

共同研究会報告講演

—設備部会クレーンスケール小委員会報告—

製鉄作業用クレーンスケールの実用化試作について*

岡 部 英 雄**

Cooperative Studies on Ladle Crane Scale for Steel Making Practice

Hideo OKABE

1. 緒 言

製鋼作業において、生産した溶鋼全重量、あるいは注入しつつある溶鋼の重量を正確に知ることは、品質の面からも経済的な面からもきわめて重要なことである。

このため、製鋼工場の造塊取鍋起重機に秤量機を取りつけ、溶鋼重量を知る試みは古くから企てられ、すでに実際作業にも取り入れられている。このためには電子管式秤量機が利用され、その精度も当初は1%程度であったものが最近では0.2%程度まで向上しているとの報告もある^{1)~3)}。

しかし実際作業上の満足を得るためには少なくとも100 kg程度の精度が要求され、しかも環境の劣悪なる製鋼作業現場で、長期に安定した使用に耐えるものでなければならぬ。近時、取鍋起重機はますます大型化され能力100 t以上は常識的となり、このため秤量誤差を100 kg以内におさめるためには、秤量精度0.1%以上が要求される。このことは原理的には可能であつても、実際作業上安定してこの値を満足することはなかなかむずかしく、確実にこの目的を達成した実用機は国の内外を問わずいまだ現われていない現状である。

日本鉄鋼協会ではこの点に着目し、鉄鋼共同研究会設備技術部会のもとに、クレーンスケール小委員会を発足させ、秤量機使用者たる鉄鋼生産者、秤量機製造者協力一致して、内外にさきがけ、大型造塊取鍋起重機に取り付け、秤量誤差100 kg以内、長期間安定して実際作業に使用しうる製鉄作業用クレーンスケールの実用化試作を行なつた。

昨年上半期に発足以来、通産省による鉄工業技術試験研究補助金を得ることもでき、関係者の1年にわたる非常な努力により、能力120 tの造塊取鍋起重機に対し、最小目盛100 kg、精度1/1200の高精度クレーンスケールの実用化試作に成功した。

ここに至る経過、実用化試作機の概要、実用試験結果などを取りまとめて報告する。

2. 試験研究の経過

現在稼動中の造塊用取鍋起重機にとりつけ実際作業に

用い実用機の試作を行ない、さらに将来発展のための問題点を解明することを目的とした。

秤量機の精度は100 kg以内、0.1%以上、全溶鋼重量、鑄込中の溶鋼重量おのおのが操業者に明確によみとれ、作業性、保守の容易性ともに良好なるように配慮した。

昭和41年の春より鉄鋼共同研究会設備技術部会のもとに鉄鋼各社、秤量機メーカー各社委員より成る小委員会を設けた。

小委員会の構成は次のごとくである。

委員長	岡部 英雄	川崎製鉄(株)千葉製鉄所
委員	池田 義孝	住友金属工業(株)東京支社
	甲斐 幹	八幡製鉄(株)本社
	岸田 寿夫	大同製鋼(株)知多工場
	金原 晃	川崎製鉄(株)本社
	小島 佑介	東海製鉄(株)
	桜田 利雄	(株)神戸製鋼所神戸工場
	首藤 武次	久保田鉄工(株)本社
	杉田 利邦	(株)守谷製衡所
	鈴木 久夫	八幡製鉄(株)本社
	高橋 照二	通産省工業技術院計量研究所
	角田 辰亥	川崎製鉄(株)計量器工場
	徳増 肇	(社)日本機械工業連合会
	中沢 尚次	日本鋼管(株)本社
	二上 夢	日本鋼管(株)鶴見製鉄所
	西岡 隆士	住友金属工業(株)和歌山製鉄所
	長谷 義夫	東京衡器(株)
	水谷 吉蔵	富士製鉄(株)本社
	山越 康和	大和製衡(株)
	山地 健吉	日本鋼管(株)本社
	吉谷 豊	富士製鉄(株)本社
直属幹事	矢野 武夫	川崎製鉄(株)本社

小委員会設立とあわせて実用化試作機の設置場所を種々検討した。その結果日本鋼管鶴見製鉄所1号120 t取鍋起重機に設置することに決めた。

* 昭和42年10月本会講演大会にて発表

昭和42年11月1日受付

** 川崎製鉄(株)千葉製鉄所

表 1. クレーンスケール試作工程表

	昭和41年	8	9	10	11	12	昭和42年	1	2	3	4	5	6	7	8月
基本設計		9/1		10/15											
詳細設計			10/16		11/15										
検出部 指示部試作				11/16					1/31						
室内実験改良						2/1		2/19							
起重機部改造					1/10			2/20							
附属装置製作				12/1				2/19							
現場取付工事								2/20		2/26					
現場試験								2/27		3/31					
結果検討改良								2/28		4/15					
実用化試験 改良									4/15				3/19		
総合まとめ														8/1	8/31

表 2 荷重検出方法比較検討表

方 式	長 所	短 所
抵抗線歪検出装置 (ストレンゲージ)	精度 1/1000 は十分可能, 1/10000 のものも試作されている. 安定した製品が供給されている.	出力が小さい, 1.5~2 mV/V 程度
半導体歪検出装置	出力は大きい, 0.1V/V 程度	精度 1/400 程度
磁気歪検出装置	構造が頑丈であり, 出力も 0.1V/V と大きい.	精度 1/200~1/500 程度
差動変圧器 (D. T. F.)	接着剤等使用していないので取り扱いが容易である	精度 1/400 程度. 大容量になると直線性が悪くなる.

7月26日小委員会準備委員会を開き, 試作機につき重量検出方法, 指示方法など概略仕様大綱について検討を行なった. これに基づき8月19日, 第1回小委員会を開き, メーカー側委員から提出された試作機についての概略仕様の検討を行なった. 9月1日, 第2回委員会を開き, 試作機の仕様の細目問題点の総合的検討を行なった. 10月12日, 第3回の委員会で, 試作メーカーは正式に大和製衡(株)と決め, 各部の検討を行ないながら, 並行して, 工場試作を進めることとし, 試験研究計画の細目について検討した. ついで12月8日, 第4回委員会を開催, ロードセルについて詳細検討を行なった.

一方委員会における検討結果を取り入れながら試作機の設計製作は表1に示すように10月中旬より開始, 各部の製作試験を精力的に行ない, 本年2月中旬工場製作を完了, 工場試験ののち, 2月20日より26日にかけて現場取付工事を行なった.

3月17日, 第5回小委員会において, 指示機構の研究, 工場試験結果の検討を行なった.

すえつけ後, 委員会の検討結果を取り入れ, 改良を加え, 以降各種実用試験をすすめる. 5月29日, 第6回小委員会で中間報告, 8月, 総合試験をほぼ完了, 8月31日

第7回小委員会により, 実用化試作機試験研究の成功を確認した.

3. 試験研究の内容

3.1 クレーンスケール全体の構成

クレーンスケールは検出部, 伝達部, 指示部より成る. 取鍋の荷重は検出部である吊ビームにくみこまれたロードセルにかかり, ここでこの荷重に応じた電圧信号(0~8mV)が出力として生ずる. これがケーブルを主体とする伝達部を経て指示部に至る. 指示部ではこの電圧信号を, 自動平衡機構により, アナログ量として表示し, さらに A/D 変換機をへてデジタル量として表示される.

3.2 荷重検出部に関する研究

3.2.1 ロードセル

荷重検出についての各種の方式⁴⁾について, その長所短所を比較検討した. その結果を取りまとめると表2のごとくである.

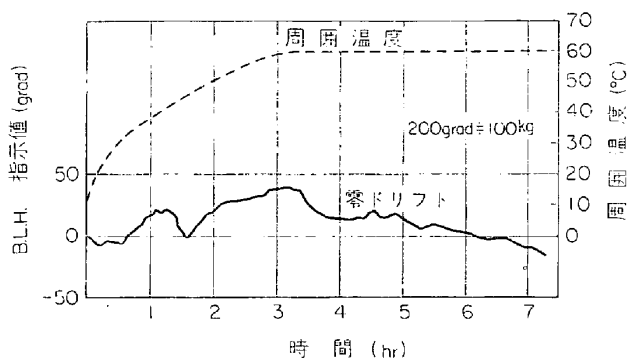
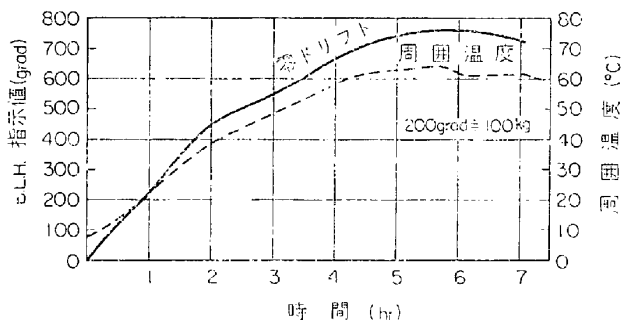
表からわかるようにストレンゲージ方式は出力は小さいが, 検出精度はよく, 比較的安定した製品が供給されることが明らかとなった. 現状で 1/1000 以上の精度をう

表 3 直流方式, 交流方式の比較

方 式	長 所	短 所
直 流 方 式	測定が正確かつ容易である誘導障害が少ない。	安定した直流電源が必要。熱起電力の影響を受けやすい。
交 流 方 式	電源が変動してもゲージ電圧と平衡電圧が同じ比率で変わるので精度上の支障がない。	配線距離に制限がある (100m)。誘導障害を受けやすい。

表 4 表ロードセルの荷重—出力特性

荷重 (t)	基準 (mV)	荷 重 増 加 時			荷 重 減 少 時		
		出力(mV)	誤差(mV)	誤差(%)	出力(mV)	誤差(Vm)	誤差(%)
0	0.000	0.000	0.000	0.00	0.001	+0.001	+0.01
1	0.739	0.736	-0.003	-0.03	0.736	-0.003	-0.03
2	1.477	1.477	0.000	0.00	1.477	0	0
3	3.216	2.212	-0.004	-0.05	2.213	-0.003	-0.03
4	2.955	2.950	-0.005	-0.06	2.950	-0.005	-0.06
5	3.693	3.687	-0.006	-0.07	3.688	-0.005	-0.06
6	4.432	4.426	-0.006	-0.07	4.426	-0.006	-0.07
7	5.171	5.166	-0.005	-0.06	5.165	-0.006	-0.07
8	5.909	5.907	-0.002	-0.02	5.905	-0.004	-0.04
9	6.648	6.642	-0.006	-0.07	6.641	-0.007	-0.08
10	7.387	7.384	-0.003	-0.03	7.383	-0.004	-0.04
11	8.125	8.127	+0.002	+0.02	8.123	-0.002	-0.02
12	8.864	8.864	0.000	0.00			

図 1. ロードセルの零ドリフト
(温度補償を行なった場合)図 2. ロードセルの零ドリフト
(温度補償を行なわない場合)

る試作機のためにはストレンゲージ方式を採用することとした。

さらにストレンゲージについて直流方式と交流方式とを検討したが表3のごとく、相互に特徴はあるが、安定電

表 5 ロードセル仕様

項 目	内 容
ひょう量	12 t
型 式	トラニオン機構付引張型
ブリッジ抵抗	240Ω
励磁電圧	10V DC—AC
出力電圧	0.9m V/V
総合精度	0.075% F. S.
ヒステリシス	0.05% F. S.
再現性	0.05% F. S.
オーバーロード	165% F. S.
絶縁抵抗	ブリッジケース間 5000MΩ
温度範囲	-20°C ~ +80°C
材 質	
弾 性 体	ばね鋼
ケーシング	軟 鋼
上下吊環部	鋳 鋼
ゲージ	ベークライトゲージ
ロードセル内処理電線	テフロン絶縁電線
口 出	4 芯 0.5 mm ² シールドケーブル
キャプタイヤケーブル	ハイパロン絶縁 ハイパロンシースケーブル

源、熱起電力の影響などの関係上、誘導障害排除を十分考慮することとして交流方式をとった。

表 6. ロードセル設置方式の比較

ワイヤーを介して荷重をかける方式	直接ロードセルに荷重をかける方式	こうかん併用方式
ワイヤーの摩擦、ワイヤーの伸びなどが精度に影響する。ワイヤロープの長さの補正が必要。熱の影響の少ない所に設置可能。	熱の影響をうける。ロードセルの数は複数個必要(特性の全く同じロードセルを揃える必要がある)	熱の影響をうける。ロードセルは1個でよい。簡易検査が容易にできる。

ロードセルには引張型と圧縮型とがあるが、起重機のように振動の多いものでは引張型のほうが偏心荷重をうけることが少なく、精度維持が容易であるので引張型を採用した。

ロードセルは容量 12 t, 特殊鋼を中空円筒型に加工し熱処理を行なった上、ストレンゲージを焼付し外部に保護カバーを取り付けた。

ロードセルの荷重に対する出力電圧の直線性は特に大切であるが、その特性値の実測の結果は表 4 に示すようにきわめて満足すべき値を示している。

また、ロードセルに対し、温度の影響を打消すよう補償回路を設けてあるが、図 1, 2 に比較して示すように十分満足する結果となつている。

本機に取り付けたロードセルの細部仕様は表 5 のごとくになった。

3.2.2 ロードセル設置方式

ロードセルへの荷重のかけ方は種々の方式がある。古くは、起重機のワイヤーシブに直接ロードセルを取り付ける方法が一般的であつたが、ワイヤーシブの摩擦ワイヤーの伸び、ワイヤーの重量などが精度に影響し、好ましい方法ではない。最近直接ロードセルに荷重をかける方式が発達してきたが、起重機の容量が大となると、ロードセルの数は単一ではなく複数個を要し、容量の大きいしかも特性のまったく合致したロードセルをつくる必要がある。

今回特に高精度のロードセルを要求されるため、誤差の原因を少なくするため、1 個のロードセルを使用し、起重機の吊ビームの中にこうかんを組み込んで、ロードセルの容量が小さくてすむように考慮した。

ロードセル設置方式の比較検討結果を取りまとめると表 6 のごとくになる。

実際には既設起重機の吊ビームのかわりに新しく吊ビームを作成し、この中に 2 本のこうかんを組み込んだ。こうかんは 4 個の支持台により支持され、重点部には取鍋を吊下げるトラニオン部を 4 点で懸垂する構造でこうかん比は 1/10 である。力点部では 2 本のこうかんから伝達されてきた荷重を一点に集めロードセルにかける。またふれどめのため特別のチェックロッドを取り付けた。

3.2.3 防熱対策

吊ビームは取鍋溶鋼の熱によりかなりの高温に熱せられることが予想される。そこで既設の吊ビームにテスト用の防熱装置を施し温度測定を行なった。この結果は図 3 に示すように適切なる防熱装置をほどこせば、ロードセルチャンバー内部温度はかなり低くしかもほぼ一定に保たれることが明らかとなつた。

そこで吊ビームの底面と側面に鋼板とアスベストを主体とする防熱板を取りつけ、またロードセルを収容する上部ボックスにさらに防熱カバーをつけて内部の温度上昇を極力防止するようにした。かくして防熱対策を考慮して新しく製作した吊ビームについて、使用時の温度を測定した結果は図 4 に示したように、ロードセル使用温度範囲におさまリ、目的を達成することができた。

防熱構造の概要は図示のごとくであり、防熱処理前後の吊ビーム内温度は表 7 に一括して示すごとくである。

3.3 伝達部に関する研究

ロードセルからの電気信号を指示部に伝えるために、ケーブルを用いるが、この際誘導障害を完全に防止すること。取鍋の上下、横行に応じてケーブル巻上げ走行を行なうが、この際、動作が起重機の動きに対し完全に同調

表 7 防熱処理前後の吊ビーム内温度

項 目	防熱装置を施していない既設吊ビーム	テスト用防熱装置を施した既設吊ビーム	防熱装置を施した新吊ビーム
吊ビーム内	100~180°C	40~60°C	70~90°C
ロードセル取付チャンバー内	—	25~40°C	60~70°C

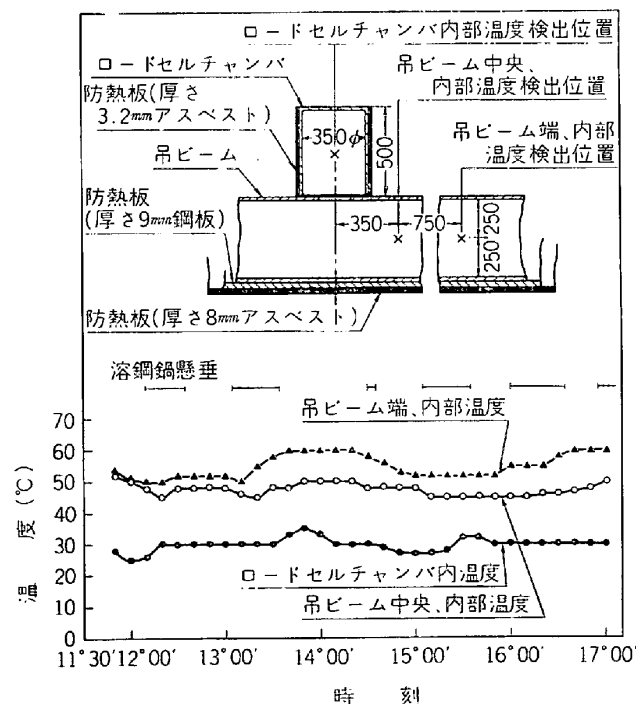


図 3. 防熱モデルによる温度測定結果

第8表 指示機構の方式の比較

方式	レンジ切替方式	多回転ポテンシオ方式	デジタル化方式
内容	スライドワイヤーと固定抵抗を順次切換えていく方法で、例えば120 tを(0~40 t, 40~80 t, 80~120 t)の3レンジに分割し荷重が0~40 tの間ではスライドワイヤーだけで自動平衡させる。次に荷重が40~80 tになると0~40 tの分は固定抵抗で置き換え40~80 tの間をスライドワイヤーを使用し、[固定抵抗+スライドワイヤー]で自動平衡させる。80~120 tの間は同じく[固定抵抗(2個)+スライドワイヤー]で自動平衡させる。	長尺のスライドワイヤーをヘリカルに巻き自動平衡機構に繰入れる。	ロードセルの出力を直接デジタル電圧計で測定する。
得失	直線性、分解能が非常に良い。特に直線性が優れている。 レンジの切替に5~10秒の時間を要し、錆込量の測定を行なう場合、錆込量判断時に、この切替がぶつかった場合不都合である。	長尺で直線性のよい高精度のスライドワイヤーを使用する必要がある。	ロードセルの出力が数mVと微小なのでプリアンプを入れる必要があり、誤差の原因となる。 温度、振動、電気雑音など環境浄化の必要がある。

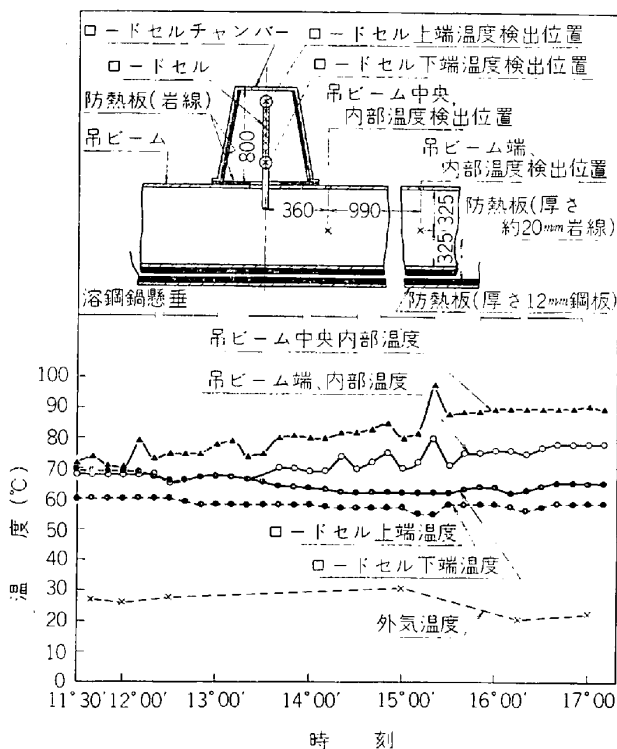


図4. 新吊ビーム温度測定結果

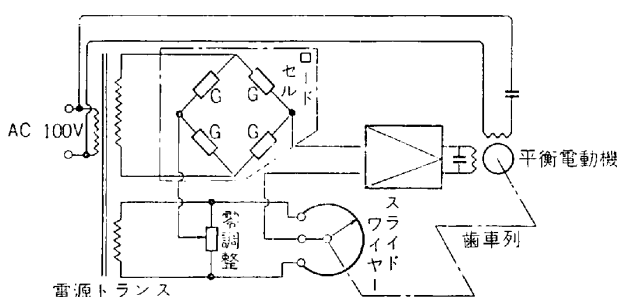


図5. 自動平衡機構概略図

第9表 スライドワイヤー直線性試験結果

指示 (t)	基準抵抗値 (Ω)	測定値 (Ω)	誤差 (Ω)	誤差の百分率
0	22.94	22.94	0.00	0.000
10	59.85	59.83	-0.02	-0.004
20	96.76	96.74	-0.02	-0.004
30	133.67	133.57	-0.10	-0.022
40	170.58	170.50	-0.08	-0.017
50	207.48	207.23	-0.25	-0.057
60	244.39	244.10	-0.29	-0.066
70	281.30	280.98	-0.32	-0.072
80	318.21	317.96	-0.25	-0.056
90	355.12	354.91	-0.21	-0.046
100	392.02	391.81	-0.21	-0.048
110	428.93	428.80	-0.13	-0.030
120	465.84	465.84	0.00	0.000

注1 測定はホイートストーンブリッジによる。検出器として微小直流電圧計(最小感度 $1 \mu V$)を使用。

注2 0~120 t に対する抵抗値 442.90Ω

10 t ステップに相当する基準抵抗値変化

$$442.90 \Omega / 12 = 36.91 \Omega$$

指示計1目盛に相当する抵抗値

$$442.90 \Omega / 1200 = 0.369 \Omega$$

し、しかも長期にわたり故障なく保守点検の容易なこと、引張強度も十分あり、中心に鉄芯が入りしかもフレキシビリティ良好で耐摩耗度、耐熱性を十分考慮することが必要である。

これらを検討した結果ケーブルは高温用ハイパロン電線(4芯仕上外径 $14.5 \text{ mm } \phi$)を使用した。

ケーブル巻取り装置はチェーンで起重機ワイヤードラムと連動させた。巻取り部分より指示部に至る間、クレーンガーダーにそつてケーブルは5コの支持点をもつて懸垂し自由にスライドする。

これらは従来の実績をもとにして実際使用試験を行なったがほぼ満足する結果を得ている。

3.4 指示部に関する研究

3.4.1 全重量指示機構

第10表 スライドワイヤー仕様

項 目	内 容
型 式	サーボ用ペアリング支持形
電 氣 的 回 転 角 度	1980°
シャフト回転数	5.5 回転
抵抗コイル全長	1400 mm
重 量	約 600 g
トル ク	約 89 g - cm
使用回転角度	1800°
あ そ び 角 度	+90°-90°
抵 抗 値	440Ω±3% F. S.
巻 線 数	4160 回転
最小目盛に相当する抵抗値	0.367Ω
コイル両端間最大電圧	35 V
直 線 性	0.075%
抵 抗 線 材 質	Cu-Ni 合金
抵 抗 線 温 度 係 数	2×10 ⁻⁵ /deg
絶 縁 抵 抗	D. C. 500V 100MΩ 以上
絶 縁 耐 電 圧	A. C. 1000V 1 min.
使用温度は い	-20°C ~ +65°C

ロードセルにより、重量は出力電圧信号となり、伝達ケーブルを経て指示機構に至る。1/1000 以上の分解能をもち、良好なる直線性を有する指示機構として各方式の研究を行なった。その結果は表 8 に示すようにロードセル出力を直接デジタル電圧計で測定する方法はサーボ機構など、機械的部分が少なく望ましいが現状では微小な出力を測定するために、振動、ノイズなど多く高温なる作業現場に工業的に使用する完全なるデジタル電圧計がまだないために今後の問題とすることとなった。スライドワイヤーと固定抵抗を順次切りかえて自動平衡させるいわゆるレンジ切替方式は分解能、特に直線性がすぐれているがレンジの切替に 5~10 秒の時間を要し、実際操業に利用する場合に問題がある。結局無難な方法として長尺のスライドワイヤーをヘリカルに巻き自動平衡機構にくり入れる多回転ポテンシオ方式を採用するこ

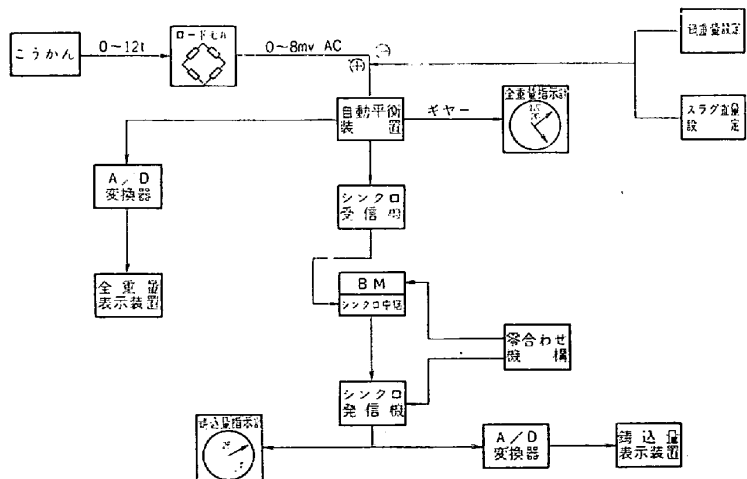


図 6. クレーンスケールブロック図

ととした。

このスライドワイヤーの直線性を試験した結果は表 9 のごとく有効全抵抗値に対する割合は最大でも 0.07% であり良好な値を得ている。

使用するスライドワイヤーの細目仕様は表 10 のごとくである。

3.4.2 鑄込量指示機構

全重量指示と並行して鋼塊鑄込時の重量を指示しなければならない。この場合、全重量と鑄込重量の精度が等しく高精度を要求される場合と、全重量に比べ鑄込重量の精度が高く要求される場合とがある。後者の場合に最近開発された親子式と称し、全重量のスライドワイヤーの一部を鑄込量専用のスライドワイヤーで拡大して相対精度を上げる方法がある。この方法では鑄込中に同時に全重量の変化が表示されないという欠点がある。

今回の試作機は全重量精度、鑄込重量精度共に 100 kg を要求しているので、前者の場合に相当する。

全重量指示機構から鑄込量指示機構への信号電送方式にはデジタル化して計算により鑄込重量を電送する方式もあるが、今回はシンクロサーボ機構を利用し、図 6 の系統図に示すような方法とした。

表示は運転室内において全重量、鑄込重量ともにアナログ表示とし、鍋重量、スラグ重量設定および重量消去機構を設け、溶鋼正味重量が表示できるとした。さらに運転室外クレーンガーダー部分に、全重量（鍋などの重量消去の場合は溶鋼正味重量）および鑄込重量が同時にデジタル表示できるよう、光字盤を取りつけ、A/D 変換器を介して 100 kg 単位で表示される。

4. 実用化試作機の仕様

上に述べた研究の結果、実用化試作機については、全重量および鑄込重量ともに造塊作業者が直接よみとれるようデジタル表示し、さらに運転室内にアナログ表示をするものとし、次に示すような仕様のもとに試作を行なった。

(1) 測定物

全重量（鍋重量、溶鋼重量、スラグ重量の合計、および鍋重量、スラグ重量をさしひいた溶鋼正味重量については指示可能）

鑄込量（鑄込中連続的に測定表示可能）

(2) ひょう量

120 t

(3) 最小目盛

100 kg

(4) 精 度

1/1200

(5) 型 式

検出部 こうかん併用ロードセル検出方式

指示部 全重量、注入量 2 種指示方式

(6) 起重機仕様

120 t レードルクレーン

揚程 12m

捲揚速度 6m/min

取鍋重量 約 25 t

鋼塊重量 8 t ~ 25 t

(7) 設定装置

- 鍋重量設定 20~30 t (100 kg 単位)
 スラグ重量設定 0~5 t (100 kg 単位)
 (8) 表示装置

運転室内

全重量ダイヤル表示

フルスケール

最小目盛

フルスケール指示速度

A-D 秒変換装置 内蔵

鑄込量ダイヤル表示

フルスケール

最小目盛

フルスケール指示速度

A-D 秒変換装置 内蔵

運転室外

全重量光字装置

フルスケール

最小単位

フルスケール指示速度

鑄込量光字表示

フルスケール

最小単位

フルスケール指示速度

- (9) ケーブル処理装置

ケーブル巻取り装置

ケーブル懸垂装置

- (10) 検査

検査方法

分銅検査

吊盆に分銅を入れて検査する。

簡易検査

簡易検査用フックによつてロードセルに直接荷重をかけて行なう。

実貫検査

鑄込時クレーンスケールで計量した鋼塊を台はかり(精度 ± 10 kg 以内)で計量して、おのおのの値を比較する。

合格条件

表11のごとくである。

試作取付を行なつたクレーンスケールの構成概略図を図7に示し、ロードセルとこうかんの組立図を図8に、クレーンスケール全体特に光字盤によるデジタル表示

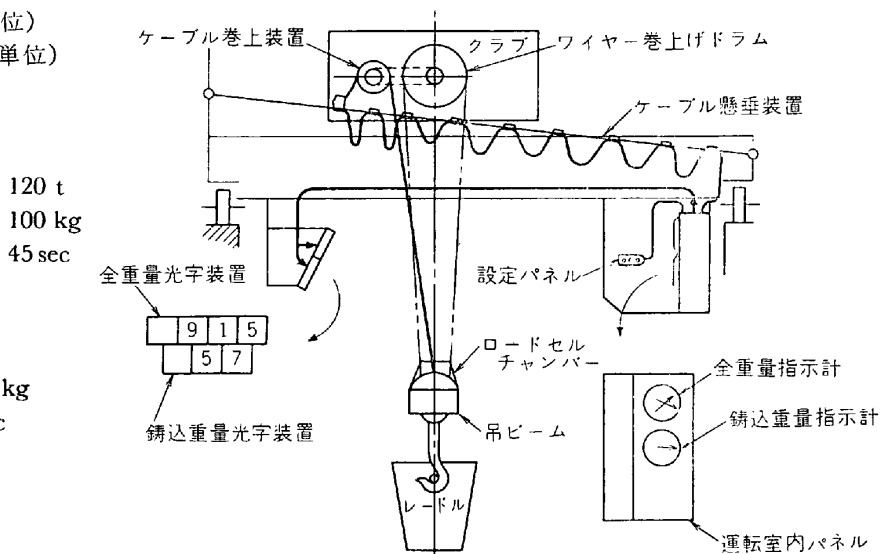


図7. クレーンスケール構成概略図

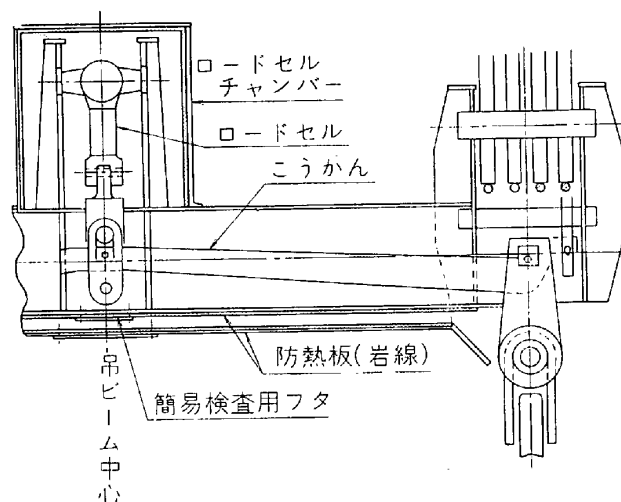


図8. ロードセルとこうかんの組立図

を写真1に、運転室内全重量および鑄込重量指示計を写真2に、設定盤を写真3に示す。

5. 実用化試作機の据付

昭和42年2月中旬に試作を完了したクレーンスケールは2月19日、日本鋼管(株)鶴見製鉄所に持込みを行ない翌20日から3月6日にかけて取付調整工事を行なつ

第11表 合格条件

項 目	全 重 量		鑄 込 量	
	室内ダイヤル表示 (アナログ)	室外光字表示 (デジタル)	室内ダイヤル表示 (アナログ)	室外光字表示 (デジタル)
受 入 検 査	± 100 kg	± 150 kg	± 100 kg	± 150 kg
使 用 検 査	± 200 kg	± 250 kg	± 100 kg	± 150 kg
実 貫 検 査*			± 100 kg	± 150 kg

* 実貫検査は研究目標として行なう。



写真 1. クレーンスケール全体図

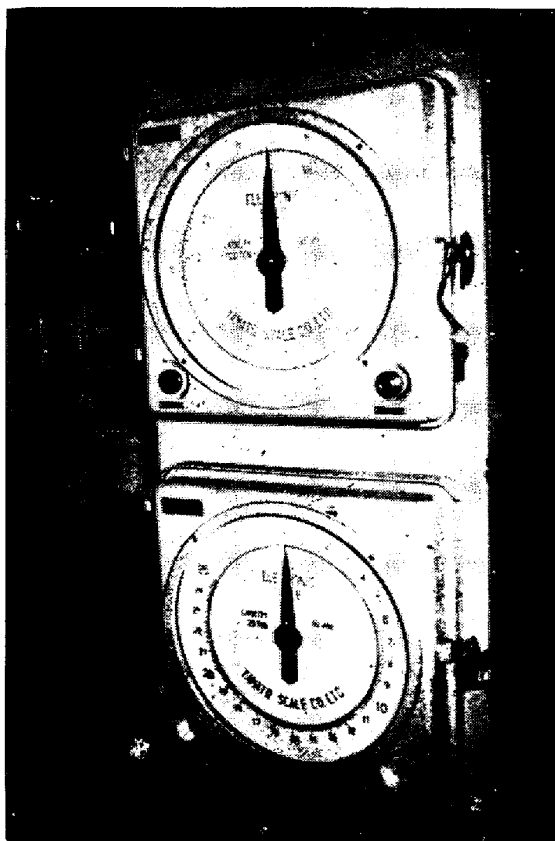


写真 2. 運転室内指示計

た。作業の合間を見て行なうため起重機停止の時間が短時間に限定され、工事は非常に困難であつたが関係者の努力により比較的短期間に行なうことができた。

工事工程は表 12 のごとく、起重機停止は 20 日に 12 時間、22 日に 8 時間、その他の日は朝夕 15 時間ずつに限定されたため、吊ビーム取替、配管工事、パネル据付、ケーブル懸垂および巻取り装置など主体部分の取付工事を 20 日と 22 日に能率的に行なつた。取付調整は 26 日迄に

完了し、分銅検査および簡易検査は 27 日の 7 時間と 3 月 6 日の 5 時間のクレーン停止時間を利用して行なつた。

6. 実用化試作機の試験検査

6.1 静的試験

ロードセル単体の諸特性の試験検査結果はすでに述べたが、ロードセルと指示計を組合わせ、荷重をかけた静的試験を行なつた。

秤量 120 t, 目盛 100 kg, 基準でこの試験機を用い、ロードセルに対し 12 t までの荷重をかけ、荷重増加時と減少時の指示値と、実際荷重との差違を調査した。実際の試作機ではこうかんにより荷重は 1/10 に縮小されるからロードセルおよび指示計による 12 t の表示は実際の秤量値としては 120 t に相当することとなる。

結果は図 9 に示したように、きわめて良好であり、最大の誤差でも荷重増加時で +50 kg, 減少時で -60 kg である。

次に同上の試験機を利用し、全重量指示、錆込量指示、鍋重量、スラグ重量の設定による正味重量指示の総合動作試験を行なつた。この結果もまた表 13 に示すように、きわめて満足すべき結果を得ている。

6.2 据付後の精密検査

据付後、分銅による精密検査、直接ロードセルに荷重をかける簡易検査を行なつた。結果は表 14 に示すように 50 kg 以内の器差におさまきわめて良好である。光字盤によるデジタル表示結果も十分満足すべき値を示している。同時に行なつた簡易検査の結果は表 15 に示すように、これまた良好な結果を得、実荷重による精密検査に対し十分簡易検査として使用しうることが明らかとなつた。ただし簡易検査では、こうかん、ナイフエッジを介して荷重は伝わらないから、これらに基づく誤差を知ることにはできないが、実荷重による精密検査と対比して考えれば、逆に、こうかん、ナイフエッジに基づくトラブルを推定することのできる利点がある。

さらに据付け試用後 5 カ月たつて行なつた精密検査の結果を示すと表 16 のごとく、これまた初期の目的を十分満足していることがわかつた。

6.3 据付後使用上の問題点とその解決

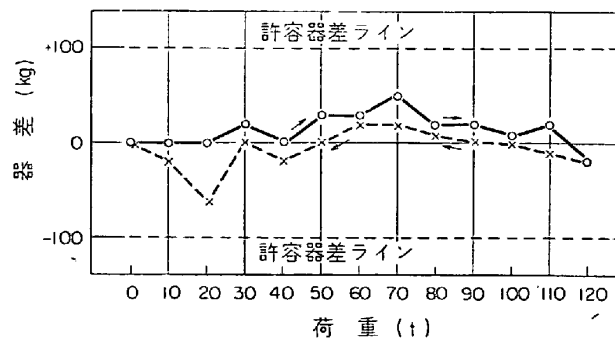
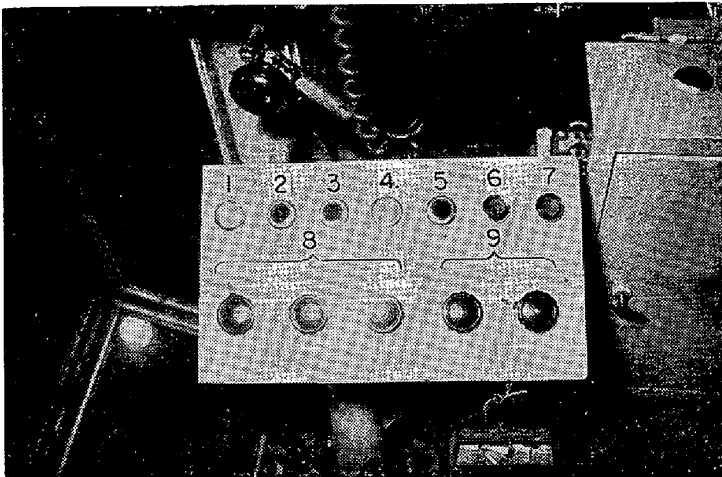


図 9. ロードセル指示計組合わせ荷重試験



1. 電源表示灯 2. 全重量計量中表示灯 3. 鑄込開始表示灯
4. 鑄込中表示灯 5. プログラムタイマー動作中表示灯 6.
鑄込重量指示計零点修正用押釦スイッチ 7. 鑄込重量指示計
帰零用押釦スイッチ 8. 鍋重量設定装置 9. スラグ重量設
定装置

写真 3. 設 定 盤

表12 クレーンスケール据付工事工程表

月日	2/19	20	21	22	23	24	25	26
項目		12	1+1	8	1'5+ 1'5	1'5+ 1'5	1'5+ 1'5	1'5+ 1'5
搬入	←→							
クレーン上へ荷揚げ	←→							
配管工事	←→	←→	←→	←→				
ターミナル取付				←→				
パネル据付	←→							
定電圧装置据付				←→				
光字盤取付				←→				
ケーブル懸垂装置取付	←→							
ケーブル巻取装置取付				←→				
ランプ取付				←→				
入線				←→				
結線				←→	←→	←→		
シーケンスチェック							←→	←→
吊ビーム取付	←→							
光字盤架台取付	←→							

実際使用試験の結果次のような問題点が明らかとなり
おのおのその対策を講じた。

(1) 問題点 1.

起重機の振動により全重量指示の最小ケタが最大幅で
10目 (±1000 kg) ふれるために、鑄込重量の零点が取れ
ない。検討結果起重機の振動は次のような場合に起こる
ことが明らかとなった。

- ① 秤量機のついた起重機自身が動くとき (300~1000 kg)。
- ② 隣接起重機が近づいてきたとき (最大800 kg)。

③ 同一ヤードで鋼塊型拔を行なうとき (最大700 kg)。

④ 隣接ヤードの起重機が同一線上来たとき (最大700 kg)。

さらに振動による指示値の振れの原因はパネル
および指針が振動するのでなく、荷重の加速度が
変化したり、遠心力が生ずるためであることがわ
かった。そこで起重機の振動が取鍋に伝わり、ロ
ードセル出力変化となつてあらわれぬようにしな
ければならないが、これは大変むずかしい。

そこでサーボモーターと指針軸間のギヤ比を
かえて指針のふれ速度を 1/3 にした結果振幅は
1/2 以下になりこの問題は解決した。なおこのた
めフルスケール 120 t の指示速度は当初予定の15
秒から45秒と長くなつたが実際使用上はまったく
差支えない。

(2) 問題点 2.

振動により鑄込開始の自己保持回路が切れるた
め、鑄込重量リセット押釦を何回も押す必要があ
り、押釦を押してから鑄込開始可能になるまで7
~8秒を要し、時間ロスが大きかつた。

自己保持回路が切れるのは振動により鑄込重量
指示計の指針がふれ、0 から 300~400 kg に達
したときにカムスイッチがはいるためである。カム
スイッチの位置は機構上 400 kg 以上にはでき
ないので、この防止のため、カムスイッチ接点を
殺し、鑄込重量リセット押釦操作後1分後にタイ
マーにより接点をonとしシーケンス上の補いをつ
けて解決した。

(3) 問題点 3.

取鍋吊上げ、鍋返し、注入など、取鍋起重機の
作業上当初の予想より吊ビーム、フックのふれが
大きく、これがこうかんのナイフエッジにおよぼ
す影響を防止するため、こうかんに直接取り付け
たチェックロッドでは不十分なことがわかつた。

そこで吊ビームのフック左右の取り付け部分に
新にチェックロッドを工夫し、フックの前後のゆ
れを防止し、かつ、こうかんの歯が浮上がるのを
防ぐような構造とした。これにより問題点をほぼ
解決することができた。

6.4 使用中零点スパンの変動

秤量機の性質上、秤量時零点の調整を行なうの
は当然であるが、連続作業の特質上、頻ぱんに零
点の調整を行なう必要があるのはあまり好ましく
ない。

4月下旬から21日間、意識的にこの点を明らか
とするため、零点 50 kg 以上 (アナログ量で) の変動の場
合調整を行なうこととし、この記録をとつたところ、調整
回数は135回であり、1日当たり6.4回となつている。
このクレーンを使用して造塊作業を行なうのは1日約20
チャージであり、注入鋼塊は約120本であるから、実際
作業上ほとんど問題なく、零点も十分安定しているとい
える。その後操業上 100 kg 以上の変動に対し、零点調
整を行なうという標準作業としたが十分目的を達して
いる。

スパンについては、分銅により精密検査、簡易検査を

第13表 総合動作試験

荷 重 (t)	設 定		指 示 値		標 準 値		指示値と基準値の差		備 考
	鍋重量 (t)	スラグ重量 (t)	全重量 (t)	鋳込量 (t)	全重量 (t)	鋳込量 (t)	全重量 (t)	鋳込量 (t)	
107.5	0	0	107.49	0.00	107.50	0.00	-0.10	0.00	
107.5	21.5	0	85.95	0.00	86.00	0.00	-0.05	0.00	
107.5	21.5	1.5	84.43	0.00	84.50	0.00	-0.07	0.00	
100.0	21.5	1.5	76.93	7.51	77.00	7.50	-0.07	+0.01	
95.0	21.5	1.5	71.93	12.50	72.00	12.50	-0.07	0.00	
90.0	21.5	1.5	66.96	17.46	67.00	17.50	-0.04	-0.04	
90.0	21.5	1.5	66.97	0.00	67.00	0.00	-0.03	0.00	鋳込重量指示リセット
80.0	21.5	1.5	56.98	10.00	57.00	10.00	-0.02	0.00	
75.0	21.5	1.5	51.97	15.02	52.00	15.00	-0.03	+0.02	
70.0	21.5	1.5	46.95	20.01	47.00	20.00	-0.05	+0.01	
70.0	21.5	1.5	46.95	0.00	47.00	0.00	-0.05	0.00	鋳込重量指示リセット

第14表 据付直後の精密検査結果

荷 重 (t)	器差(アナログ) (kg)	デジタル表示値 (t)
0	0	0
10	+50	10.0
20	+20	20.0
30	+10	30.0
40	0	40.0
50	-10	50.0
60	0	60.0
70	+30	70.0
80	+30	80.0
90	-20	90.0
100	0	100.0
110	+50	110.1
120	+40	120.0

第16表 据付5ヵ月後の精密検査結果

荷 重 (t)	器差(アナログ) (kg)	デジタル表示 (t)
0	0	0
12.12	-40	12.1
22.51	-50	22.5
34.60	0	34.6
45.41	-60	45.3
56.49	+30	56.6
66.81	+90	66.9
77.80	+80	77.9
87.79	+30	87.8
99.61	-50	99.6
108.70	-10	108.7
117.89	+10	117.9

第15表 据付直後の簡易検査結果

荷 重 (t)	標準値 (t)	器差(アナログ) (kg)	デジタル表示値 (t)
0	0	0	0
1	10	+ 30	10.0
2	20	- 20	20.0
3	30	- 50	30.0
4	40	-100	39.9
5	50	-100	49.9
6	60	- 80	59.9
7	70	- 80	69.9
8	80	- 80	79.9
9	90	- 50	89.9
10	100	- 50	100.0
11	110	- 50	110.0
12	120	-100	119.9

それほど頻ぱんに行なうわけにはいかないので、特に変動することは好ましくない。全重量に対し、一定重量の簡易分銅をつくり、これを利用する簡便なる方法でスパンの変動を検討した結果は表 17 のごとく、極めて安定しており、十分実作業にたえることが明らかとなった。

6.5 クレーンスケール使用の鋳込作業

クレーンスケールを使用して鋳造作業を行なう場合、操作は簡単であり、表 18 に示すように鋳造作業のスケジュールの中に組込んで何等作業を阻害することなく有

効に使用できることがわかった。

操作の手順は下記のごとくである。

- (1) 電源スイッチを入れる。(写真3の表示灯 1, 2 が点灯)
- (2) 全重量指示零を確認。狂っているときは零点修正用ダイヤルで調整。
- (3) 鍋吊上げにより重量表示開始。
- (4) 設定器 8, 9 に鍋重量, スラグ重量を設定することにより溶鋼正味重量が表示される。
- (5) 鋳込開始前起重機静止時を選び押釦 7 (写真 3) を押し、表示灯 3 を確認。
- (6) 鋳込に従い、全重量の減少と同時に鋳込量が刻々表示される。
- (7) 鋳込終了後、起重機が次の鋳型へ移る前に、押釦 7 を押し、鋳込量指示計、表示盤は零に戻る。
- (8) 鋳込作業中(6), (7)項をくりかえす。
- (9) 鍋返し後、設定器 8, 9 を 0 に戻し、鍋重量の計量を行ない次回作業に備える。

なお写真 4 に実際の鋳込作業を行なっているところを示す。

6.6 鋼塊の実質検査

注入時、溶鋼重量をクレーンスケールでよみとり、凝固後、鋼塊実質値と比較をした。据付調整してから、使用中に測定した結果の代表的なものは表 19 のごとくである。よみとりはいずれも 100 kg 単位の光字盤によるデ

第17表 スパン変動調査の一例

器 差 (デジタル)	試 験 月 日																		合 計	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	回数	%
+200 kg	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
+100 kg	4	3	6	7	1	3	2	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	2	33	37
0	2	5	3	2	0	3	3	4	2	3	0	3	4	4	1	2	3	1	45	50
-100 kg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	4	0	0	9	10

注 1. 試験期間 8/1~8/18, 2. 試行回数 89 回, 3. 試験荷重 100・1 t

表 18 クレーンスケール使用時の鑄造作業

一般作業 秤量作業	鍋をフックからはずす 鍋返しを行なう まで運搬する ノロを鍋返し場 鍋返しを 鍋重量の計量 設定を0に戻す 鍋重量及びスラグ重量 鍋重量及びスラグ重量 鍋全重量の計量 鍋重量及びスラグ重量 の設定 鍋全重量の計量 鍋を吊上げる 受鋼台車より (予熱・受鋼) <																		
--------------	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

第19表 クレーンスケール秤量値と鋼塊実貫値

測定時期	N	クレーンスケール秤量値と実貫値との差					備 考
		平 均 値 (kg)	100 kg 以内	150 kg 以内	200 kg 以上	最 大 値	
据付調整直後	58	-39.5	35本 (60.2%)	47本 (81.0%)	7本 (12.1%)	330 kg	鋼塊単重 15~16 t
〃 1 カ月後	11	+18.2	6 (54.5%)	9 (81.9%)	0 (0 %)	170 kg	〃
〃 3 カ月後	15	+0.7	10 (66.6%)	11 (73.4%)	1 (6.1%)	260 kg	〃
〃 5 カ月後	7	-34.3	5 (71.4%)	6 (85.7%)	0 (0 %)	170 kg	〃 18~19 t

デジタル表示で行なっているから、量子化誤差を含め 150 kg 程度の誤差はやむを得ないが、表に見るごとく、その差 100 kg 以内のものが 60% であり、ほとんど 150 kg 以内におさまる、若干の例外を除いて差の大きなものでもほとんど 200 kg 以内におさまっている。据付後から最近に至る間、悪化の傾向もない。

分布をみても平均値を中心としてほぼ正規分布をなしており、実際作業上鋼塊単重管理に十分利用できること

がわかった。

7. クレーンスケールの実際使用例

7.1 鋼塊単重管理

普通鋼塊の単重管理は注尺による重量算出の方法で行なっている。鑄込回数の増加につれ、鑄型内容積が変化したり、鑄型製造時の寸法誤差、注尺表のパラッキなどのためこの方法では鋼塊単重のパラッキは相当に大きい。

クレーンスケールの秤量値をよみとり、鑄込作業に利用し、鋼塊単重をよりよく管理するため、従来の注尺による値、クレーンスケールの秤量値、さらにその鋼塊の実貫値をとって比較検討した。2期に分けた実測の結果、図10, 11に示すように実貫値に比し、注尺によるものは大きくばらつきその値は1t近くなっている。平均値も実貫値に比し300~800kg変化している。一方クレーンスケールによるものは、平均値で40kgの差異、バラツキでは大きくても300kgの中におさまっている。試験に使用した鋼塊は13~17tの上注セミキルド鋼塊である。

これにより、従来に比べ鋼塊単重はよりよく管理され、分塊以降二次成品の歩留と品質の向上に大いに役立つことができる。

また、溶鋼全重量についても、鍋重量スラグ重量を正確に知ることにより、正味重量がわかるから、鋼塊単重を正確に知ることと相まって余り湯の減少による歩留り向上など、操業の管理、合理化に有用である。

7.2 鑄込速度管理

鋼塊の鑄込速度を知り、これを管理することは、操業を合理的に行なう上からも、鋼塊品質管理の上からもきわめて大切なことである。しかし従来から鑄込速度は鋼塊一つ一つに対しては鑄込の開始から終了までの平均鑄込速度であり、途中経過を知ることはきわめて困難である。

鑄込中、クレーンスケールを利用することにより鑄込量を連続的に知ることができ、これにより鑄込中の鑄込速度を連続的に知ることがきわめて容易である。

15tセミキルド鋼の上注の実例を図12に示す。鑄込初期湯だまり部分ができるまで取鍋のストッパーをしばるが以降全開注入を行なっている。操業がよく管理されている状況を見ることができ。

ストッパー全開時の鑄込速度は、取鍋中の溶鋼のヘッドと、ノズルの大きさ、溶鋼の粘性によりきまる。鑄込開始時は溶鋼のヘッドは大きい、鑄込が進むにつれ小さくなる。一方、ノズルは溶鋼の侵蝕により次第に大きくなる。ストッパー全開時の鑄込速度と取鍋溶鋼量の関係をとって見ると図13のごとくなる。同時に溶鋼温度などその他の物理量を測定することにより、ノズルの改善、鑄込方法の改善など種々の



写真 4. 鑄込作業状況

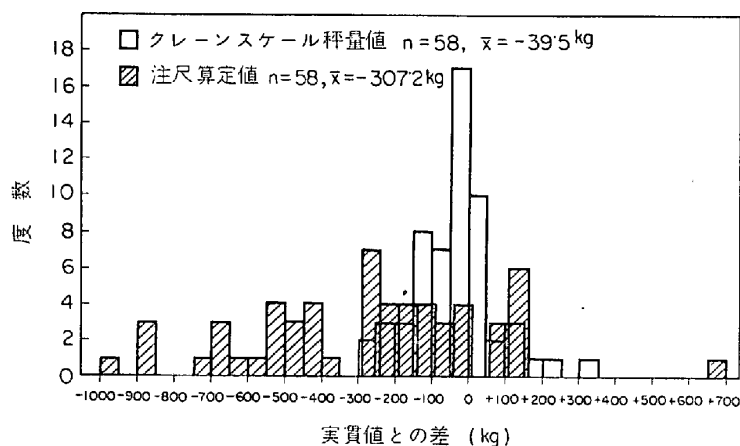


図 10. クレーンスケール注尺と実貫値との比較(その1)

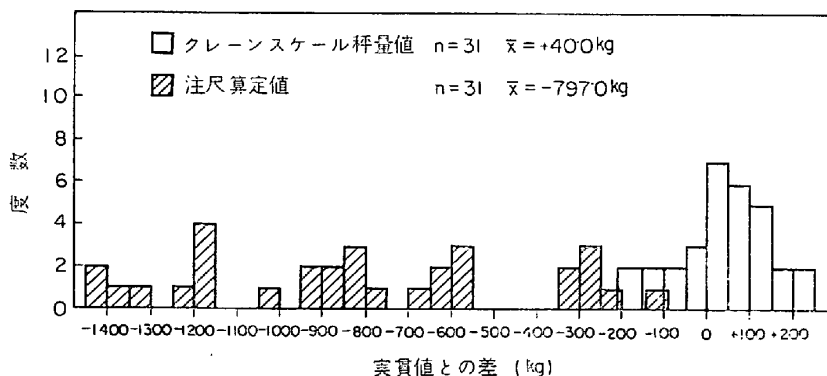


図 11. クレーンスケール注尺と実貫値との比較(その2)

冶金的改善を期待することができる⁵⁾。鋼塊の鑄込開始から終了までの平均鑄込速度では同時に図13に示したようになり、有効利用しうる情報量とはなりえないことがわかる。

このようにクレーンスケールの秤量値から作業の合理化はもちろん、種々の治金的改善に利用することが可能である。

8. 試験研究の効果

8.1 クレーンスケールとしての性能

分銅による精密検査の結果 ± 100 kg, 1/1200 以上の高精度を得ることができた。

クレーンスケールで秤量した鋼塊を台ばかり(20 t $\times$ 10 kg)で計量し、それぞれの値を比較した結果、両者の差は、 ± 200 kg以内におさめることができた。

長期にわたる実用試験の結果、この性能は安定しており、しかも実用に際し、作業性極めて良好で、十分工業的使用に供しうることがわかった。今後作業員の熟練度が増し、鑄込作業が安定すればさらに好結果が期待できる。

8.2 クレーンスケール設置の効果

(1) 取鍋中の溶鋼量を正確に把握できるので余り湯を減少させ、製鋼作業の合理化をはかることができる。一般に製鋼工場の製出鋼歩留は91~93%でこのうち良塊歩留は1~2%減となる。この減量をクレーンスケールを利用して0.5%減じたと仮定する。かりに鋼塊価額を25,000円、スクラップ価額を18,000円とし、年間鋼塊生産高1,000,000 tの工場とすれば年間合理価額は $(25,000 - 18,000) \times 0.5 / 100 \times 1,000,000 = 35,000,000$ 円となる。

(2) 鋼塊単重の精度を上げることができるので、以後の圧延工程の歩留向上と品質の改善が期待できる。

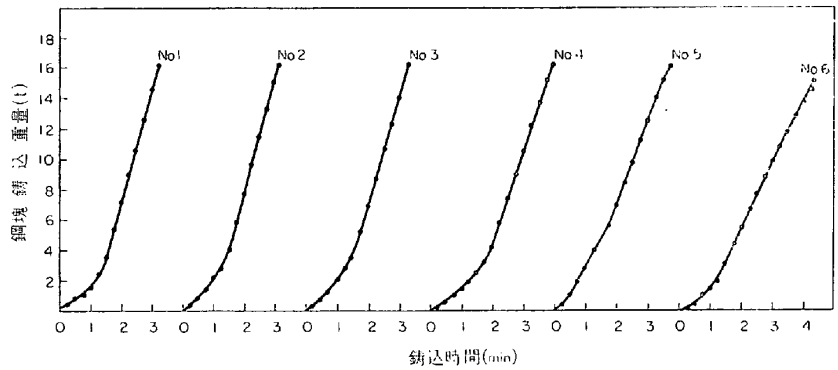


図 12 鋼塊鑄込重量と鑄込時間の関係

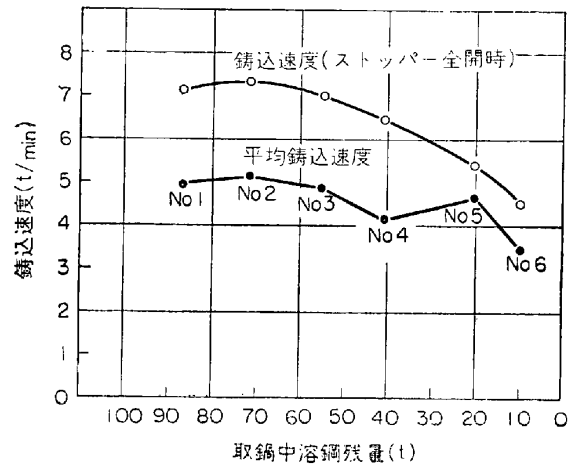


図 13 鑄込経過と速度との関係

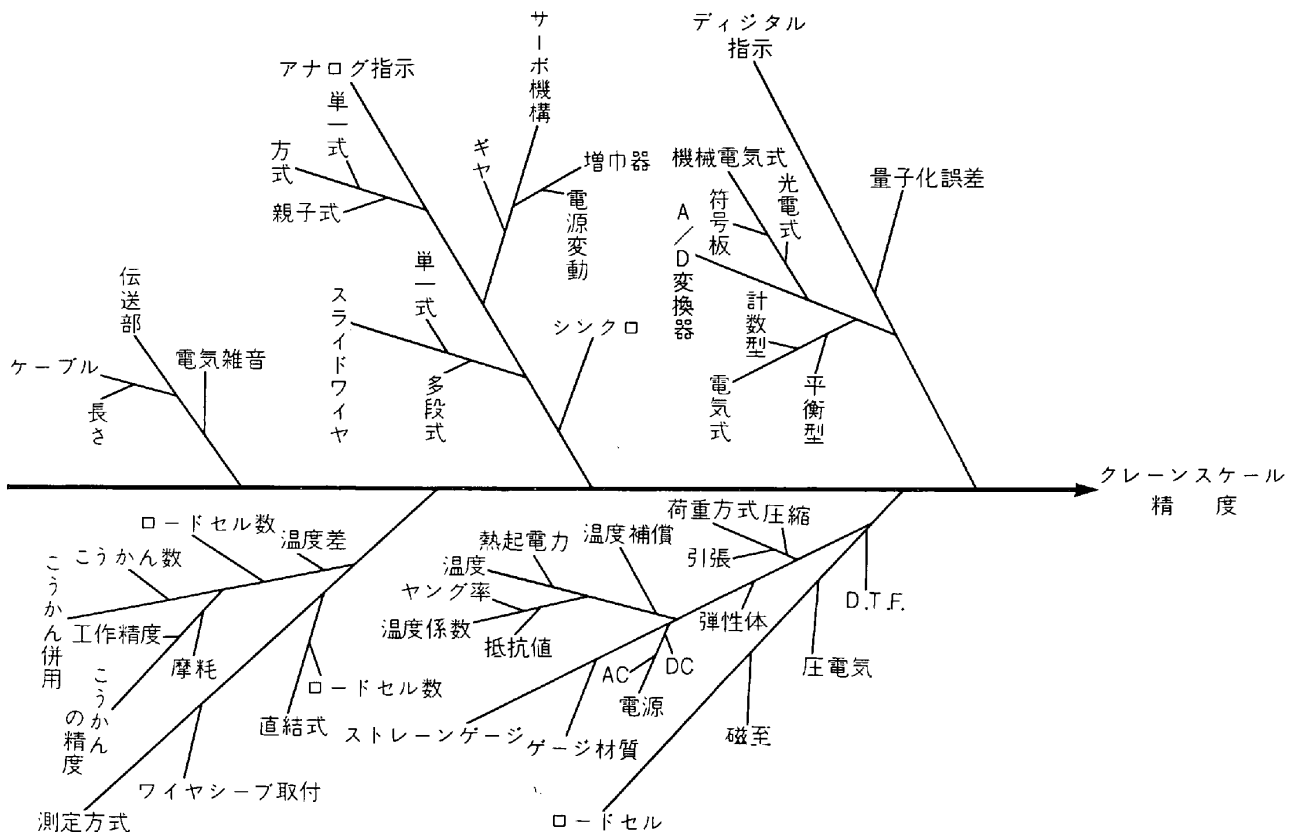


図 14 クレーンスケール精度特性要因図

(3) 鋳込速度を正確かつ連続的に知ることにより、冶金的改善その他作業の改善と向上が期待される。

(4) その他、製出鋼量を正確につかむことができるので、原材料鋼塊の受払管理その他に大きな効果がある。

8.3 クレーンスケール性能向上のための問題点

クレーンスケール精度向上のためには図 14 に示したような特性要因が考えられる。今回の試作研究により、これらの問題が具体的に明らかとなった。

今後、起重機は益々大型化する。したがって荷重を検出するため、ロードセルこうかん方式は機構上限界がある。今後、複数のロードセルをおのおのの特性を揃えて製作しその耐荷重も益々大きくすることが必要である。また長期的に安定した動作を確保するためにも、実際使用用途において、ロードセル単体の検査方式を確立する必要がある。本試作機においてはサーボ機構を利用し、荷重による出力電圧をアナログ値にかえ、アナログ表示を行ない、さらに A/D 変換器を利用してデジタル表示しているが、今後作業性を考えると必ずしもアナログ表示は必要とは限らない。したがって機械量を介することなく、電気量を直接キャッチすることは精度の向上、長期にわたる安定性からも望ましいので、工業的に使用可能な微小電圧のデジタル電圧計の開発と相まって、直接デジタル表示をはかることを考える必要がある。その他、起重機の構造との相互の関連など、総合的にさらに改善をはかり進歩を促進する必要がある⁶⁾。

8.4 試作機の企業化の見通し

本試作は鉄鋼業 8 社、および秤量機メーカー 5 社の共同研究で推進したものである。従来から電子管式クレーンスケールを製造しているメーカーならば、本研究の成果をもとにし、若干の試験設備などを整備すれば精度 1/1000 以内のクレーンスケールを製造することが可能になった。また鉄鋼業としても、投資事情の許す限り、この種のクレーンスケール設置に積極的である。

今後電気部品材料の発達に伴い、さらに安定した信頼度の高いものができることが期待できる。この際、起重機の振動が精度面に影響してくるから単に秤量機の面のみならず起重機メーカーの協力が必要であろう。

かくして本試作機を企業化する見通しはきわめて明

いものがある。

9. 結 言

鉄鋼業界においては今回の実用化試作の成功により、高精度のレードルクレーンスケールが実用化され、造塊時の溶鋼全量、および鋼塊単重管理が精密に行なえるようになった。これにより製鋼圧延成品の歩留向上が期待され、合理化に大きく貢献することができる。さらに鋳込の管理など作業および技術上の向上が期待できる。

クレーンスケールの高精度化について、一つの方式が確立され、今後の開発方向が解明された。この知識はほかのレードルクレーン以外のクレーンスケールや、広く電気式はかり全般に活用できるものである。

従来、電気式はかりにおいては、わが国の水準は先進諸外国の製品に一步を譲っていた感があつたが、今回の試作研究により、外国水準にまさるとも劣らぬものが製作可能となった。このことはわが国はかり業界にとつても、技術面での国際競争力に大いに寄与するものである。

今回の試作研究は成功裡に完了することができたが、この間関係各位特にロードセル、指示機構などの研究にあたり、よせられたメーカー各社の御好意にならびに据付および現場試験にご協力いただいた日本鋼管(株)鶴見製鉄所計測管理課に心から謝意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 欧州における造塊用クレーンスケールについて：鉄鋼共同研究会計測部会第 22 回秤量分科会 (昭 41. 11) 資料 22-23
- 2) G. B. R. FEILDEN: Iron Steel (U.K.), 16 Dec (1965), p. 648~650
- 3) G. WALKER: Steel Times, 11 Feb (1966), p. 190~195
- 4) J. YARNELL (川口、永倉訳): ストレーンゲージ (コロナ社)
- 5) G. WIETHOFF & W. DORR: Stahl u. Eisen, 83 (1963), Nr. 4, Feb. p. 212~219
- 6) 西村望: オートメーション, 12(1967) 3, p. 109 113