

関西大学工学部 正員 谷口 敬一郎

関西大学工学部 正員 井上 啓司

建設企画コンサルタント 正員 木下 哲生

1. まえがき

厚い盛土層においては、土の自重による土圧の作用によって土層が圧縮され、長期間にわたる沈下現象が生ずるが、とくに大きな建造物などの上載荷重が加わる場合には、著しい影響の現われることがある。この研究の目的は、厚層盛土地盤の沈下をそく進させる手段として、発破による振動を利用しようとするもので、あわせて、発破によって生成される地下の空洞にモルタルを注入し、地盤の支持力の増強を計ろうとするものであり、これらの実験の結果について報告する。

2. 実験現場の状況

Fig. 1 に示されるような谷地形を埋め立てて造成された平坦な土地のほぼ中央部に実験場所を選定した。B₁, B₂, B₃, B₄ の4点を爆破孔、相互の間隔を7.5～9.0 mとした。爆破点付近における盛土の厚さは、約33～37 mである。盛土材料は主として流紋岩ならびにその風化生成物で、粒度は粘土成分から径1～2 mにおよぶ巨れきにまでわたっているが、全般的には、水き20%, 砂50%, シルト10%, 粘土20%程度の比率となっている。

3. 実験方法

4つの爆破孔はB₄→B₃→B₂→B₁の順に爆破されたが、その時間間隔は10～3日である。それぞれの実験爆破の手順はつぎの通りである。

- (1) 直径14 cm、深さ20 mのボーリング孔をせん孔し、内径10 cmの硬質塩化ビニール管をよう入する。
- (2) 点火には導爆線を用い、ブースタとしてG.L.-20, -15, -10 mの3か所にダイナマイト300g(この量)をつづるし、AN-FO 爆薬75 kgを流しこむ。この場合、G.L.-20～-10 m間に装薬されたことになる。
- (3) 乾燥した砂で充填し、保守のため孔口に土のうを積む。
- (4) 秒読みによって点火し、同時に振動測定等を行なう。
- (5) 発破終了後、ボーリング孔内の充填砂をつき落し、ただちにモルタルを注入。
- (6) 発破直後、ならびに以後の長期的沈下量観測を実施する。

4. 発破による振動

発破振動の観測には受振器として Geospace

社製 K-28型を用い、その出力をヒンゲラフに直記させた。振動波形記録の1例をFig. 2に示す。卓越周波数は約25 Hzで、各測点において観測された変位速度の値を基にして、変位量

ならびに、加速度と計算した結果がTable 1

に示されている。Fig. 3は爆源からの距離と変位速度の振中との関係とプロットした結果を示すものである。

一般に振動波形の振中をA、爆源からの距離をrとすれば、 $A = K \cdot r^{-n}$ なる関係がある。ここに、Kは薬量ならびに装薬条件に関する定数であり、nは媒質中を伝播する波の減衰定数である。Fig. 3から明らかな

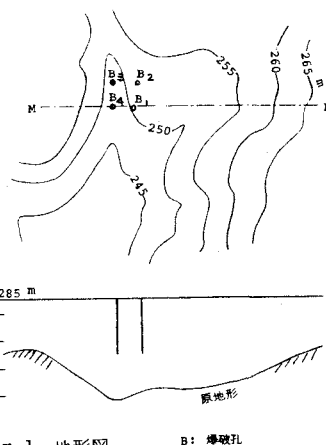


Fig. 1 地形図

Table 1

測点	深度 (m)	変位 (cm)	変位速度 (cm/sec)	変位 (mm)
B ₁	2	4.0	0.06	989
	3	4.0	0.06	989
	4	12.0	0.19	2952
	5	37.8	0.59	9326
B ₂	7	4.0	0.06	989
	8	2.0	0.03	487
	9	2.0	0.03	487
	10	2.0	0.03	487
B ₃	2	2.0	0.03	487
	3	2.0	0.03	487
	4	4.0	0.06	989
	5	19.7	0.31	4867
B ₄	8	2.0	0.03	487
	9	2.0	0.03	487
	10	2.0	0.03	487
	11	2.0	0.03	487

Fig. 2

ように、面対数目盛にプロットした A と r の関係は直線的で、 $A = 10,060 \cdot r^{-3.4}$ なる実験式が得られる。 r の値は水中で 1.13~1.14、岩盤中では 2 前後の値をとるが、このような盛土中では非常に大きな値を示し、振動波の距離による減衰が激しいことを表わしている。構造物などに被害をおよぼす変位速度として、5 cm/sec (5 keine) の値以上が一応のめやすとされているが、この値に対応する距離を求めれば、 $r = 9.4$ m、となり、この値を安全距離とすることができよう。また、人間が振動を感知する限度を、0.05 cm/sec とすれば、 $r = 36.3$ m に相当する。

5. 沈下量

Fig. 4 は実験工程が完了した時点における付近の沈下量を水準測量によって求め、等高線で表わしたものである。これによれば、発破地点を中心としてほぼ同心円状に地盤が沈下したことが明らかで、最大沈下量の観測は B_1 と B_2 のほぼ中間に位置する測点 No. 10 において得られ、その値は 31.3 cm であった。Fig. 5 は 4 回の発破時における各測点の沈下状況と断面図を表わしたもので、それぞれの発破ごとに爆源を中心として沈下量の増加して行く様子が認められる。

実験後の継続的な観測によれば、約 1 か月後には沈下が安定し、それ以後はほとんど変化がなく、最終沈下量は 32.5 cm に達した。この付近における従来の沈下状況と比較すると、発破によって生じた 30 数 cm の沈下量は約 2 か年分ないしは 3 か年分の沈下量に相当しているものと考えられる。

6. モルタルの注入

土発破は岩石発破と異り、振動波の減衰がはげしいので、発破によって生ずる空洞は動的作用の影響を受けることが少なく、ほとんどが静的な効果によるものと考えられる。すなわち、発破によって生ずる生成ガスの圧力が土圧と平衡するという条件から空洞の容積が求められる。いま、空洞の容積を V_e 、爆薬の比容を v 、薬量を L 、生成ガスの温度ならびに地中の温度とそれぞれ T_b 、 T_e (絶対温度)、土圧を P_e とすれば、

$$V_e = v \cdot L \cdot T_b / P_e \cdot T_e$$

と書かれる。本実験のように円筒状の装薬を行なった場合には、薬室の上下端において土圧が異なるので注意を要する。これに関連した他の実験の結果から、土の単位体積重量が地表においては 1.4 g/cm^3 、地下 20 m においては 1.7 g/cm^3 の値をとることが判り、この間に直線的な増加関係が認められた。AN-FO の比容は 970 l/kg であり、簡単のために $T_b \div T_e$ とすれば、 $V_e = 35.7 \text{ m}^3$ の値が得られる。発破終了後、空洞に注入したモルタル量 (セメント : 砂 : 水 = 2 : 2 : 1) は $36.1 \sim 43.8 \text{ m}^3$ にわたっているが、土層中への浸透を考慮すれば適当な値と考えられる。いま、発破孔を中心として半径 5 m の円筒について考えると、地表沈下量ならびに注入モルタル量から計算して、密度は約 10% 程度上昇したことになる。

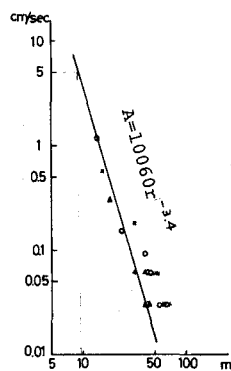


Fig. 3

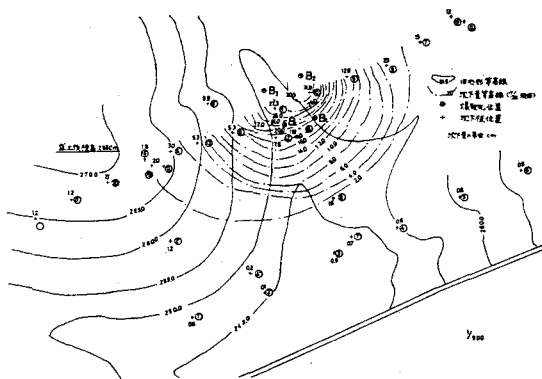


Fig. 4

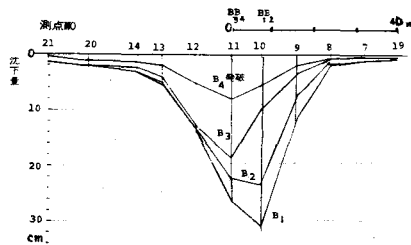


Fig. 5