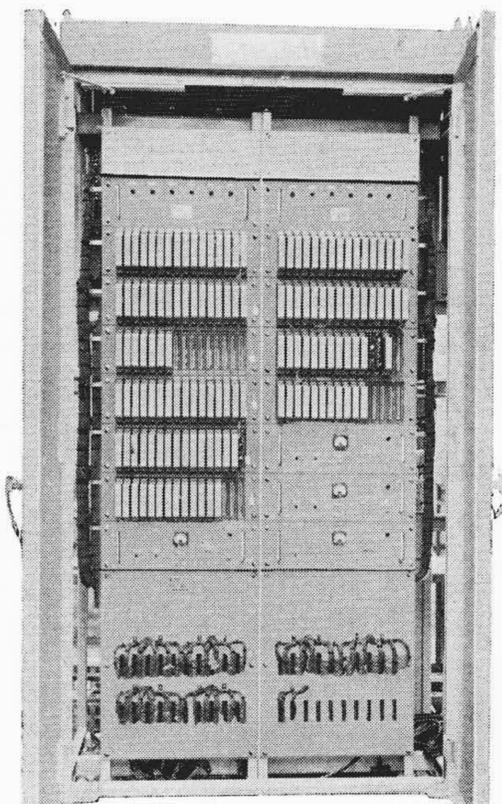
だいたい以上のものであるが、次に総括制御の方式について述べてみる。なおここでは紙面の都合上総括制御の各運転方式による分類は割愛し他日掲載することとする。

3.1 接点式総括制御

これは一般に用いられる電磁接触器および接点式リレーを用いるもので、接点式タイムリレーによる一定時間間隔の順序起動、順序停止、あるいはインタロックをとった連動起動、停止などを組み合わせた回路および必要に応じて選択回路、警報回路をとるもので、起動の際は限時リレーにより各電動機は一定時間間隔をもって起動し、電動機のいずれか一台が故障停止すると、経路を切り替え、あるいは原料の流れからみてそれより上流の電動機をすべて停止させ、同時に故障機器の運転表示灯を点滅し、警報を鳴らすことにより操作者に事故を知らせる。警報は操作開閉器を操作して解除でき、故



第3図 接触器盤



第4図 トランジログ盤(その一)

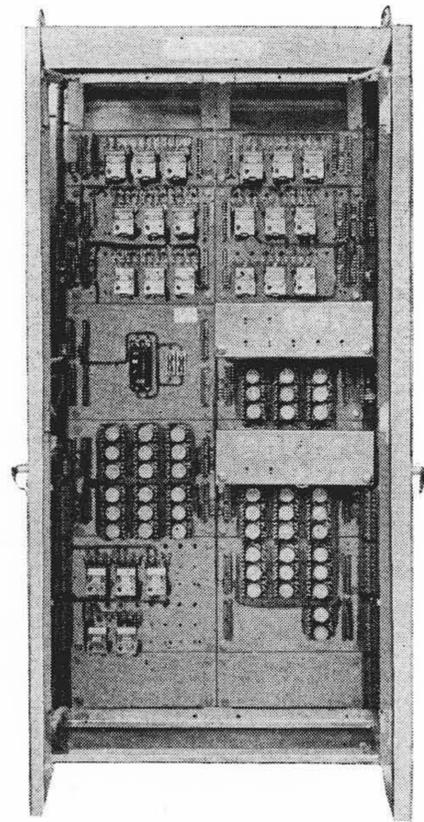
障復帰により自動的にリセットされる。連動停止の際には上流から払い出しながら停止させるかまたはいっせいで停止を行なう。必要な場合には特定の機器のみ時限をもたせて停止させる。なお第3図は接触器盤の一例である。

3.2 無接点リレー式総括制御

無接点リレー方式では、機器間のインタロック、順序起動、停止のインタロックおよび時限あるいは経路切り替えなど従来すべて接点を用いた代わりに無接点論理素子を使用したもので、じんあいに対しても悪影響なく、接点式に比較すれば寿命も長く、さらに各機器の連動運転はもちろん、複雑な組み合わせ操作方式も比較的簡単にでき、種々の系統の入り混じった流れの系統選択などを行なうにも好都合で、そのうえ操作線数が少なくてすむ。現在無接点論理素子としては磁気増幅器を利用したヒタログとトランジスタを使用したトランジログがあるが、いずれも素子はプラグイン方式であるため取り替えも容易にできる。第4図および第5図はトランジログ



第 5 図 トランジログ盤(その二)



第 6 図 ヒ タ ロ グ 盤

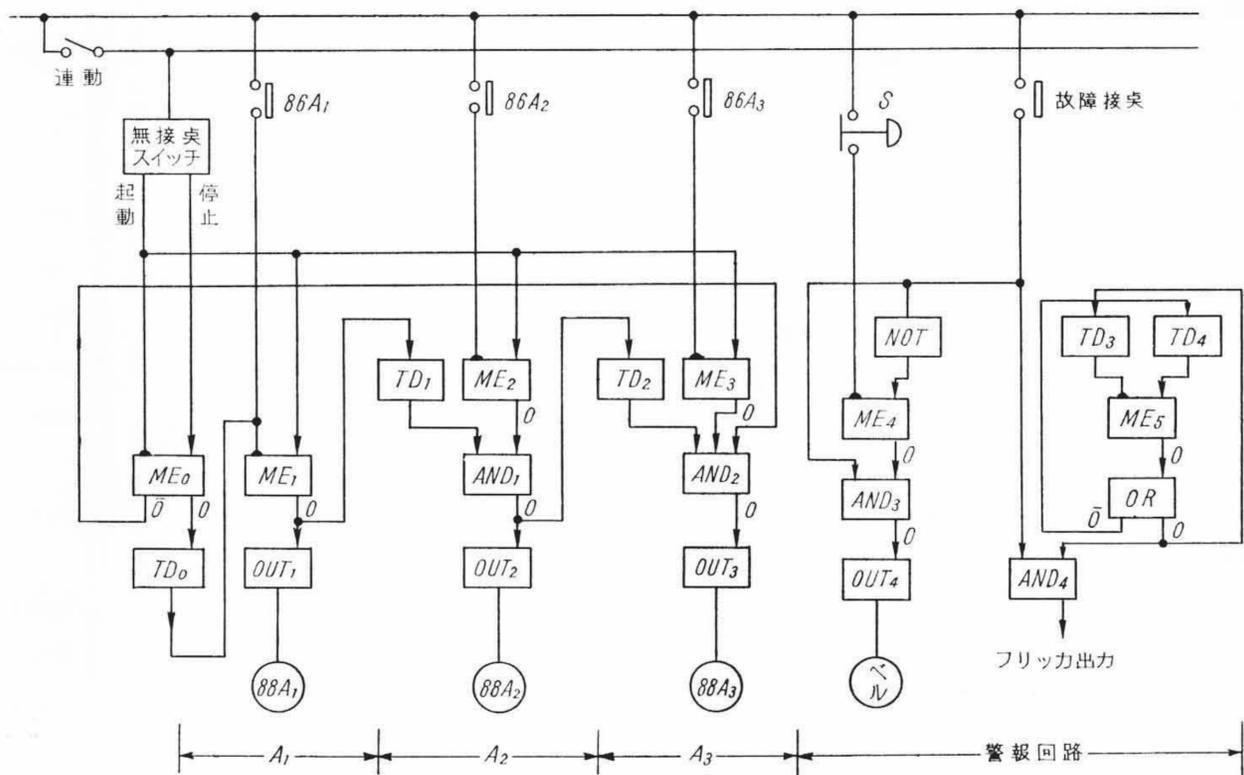
盤、第 6 図はヒタログと接点式とを併用した盤である。なおトランジログ、ヒタログはモールドされたもので、耐湿性であるうえ、55°Cまで安定した動作が保証されている。

第 7 図にトランジログを使用した連動運転回路を示す。無接点スイッチを起動側に倒して ME1~3 に出力 0 を、ME0 に \bar{O} をうると、まず A-1 が起動し TD₁ により時間遅れをもって A-2 が、さらに遅れて A-3 が起動する。86A1~3 の故障信号がはいると故障機器およびそれより上流の機器は停止し、同時にフリッカ出力が得られて運転表示灯(省略)を点滅させる。また警報が鳴るが、これは S により解除でき、故障回復と同時にリセットされる。順序停止のときは本図では A-3 が停止したのち TD₀ により時限をとって A-1、A-2 の順に停止する。

以上述べたものはほんの一例にすぎないが、トランジログによれば接点式では非常に複雑になる回路でもかなり簡単なものとなる場合が多い。

接点式、無接点リレー式のいずれにせよ操作は中央監視盤あるいは操作卓上から行なうことには変わらない。次に示す第 8 図および第 9 図はベンチボード形中央監視盤、第 10 図は操作卓の一例である。

中央監視室にはこのほかに計器盤を設置して計装管理を行なうことが必要であるが、この場合指示計など常に操作者が監視する必要のあるものはできるだけ中央位置に置き記録計、調節計のように常に監視する必要のないものは両わきに配置することも考えるべきである。またセメント工場はダストがきわめて多いため各機器は防じん構造とし保守を十分行なうよう努めることが肝要である。



| 記号 | 説 | 明 |
|--------------------------------|--|---|
| A ₁ ~A ₃ | 電動機用途名 | |
| 88 | 各電動機用主接触器 | |
| 86 | 各電動機用故障接点 | |
| S | ベル警報解除用引ボタン開閉器 | |
| ME | →=入力が入ると出力 0 が得られ、←=入力が入ると消滅する記憶素子 | |
| TD | 入力が入って一定時間後出力が得られるタイムデレイ素子 | |
| AND | 2つの入力が入っている時のみ出力 0 が得られる | |
| OR | 入力が入っているときには出力 0 が、入力のないときには出力 \bar{O} が得られる | |
| NOT | 入力が入っていない時のみ出力が得られる否定素子 | |
| OUT | 各トランジログ用出力素子 | |

注：各トランジログ出力端子 0 と \bar{O} は常に逆の状態を示す。すなわち 0 の出力があるときは \bar{O} はなく 0 のない時には \bar{O} に出力が得られる。

第 7 図 無接点リレー式連動運転回路

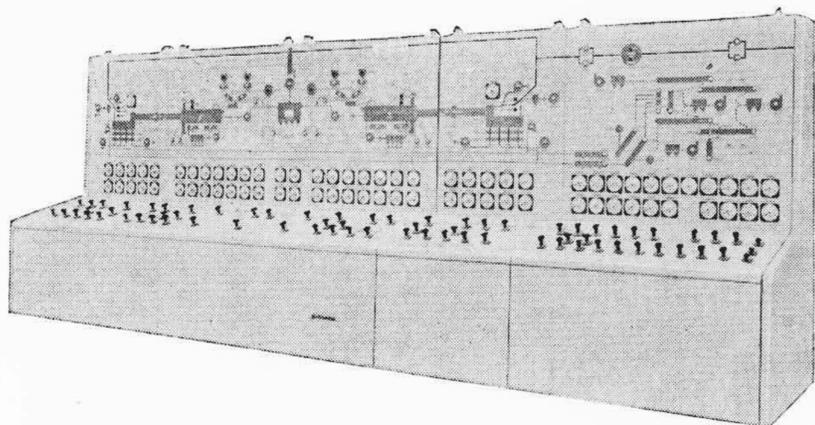
4. 計装と自動制御

4.1 計測器の種類

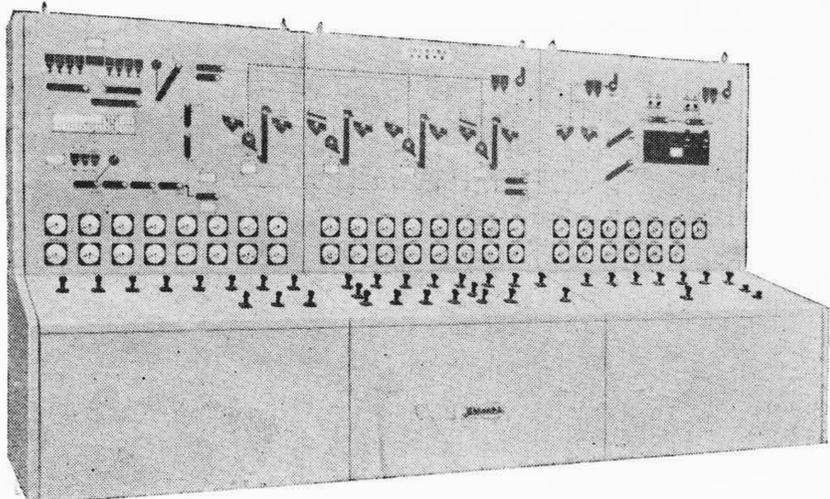
セメント工場に使用する計測器とその使用例について列記すれば次のようになる。

(1) 秤量器

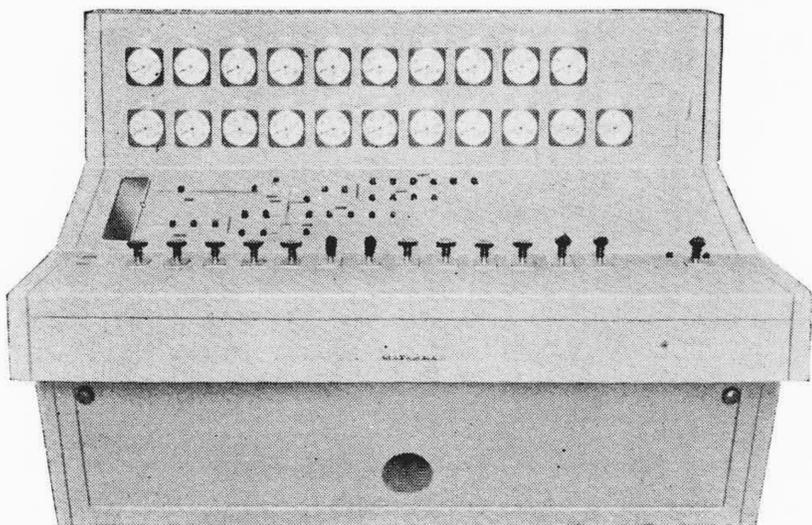
原料、製品、燃料の重量を連続秤量し積算する。



第8図 中央監視盤 (その一)



第9図 中央監視盤 (その二)



第10図 操作卓

(2) 流量計

キルン用一次二次空気量, クリンカ冷却用空気, 液体燃料, ドライヤ空気, 原料給水, セメントミル内部冷却用水, ボイラ給水および発生蒸気, タービン消費蒸気, 復水, 工場用水, 飲料水, コットレル風量などの指示, 記録および積算。

(3) 温度計

窯尻ガス温度, 焼成帯温度, グレート一室二室温度, クリンカ温度, クーラグレート温度, クーラ排ガス温度, 一次二次空気温度, キルンシェル温度, 石炭ミル入口出口温度, 液体燃料温度, セメントミル入口出口温度, ドライヤ入口出口温度, コットレル入口出口温度, タービンおよびボイラの各主要点温度, 軸受温度, 電気機器温度などの指示記録。

(4) 圧力計

ボイラ各主要点ドラフト, 窯尻ドラフト, 石炭ミル入口出口ドラフト, セメントミル入口出口ドラフト, ドライヤ入口出口ドラフト, コットレル入口出口圧力, グレート一室二室圧力, 液体燃料送りもどり圧力, クーラ排気圧力, クーラ一室二室三室四室圧力, コンプレッサ圧力, 軸受油圧, ボイラ蒸気圧などの指示記録。

(5) 回転計

キルンあるいは原料供給用電動機など自動制御発信器用回転計, 调速用電動機の回転速度, 秤量の代用としての回転機の速度の指示記録および積算。

(6) 開度計

燃焼用空気量調節用ダンパ, グレート室一次二次空気量調節ダンパ, 補助煙突ダンパ, クーラ各室用ダンパ, 重油調節弁, 窯尻ルーバダンパ, クーラ排気量調節用ダンパ, ボイラ誘引強制通風用ダンパ, そのほか各種電動弁およびダンパ開度の指示。

(7) レベル計

スラリタンク貯蔵量, 原料およびセメントタンクレベル, 原料供給タンク, 調整タンク, 原料供給水レベル, 石炭ホップ, ボイラ汽胴水位, 工場用水, 飲料水タンクなどのレベル表示ならびに警報。

(8) ガス分析計

窯尻ガス中の酸素, 炭酸ガス, 水性ガス量の連続分析指示, 記録。

(9) 音響レベル計

セメントミル, 石炭ミルなどの粉碎音レベルを指示記録し, 粉碎物供給量を調整する。

(10) スラリ粘度計

原料スラリの粘度を指示記録する。

(11) スラリメジャリング

キルンにはいるスラリの瞬時および積算供給量を測定記録する。

(12) 真空計

スラリフィルタ吸引指示, タービン復水器の真空度指示記録。

(13) 水質計と濁度計

ボイラ給水水質, 工場用水および飲料水の水質判定。

(14) そのほか一般計器

電流計, 電圧計, 力率計, 電力計, 積算電力計。

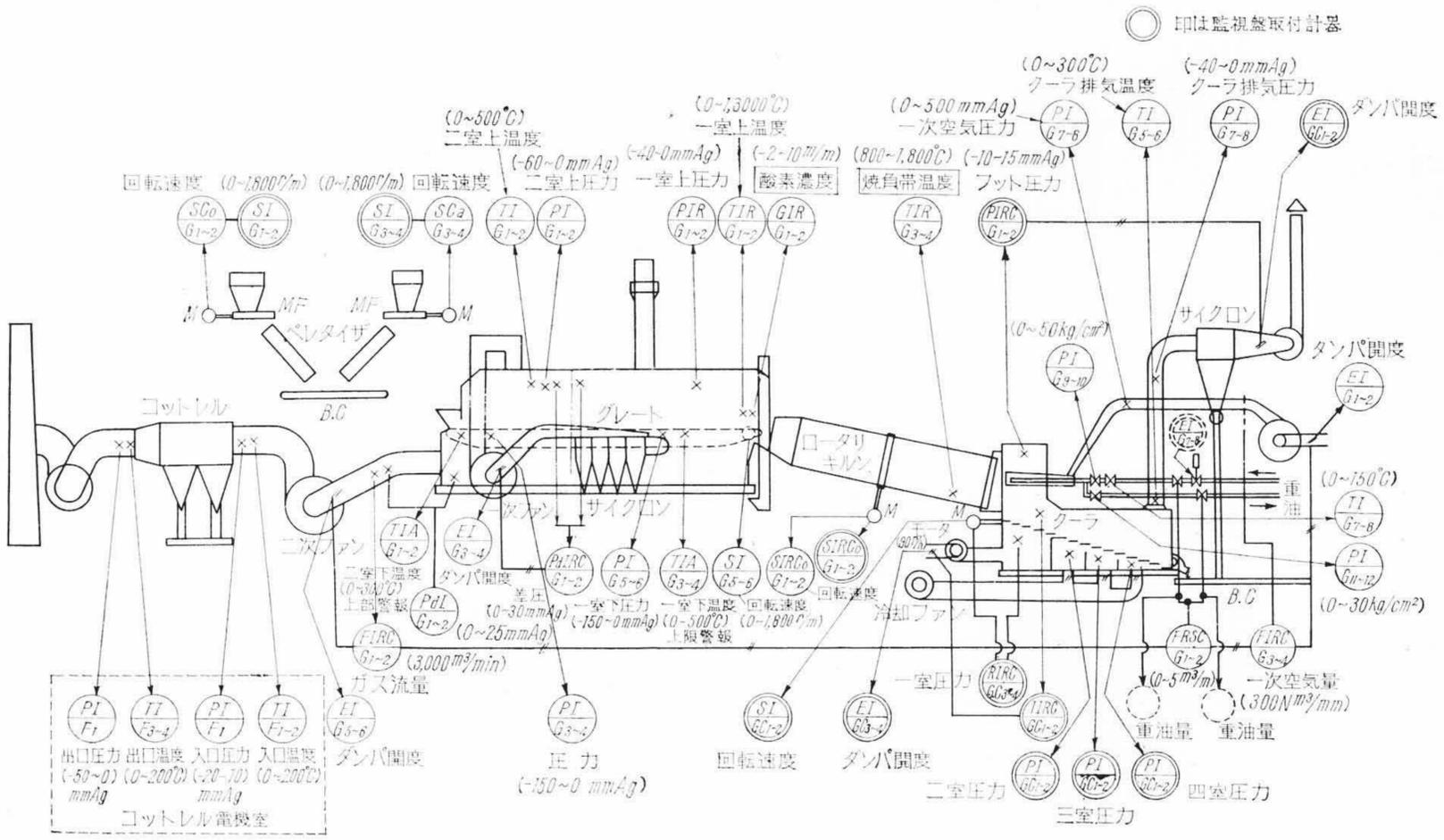
以上の各計測器を用いてセメント製造工程の監視あるいは自動制御系に組み入れるなどして有効な管理を行なっている。

次にその計装例ならびに自動制御例について述べる。

4.2 計測制御例

セメント製造工程のうちでも最も問題が多く, しかも最も重要なところは焼成工程である。ここはいわゆる人間の心臓部に相当し, その良否いかんによって製品の品質のみならず, 生産能率にも大きい影響がある。実際前述の工程からもわかるとおり, セメント工場では原料の粉碎, 乾燥, 調合, 焼成およびクリンカの粉碎機器を除けばそのほとんどが輸送機器で占められている。しかし, 輸送機器に関しては問題となるものがないので, 乾燥用燃料の燃焼効率, 原料調合度, 原料あるいはクリンカの粉碎効率などを一応考慮すればよい。またこれらのうち, セメントの品質および生産能率に直接響いてくるものは原料調合度で, これも各原料をコンスタントフィーダにより一定割合に混合し, 圧搾空気によりかき混ぜることにより均一にされるので特に問題はない。

さて焼成工程においては原料は十分な化学反応を起こして完全に焼き締められなければならないため, 焼成温度は常に一定の最適値に保っておくことが必要である。熱量が不足すると完全な熔融状態とならず, クリンカの品質の低下をもたらす, また必要以上に温度を上げるということはキルン内部の耐火レンガの寿命を縮め, さらにむだに燃料を使用していることを意味する。しかし焼成帯温度は約 1,450°C という高温であるうえに, ダストの多いという点から測定端における検出方法がむずかしく, さらに焼成温度に間接的に影響を与える要素が長いキルン全範囲にわたっているため, 各所の温



第11図 焼成系統計装図

度、およびそれに影響すると考えられる点の圧力などを常に監視し、調節してゆく計装が必要となる。

第11図はその計装図、第12、13図は計器盤の一例である。次にその概略を説明する。

(1) 重油消費量一次空気量比率制御

[FRSC-G 1~2] → [FIRC-G 3~4]

キルン内部の焼成状態は焼成帯の温度を測定することにより、またグレート室におけるキルン排ガスの酸素濃度を分析することにより知ることができるが、これを自動制御系に入れるには後述のような種々の問題があり、現在採用している所もわずかにあるが実際には実験の域を脱していない。

しかし燃焼には燃料に対して一定の割合の空気が必要であり、この比はほとんど一定なので、調節計を使用して比率制御することができる。第14図はそのフローシートの詳細であるが、重油流量を検出して空気量の基準値とし、これに対する空気量をパワーシリンダを介したダンパにより調節している。

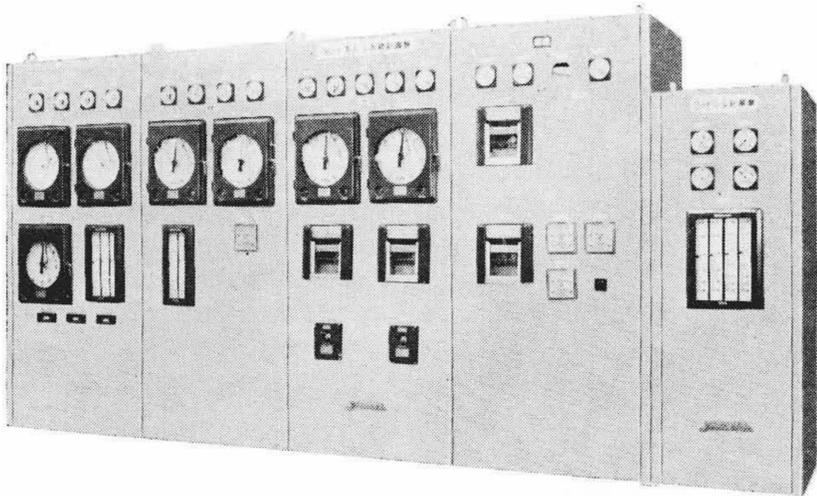
(2) 重油消費量グレート排ガス量比率制御

[FRSC-G 1~2] → [FIRC-G 1~2]

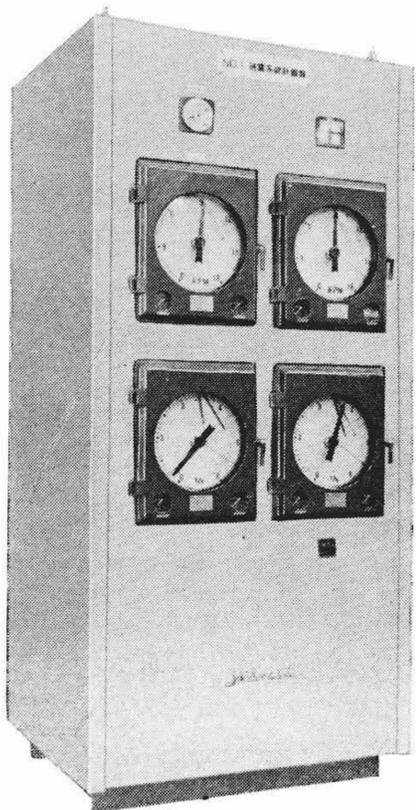
グレート排ガスは重油消費量に対して一定の関係をもっているため、この比率制御によりグレート室内圧力調整を行なうことができる。フローシートの詳細は前項と同一であるゆえ割愛するが、ここで特に注意すべきことはグレート排ガス流量を測定する場合、検出端にダストが非常に多くエアパージなどの方法により十分保守を行なう必要があることである。

(3) キルン焼成帯温度の測定

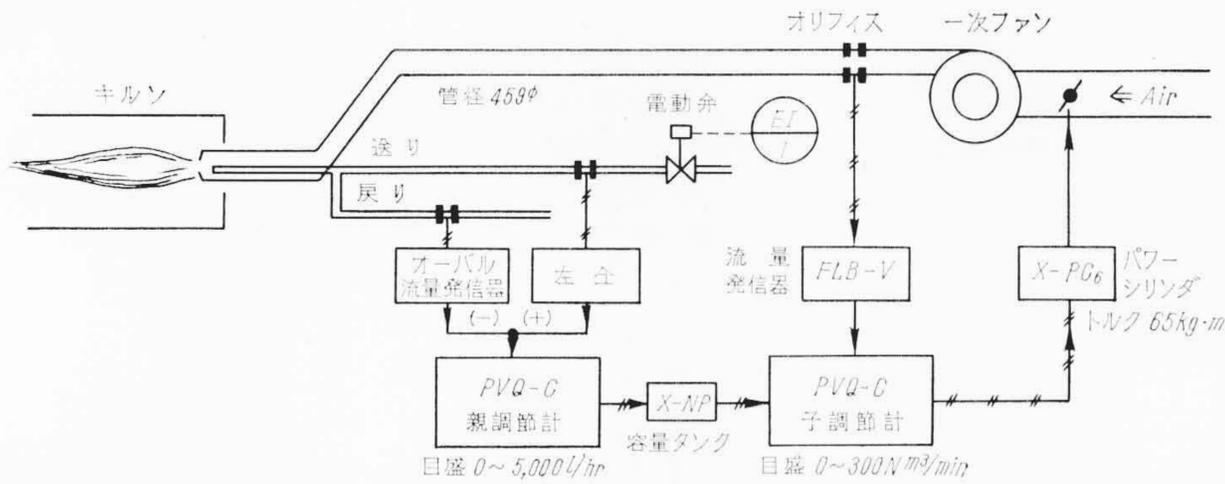
キルンへ送り込まれた原料は他端から供給される熱量（燃料より約3/4、二次空気より約1/4）と熱交換しながら流れてゆき、焼成帯において完全に焼き締められる。焼成帯の状態は肉眼で見れば十分その良否が判別できるが、他の検出装置によって判断することは非常に困難である。一般にはこの点の温度検出器として輻射高温計が使用されるが、これに対するじょう乱は非常に多い。そのじょう乱としてあげられるものは次のようなものである。



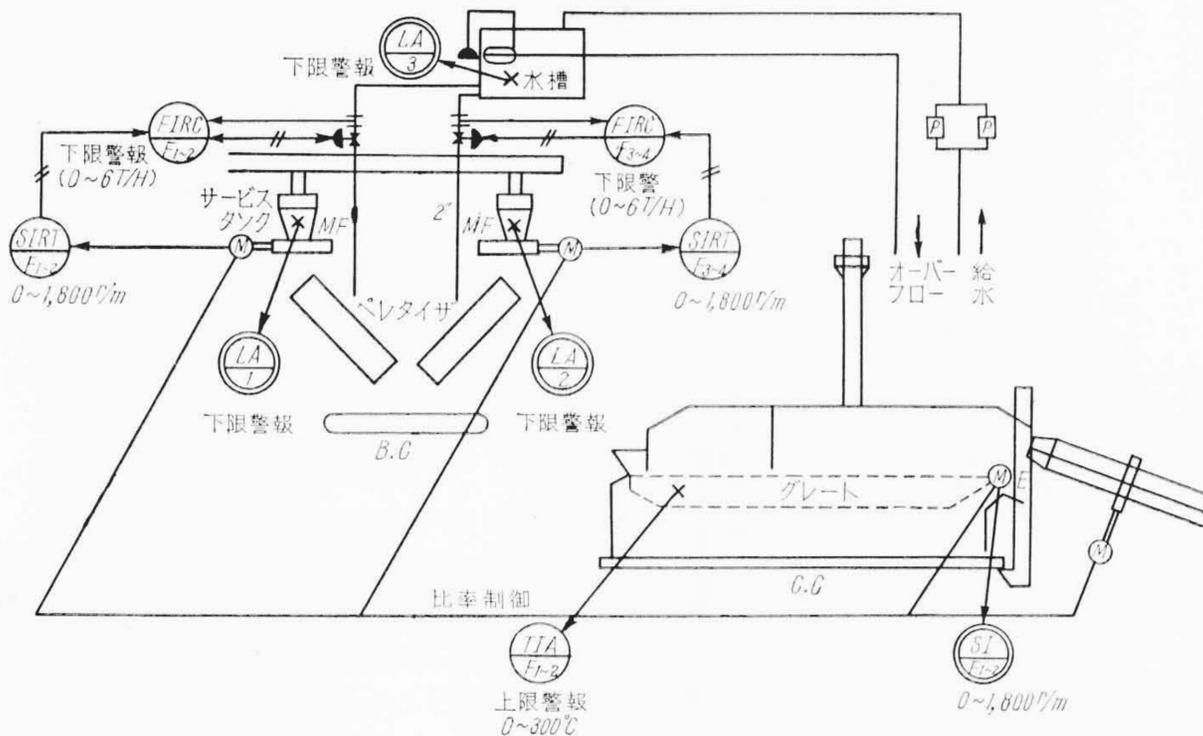
第12図 窯前計器盤



第13図 送窯計器盤



第14図 重油消費量一次空気量比率制御系



第15図 送窯系統計装図

(i) 燃焼時の炎によるじょう乱

燃料がキルン内に吹き込まれて燃焼するとき、その炎が高温計の視界をさえぎる。

(ii) 輻射高温計のレンズに曇りを生ずる。

(iii) クリнка飛沫(まつ)が視界をさえぎることがきわめて多い。

(iv) 測定対象が不規則に動いていること。

(v) 炭酸ガス、水蒸気、亜硫酸ガスの発生による長波長の吸収があること。

(vi) 窯内リングの生成およびリング落ちによるじょう乱 (これは焼成自体の問題で特に計器に関係はない)。

焼成帯温度測定はこのほかに集温リングによる方法があり、各所で採用されているが、この方法では高温用サーモカップルの保護管の材質選定が容易でなく、また常に直接原料との接触があるため摩耗がはげしくたびたび取り替えを必要とするので保守もたいへんである。

以上のように現在ではキルン焼成帯温度を導入した制御系にはまだ十分安心して採用できない点があり、その対策を研究中である。なお焼成帯の監視のために工業用テレビを採用すれば非常に便利である。この温度検出がうまくゆけば、これによるキルン速度制御あるいは燃料制御を行なうことによりさらに高度の自動運転が可能となる。

(4) キルンの排ガス分析

キルン内部の燃焼状態は燃料が酸化されて生ずる炭酸ガスの量

を測定して知ることができる。いまかりに燃焼状態に変化が生じたとする、これは排ガス中の炭酸ガスの変化となって現われ、燃焼そのものには変化がなく、キルン内部の熱分布が変化すれば、焼成帯の位置のずれが生じ、そのためやはり燃焼に生じた炭酸ガス量に変化が現われてくる。

しかしこの炭酸ガスは原料である石灰石の熱分解により多量に発生するので燃焼用主幹信号としては排ガス中の燃焼用過剰空気中の酸素量をとるのがよいと考えられ、一般に磁気酸素分析計が用いられている。これは酸素の常磁性を利用したもので、強磁場内に測定ガスを引き込み、酸素分子の磁場に引き込まれる力を測定することによりその濃度を知るものである。

この分析においても検出装置に対し、配管抽出部のダストによる閉そく、ドレーンによるトラブル、検出部の温度の高いことを十分考慮し、完全なる連続分析を十分安定に行なうことにより、これをキルン燃焼制御系あるいはキルン自動速度制御系に組み込んで、高能率な自動運転が可能となる。

(5) グレート一室二室間差圧制御 [PdIRC-G 1~2]

→ [EI-G 3~4]

グレート室間の圧力バランスを常に保ってダストの逆流を防ぐために、グレート一次ファン用ダンパを制御する。

る。

(6) クーラ内部圧力、温度制御

キルンにて焼成されたクリнкаはクーラ内にはいると、冷却空気により急冷される。この空気の一部はバーナの二次空気としてキルン燃焼に役立ち、残りはクーラの反対側よりダンパを経て排出される。クーラではクリンカの熱を十分回収することが望ましいが、このためキルン焼成に悪影響を及ぼさないよう考慮する必要がある。そのため、クリнка冷却後の温度と同時にクリнка層の空気抵抗を一定に保つよう、ダンパおよびクーラグレートの速度を加減する。これら温度、圧力調整用として次のものが採り上げられる。

(i) クーラ内部温度調整

[TIRC-GC 1~2] → [EI-GC 3~4]

クーラ内部温度により、冷却ファン用ダンパの開閉を行なう。

(ii) クーラ内部圧力調整

[PIRC-GC 3~4] → [SI-GC 1~2]

クーラ内部圧力により、クーラグレート用電動機の変速を変化させ、クーラグレートの通気度を変えて圧力を一定に保つ。

(iii) クーラフード圧力調整

[PIRC-GC 1~2] → [EI-GC 1~2]

キルン出口のクーラフード圧力はクーラ排気ダンパの開閉により調整される。

(7) 原料供給量供給水量比率制御

[SIRT-F 3~4] → [FIRC-F 3~4]

レボールキルンにおいては、原料がキルンに送り込まれる前にペレタイザにて成粒されるが、ここに使用される水の割合の良否はペレットのできぐあいを左右し、ひいては焼成の段階にまで影響を及ぼすものであるから、これを原料量に対して一定の割合になるよう自動調整するものである。フローシートの詳細は第15図に示す。

4.3 自動制御例

(1) キルン速度制御

焼成点温度を一定に保とうとする場合、原料供給量は一般に大きく変動することはないので、キルンは常に一定の速度で回転させておく必要がある。このためキルンの自動速度制御を行なうの

であるが、その仕様としては次のような事項があげられる。

- (i) キルン電動機容量
100~250 kW
- (ii) 速度制御範囲
3:1
- (iii) 所要精度
セット値に対し ±2%
- (iv) じょう乱
電源電圧 ±10%
周波数 +1~-3 c/s
負荷トルク 約 50~100%
(運転中約 ±15% 周期的に変動)
- (v) 特殊条件 周囲高温 多量のじんあいあり

キルン速度制御方式としては種々あるが、そのおもなものを次にあげてみる。

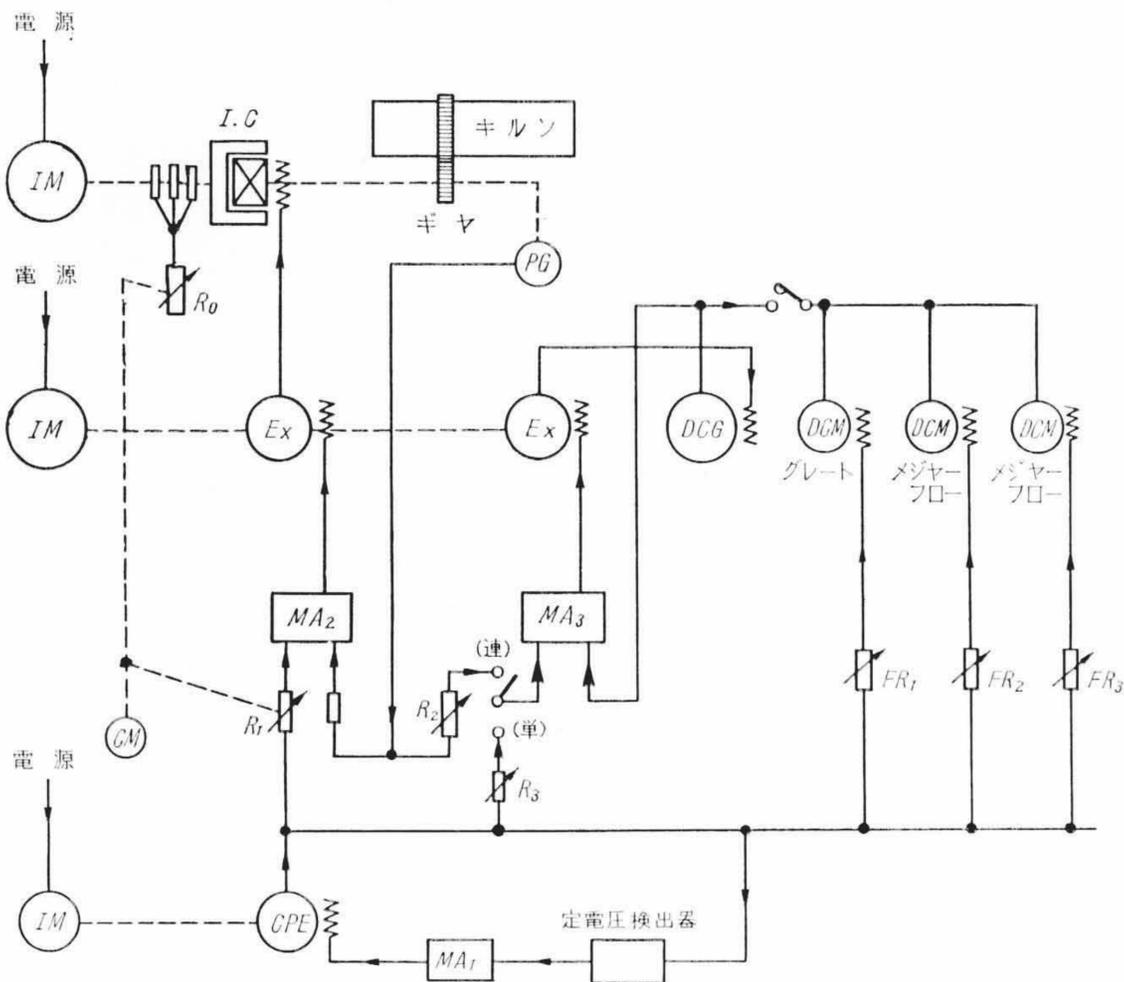
1) 電磁誘導継手方式

第16図はこの速度制御方式のスケルトンを示している。キルン回転速度は速度検出発電機 PG により検出され、磁気増幅器にて基準設定速度信号と比較され、その差が増幅されて電磁誘導継手の励磁電流を変化させ、キルン速度の制御を行なう。ただし本図中の CPE は定電圧発電機であり DCM はグレート用および原料供給用直流電動機を示す (キルンと原料供給速度の比率制御は後述する)。

なお電磁誘導継手は機械的回転磁界の励磁電流を加減して、二次巻線のある回転子との間に生ずる結合力を加減しながらトルクを負荷に伝達するもので、電動機としてカゴ形誘導電動機を使用する。本方式は制御信号電流 (励磁電流) が少なくすむので自動制御も容易で、しかも広範囲に円滑に速度制御ができる。また本方式は構造的にもじょうぶでダストの多いセメント工場には好適のものであることから最近一般に好んで使用されている。

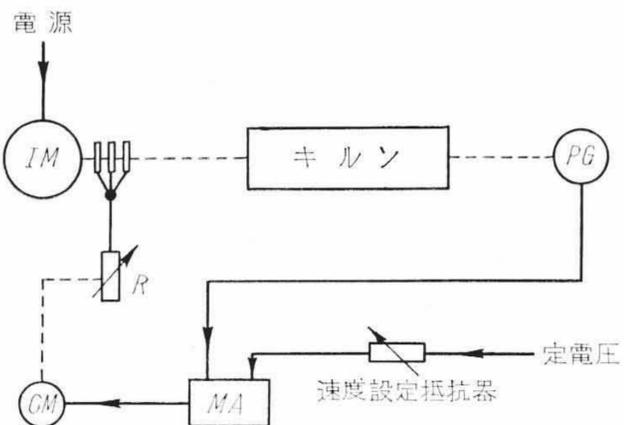
2) 巻線形誘導電動機二次抵抗法

巻線形誘導電動機の二次抵抗を操作電動機により変化して速度を制御するもので、第17図にそのスケルトンを示す。この方式では電動操作のため応答が比較的小さくなるが、構造的にもじょうぶで、操作も簡単、設備費も安価になる。

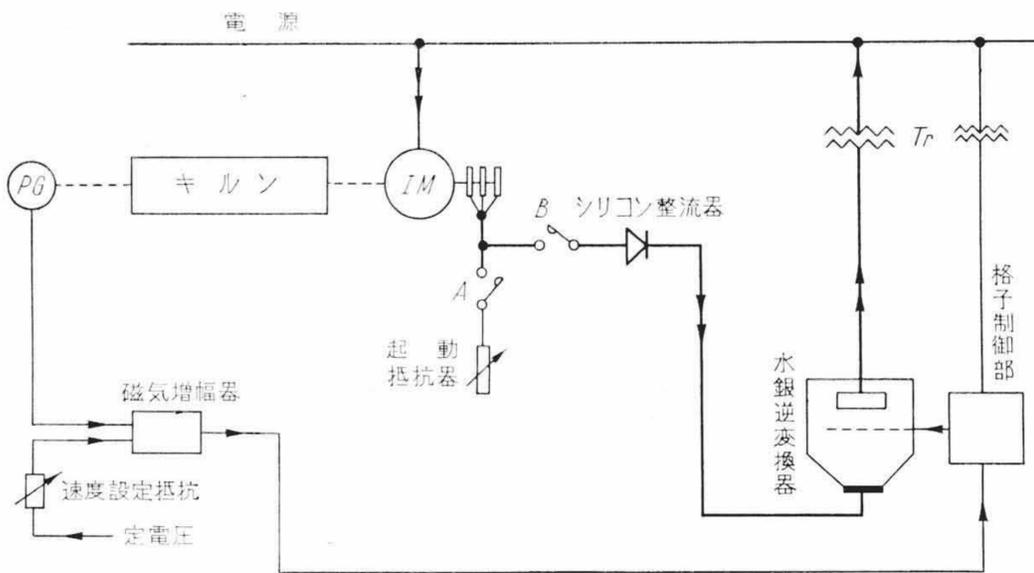


| 記号 | 説明 | 備考 |
|---------------------------------|-----------------------|----|
| CPE | 定電圧発電機 | |
| PG | 速度検出発電機 | |
| MA | 磁気増幅器 | |
| IC | 電磁誘導継手(インダクションカップリング) | |
| R ₀ , R ₁ | キルン速度設定用可変抵抗器 | |
| R ₂ | キルン対DCM速度比率設定用可変抵抗器 | |
| R ₃ | DCM速度設定用抵抗器(単独使用) | |
| FR | 界磁抵抗器 | |

第16図 電磁誘導継手方式



第17図 巻線形誘導電動機二次抵抗法



第18図 静止セルビアス方式

3) 静止セルビアス方式

これは第18図に示すもので原理はキルン用誘導電動機のすべりエネルギーを、その回転子から水銀逆変換器により電源に送り返すもので、主電動機の二次側に水銀逆変換器を置き、これを制御することによって誘導電動機の二次電圧を変えて速度制御を行なうものである。この方式では容量の小さい場合には水銀整流器の代わりに制御極付シリコン整流器を使用することもできる。

4) 直流電動機ワードレオナード方式

直流機の最も一般的な速度制御方式で、動作が円滑であり、広範囲に効率の良い速度制御ができるが、設備費が高価で、直流電動機を使用するためダストの多い所では保守に考慮を要する。

(2) キルン速度と原料供給量比率制御

レポール式キルンの場合、原料はメジャーフローによって供給され、グレートを通してキルンに送り込まれる。キルン速度が速くなり、キルン内部の原料進行速度が速くなると、原料供給不足となり焼成帯温度が上昇しすぎるため、これを補うように多量の原料を供給する必要がある。またキルン速度が低下して原料進行速度が落ちてくると、焼き不足の生ずるおそれがあるため、原料量を減らす必要がある。さらにグレートにおいてはキルン廃ガスにより原料を仮焼するので、この速度もキルン回転速度にマッチさせることはもちろん、メジャーフロー速度に対しても比率調整が要求される。

さきに示した第15図においてグレートおよびメジャーフロー用電動機は共通発電機を電源とする。この発電機電圧をキルン速度検出発電機出力に比例させて変化させることにより各直流電動機速度をキルン速度にマッチさせることができる。この間の速度制御比は3:1の範囲変更可能で、図の R_2 によって比率調整できる。さらにメジャーフローとグレート間の速度比は界磁抵抗器によって3:1の範囲変更可能である。

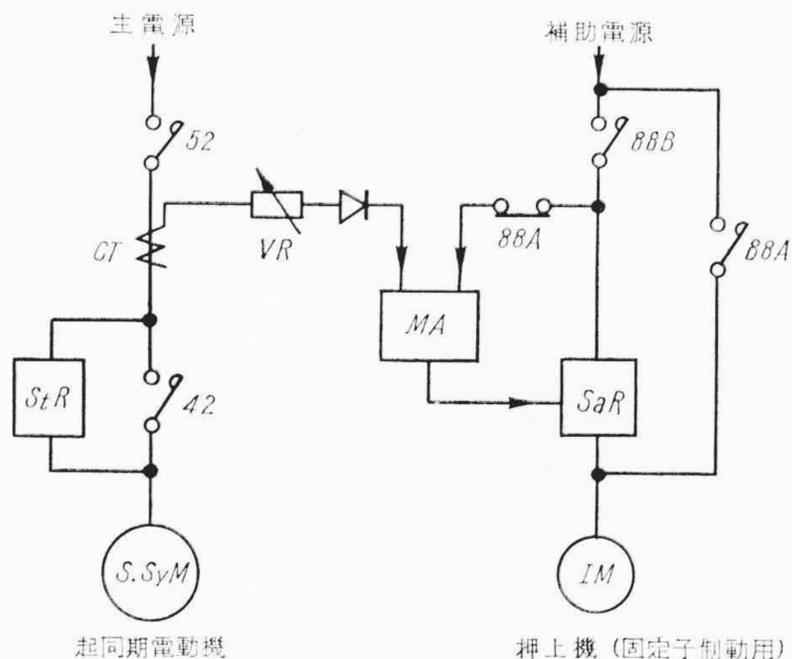
(3) ミル用超同期電動機自動起動装置

超同期電動機は起動力が大きいので仕上ミル、原料ミル、石炭ミルなどに数多く使用されるが、この起動を円滑に、安定に行なうために自動起動装置を使用するもので第19図にその回路を示す。

超同期電動機の起動に際してはまず固定子制動用サーボリフタ制動機をゆるめて固定子を起動し、これが同期速度付近まで達したとき同期引き入れし自動制御装置を動作させながらサーボリフタ制動機をかけ回転子の起動を開始する。いま固定子が同期速度になり界磁に直流が加えられると88Aが開路してサーボリフタ制動機は88Bおよび可飽和リアクトルを通して制御されるようになる。この状態で主回路電流を変流器で検出して磁気増幅器により増幅し、可飽和リアクトルのインピーダンスを変化させることによりサーボリフタ制動機の制動回転力を変え、自動的に電動機電流を許容値に制限しながら固定子制動力を制御する。回転子が同期速度に達すると88Bが開放され制動機が完全にかかり自動起動を完了する。この方式を用いれば、電動機には過電流の流れることもなく、制動時の機械的な無理がなく寿命が長くなる。なお第20図は超同期電動機外観である。

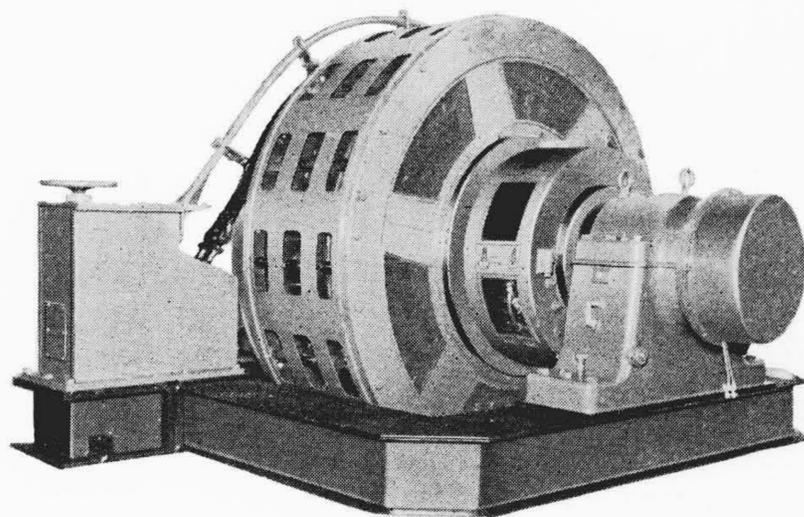
(4) その他の速度制御

以上述べた制御関係のほか、原料粘土調合用電動機、ファン用電



| 記号 | 説明 |
|-----|----------|
| 52 | 主接触器 |
| 42 | 運転遮断器 |
| 88 | 押上機用接触器 |
| StR | 起動リアクトル |
| SaR | 可飽和リアクトル |

第19図 超同期電動機自動起動回路



第20図 超同期電動機外観

動機は速度制御がある。

5. 結 言

以上セメント製造方式の概要ならびにその計装、電動機の総括制御、自動制御について述べたが、実際現段階においてはまだキルン系の動特性についても完全に解析されてはならず、検出装置についてもさきに述べたように残された問題がある。セメント工場におけるプロセスオートメーションがもはや欠くことのできない存在になってきている現在において本文がなんらかの参考になるならば幸いである。

今後さらに研究が進むにつれてセメント工場の計装設備が完成されてくると、しだいに計算機制御も採り入れられ完全自動化の方向に進むものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) エレクトロニクス 昭和32年1月号
- (2) 計測 昭和32年6月、10月号
- (3) 窯業 工学ハンドブック
- (4) Cement Lime and Gravel 1958年10月号
- (5) Pit & Quarry 1959年7月号