

港湾しゅんせつ工事に於ける発破振動の軽減

赤塚鉄夫*, 見島安喜*, 永井初己**, 前田 裕***

港湾しゅんせつ工事に於て、発破振動軽減を主目的として、次のような試験を行った。

- (1) 発破工事終了後の残壁を平滑で、丈夫なものにする目的も含め、プレスブリッテングにより主体発破の振動を軽減する試験。
- (2) 従来の潜水夫による小型削岩機使用の水中斉発破に代り、クロラードリル使用の M. S. 発破とし、発破振動を小さくすると共に掘削能率を向上する試験。

1. 緒言

八丈島の八重根漁港では数年に亘ってしゅんせつ工事が行われている。従来の発破は潜水夫による小型さく岩機（シンカー）使用の水中発破で、何本かのボアホールに装てんされた爆薬を瞬発電気雷管で斉発する方法によるものであった。

最近、発破振動の問題が大きく取り上げられて、1回の発破の最大薬量が 3kg に規制されたので、工事の能率は大巾に低下することとなった。

このため、東京都港湾局および施工業者の株式会社浅沼組から相談を受け、

- (1) 発破振動は従来の発破より増大することなく（むしろ減少して）工事能率を向上することを主とし、併せて
- (2) 工事終了段階に於ける残壁を丈夫でスムーズなものとし、その後の“よう壁”造成を容易にして打設コンクリートの節減を図ることを、目的として、次の試験を行うことになった。
 - (1) プレスブリッテング（以下 P.S. と略記する）により“スムーズ”な仕上面を得るとともに、この亀裂によって主体発破（Main blasting）による振動を軽減しようとする試験。
 - (2) 従来の潜水夫による水中発破に代り、H鋼による仮設棧橋を利用した、クロラードリル使用の M.S. 発破とし、1回の発破の薬量を増加しても振動は増大せず、総合的に掘削能率を高めようとする試験。上記試験の結果、一応の成果を得たので報告する。

昭和52年12月2日受理

* 多摩火災機工(株) 〒192-01 東京都八王子市小津町135

** 日本カーリット(株) 〒100 東京都千代田区丸の内1-2-1 東京海上ビル新館

*** 日本カーリット(株)保土谷工場 〒240 横浜市保土ヶ谷区弘向町1625

2. 試験期間

自：昭和51年10月25日

至：昭和51年10月31日

3. 試験場所

八重根漁港しゅんせつ工事、浅沼組現場。現場の概観は Fig.1 に示す如くである。

4. 発破振動の測定方法

測定の方法は、ピックアップで振動を感知し、直流増巾器を介して電磁オシログラフで記録した。但し、

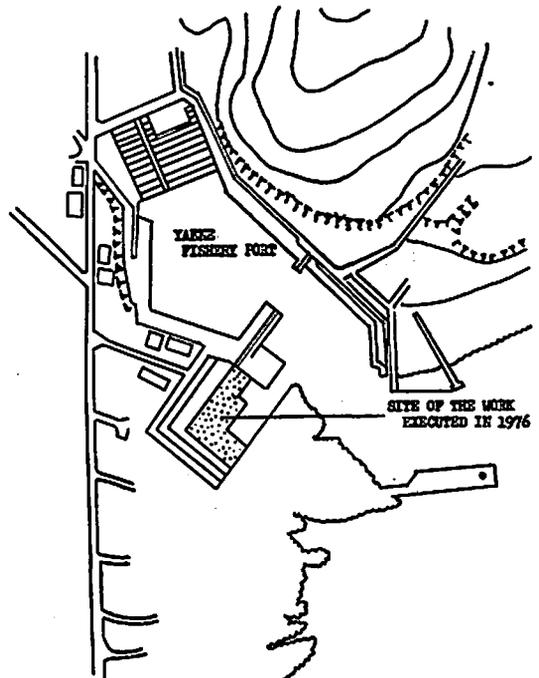


Fig. 1 Summary of the work executed

ピックアップ……………Geospace 製 GSC-11D
 直流増巾器……………三栄測器製 6L-5
 電磁オシログラフ……………VISIGRAPH 5L
 ピックアップは1ヶ所につき3方向の振動を測定するように3成分を設置した。

V：上下動

HT：水平動（爆源方向）

HR：〃（爆源に対して直角方向）

なお、ピックアップは岩盤に穿孔した孔中に埋設して、石膏で固定した。

5. 使用爆薬

含水爆薬“アイレマイト”（日本カーリット製）で寸度はプレ・スプリッティングおよび潜水夫による水中発破には、25mm×100g を、クロラードリル使用の試験発破には、50mm×1,000g と 25mm×100g を併用して使用した。

含水爆薬を使用した主な理由は次の如くである。

- (1) 衝撃感度が鈍感なため、水中発破での over flash を防止するのに適当と思われる。
- (2) 衝撃感度が鈍感なため、残留薬にビットがくり当たった場合の安全性がダイナマイト等に比し遙かに高い。
- (3) 弾力に富む薬性であり、プラスチックの円筒を用いた薬包のため、紙包装の一般爆薬に比較して変形が少く、ポアホールに装薬し易い。
- (4) 耐水性に秀れている。

6. 地盤振動の調査

種々の発破法による振動測定値を比較するためにはこの地盤で、薬量と距離によって振動が如何に変化するかを調査しておく必要がある。

一般に変位速度の最高値は

$$U = kw^m R^n$$

U：変位速度の最高値 (kine)

W：薬量 (kg)

R：爆源からの距離 (m)

m, n：係数

で表わされている。

m の値は多くの人々の実験結果を参照して 0.75 とし、n の値を実験により求めることにした。

地盤は安山岩よりなる岩盤で、圧縮強度は 1,200kg/cm² 程度であるが、亀裂が多く、海水の浸食を受けている。

6.1 調査方法

径 28mm、深さ 2m の孔に 200g 装填して爆発させ、それによる振動を 10m、20m、40m の地点で測定した。

この場合、測定点を出来るだけ多くするため、上下

Table 1 Experimental results for foundation vibration

No.	Charges (g)	Direction	Distance (m)	Vibration (Hz)	Kine
1	200	V	10	32.7	0.732
			20	46.4	0.195
			40	36.4	0.026
2	200	V	10	39.1	0.663
			20	83.3	0.096
			40	41.7	0.022
3	200	V	10	65.2	0.726
			20	21.0	0.301
			40	43.9	0.038

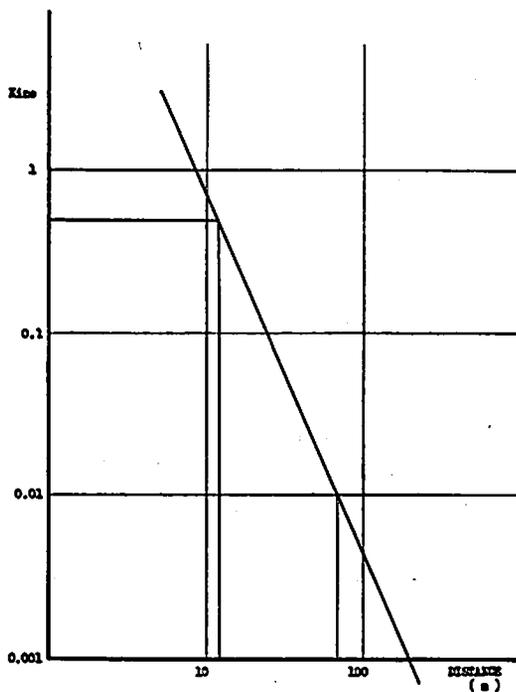


Fig. 2 Results of investigation for ground vibration shown in a graph

動のみの測定とした。

6.2 調査結果

測定は3回実施し、測定結果は Table 1 の如くであった。この結果は Fig. 2 のグラフとなり、これから $n = -2.25$ となる。これより、

$$U = K \cdot W^m R^n$$

$$= K \cdot W^{0.75} R^{-2.25}$$

となり

$$K = U \cdot R^{2.25} / W^{0.75}$$

が導かれる。

今後、種々の発破による振動の大きさはこの K 値

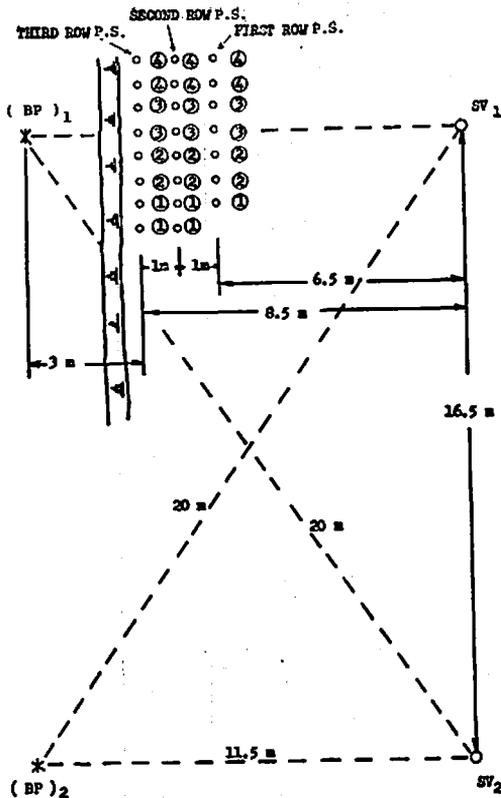


Fig. 3 Method of pre-splitting test

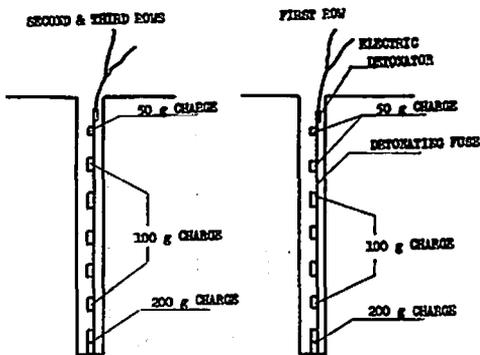


Fig. 4 Charges for pre-splitting

で比較することにした。

7. P.S.

7.1 施工方法

7.1.1 P.S. のパターン

パターンは Fig. 3 に示す如くである。孔径 65 mm, 孔間隔 0.6m, 孔長 7.5m とした。この P.S. 自身の振動を小さくするために点火は 1 列毎に MS 雷管により, 点火順序は ○ 内の数字で示すようにし, 3 列の P.S. を施工した。

なお Fig. 3 に示す如く, P.S. 3 列目の近く (海側

Table 2 Peak stress and momentum per unit area of 0.38 in. thick marble pellets 2.00 in. from Material-marble interface for different materials between explosive and marble.

Charges were 0.5 in. in diameter and 1.50 in. in long of PETN.

(by Charles J. Hass & John S. Rinehart¹⁾)

Material (0.25 in. Thick)	Momentum per Unit area ($\frac{10^{-4} \text{lb sec}}{\text{in}^2}$)	Peak stress (psi)
Water	1230	34,200
Drilling mud	1060	—
Marble	1010	29,000
Aluminium	984	—
Plexiglas	920	—
Vermiculite	841	—
Sand	820	21,600
Cardboard	781	—
Foam rubber	723	—
Air	715	21,600

— 図面の左側) で地盤が 2 m 低くなり, この地盤面から海中 5.5m の深さまで, しゅんせつ工事が行われている。装薬は Fig. 4 に示す如く 25mm 径の薬包を分散して, 導爆線とともに竹に結んで装てんした。ポアホール中には上部 2~3 m を除いて海水が充満していた。チャーレス等¹⁾によればこのように水を媒介とする場合は, 装薬の爆発によってポアホール孔壁におよぼされる応力は空気や砂を媒介する場合に較べて非常に大きくなると言われている。このためデカップリング効果を損うおそれがあるので, 装薬後ポアホールの上部から砂を投入し出来るだけ海水を砂に置き換えるようにした。

参考のため, チャーレス等による実験値を Table 2 として掲げた。

7.1.2 振動測定方法

P.S. による主体発破の振動軽減効果 (以下 P.S. の軽減効果) というの測定には, Fig. 3 に示すように (B.P.)₁ の地点に径 28mm, 深さ 2 m に穿孔した孔中に装てんされた 200g の爆薬を P.S. 施工前と 1 列施工ごとに爆発し, その振動を SV₁, SV₂ の 2 点で測定した。このうち SV₁ は P.S. による亀裂を通過する振動を, また SV₂ は P.S. の亀裂に関係ない振動を測定するように考えた。(BP)₂ は (BP)₁ と同じように 200g を装てんして爆発した時の振動を SV₁, SV₂ で測定し, データーを補充するように考えたも

Table 3 Results of measurement for reduction of vibration by P.S.

No.	Item	(BP)	Charge	Measurement	Distance (m)	Direction	Vibration (Hz)	kine	K	Remarks
1	Before presplitting	(BP) ₁	(kg)	SV ₁	11.5	V	52.1	0.443	965	
						HT	89.6	0.308		
						HR	60.5	1.209		
				SV ₂	20.0	V	34.7	0.339	961	
						HT	51.0	0.235		
						HR	29.9	0.201		
2			0.2		SV ₁	11.5	V	44.8	0.704	1189
							HT	27.7	0.579	
							HR	43.7	1.481	
					SV ₂	20.0	V	30.6	0.389	1203
							HT	39.4	0.424	
							HR	32.5	0.194	
3	After PS one row			SV ₁	11.5	V	42.5	0.754	848	
						HT	49.0	0.391		
						HR	60.7	1.057		
				SV ₂	20.0	V	42.5	0.404	1367	
						HT	38.6	0.482		
						HR	37.0	0.179		
4	After PS two low			SV ₁	11.5	V	52.1	0.512	411	
						HT	50.0	0.280		
						HR	59.5	0.512		
				SV ₂	20.0	V	49.0	0.123	349	
						HT	113.5	0.028		
						HR	33.8	0.080		
5	After PS three row			SV ₁	11.5	V	47.2	0.915	574	
						HT	53.2	0.598		
						HR	54.4	0.720		
				SV ₂	20.0	V	46.3	3.438	9750	
						HT	58.1	3.094		
						HR	37.9	1.604		
6	Supplement test (After P.S.)	(BP) ₂		SV ₁	20.0	V	30.5	0.243	689	
						HT	42.1	0.206		
						HR	125.0	0.069		
				SV ₂	11.5	V				
						HT				
						HR				
7				SV ₁	20.0	V	41.5	0.293	839	
						HT	31.8	0.246		
						HR	95.4	0.063		
				SV ₂	11.5	V				
						HT				
						HR				

のである。

P.S. 自身のおこす振動 (以下 P.S. の振動とい

う) も Fig.3 に示す穿孔配置で SV₁, SV₂ の位置で測定した。

7.2 実験結果

K 値は V, HT, HR 方向の Kine のうちの最大値で計算した。(以下絶ての実験について同様とする)

7.2.1 P.S. の軽減効果の測定結果

Table 3 に示す如くである。

7.2.2 P.S. の振動の測定結果

Table 4 に示す如くである。

7.3 実験結果に対する考察

7.3.1 P.S. の軽減効果

Table 3 で, SV_1 (P.S. による亀裂を通過する振動) の測定値からの K 値は,

P.S. 前 (No.1~No.2) 965~1189

P.S. 1列施工後 (No.3) 848

P.S. 2 " (No.4) 411

P.S. 3 " (No.5) 574

となっていて, P.S. による主体発破の振動軽減効果が1列ごとにあらわれてきている。然し P.S. 3列施工後の値が2列施工後よりも若干大き目に出ているように見えるがこの差はデーターのばらつき範囲内ではほぼ同等と考えられ, 従って軽減効果は1列では効果ははっきりせず, 2列ではほぼ飽和し, P.S. 施工前の約半分位に軽減された事になる。

次に SV_2 (P.S. による亀裂の影響を受けない振動) の測定値は,

P.S. 前 (No.1~No.2) 961~1203

P.S. 1列施工後 (No.3) 1367

P.S. 2 " (No.4) 349 (△)

P.S. 3 " (No.5) 9750 (×)

となっている。

これを見ると (No.1~No.2) と No.3 は大差なく, No.4は過少, No.5は過大となっているように思われる。この原因は明らかでないが, SV_2 のビックアップが No.4の測定から故障(石膏の破損等)した事によるものと思われる。これは Table 3 の (B.P)₂ による補充試験によっても SV_1 (距離 20m) では689~839と測定されているにもかかわらず, SV_2 (距離 11.5m) では異常振動のため解析不能となっている事からも裏付けられているように思われる。

勝山氏等⁹⁾の研究によれば, 空隙を通過することによって振動のピークを減少させるためには空隙の中 D_c が

$$D_c > v_p / \pi f$$

ここで v_p : 変位速度の最大値

f : 周波数

になることが必要だといわれている。

Fig. 3 に於て P.S. の位置は (BP)₁ から約 5m であるから, Fig. 2 より $v_p \approx 9$ kine, また Table 1 から $f \approx 50$ (Hz) なので, 振動のピークを減少するための空隙の最小巾は上式から 0.05cm となる。

また同研究によれば, 亀裂が2列ある場合, 亀裂の間隔を L , 波長を入とすると, $L/\lambda > 0.1$ では 0.06 cm の亀裂が1本ある場合も 0.03cm の亀裂が2本ある場合も軽減効果は同じになるといわれる。従ってこの実験に於ては2列の P.S. で主体発破の振動がほぼ

Table 4 Results of measurement for P.S. vibration

Item	Charge & Detonator	Point measured	Distance (m)	Direction	Vibration (Hz)	Kine	K
PS First row	0.7 × 7 = 4.9kg	SV_1	r.5	V	44.0	8.783	244
				HT	58.0	7.581	
				HR	182.1	11.903	
	① × 1 ② × 2 ③ × 2 ④ × 2	SV_2	17.7	V	29.7	3.130	961
				HT	34.9	4.918	
				HR	59.3	1.992	
PS second row	0.75 × 8 = 6kg	SV_1	8.5	V	37.9	6.322	265
				HT	131.6	2.330	
				HR	25.5	8.222	
	① × 2 ② × 2 ③ × 2 ④ × 2	SV_2	18.5	V	31.3	3.301	712
				HT	62.5	3.845	
				HR	26.9	1.656	

Table 5 Vibration by traditional blasting (K indicates maximum value)

No.	Charge (kg)	Point measured	Distance (m)	Direction	Vibration (Hz)	Kine	K	Remarks Upper Middle Lower
1	3	SV ₁	25	V	48.1	0.538	915	
				HT	48.1	1.394		
				HR	40.3	1.690		
		SV ₂	33	V	17.2	0.624		
				HT	29.4	0.297		
				HR	22.5	0.509		
2	2.2	SV ₁	39	V	73.6	0.143	1030	Upper
				HT	52.0	0.790		
				HR	77.9	0.570		
		SV ₂	45	V	88.3	0.075		
				HT	10.2	0.134		
				HR	71.6	0.054		
3	3	SV ₁	39	V	8.1	0.203	1292	Middle
				HT	53.6	1.371		
				HR	75.7	0.638		
		SV ₂	45	V	40.9	0.127		
				HT	6.4	0.100		
				HR	5.8	0.087		
4	3	SV ₁	39	V	5.8	0.140	1218	Lower
				HT	53.1	1.094		
				HR	81.3	0.704		
		SV ₂	45	V	35.1	0.261		
				HT	5.2	0.177		
				HR	6.8	0.113		
5	3	SV ₁	24	V	62.5	0.513	788	Upper
				HT	35.2	1.895		
				HR	62.5	0.865		
		SV ₂	32	V	20.8	0.483		
				HT	71.4	0.135		
				HR	9.4	0.338		
6	3	SV ₁	24	V	61.3	0.754	1070	Middle
				HT	88.8	2.803		
				HR	43.6	1.240		
		SV ₂	32	V	24.5	0.567		
				HT	12.9	0.153		
				HR	29.6	0.439		
7	2	SV ₁	24	V	28.9	0.583	516	
				HT	31.7	0.570		
				HR	53.1	0.285		
		SV ₂	32	V	32.5	0.407		
				HT	89.7	0.131		
				HR	61.9	0.238		
8	2	SV ₁	45	V	33.2	0.418	1651	Lower
				HT	24.3	0.523		
				HR	46.8	0.261		
		SV ₂	65	V	36.6	0.395		
				HT	87.1	0.066		
				HR	52.6	0.211		
9	2	SV ₁	45	V	26.6	0.568	1356	Lower
				HT	19.6	0.468		
				HR	17.2	0.490		
		SV ₂	65	V	33.7	0.264		
				HT	84.2	0.071		
				HR	25.3	0.215		
10	3	SV ₁	26	V	30.9	0.906	1728	Lower
				HT	27.3	1.082		
				HR	32.8	0.939		
		SV ₂	25	V	15.6	2.973		
				HT	38.0	0.535		
				HR	22.2	1.580		

半分に軽減されたことから、この時の P.S. による亀裂の巾は 0.03cm 程度と想像され、予想以上に狭いようである。P.S. 施工後、[ボアホールの内面には、0.7~1.0cm の亀裂が明瞭に認められたが、山口教授等の研究⁹⁾によれば、P.S. の亀裂はボアホール近傍では広いが、少し離れると急激に狭くなっていることから考えれば、平均的な巾としてやはり 0.03cm 程度のものではないかと思われる。

従って P.S. 1 列でははっきりと認められる程の軽減効果は期待し難いようであり、James F. Devine 等によってもそのような報告がなされている。

7.3.2 P.S. の振動

P.S. を M.S. で点火したためか、薬量の割には大きな値を示していない。然し、 SV_1 と SV_2 で比較した場合、 SV_1 に比して SV_2 が第 1 列、第 3 列の場合とも相当大きくなっていて、方向による差が大きいことを示している。

8. 従来のしゅんせつ発破による振動測定

8.1 発破パターン

従来の発破は潜水夫により、小型削岩機（シンカー）が使用され、最小抵抗線、孔間融とも 0.8m とし、径 28mm、孔長 1.5~2.0m に穿孔し、1 孔当り含水爆薬 25mm×100g を 4~6 本装填して瞬発電気雷管で斉発している。発破振動を抑制する意味で 1 回発破の総薬量は 3kg 以下と規制されている。しゅんせつする深さは 5.5m で、Fig.5 の如く発破は上部、中部、下部の 3ヶ所で実施されていた。

8.2 振動測定法と測定結果

適当な位置に SV_1 と SV_2 の測定点を設置して発破振動を測定した。また、その時の発破が Fig.5 で示した上部、中部、下部の何れに属するかを潜水夫から聞いて、わかったものは Table 5 の摘要欄に記入した。

振動測定結果は、Table 5 に示す如くである。

8.3 測定結果に対する考察

Table 5 の K の値は

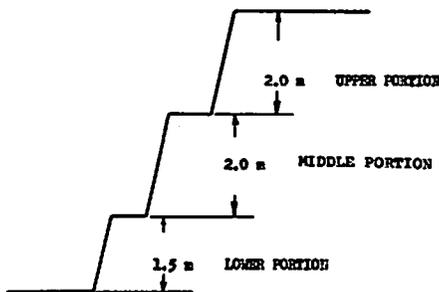


Fig. 5 Traditional blasting method

最小 516 最大 1728 (平均 1156)

となっている。

また Table 5 の摘要欄に記した上、中、下部に区分して見た場合の K の値 (平均値) は

上部: 909 中部: 1187 下部: 1398

となり、上部から下部に水深が大きくなるにつれて K の値も大きくなる傾向が見られる。

しかしながら、この場合の水中発破は潜水夫がその時の岩盤の状態を見て、起き易いように穿孔するので、陸上のベンチカットのように規定のパターン通りの発破にはなりにくく、ばらつきが多いと思われるので、これだけの実験値で結果を判定することは尚早の感があり、傾向が見られたという程度にとどまる。

9. クロラードリル使用の MS 発破

9.1 発破パターンと振動測定法

発破パターンは、孔径 65mm、最小抵抗線 1.0m、孔間隔 1.2m として、機橋から 4m の深さに穿孔し、装薬は Fig.6 に示すように、底部の起きをよくするために下部には太物の爆薬を装薬し、また破砕度を均一にするため、上部には細い爆薬を装薬し、爆発を確実にするため導爆線を用いた。

また、over, flash や前段の爆発による雷管の損傷を防ぐ意味でタンピングは予めプラスチックの袋に砂をつめたものを使用して密に横塞するようにした。

点火は M.S. 雷管により①、②、③、④、⑤段とした場合や①、⑥、⑦と段抜きにした場合等について実験した。

振動測定は適当な位置に、 SV_1 、 SV_2 の 2 測点を設けて測定した。

9.2 振動測定の結果

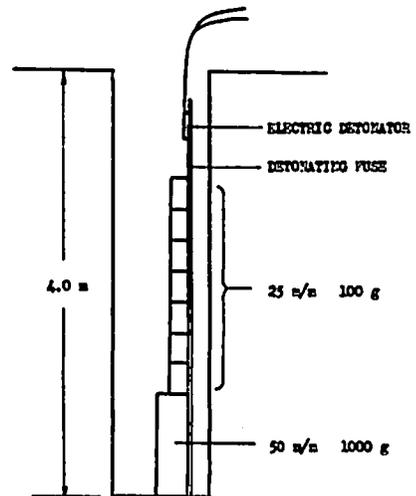


Fig. 6 Charges for blasting using a crawler drill

Table 6 Vibration measurement of MS blasting by crawler drill

No.	Charge (kg)	Detonator (M. S.)	Point Measured	Distance (m)	Direction	Vibration (Hz)	Kine	K
1	1.7× 3 Holes =5.1	①, ②, ③	SV ₁	26	V	78.0	0.621	774
					HT	—	—	
					HR	43.6	3.13	
			SV ₂	25	V	22.6	3.11	
					HT	45.6	3.03	
					HR	37.9	3.13	
2	1.7× 3 Holes =5.1	①, ③, ⑤	SV ₁	26	V	30.8	0.881	685
					HT	117.0	0.414	
					HR	43.6	1.791	
			SV ₂	25	V	18.8	1.387	
					HT	49.5	0.561	
					HR	27.4	1.376	
3	1.7× 5 Holes =8.5	①, ②, ③ ④, ⑤	SV ₁	38	V	39.4	0.255	372
					HT	40.6	0.216	
					HR	30.6	0.422	
			SV ₂	28	V	19.0	1.564	
					HT	41.3	0.449	
					HR	29.2	0.987	
4	1.7× 4 Holes =6.8	①, ②, ③ ④	SV ₁	50	V	45.5	0.217	788
					HT	17.7	0.180	
					HR	24.1	0.218	
			SV ₂	37	V	29.3	1.538	
					HT	40.5	1.256	
					HR	34.9	0.500	

Table 6 に示す如くである。

9.3 振動測定に対する考察

1. Table 6 の K 値を比較すると, No.4 > No.1 No.2 でこれは一応妥当であるが, No.3 が最小値を示しているのは妥当でない。

これは、棧橋から水中を見透せる範囲で上記パターンで穿孔して、No.1, No.2 の発破を行った処、従来の発破では完全なベンチが形成されていなかったため底部が重く、大割れとなったので、No.3 では潜水夫に水中の岩盤の状態を調べてもらって穿孔したために、起きがよくなり、そのために振動が

小さくなったものと思われる。No.4 は No.3 と同じようにして穿孔したが、中間の1孔が孔づまりして装填出来なくなり、荷の重い発破となりそのため振動も大きくなったものと思われる。

このように発破の起きが一般でなかったので振動測定値にばらつきを生じたものと思われる。

2. 上記1.の事情はあっても、クロラードリル使用のMS発破は、従来法の発破より、1回発破の薬量が大いにもかかわらず、振動が小さくなっていることは Table 5, Table 6 から明らかである。また、K 値で比較すれば、クロラードリル使用の M.S

発破では Table 6 から K の値は

最小 372 最大 788 平均 655

となっているのに較べて、従来の発破での K の値は Table 5 から

最小 516 最大 1728 平均 1156

と明らかにクロラードリルの M.S 発破の方が小さくなっている。

3. クラードリル使用の M.S 発破は、従来方法の斉発破にくらべて、点火の継続時間は長いわけであるが、振動の継続時間は短くなっている。

11. 結論

1. プレ、スプリットングによって、主体発破の振動を軽減することの可能性が認められた。そのためにはプレ、スプリットングを2列以上施工する必要があるように思われる。

主体発破のパターンとプレ、スプリットングの深さや幅その他の関係等、種々の条件については今後研究する必要がある。

2. クラードリル使用の M.S 発破は、従来の潜水夫によるシンカー使用の斉発破に比し、振動の減少と掘削能率の向上に効果のあることが確かめられた。

終りに当り、デカップリングの理論その他につき種

々の御指導を賜った東京大学山口教授大成建設土木部技術課和田課長、坂野氏、同海外建設部奥村課長、また、試験の機会を与えられ種々の御相談を頂いた井上所長を初め東京都港湾局八丈島出張所の方々、並びに(株)浅沼組、(株)赤間組、東和産業(株)の方々、に厚く感謝の意を表します。

文 献

- 1) Charles J. Haas and John S. Rinehart : Coupling between unconfined cylindrical explosive charges and rock, Int. J. Rock Mech. Mining Sci., vol. 2 (1965) p. 13~24
- 2) 勝山邦久, 佐々宏一, 伊藤一郎 : プレスプリットングにより生成したプレスプリットの効果について, 日本鉱業会誌/89・1024 (1973-6) p. 357~362
- 3) 山口梅太郎, 下村弥太郎 : スムーズブラステングに関する研究 (第2報) 工業火薬協会誌 125号 (1969) p. 74
- 4) James F. Devine, Richard H. Beck, Alfred V. C. Meyer and Wilbur I. Duvall : Vibration levels transmitted across a presplit fracture plane, Int. Bu. of mines, PGH., PA8714 (1965) p. 1~28

Experimental blasting carried out harbour dredging work for abatement of vibration at the time of blasting

by Tetsuo Akatsuka*, Yasuki Kojima*, Hatsumi Nagai**, Hiroshi Maeda***

The following experimental research have been carried out mainly for the purpose of attaining the captioned effect:

- (1) Experiment aiming at attaining smooth and rigid rock wall face after the blasting by means of presplitting, thereby reducing vibration due to object blasting.
- (2) Experiment aiming at attaining vibration abatement as well as work efficiency improvement by MS blasting by means of a crawlerdrill shore, instead of employing conventional blasting in which simultaneous blasting by means of a small rock drill and a diver.

(*Tama Kyaku Kikō Co. Ltd., 135 Ozu-machi, Hachiōji-shi, Tokyo 192-01, Japan

**Japan Carlit Co. Ltd., 1-2-1 Marunouchi Chiyoda-ku Tokyo 100, Japan

***Japan Carlit Co. Ltd., Hodogaya plant, 1625 Bukko-cho, Hodogaya-ku, Yokohama 240, Japan)