

電電公社 東北電気通信局 正員 平屋 洋
 電電公社 東北電気通信局 正員 中野 雅弘
 電電公社 東北電気通信局 長岡 利之

I. はじめに

近年、都市土木工事の多様化に伴い、都市内における発破工事実施例が増加しており、安全かつ振動、騒音の少ない制御発破工法の確立が望まれている。今回、岩手県盛岡市中心部のシールド工事において、新鮮花崗岩の岩塊間を掘進するために、圧気シールド内における制御発破工法を採用した。本報告は、発破施工に先立って行った試験発破の実施結果及び発破振動の解析について、若干の考察を述べるものである。

II. 工事概要

当工事区間の地盤概要は図-1に示すとおりで、新鮮花崗岩、風化花崗岩(岩盤)、及び礫質土、粘性土(洪積層)が変化に富んだ地層を形成しており、更に花崗岩の風化程度も場所によって異なり、複雑な地盤状況を呈している。ルート上は盛岡市の官庁街に近く、住宅、商店が密集しており、工事に伴う公害に対しては特別の配慮をすべき地域である。

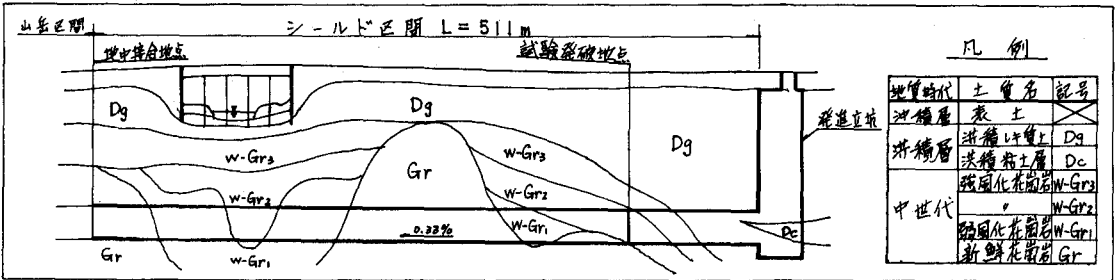


図-1 地盤概要図及び縦断面図

III. 発破工法の概要

飛進立坑より約100m区間の砂礫層においては、手振圧気工法にて順調に掘進を続けたが、風化花崗岩層に入ってから、土質調査結果から予期できなかった新鮮花崗岩(Gr)の岩塊が切羽に数多く出現した。このため、油圧割岩機の併用により掘進を行ったが、その後も岩塊径が増大し掘進能率が極度に低下した。そこで、岩塊間における掘進方法について検討した結果、発破工法が工法上最も優れていると判断された。発破工法を圧気シールド内で使用するに当たり、①シールドマシンの防護、②圧気ロックに対する影響、③圧気下における袋ガスの換気方法、④発破による切羽崩壊の防止、⑤発破による振動及び騒音の地表面への影響、等について更に検討した結果、

- (1) マシンの防護については、低爆速火薬による制御発破工法を使用することにより、防爆シート及び防音マットを切羽面に設置すれば十分である。また、圧気ロックも発破時の衝撃に対して十分な強度を有している。
- (2) 発破の後ガスの換気については、送風管及び排水管を用いたブロワーによる強制換気を行う。(Q≒15m³/min)
- (3) 発破による切羽崩壊を防止するため、切羽前面及び上部の薬液注入により地盤改良を行う。
- (4) 発破による振動及び騒音の影響を把握するため、試験発破を実施する。

等の措置により、安全に発破工法を実施することが可能であると判断されたため、図-2のような薬注により切羽前面の地盤を改良した後、試験発破を実施した。試験発破における発破パターン及び装薬量を、それぞれ図-3及び表-1に示す。なお発破時の地上における振動速度規制値は、 $V=0.25 \text{ kine (cm/sec)}$ に設定した。

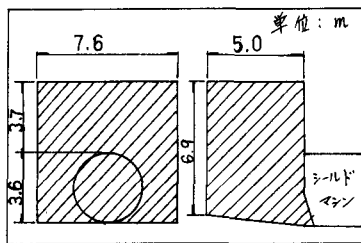


図-2 発破に伴う地盤改良範囲

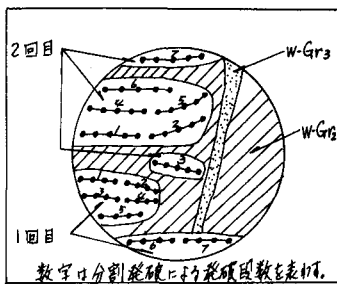


図-3 試験発破装薬パターン

表-1. 試験発破における装薬量

段数	発破回数・装薬量(kg)			
	1回目	2回目	3回目	4回目
1	0.20	0.25	0.30	0.15
2	0.20	0.25	0.30	0.15
3	0.20	0.25	0.30	0.15
4	0.20	0.25	0.30	0.15
5	0.20	0.25	0.30	0.10
6	0.20	0.25	0.30	0.10
7	0.20	0.20	0.20	—
計	1.40	1.70	2.00	0.80

Ⅳ. 試験発破結果

発破振動については、図-4に示す位置において振動速度を測定した。結果を表-2に示す。表-2より、振動速度は当初設定した規制値を大幅に下回っているが、これは以下の理由によるものと思われる。

(1) 今回の発破は表石発破であり、周囲の地山は強度的に弱い($\sigma_c = 40 \sim 150 \text{ kgf/cm}^2$)風化花崗岩層であるため、この部分が発破に際して自由面となり、振動を軽減させた。

(2) DS (Deci-Second) 雷管の使用による分割発破により、発破のエネルギーが分散された。

(3) 発破地点は、花崗岩層の上部に比較的厚い礫層が堆積しているため、発破振動が減衰した。

なお、発破による騒音については、発進立坑上部及び発破地点直上の地上において測定を行ったが、感知されなかった。また付近の住民からの苦情及び被害もなかった。

Ⅴ. 発破振動の解析

一般に、発破による振動速度($V = \text{kine}$)、装薬量($W = \text{kg}$)、及び振源距離($R = \text{m}$)の関係は(1)式で表される。

$$V = K \cdot W^m \cdot R^n \quad (K, m, n: \text{定数}) \quad (1)$$

試験発破結果より、 W をパラメータとして V と R との関係を示すと、図-5のようになり、明確な関連があることが判明した。更に試験値の回帰分析により、 K 、 m 、 n の値を求めると、

$$K \approx 33, m = 0.67 \div 2/3, n = -1.98 \div -2 \quad (2)$$

$$\text{よって、} V = 33 W^{2/3} R^{-2} \quad (3)$$

(2)(3)式で示される各定数値は、低爆速火薬を用いた場合の一提案式

$$V = (60 \pm 20) W^{2/3} R^{-2} \quad (4)$$

に比べてかなり小さく、当試験地点ごとの地盤条件及び発破方法の違いにより、通常の岩盤発破と異なる振動特性が得られたものと推定される。

Ⅵ. おわりに

以上の結果から、都市内における発破施工に関しては、綿密な計画に基づき安全及び公害に対処することにより、施工が可能であることが確認された。また今回の地盤のように、風化層中の軟石発破発破においては、通常の岩盤発破に比べて振動特性が異なり、想定よりも小さく計測されることが判明したが、今後更に測定を続け、新鮮花崗岩層における制御発破工法の騒音、振動の伝播特性を明らかにしていく必要がある。

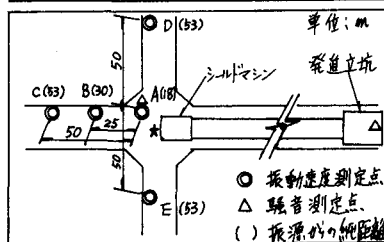


図-4 振動・騒音測定地点

表-2 振動速度測定結果

地点	振源距離(m)	発破回数・振動速度(kine)			
		1回目	2回目	3回目	4回目
A	18	0.025	0.032	0.044	0.025
B	30	0.010	0.014	0.016	0.013
C	53	—	—	0.006	0.014
D	53	0.014	0.016	0.036	0.008
E	53	0.018	0.025	0.036	0.003
規制値		0.25			

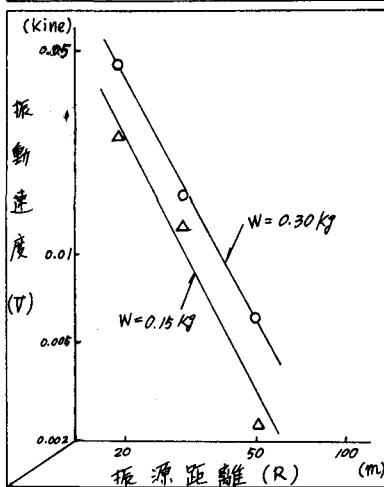


図-5 振源距離と振動速度