U.D.C. 621.879.3

ドラグショベルフロントの衝撃応力

Impact Stress of Dragshovel Front

久保寺敬蔵*
Keizô Kubodera

内　容　梗　概

ショベル系掘削機は一般に過酷な作業条件下におかれる。しかも，土木作業上運転方法は一定せず，また動的衝撃荷重が多く，構造部にかかる荷重の設定には非常に苦心する。本論文は，ドラグショベル運転時にしばしば生ずるジッパを地面に衝突させたときのフロントの衝撃応力を解析するために，U106ドラグショベルフロントを各種の地面に落下させる実験を行ない，ストレンゲージによる応力測定と，振動理論による応力計算を行なった。この結果ドラグショベルフロントの設計上重要な資料を得た。

1. 緒　　言

ドラグショベルは機能および構造上フロントの自重を利用してドラグロープで掘削する方式のため，ジッパが掘削物に接地する際の衝突が激しく，フロントは自重による衝撃力のため，過酷な応力状態となる。掘削対象となる掘削物は柔らかいへどろから，非常にかたい岩石，コンクリートに至るまで多種多様である。したがって作業時の，フロントの衝撃応力は地盤により左右されると考えられる。本論文では，柔らかい掘削物として数種の土の地面，かたい掘削物としてコンクリート盤に，U106ドラグショベルフロントを落下衝突させ，ストレンゲージ，ストレンメータ，電磁オシログラフで各部に発生する応力を測定した。一般に，物体が弾性体に衝突する場合の衝撃力はそのバネ定数によって決まるので，フロントの衝撃応力計算のためには地面を弾性体と考え，バネ定数を求める必要がある。地面のバネ定数はそれに衝突する物体の質量により異なるので，実機に相当する質量の重錘を地面に落下させてその衝撃力を記録し，計算により求めた。フロントは分布質量の弾性体であるが，計算を簡略化するために集中質量と仮定し，フロント自体と地面のバネを考慮して応力解析を行なった。

2. ドラグショベルの掘削作業とフロントに作用する荷重

日立U106ドラグショベル外観図を**第1図**に示す。典型的な掘削動作はAの状態から，ジッパが掘削物で一ぱいになるまで，ドラグロープを引いてジッパを手前に引きよせる。ジッパが一ぱいになったら巻上ロープでBの状態まで巻上げて，ドラグロープを徐々にゆるめて排土する。次に巻上，ドラグロープを適当にゆるめて再びAの姿勢で接地する。このとき，ジッパは地面に衝突する。作業者が注意すればこの衝撃は非常に小さい。しかし逆にこの衝撃力を利用して地盤に食い込ませたり，岩石，コンクリート地面などを割る作業もしばしば行なわれ，フロントは非常に大きな衝撃力を受ける。ドラグショベルフロントにはこの落下による衝撃力のほかに，掘削，放荷，旋回時に引張，圧縮，ねじり荷重が作用するが，ここでは前者の衝撃力に関してフロントの曲げ強度を解析した。

3. 応　力　測　定

3.1 実　験　内　容

3.1.1 U106ドラグショベルフロントの形状および測定点

実験したフロントの概略寸法と応力測定点を**第2図**に示す。このフロントは衝撃応力の計算に対し，非常に複雑な形状をしている。すなわちハンドルはブームにピン結合され，ハンドル，ジッパ，ピッチブレスも各ピン結合であり，各部の断面形状も非常に異なる。

3.1.2 落　下　方　法

掘削ロープをゆるめ，巻上ロープのみでフロントを巻上げる。これでハンドルは最も伸びた形になる（ハンドルがブームのバッファに当たる）。この姿勢で一定の高さから巻上ブレーキを急激にゆるめて自由落下させ地面に衝突させる。落下高さ（地面からジッパの爪先までの高さ）は10, 30, 50 cmで実験した。

3.1.3 地　面　の　種　類

地面には次の4種を選んだ。

地面の種類	バネ定数 K kg/cm	備　　考
コンクリート	1.35×10^{5}	厚さ11 cm，面積4×5 m
土（A）	8.06×10^{2}	表　土
土（B）	5.40×10^{2}	表　土
土（C）	5.47×10^{2}	表　土

このバネ定数は300 kgの重錘（ジッパ衝突時の爪一本当たりの重量）に爪を付け地面に落下衝突させ，衝撃力を電磁オシログラフで測定し計算より求めた（詳細は省略する）。

3.1.4 測　　定　　器

応力測定にはストレンゲージをフロントにはり，ストレンメータ，電磁オシログラフ（ガルバー固有振動数300 c/s）で計測した。なお測定結果の応力振動数よりガルバー固有振動数は300 c/sで十分である。

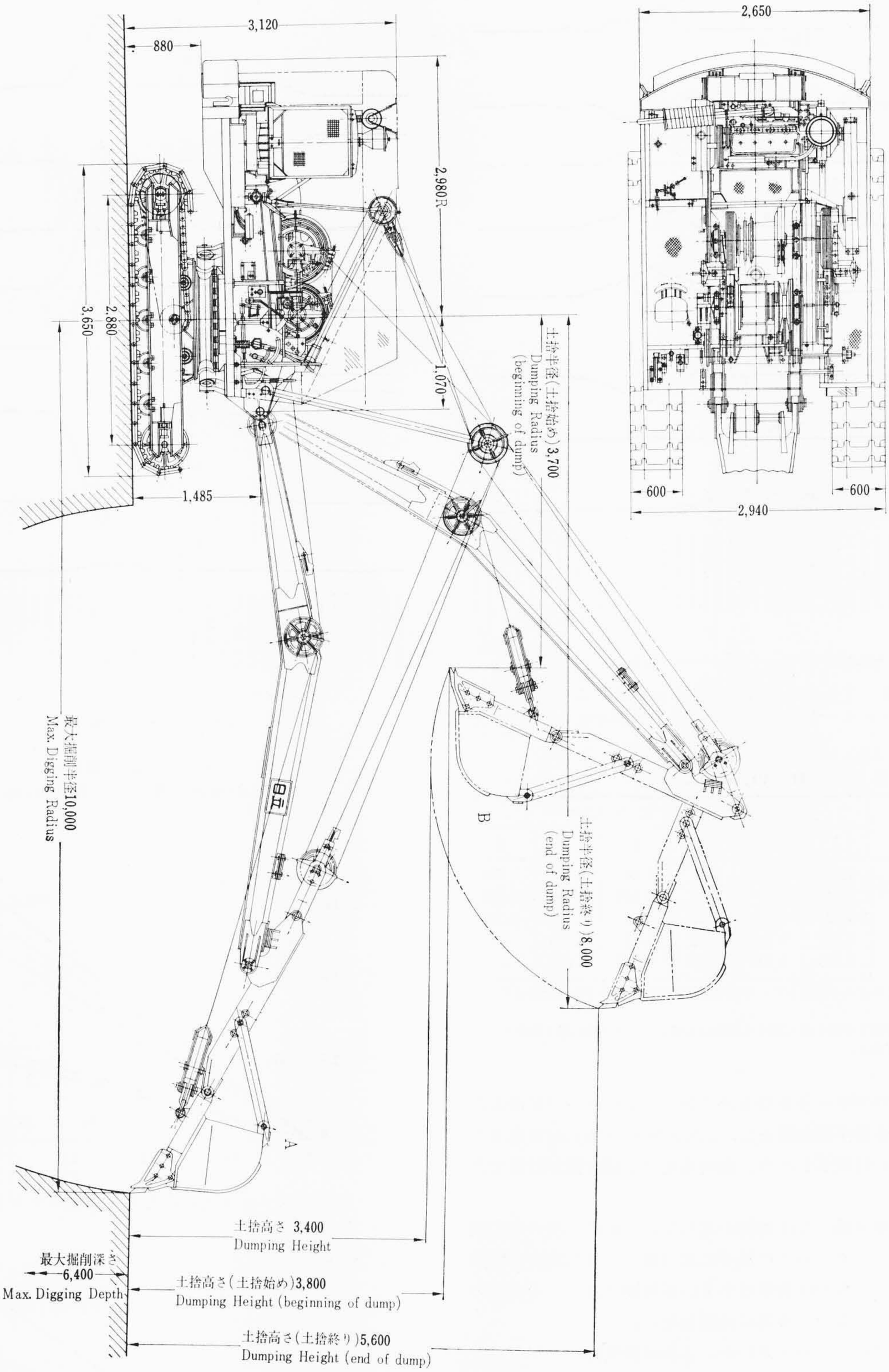
3.2 応力測定結果

第3, 4図は落下高さ30 cmのときの応力測定オシログラムの一例である。**第1表**は各実験のフロントの応力測定結果（最大ひずみ）で

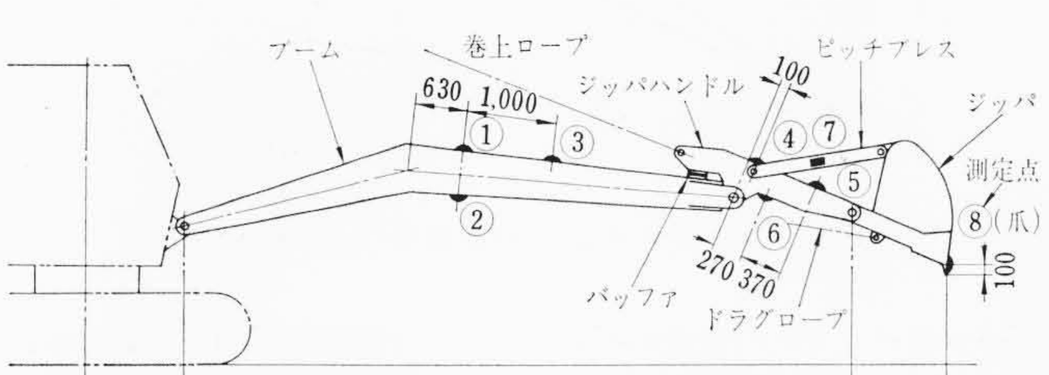
第1表　フロントの応力測定結果

地面	落下高さ H cm	落下時間 t sec	衝突速度 Vm/s	測定点の最大ひずみ $\varepsilon\times10^{-6}$ 1	2	3	4	5	6	7	8
コンクリート	10	0.113	1.43	245	211	240	255	273	187	66	210
	30	0.203	2.58	464	321	403	522	522	454	89	382
	50	0.276	3.50	569	469	493	654	672	585	89	408
土（A）	10	0.120	1.52	168	160	202	256	264	235	30	—
	30	0.210	2.67	416	381	479	654	645	622	42	86
	50	0.291	3.69	442	445	368	424	468	398	104	384
土（B）	10	0.134	1.70	222	222	243	398	361	377	34	—
	30	0.216	2.75	331	324	390	538	520	520	51	—
	50	0.291	3.69	436	451	534	775	736	728	74	—
土（C）	30	0.210	2.67	261	227	275	371	371	374	30	—
	50	0.284	3.61	447	395	510	612	581	565	47	—

* 日立製作所足立工場



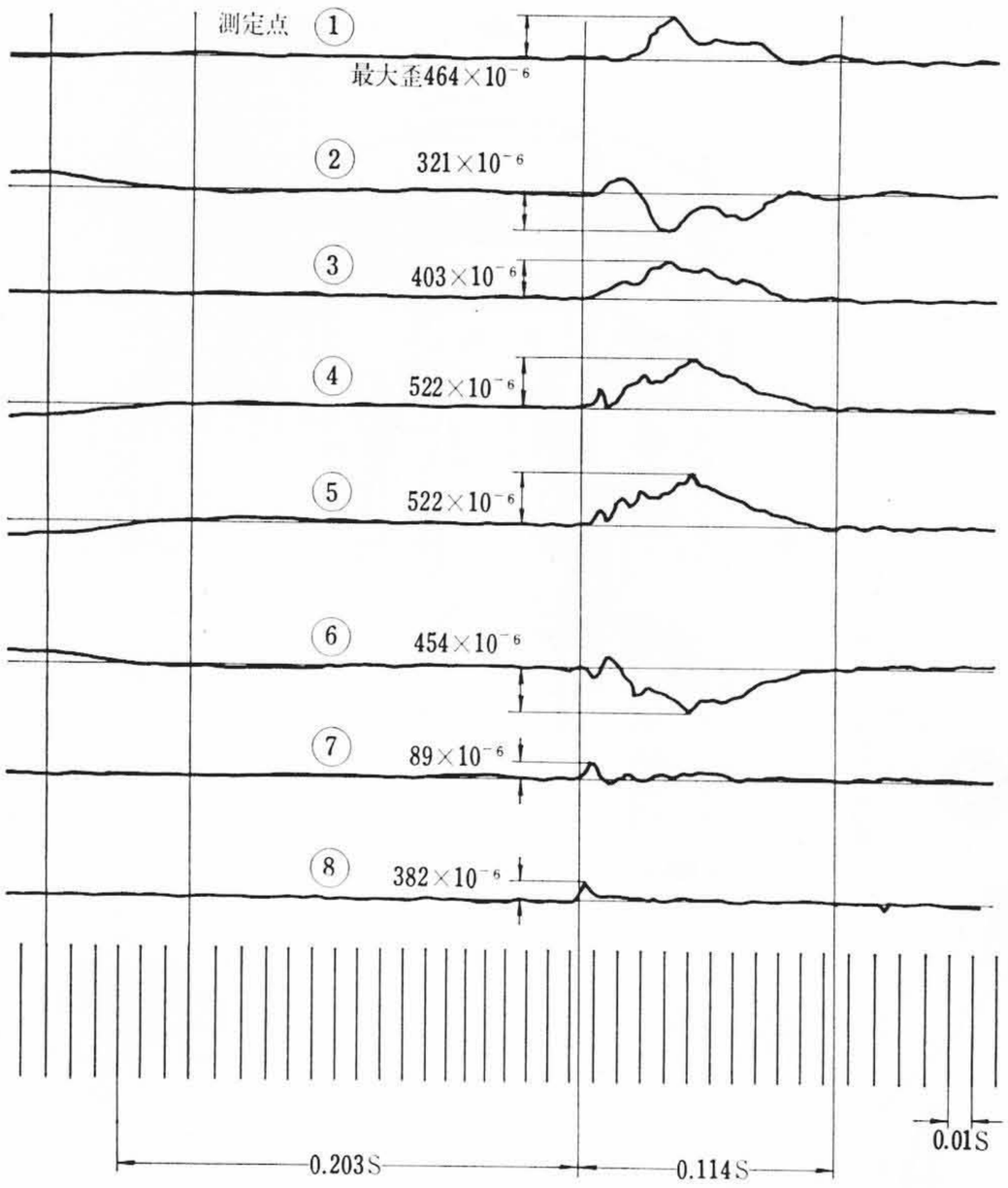
第1図　U106 ドラグショベル



第2図　U 106ドラグショベルフロント

ある。第5,6図はこれの代表例のグラフ，第2表は平均値である。次にこれらについて説明する。

コンクリート地面の場合(第3図)には，測定点⑧以外は，一次の応力の周期は約0.114×2 s である。一次の応力のほかに弾性体としての複雑な高次の振動が記録されている。特に①②ではこれらの影響が大きい。⑧では衝突時に鋭いピークが現われ，その後は急激に減衰している。これは爪の衝撃はほとんどジッパ部の質量によることを表わしている。第3図の左部で応力変化があり右に進むにしたがって一定になっているのは，巻上ロープで宙釣りされて応力を受けていたのがブレーキをゆるめたために，空中に自由になったこ



第3図　フロントの応力測定オシログラム
コンクリート地面　落下高さ $H=30$ cm

第2表　フロントの応力測定平均値
落下高さ H＝30 cm の場合

地面	測定点の最大応力 t/cm²					
	1	3	4	5	7	8
コンクリート実験1	1.00	0.872	1.06	1.10	0.185	0.752
コンクリート実験2	0.945	1.19	1.03	0.940	0.192	0.625
土(A)	0.733	0.734	1.01	1.06	0.106	0.375
土(B)	0.704	0.840	1.25	1.17	0.120	——
土(C)	0.636	0.704	0.890	0.865	0.070	——

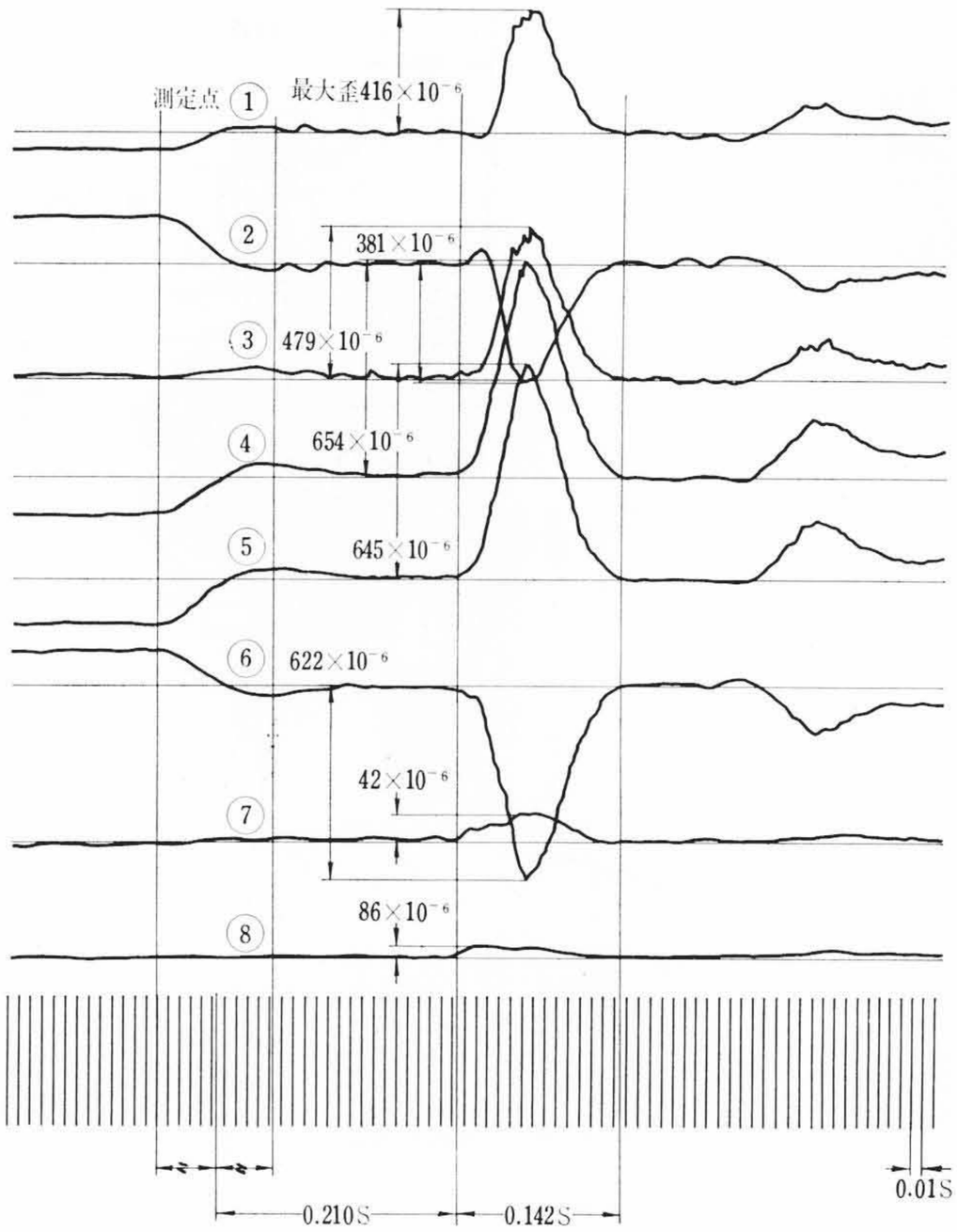
注：　測定点②は①とほとんど類似しているため，⑥は④⑤で代表されるためここでは省略した。
コンクリート実験2の第1表に関する数値は省略した。その他は第1表からまとめたものである。

とを意味する。このブレーキをゆるめてから完全にロープがゆるむまでの時間の中央を落下開始時とし，これと⑧の立ち上がり点までの長さで衝突までの時間がわかり，衝突速度の正確な値が計算できる*。

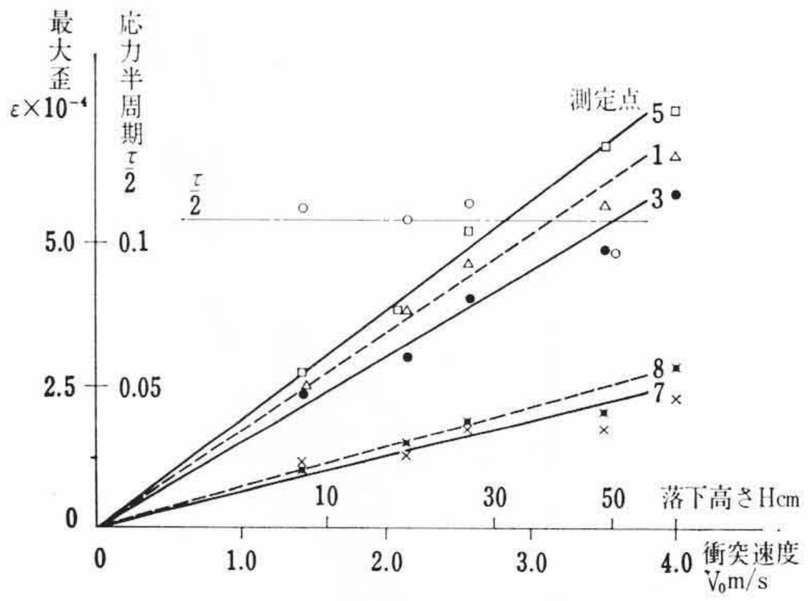
土(A)の場合（**第4図**）には地面が柔らかいために一次の応力周期は0.142×2 s でコンクリートの場合に比べ長く，また高次の振動があまりでていない。⑧では衝撃は小さいが周期は長い。その他の点ではコンクリートの場合と極端には違わない。

第1表の値にはばらつきが大きいが，これは衝突時にハンドルとブームのバッファの密着が不安定なこと，地面が不均一でかたさに違いがあったこと，およびブレーキゆるめ方の誤差などが原因と考えられる。

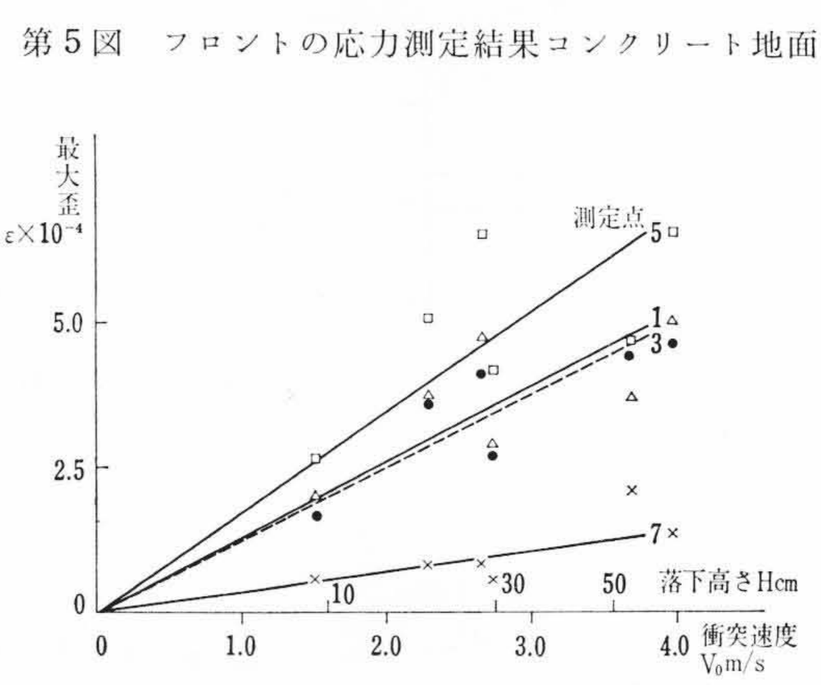
第5，6図より応力は衝突速度と比例するといえる。よって衝突



第4図　フロントの応力測定オシログラム
土(A)の地面　落下高さ $H=30$ cm



第5図　フロントの応力測定結果コンクリート地面



第6図　フロントの応力測定結果　土(A)の地面

---

* 衝突速度は落下高さから計算できるが，ブレーキのゆるめ方の誤差，また地面の凹凸による高さの計測誤差などが生ずるので，衝突までの時間から計算した。計算方法は

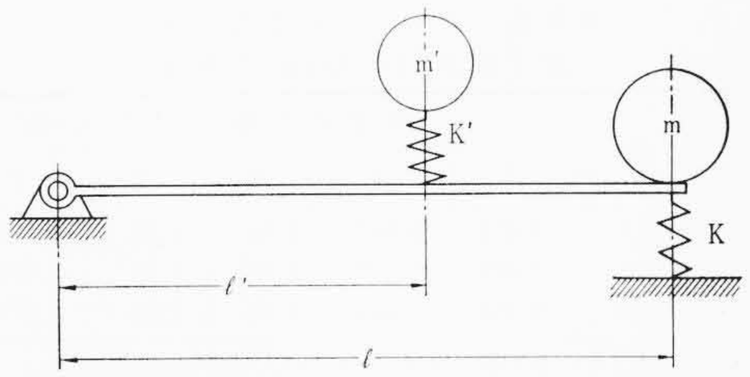
ブームフートまわりの回転力のつりあいより

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}\cdot J=N,\ \text{数値を代入して}$$

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2}=1.525\ \mathrm{s^{-2}}\qquad\therefore\quad\frac{d\varphi}{dt}=1.525\,t\ (\mathrm{s^{-1}})$$

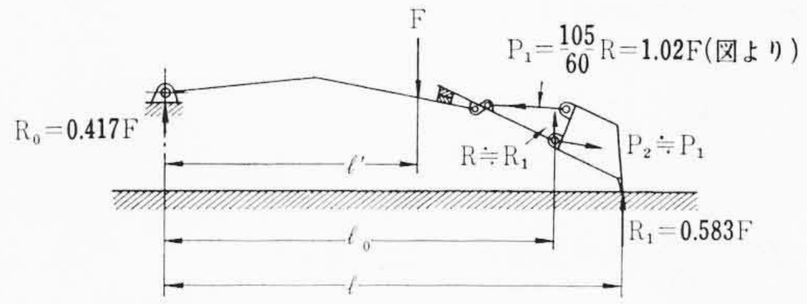
衝突速度　$V_0=l\cdot\dfrac{d\varphi}{dt}=12.7\,t\ (\mathrm{m/s})$

ここに　N：回転力
φ：回転角
t：衝突までの時間
J：フロントの慣性能率
l：ブームフートから爪先までの距離



l：ブームフート—爪先の距離　　K：地面のバネ定数
l'：ブームフート—m'の距離　　K'：m'に対するブーム部のバネ定数
m：爪部等価質量
m'：ブーム部等価質量

第7図　フロント—地面の振動素



第8図　フロントに作用する力

速度に比例する直線で平均値を表わした。このような図より求められた落下高さ30 cmのときの平均応力が**第2表**である(ヤング率$E=2.1\times10^6$ kg/cm^{2}とした)。この表より⑧以外の応力は地面のかたさにあまり左右されないことがわかる。このことは次の応力解析でもうなずける。

4. 応力解析

4.1 振動解析

さきにも述べたようにフロントを一つの弾性体と考えると，非常に複雑な形状である。したがって衝突時の応力を厳密に解くことは非常に困難である。設計に必要な応力計算方法として，ここでは構造を簡略化して計算を試みた。全体の振動系を**第7図**のように考えた。この際の仮定は次のとおりである。

(1)　ブームとハンドルはピン結合であるがハンドルが最も伸びた状態ではバッファが当たってモーメントが伝わりうるので，この部分は完全に結合されたものとする。

(2)　フロントは分布質量のはりと考えられるが，これを爪部(ジッパ)とブーム部(ブーム，ハンドルその他)の集中質量にかえる。

(3)　ブーム部の質量はこれらを等分布質量のはりと考える場合には衝突時の各部の速度に比例する力が作用すると仮定し，ブームからハンドル先端まで(l_0)の2/3のところ(l')に集中させる。この際等価質量m'は$\frac{109}{210}m_0$となる*(m_0はジッパ以外のフロント質量)。

(4)　全体の慣性能率をかえないために，爪先端の等価質量mは$m=\frac{J-m'\cdot l'^2}{l^2}$とする。

フロントと地面を上のように仮定し，m'に作用する力Fを求め，このFに対するブーム部の強度を計算する。次に

この振動方程式は(参考文献(1)参照)

(a)　爪が地面に接触している間

$$\left.\begin{aligned} I'\ddot{\theta}'+k'(\theta'-\theta)&=0\\ I\ddot{\theta}-k'(\theta'-\theta)+k\theta&=0\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(a)$$

(b)　爪が地面からはね上がっている間

$$\left.\begin{aligned} I'\ddot{\theta}'+k'(\theta'-\theta)&=0\\ I\ddot{\theta}-k'(\theta'-\theta)&=0\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(b)$$

ここで(**第7図**参照)

$I'=m'l'^2$

$I=m\,l^2$

$\theta'=\frac{x'}{l'}$　(x'はm'の上下方向の変位)

$\theta=\frac{x}{l}$　(xはmの上下方向の変位)

$k'=K'l'^2$

$k=K\,l^2$

この方程式を簡単にするために，I'はIに比べて非常に小さいと考える(実際には約1/4.5である)。この仮定により(a)の第2の式は

$$I\ddot{\theta}=-k\theta\quad\cdots\cdots(1)$$

(1)式の解は初期条件$t=0$，$\theta=0$，$\dot{\theta}=-V_0/l$として

$$\theta=\frac{-V_0}{\omega l}\sin\omega t$$

ここで

$$\omega^2=\frac{k}{I}\quad\left(0\leqq t\leqq\frac{\pi}{\omega}\right)\quad\cdots\cdots(2)$$

また(a)の第1の式を書きかえると

$$I'\ddot{\theta}'=k'(\theta-\theta')\quad\cdots\cdots(3)$$

$\alpha=\theta-\theta'$とすると(3)式は$\omega'^2=k'/I'$として

$$\ddot{\alpha}+\omega'^2\alpha=\frac{V_0}{l}\omega\sin\omega t\quad\left(0\leqq t\leqq\frac{\pi}{\omega}\right)\quad\cdots\cdots(4)$$

(4)式の解は，初期条件$t=0$，$\alpha=\dot{\alpha}=0$として

$$\alpha=\frac{\omega V_0}{(\omega^2-\omega'^2)l}\left(\frac{\omega}{\omega'}\sin\omega' t-\sin\omega t\right)\quad\cdots\cdots(5)$$

(5)式の最大値は

$$\alpha_0=\frac{V_0}{\omega'\left(\frac{\omega'}{\omega}-1\right)l}\sin\left(\frac{2\pi n}{\frac{\omega'}{\omega}+1}\right)\quad\left(0\leqq t\leqq\frac{\pi}{\omega}\right)\quad\cdots\cdots(6)$$

ここでnは正弦内の値がπ以下の範囲内で正弦の値を最大にする正の整数値である(注1, 2参照)。

I'に作用する最大トルクは

$I'\ddot{\theta}_0'=k'\alpha_0$

よってI'に作用する最大角加速度

$$\ddot{\theta}_0'=\frac{k'}{I'}\alpha_0\quad\cdots\cdots(7)$$

またIに作用する最大角加速度$\ddot{\theta}_0$は(2)式より

$$\ddot{\theta}_0=\frac{V_0}{l}\omega\quad\cdots\cdots(8)$$

$\ddot{\theta}_0'$と$\ddot{\theta}_0$との比を増幅係数Hとすると

$$H=\frac{\frac{\omega'}{\omega}}{\frac{\omega'}{\omega}-1}\sin\left(\frac{2\pi n}{\frac{\omega'}{\omega}+1}\right)\quad\left(0\leqq t\leqq\frac{\pi}{\omega}\right)\quad\cdots\cdots(9)$$

次に爪が地面からはね上がった後($t\geqq\pi/\omega$)は(4)式は

$$\ddot{\alpha}+\omega'^2\alpha=0\quad\left(t\geqq\frac{\pi}{\omega}\right)\quad\cdots\cdots(10)$$

前と同様にしてHを求めると

---

* 等価質量m'の大きさはこの仮定で振動数を近似さすために

$$\begin{aligned}m'&=(\alpha a+\beta b)m_0\\&=\left\{\left(\frac{1}{3}\cdot\frac{l_0^2}{b^2}+\frac{23}{105}\cdot\frac{a^2}{b^2}-\frac{8}{15}\cdot\frac{al_0}{b^2}\right)a\right.\\&\quad\left.+\left(\frac{1}{12}\cdot\frac{(l_0+a)^2}{a^2}+\frac{1}{28}\cdot\frac{b^2}{a^2}-\frac{1}{10}\cdot\frac{b(l_0+a)}{a^2}\right)b\right\}m_0\end{aligned}$$

ここで $a=\frac{2}{3}l_0$，$b=\frac{1}{3}l_0$ だから

$$m'=\frac{109}{210}m_0$$

$$H=\frac{2\dfrac{\omega'}{\omega}\cos\dfrac{\pi\omega'}{2\omega}}{1-\dfrac{\omega'^2}{\omega^2}}\quad\left(t\geqq\frac{\pi}{\omega}\right)\quad\cdots\cdots(11)$$

m'に作用する最大衝撃力Fは

$$F=m'\ddot{X}_0'=\frac{I'}{l'^2}\ddot{\theta}'l'=\frac{I'}{l}H\omega\dot{\theta}$$

$$\therefore\quad F=Hm'\omega V_0\frac{l'}{l}\quad\cdots\cdots(12)$$

Hは計算により求められるが，注1)のp.111のFig.3, 12より求めた。このFがブームのl'の点に作用するとして応力計算をする。

4.2 応力計算

4.2.1 フロントの固有振動数ω'について

(12)式の計算でHを求めるにはωとω'を求めねばならぬ。ωはkとmより計算される。ω'はk'とm'より計算されるが，m'が正確でも，フロント形状が複雑なのでk'の正確な値は求まらない。ここではコンクリートに落下した場合のオシログラムから応力周期τを求め，これよりω'を計算した($\omega'=2\pi/\tau$)。なおブーム部を平均的な等断面として求めたk'は実測値より大部大きく，剛性の強い値となった。

4.2.2 最大衝撃力Fの計算

落下高さ30 cm (衝突速度$V_0=2.75$ m/s) で計算する。

(1) コンクリート地面

オシログラムより$\tau=0.209$ sであるから

$$\omega'=\frac{2\pi}{\tau}=\frac{2\pi}{0.209}=30.1\ \mathrm{s^{-1}}$$

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=3.62\times10^2\ \mathrm{s^{-1}}$$

$$\frac{\omega'}{\omega}=0.0832\quad\therefore\quad H=0.18$$

$$\therefore\quad F=Hm'V_0\frac{l'}{l}\omega=7.05\ t$$

(2) 土(A)の地面

$\omega=56.0$

$$\frac{\omega'}{\omega}=0.538\quad\therefore\quad H=1.08$$

$$\therefore\quad F=6.55\ t$$

(3) 土(B)の地面 (土(C)もほぼ同じ)

$\omega=46.0$

$$\frac{\omega'}{\omega}=0.654\quad\therefore\quad H=1.28$$

$$\therefore\quad F=6.36\ t$$

4.2.3 応力計算

(1) 測定点①③の応力σは，断面係数Zとすると

$$\sigma=\frac{M}{Z}=\frac{R_0\cdot L_0}{Z}=\frac{1}{Z}\cdot\frac{l-l'}{l}\cdot FL_0=\frac{0.417}{Z}FL_0$$

ここで　R_0＝ブームフートの反力

L_0＝ブームフートから測定点までの距離

(2) 測定点④⑤の応力σは

$$\sigma=\frac{M}{Z}=\frac{1}{Z}(R_1L_1+P_2L_2)$$

$$=\frac{1}{Z}\left(\frac{l'}{l}FL_1+\frac{l-l_0}{a}\cdot\frac{l'}{l}FL_2\right)=\frac{F}{Z}(0.583L_1+1.02L_2)$$

ここで　R_1: 爪先端の反力

L_1: ハンドル先端から測定点までの水平距離

P_1: ピッチブレースに作用する力

第3表　フロントの応力計算値
落下高さ H＝30 cm の場合

地面	測定点の最大応力 t/cm²					
	1	3	4	5	7	8
コンクリート	0.614	0.945	1.18	1.32	0.085	1.93
土(A)	0.570	0.878	1.10	1.23	0.079	——
土(B), (C)	0.553	0.854	1.06	1.19	0.077	——

注　土(C)は(B)とバネ定数がほぼ等しいので，(B)と同一とした。

P_2: ハンドル先端のピンに作用する力

L_2: P_2の作用線から測定点までの距離

a: ピッチブレースとジッパハンドル先端の距離

(3) 測定点⑦の応力σ

$$\sigma=\frac{P_1}{A_1}$$

ここで

$$P_1=\frac{105}{60}R_1=1.02F\quad(\text{図より})$$

A_1＝ピッチブレースの断面積

(4) 測定点⑧の応力σ

$$\sigma=\frac{F_1}{A_2}$$

ここで

F_1＝フロント先端の集中質量によって作用する衝撃力

$$=\frac{V_0}{\omega}k=\sqrt{m\,k\,V_0}$$

A_2＝爪の測定点の断面積

以上の計算式で計算した応力を**第3表**に示す。次にこの結果と**第2表**の実測値とを比較検討する。

5. 検討

応力実測値と計算値は地面のかたさ（地面のバネ定数に比例すると考える）にあまり左右されない（ただし⑧は例外)。これはフロントの固有振動数ω'が(フロント—地面)の固有振動数ωに比べ小さいので，衝撃が緩和されるためである。

実測値と計算値を比較すると，①は計算値が小さく，③④⑤と先端にいくにしたがって大きくなる。この原因は強度計算の際，衝撃力の計算に多くの仮定を設けたことのほかに，爪が地面から水平方向に拘束されないとして力の計算をしたこと（③④⑤でP_2を計算に入れた。）また測定では落下方法の誤差，ブームやハンドルの断面がいわゆる薄板構造のため，ひずみが正常でないなどが考えられる。そのほかに⑦は実測値のほうが大きいが，これは計算に入れてないジッパ部からの力のためと思われる。⑧は実測値が小さいが，これは爪の取り付けかた，ジッパが爪の最上にないことなどにより緩衝されたためと考えられる。

地面別に応力を比較すると，コンクリートを1として，実測値は土(A)で0.73～0.96, 土(B)で0.74～1.18, 土(C)で0.63～0.84である。また計算値は土(A)で0.93, 土(B), (C)で0.90である。

ジッパを除くフロントの重量m_0 gに対する衝撃力Fの倍率を衝撃係数とすると，30 cmの高さからコンクリートで5.55, 土(A)で5.15, 土(B), (C)で5.02となり，概略m_0 gの5～6倍の衝撃力がl'点に作用すると考えてよい。

以上の応力は落下高さ30 cmのときの値であるが，測定値と計算値ともに衝突速度に比例している。すなわち落下高さの平方根に比例する。よって落下高さ50 cmでは$\sqrt{\dfrac{50}{30}}=1.3$倍となる。

最大応力点は**第2, 3表**より④⑤である。衝撃応力を下げるにはフロントの固有振動数を下げるのが最も有効である。これにはブー

ムとハンドルの緩衝用バッファをやわらかくするのも一方法である。ここに選んだ土(A)(B)(C)は普通に掘削できる土であり，見たところコンクリートに比べ衝撃力は非常に小さいように思われるが，実際は同程度であった(爪の応力は小さいが)。したがって一般作業時にジッパの落下高さは30 cmくらいになることも考えられるので，この程度の応力をしばしば受けるものと思われる。

本文はハンドルが伸びきった(バッファが当たる)状態における解析であるが，バッファが離れている場合には各点で異なるが20～50%ぐらいの小さな応力であった。

6. 結　　言

フロントの応力計算のために地面を単純なバネと考えたが，実際には非常に複雑な特性を持っている。またフロントも厳密には弾性体として解けば高次の振動があり応力もかなり違うと思われる。しかし地面が土木的な特性のはっきりしないものであり，またフロントの形状から考え弾性体として解くにはやはり多くの仮定を立てねばできぬと考え，本文では思いきり単純な形で解析を試みた。その結果，多数の衝突実験により，ドラグショベルフロントの衝撃応力を詳しく解明でき，またこの簡便な応力計算方法によって実測値の裏づけを行ない設計上重要な資料をうることができた。

最後に本研究の実施に当たって，日立製作所亀有工場機械研究課のかたがたにご指導をいただくとともに，実験に当たっては，元検査課那河氏から絶大な協力を賜わった。ここに謝意を表する。

参　考　文　献

(1) C. E. Crede: Vibration and Shock Isolation.
(2) R. D. Mindlin: "Dynamics of Package Cushioning," The Bell System Technical Journal Vol. XXIV. 1945.
(3) S. Timoschenks: 工業振動学，商工出版社，1958.
(4) G. P. Tschebotarioff: 土質工学(上)，(下)技報堂，1960.
(5) 北郷　繁: "動的買入試験に関する研究"。
(6) 土質工学会，土質試験法解説 I，II.

特　許　の　紹　介

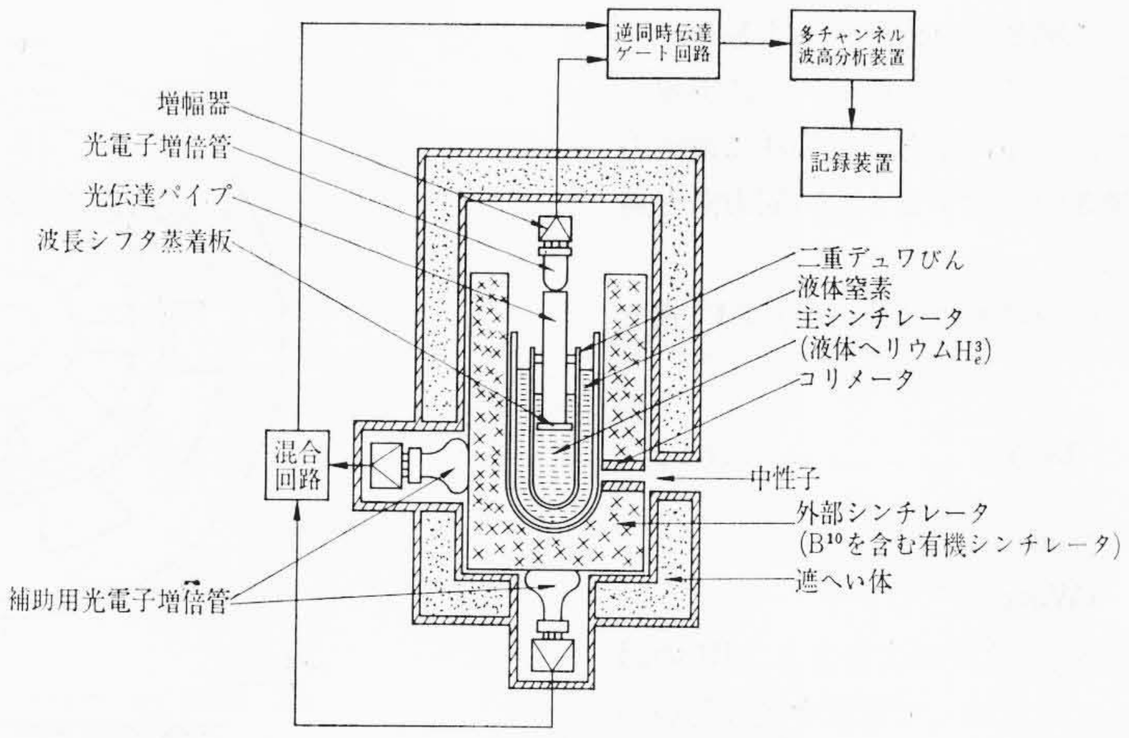
特許 第414631号(特公昭38-13199号)

青　木　亮　三

中性子エネルギスペクトロメータ

この発明は，主シンチレータを液体ヘリウム He^3 をもって形成するとともに，このシンチレータに光伝達パイプを介して光電変換素子を係合せしめてなる検出部ならびに逆同時変換回路を含むスペクトル計数部を有することを特徴とする中性子エネルギスペクトロメータに関する。

図について説明すると，いま測定中性子線をコリメータを介して二重デュワびん内の液体ヘリウム中に導入すると，その中性子エネルギに応じたシンチレーション光が波長シフタ蒸着板，光伝達パイプを介して光電子増倍管に導入され，電気的エネルギに変換され，増幅器その他必要な回路を介して，パルス逆同時伝達回路を経て多チャンネル波高分析装置および記録装置に導入されて，中性子エネルギスペクトルの記録がなされる。この場合特に主シンチレータを液体ヘリウム He^3 としたことにより，分子密度が大となり検出効率が高まるとともに，極低温であるため消光性不純物を固化して除去し得るし，ヘリウム分子の熱振動消光作用を抑制し得るので，波高分解能を非常に良好ならしめ得る。また，光電子増倍管の光導電面を低温度に保ち得るから，熱雑音も著しく減少せしめ得る。

なお，入射中性子が主シンチレータ中で散乱逸脱したときは，一般には出力パルスの波高値が中性子エネルギと対応しなくなるが，本発明においては，このときには外部シンチレータにおいても発光し，したがってこれに係合せしめた補助光電子増倍管からも検出出力が逆同時伝達回路に送られ，そしてこの回路は，両方からの信号がはいったときはいずれの信号をも波高分析装置に送らないように動作するため，散乱による中性子スペクトル誤差を生じるおそれもない。また，この外部シンチレータと逆同時伝達回路との組合せにより，外部からの宇宙線などの入射による分析誤差をも除去し得る。

(松島)