



## 砂を利用した発破騒音の低減について

前田正尚\*, 新藤孝志\*\*

都市部での発破作業では、保安物件までの距離が、ほとんど確保できない場合が多い。そこで、発破時に発生する振動・騒音・飛石をどのように低減したり、抑制するか、施工上のポイントになる。特に騒音に関しては、振動に比べ予測が難しく、また、その心理的影響は、大きいと考えられる。

ここでは、砂を用いた発破騒音の低減に関する小実験の詳細とその結果を試験的に実作業に応用した例を報告する。

### 1. 緒言

砂を利用して発破騒音を低減しようとする方法は、過去に実験やその応用がなされている。

筆者らは、都市部での発破を実施する場合の基礎データの収集と実作業への応用を目的として、鉄筋コンクリートの小ブロックを利用して、砂による発破騒音の低減の小実験を実施し、その方法が非常に有効であることを確認した。この実験は、発破の対象として鉄筋コンクリート構築物の地下部分の解体を前提とした。実験では、特に砂の厚みと騒音レベルの関係に重点をおいた。さらに、解体の対象となるコンクリート構築物の周囲の状況が、施工箇所によって異なるので、ここでは、以下の3種類の形態にわけて考えた。

- ① 地上…コンクリート構築物の周囲に障害物がなく、地上から突出した状態のもの。
- ② 半地下…コンクリート構築物の周囲が、既存の土砂、岩盤等で覆われ、上面だけが露出しているもの。
- ③ 地中…半地下と同じ状況であるが、施工上、コンクリート構築物の周囲が掘削された状態のもの。

これらの場合の騒音の変化についても実験を行なった。

また、この小実験の結果を基に、実際工事で砂被覆を使って発破を試験的に行なったので、その時の発破

1992年6月12日受理

\*梯カコー企画開発部

〒103 東京都中央区日本橋本町4-4-11

TEL 03-3279-4951

\*\*梯カコー発破事業部機工課

〒103 東京都中央区日本橋本町4-4-11

TEL 03-3279-4951

騒音低減の概要について述べる。

### 2. 実験方法

#### 2.1 発破方法

実験に用いた供試体は、Fig. 1に示すような50cm角の鉄筋コンクリートブロックとした。標準的なコンクリート構築物を想定して、設計強度は210kg/cm<sup>2</sup>とした。

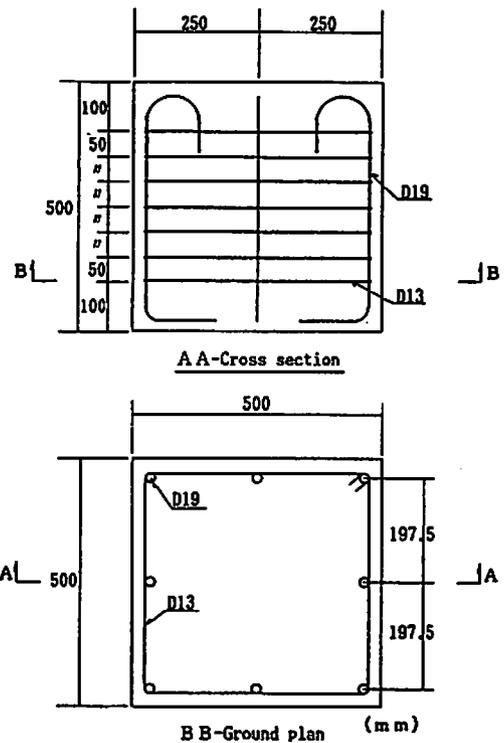


Fig. 1 Reinforced concrete block

発破孔は、ブロックの中心に1孔とし、 $\phi 34\text{mm}$ の径で30cmの穿孔を行なった。使用した爆薬は、3号桐ダイナマイトで、1孔当りの装薬量は50gとした。発破係数は、1 $\text{m}^2$ 当り0.4kgになる。

鉄筋コンクリートブロックを被覆する砂は川砂を使用し、その厚みを各々、 $t=20, 40, 60\text{cm}$ として、発破を行なった。また、砂の被覆がない場合 ( $t=0\text{cm}$ ) も実施し、被覆がある場合と比較した。

そこで、実際の地下部分の解体では、対象となるコンクリートの周囲が露出していたり、土砂で覆われていると想定される。そこで、コンクリートの周囲状態を変化させ、発破騒音の大きさに差があるかどうかを実験した。鉄筋コンクリートブロックが地表にある場合は、ブロックの側面を全て、同じ砂の厚さで囲むのが困難なため、上面及び法肩部分の厚さを規定し、側面は、45°の角度で砂を盛りつけた。鉄筋コンクリートブロックの設置状況、実験No、砂の厚さ、周囲の状況設定についてFig. 2に示す。

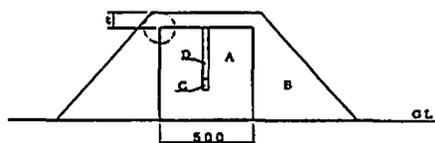
さらに、実験場所周辺にはゴルフ場や民家があり、実験No 1-1、2-1は砂を被覆しない実験という事から判断して、金網と防護シートを用いて飛散防止養生を各供試体を実施した。金網は直接鉄筋コンクリートブロックの周囲に巻きつけ、砂被覆を施した上に防護シートで覆った。

## 2.2 計測方法

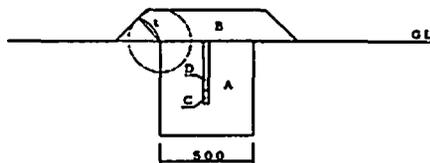
騒音計は、インパルス精密騒音計NA-61 (リオン製) を使用した。測定はA特性を計測し、動特性はFAST特性とした。

計測点は、爆源より倍距離で、一直線上に3点とした。また、実験にあわせて、爆源からの距離にあわせるために、マイクロフォンを移動して実験を行なった。計画段階では、爆源とマイクロフォンの距離を15m、30m、60mとしていたが、供試体を地上においた場合の発破音が予想に反して小さかったので、その後の実験では、爆源からの距離を7.5m、15m、30mと短くして以後の実験を行なった。

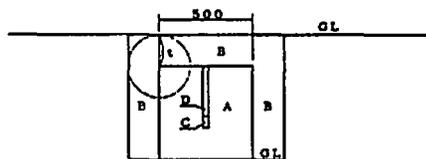
風速の測定は、Tr式微風騒音計AN-05 (リオン製) を使用した。



Experimental NO	Sand thickness(t)
1-1	0 cm
1-2	20 cm
1-3	40 cm
1-4	60 cm



Experimental NO	Sand thickness(t)
2-1	0 cm
2-2	20 cm
2-3	40 cm
2-4	60 cm



Experimental NO	Sand thickness(t)
2-5	0 cm
2-6	40 cm

- A : Reinforced concrete block
- B : Sand
- C : Charge(NO.3 Kiri-dynamite)
- D : Sand tamping

Fig. 2 Shapes of sand covering

## 3. 実験結果

### 3.1 供試体及び川砂の特性

実験に使用したコンクリートブロックの圧縮強度は、 $245\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。砂被覆に使用した川砂を、 $100^\circ\text{C}$ の試験器で約15時間乾燥させて含水比を調べた。その

Table 1 Maximum sound level in experiment (NO. 1-1~No. 1-4)

the velocity of wind:1.0~2.4m/s  
the direction of wind:SE-SSE

Experiment Distance	No.1-1 (dB)	No.1-2 (dB)	No.1-3 (dB)	No.1-4 (dB)	remarks
15 m	97	72	62	57	FAST, dB(A)
30 m	90	66	57	54	"
60 m	80	60	51	49	"

Table 2 Maximum sound level in experiment (NO. 2-1~2-4)

the velocity of wind:0.7~1.7m/s  
the direction of wind:SE-SSE

Experiment	No. 2-1	No. 2-2	No. 2-3	No. 2-4	remarks
Distance	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	
7.5m	88	76	75	66	FAST, dB(A)
15m	85	71	68	61	"
30m	77	67	64	56	"

Table 3 Maximum sound level in experiment (No. 2-5~No. 2-6)

the velocity of wind:0.7~1.7m/s  
the direction of wind:SE-SSE

Experiment	No. 2-5	No. 2-6	remarks
Distance	(dB)	(dB)	
7.5m	92	70	FAST, dB(A)
15m	89	60	"
30m	79	55	"

結果、川砂の含水比は、平均8.07%であった。

### 3.2 計測結果及び考察

騒音の測定結果をTable 1, 2, 3に示す。

測定日の風速は、0.7~2.4m/s程度で風向は、南東から南南東（測定器から供試体を見て、後方及び右後方）であった。

地上、半地下、地下に於ける騒音レベルと距離の関係をFig. 3, 4, 5に示す。これを見ると、供試体が地上にある場合、砂の厚さ  $t$  が20cmで20~25dB, 40cmで29~35dB, 60cmで31~40dB, それぞれ砂厚  $t = 0$  の場合に比べ減少している。供試体が半地中にある場合

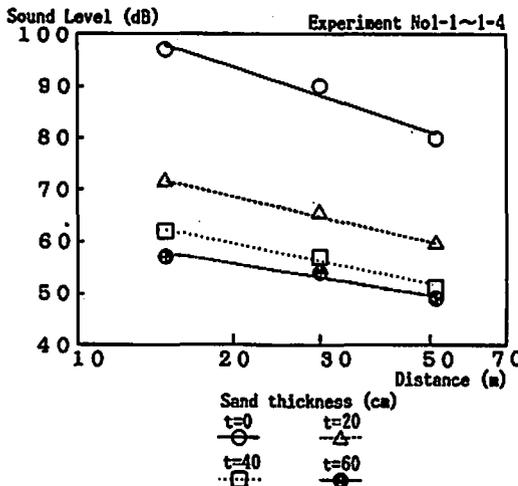


Fig. 3 Sound reducing effects by sand covering

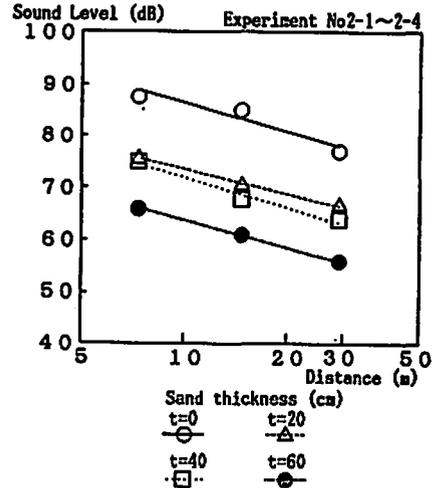


Fig. 4 Sound reducing effects by sand covering

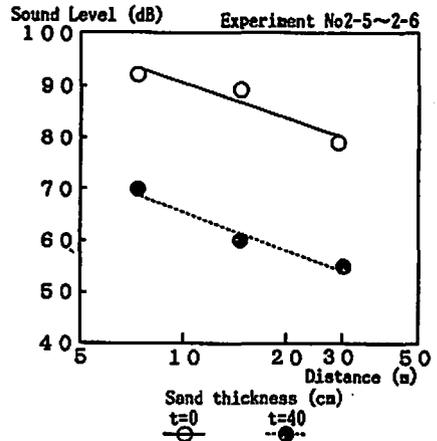


Fig. 5 Sound reducing effects by sand covering

では、砂の厚さ20cmで10~14dB, 40cmで13~17dB, 60cmで21~24dB減少している。また、供試体が地中、正確にいえば、半地下で供試体の周囲が岩壁でなく、砂で覆われている場合、砂厚  $t = 0$  に比べ砂の厚さ  $t$  が40cmで22~29dB減少している。

これを見ると、発破騒音の減衰効果は顕著で、砂厚

が増すにつれ減衰量も大きくなっているのがわかる。

また、過去に斎藤、小林、吉田らのレポート1によって爆薬による鋼板切断における川砂の防音効果についての報告がなされている。このレポートでは、90gの成型爆薬を使用し、装薬方法を変化させ、川砂の厚さを10cmずつ変化させ、最大50cmの砂被覆で実験を行っている。その結果、砂の厚さが10~50cmの範囲で爆源から15mの位置で、騒音レベルの対数と砂の厚さの対数の関係が良い直線関係にあり、川砂の外部に出る騒音は、かなり正確に砂の厚さで決まると報告されている。ここで、本実験において、成型爆薬の場合と同じ状態と考えられる地上の場合について爆源からの距離15m地点での騒音レベルと砂の厚さの関係をFig.6に、騒音レベルの対数と砂の厚さの対数の関係をFig.7に示す。これを見ると、成型爆薬による外部装薬の場合と同様にコンクリート構造物における内部装薬に

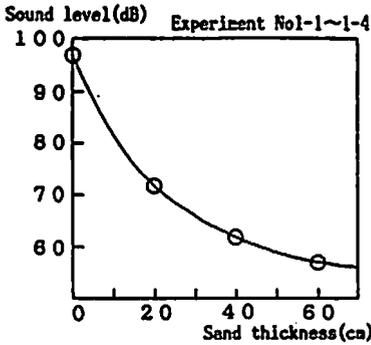


Fig. 6 Sound level vs. sand thickness at 15 m

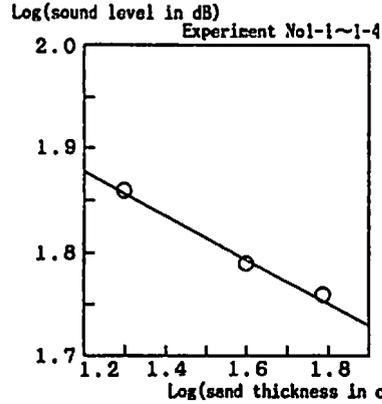


Fig. 7 Sound level(log) vs. sand thickness(log) in case of blasting with 50g explosives at 15 m

おいても、砂を伝播して外部に放出される騒音は、砂の厚さによって決まる事がわかる。

また、測定距離15mに於ける砂被覆のある場合とない場合の周波数分析をFig.8に示す。砂被覆をした場合としない場合の周波数の変化は、特に500~1500Hz程度の成分が砂被覆を施す事によって減少しているのがわかる。

次に、砂を被覆しない場合の発破騒音を供試体の状態が地上、半地下、地中の3種類の形態に分け、距離ごとに図示するとFig.9となる。これを見ても、半地下と地中の場合は、大きな差はないが、地上と半地下、地中との間には、発生する騒音レベルの差が約10dB程度ある。爆源が地上にある場合と地中にある

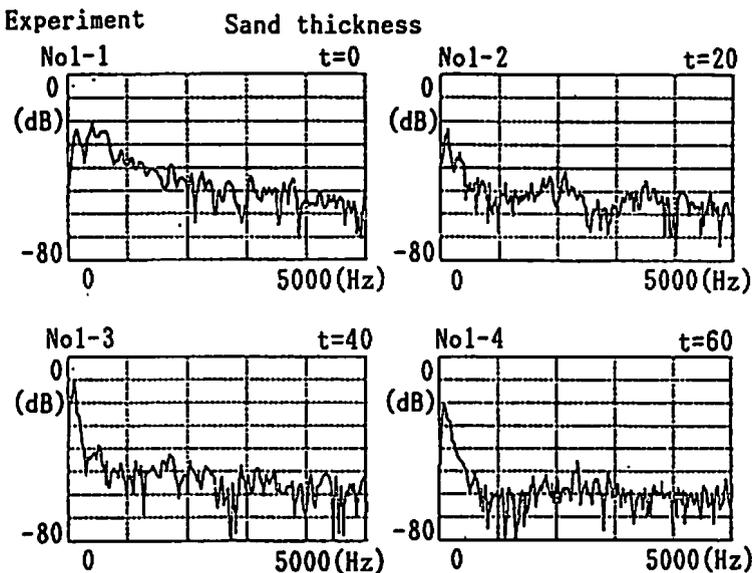


Fig.8 Frequency analysis of sound

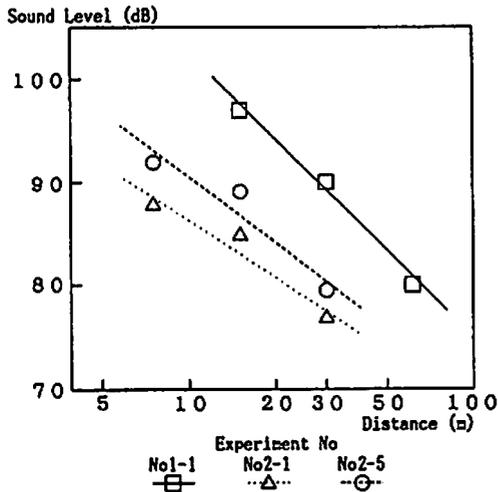


Fig. 9 Maximum sound level in case of sand thickness  $t=0$

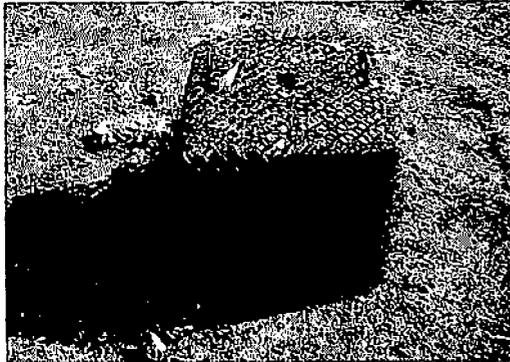


Photo. 1 Reinforced concrete block after blasting

場合では、実際の工事に於いて発破騒音を予測するときには、爆源が地上にでている場合とそうでない場合は、上述した値ぐらいの騒音レベルの差を加味して検討する必要があると考えられる。

また、発破後の鉄筋コンクリートの状態をPhoto 1に示す。金網によって飛散が十分抑制され、コンクリートブロックは金網の中で小さく破砕された状態であった。これはコンクリートブロックが飛散した場合に比べ騒音の抑制に寄与していると考えられる。

### 3.3 砂被覆の活用例

この小実験の結果を基に、砂被覆を実作業に使用し、その効果が有効かどうかを確認した。特に小実験では使用した爆薬量が50gと少量であり、施工サイドから見ると、実作業に適用するには、その爆薬量では予測が難しい。そこで、実際の施工場所で、小実験の規模を拡大して試験施工を実施し、砂被覆の効果を確認した。Table 4に、試験施工時の騒音レベルの計測結果を示す。尚、表中の-は、周辺の暗騒音に隠れて測定不能だったデータを示す。また、測定不能のデータを除いた騒音レベルと換算距離の関係をFig. 10に示す。

砂被覆をした場合としない場合では、27~35dBの騒音レベルの減少を示した。一斉発爆薬量が1.6kgまでの範囲では、小実験で確認された騒音の低減と同程度あるいはそれ以上の効果が確認された。しかし、爆薬量の変化と騒音レベルの減少の間に明確な関係を得る事はできなかった。これは、試験場所が地下のコンクリート構造物であり、さらに、発破場所を同一にする事ができず、場所が変化する為に、地上に設置した騒音計に発破騒音が到達するまでに、反射や屈折等で

Table 4 Application of sand covering

NO	Sand thickness(t) (cm)	Distance (m)	Simultaneous explosives (kg)	Total explosives (kg)	Sound level dB(A)	Kind of explosives
1	0	22	0.4	0.4	102	Dynamite
2	"	27	"	"	98	"
3	"	22	0.6	0.6	108	"
4	"	27	"	"	100	"
5	"	22	0.9	0.9	104	"
6	"	27	"	"	99	"
7	60	66	0.4	0.4	-	"
8	"	45	"	"	-	"
9	"	16	"	"	78	"
10	"	60	0.8	0.8	-	"
11	"	44	"	"	-	"
12	"	22	"	"	75	"
13	"	55	1.6	1.6	72	"
14	"	44	"	"	76	"
15	"	27	"	"	76	"
16	"	61	"	"	-	Emulsion
17	"	38	"	"	72	"
18	"	24	"	"	75	"
19	"	18	1.5	19.8	87	Dynamite
20	"	8	"	24.0	88	"

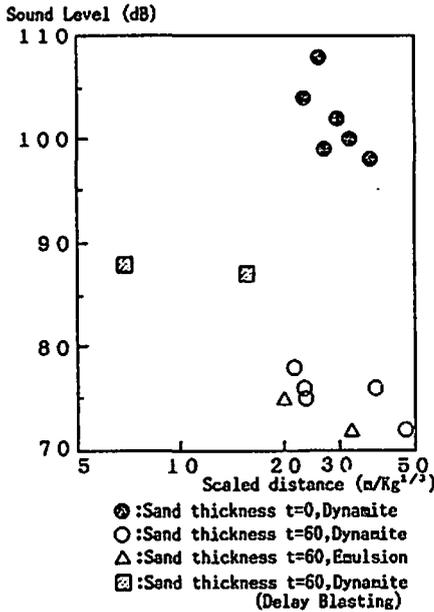


Fig. 10 Sound level in the construction work

複雑な伝搬のしかたをするのが原因と考えられる。

発破場所が規制されたり、管理されたりする場合はよく敷地境界線上で85dBという値が採用される場合が多い。砂被覆を応用すれば、この基準をクリアできる可能性が十分にあるといえる。

さらに、現実の工事に着目すると、1日に解体しなくてはいけない量が工期等から設計されている。この試験発破の斉発爆薬量1.6kgでの施工量と設計上の施工量の間には、まだ隔たりがあると思える。そこで、一斉発爆薬量を1.5kgとして、段発発破によって発破を行なった結果、発破騒音は、距離18mで87dB、距離8mで88dBとなった。(砂被覆  $t = 60\text{cm}$ )

この値は、先の85dBという値を1~2dB越えたものとなった。工事の関係で2回の発破しか実施する事ができなかったため、詳細な検討はできなかった。今後は、段発の方法、砂被覆の厚さ、発破方法等をさらに研究していく必要がある。

#### 4. まとめ

今回実施した実験から砂被覆による発破騒音の低減方法は効果のあることが確認できた。また、実工事での試験発破を行ない、地下部分のコンクリート構造物の解体への実用性も十分にあることがわかった。今回得られた結果と今後の方向について以下に述べる。

- ① 砂被覆によって発破騒音を20~30dB程度低減できることが確認された。
- ② コンクリート構造物における内部装薬においても砂を伝搬して外部に放出される騒音は、砂の厚さによってきまる。(爆薬量50g、爆源より15m地点)
- ③ 構造物の状態によって発生する発破騒音は10dB程度の違いがあると考えられる。
- ④ 砂被覆の厚さ60cmで爆源からの距離16m~66mで発破騒音レベルを75~78dBに低減することができた。この場合の斉発爆薬量は、1.6kgであった。
- ⑤ コンクリート構造物の発破を実施する場合に、十分な発破効果が騒音レベルの低減につながる。

今後は、砂被覆と爆薬量の関係、段発等の発破方法による騒音レベルの低減、発破効果と発破騒音の関係等について、実作業を踏まえて研究したいと考えている。

また、騒音レベルの低減とは直接関係はないが、砂を利用する場合、その量はかなり多くなるので、できれば砂に代わる方法や砂と他のものを組み合わせるといような方向についても検討していきたい。

最後に、本実験を行なうに当って、御指導、御協力戴いた東京大学吉田忠雄名誉教授、中央大学小林教授に謝意を表し、実験場所を提供して戴いた中国化薬株式会社 吉井工場の関係各位にお礼を申し上げます。

#### 文 献

- 1) 齊藤照光, 小林直太, 黒川孝一, 田村昌三, 松永 匡裕, 吉田忠雄 火薬と保安 Vol. 19 NO. 4 (1987)

## **Experiments of reducing of sound level from blasting under sand covering**

**by Masanao MAEDA\* and Takashi SHINDO\***

In, Japan whenever the blasting should be done in urban area, we have many problems about vibration and noise from the blasting. So we must consider how we reduce or control the vibration and noise from blasting. We measured the sound level from test blasting using reinforced concrete block and column of building covered with sand on and in the ground level. We got the results that we can reduce the sound level distinctly using various thickness of sand covering on the specimens.

(\*Kacoh Co.Ltd.,4-4-11 Honcho Nihonbashi Chuo-ku Tokyo 103 JAPAN)

---