

非火薬剤を用いたトンネル掘削

西松建設（株）土木設計部

正会員 ○鈴木 健

西松建設（株）関西支店 猪名川東出張所

正会員 岡 竜, 佐伯 好治

西日本高速道路(株) 関西支社 新名神兵庫事務所

南上 信一

1. 目的

猪瀬トンネルは、新名神高速道路のうち、兵庫県川辺郡猪名川町内（川西 IC～神戸 JCT 間）に建設されるトンネルであり、トンネル延長は、上り線が L=193m、下り線が L=502m である。

トンネル掘削部の地質は、砂岩優勢の砂岩頁岩互層である。本トンネル下り線の直上の地表面には、公園および閑静な住宅地が存在していた。この区間は、地元協議により騒音・振動を抑制する事を条件に爆破掘削の了解は得たが、常時観測を行うとともに、十分な配慮を依頼された。そこで、非火薬剤でのトンネル掘削方法について検討を行った。本稿は、当該区間を非火薬剤を用いて掘削した際の振動計測結果について報告する。

2. 非火薬剤の破碎メカニズムおよび特徴

非火薬剤は、点火することによって破碎剤の反応で発生した高熱によって、破碎剤中に含まれる結晶水が気化して水蒸気（ガス圧）に変わり、破碎孔内に高い膨張圧が作用して、岩盤を破碎することができる。点火具は電子制御による延時方式を採用しているため、多段発破砕が可能である。また、これまでの使用実績から、発破振動は、通常の発破掘削に比べて約 1/10 低減することとなっている。

3. 管理基準値

発破振動の規制値は、振動規制法では規制がない。よって発破振動の規制値は、「特定工場等に係わる規制基準」を準用して設定し、昼間を 60dB、夜間を 55dB で管理することとした。

4. 振動予測式

振動予測式を以下に示す。試験破碎時および住宅地近傍での破碎時では、下式の K 値および Q 値を計測結果から同定して、予測式を修正し、実際の振動伝播に合わせた予測式を構築することとした。

$$dB = 20 \log V + Q$$

ここに、dB：振動レベル（dB）

V：振動速度（cm/sec）で以下の式にて算出する。

$$V = K \times W^{0.75} \times D^{-2}$$

K：発破条件によって変化する係数（以下、K 値と称す）

W：芯抜き時斉発薬量（kg/段）

D：発破場所からの計測場所までの距離（m）

Q：定数。一般的には 83



図-1 非火薬剤使用時の破碎状況

5. 試験施工時の計測結果

住宅地から離れた測点で試験施工を実施して、住宅地に到達する振動加速度を計測した。計測した振動加速度から、振動速度、振動レベルを算定した。その際、通常の爆薬との相違を確認するため、MS 雷管 DS 雷管を使用した制御発破も実施して比較を行った。なお非火薬剤による破碎は良好であった（図-1）。試験施工時に使用した結果を表-1 に示す。

キーワード 非火薬剤, 振動レベル, 振動予測, 振動対策, トンネル

連絡先 〒105-6310 東京都港区虎ノ門 1-23-1 虎ノ門ヒルズ森タワー10 階 西松建設株式会社土木設計部 TEL 03-3502-7637

振動加速度から変換した振動レベルに着目すると、MS 雷管 DS 雷管併用制御発破時の振動レベルは平均 61.3dB となった。

一方、NRC 破砕剤使用時では、平均 53.0dB となり、MS 雷管 DS 雷管併用制御発に比べて 8.3dB 小さくなった。また計測値から K 値を推定すると、MS 雷管 DS 雷管併用制御発破時の K 値は 196、非火薬剤による破砕時の K 値は 48 (24%に低下) となった。

6. 住宅地近傍施工時の計測結果

住宅地近傍 (TD415.3m 以降) での非火薬剤の芯抜き部の斉薬量は、試験破砕時の実績を考慮して、1.2kg とした。破砕時の振動加速度を測定して、振動速度、振動レベルに算定した結果、振動レベルは 56.0dB となり、夜間の管理基準値 55.0dB を超えた。そこで、K 値および Q 値を同定した結果、K 値は 145、Q 値は 79 となった。また、得られた値から夜間の管理基準値以下となる芯抜き部の斉薬量を再計算し、0.8kg とした。斉薬量の見直し後の計測される振動レベルは、概ね 55.0dB 以下となった。また TD434.4m 以降は、予測式と実測値の差が大きくなったため、Q 値を再度同定し 83 とした。Q 値が変化した理由は、切羽の進行に伴い計測位置を変更したことが考えられる。作成した振動予測式から得られる予測振動レベルと実測値の誤差は、概ね 2dB 以下となり、高精度で予測、管理することができた (表-2、図-2)。

TD445.3m 以降の実測値は、計測当初で構築した予測式と乖離する傾向が確認された。そこで、数回の測定結果から予測式を再構築すると、K 値は 81、Q 値は 82 となった。K 値は当初の K 値に比べて 56% まで低減した。原因について検討した結果、計測点が切羽より後方にあることがわかった。この現象は、既往の計測事例¹⁾と同様の傾向を示している。

7. まとめ

非火薬剤による破砕時の振動について、試験施工時、住宅地近傍で予測式を構築し、測定結果と同定することで、予測式を高精度化して、少ない誤差で非火薬剤使用区間の振動レベルを管理できた。

参考文献

1): 川端他, 双設トンネルの 2 期線新設工事における発破振動管理手法に関する一提案, 土木学会論文集 F 2008.9

表-1 試験破砕時の計測結果

測定条件										測定結果
回数	雷管	日	時間	天気	TD	支保パターン	使用火薬量 (kg)	火薬原単位 (kg/m3)	段数	振動 (dB)
1	MSDS	1月14日	9:00	曇	205.1	C II	54.0	0.9	27	61.9
2	MSDS	1月15日	8:45	雨	207.5	C II	54.0	0.9	27	60.7
3	非火薬剤	1月15日	15:50	曇	208.7	C II	80.0	1.3	25	53.1
4	非火薬剤	1月16日	12:05	曇	209.9	C II	73.8	1.2	25	52.8
MS雷管DS雷管併用制御発破平均										61.3
非火薬剤破砕平均										53.0

表-2 住宅地近傍での予測結果と実測測定結果

発破条件		予測								測定結果
回数	TD	測定位置	同定K	芯抜の斉薬量 (kg)	切羽から測定位置までの距離 (m)	振動速度 V (kine)	同定 Q 値	振動レベル VL (dB)	振動レベル (dB)	
1	415.3	民家	145	1.2	54.3	0.056	79	54.0	56.0	
2	418.3	民家	145	0.8	55.0	0.040	79	51.0	49.6	
3	419.3	民家	145	0.8	55.2	0.040	79	51.0	51.0	
4	420.3	民家	145	0.8	55.5	0.040	79	51.0	50.0	
5	421.3	民家	145	0.8	55.8	0.039	79	50.8	53.3	
6	422.3	民家	145	0.8	56.1	0.039	79	50.8	51.7	
7	425.3	民家	145	0.8	57.1	0.038	79	50.6	51.0	
8	426.3	民家	145	0.8	57.5	0.037	79	50.4	52.2	
9	428.3	民家	145	0.8	58.3	0.036	79	50.1	50.8	
10	429.3	民家	145	0.8	58.7	0.036	79	50.1	53.9	
11	431.3	民家	145	0.8	59.6	0.034	79	49.6	51.3	
12	432.3	民家	145	0.8	60.0	0.034	79	49.6	50.5	
13	433.3	民家	145	0.8	60.5	0.033	79	49.4	46.3	
14	434.3	民家	145	0.8	61.0	0.033	83	52.9	52.9	
15	435.3	民家	145	0.8	61.5	0.032	83	52.7	54.6	
16	436.3	民家	145	0.8	62.0	0.032	83	52.7	53.1	
17	437.3	民家	145	0.8	62.5	0.031	83	52.4	52.4	
18	438.3	民家	145	0.8	71.0	0.024	83	50.2	51.9	
19	439.3	民家	145	0.8	71.0	0.024	83	50.2	47.1	
20	439.3	民家	145	0.8	54.0	0.042	83	55.0	54.0	
21	440.3	民家	145	0.8	54.0	0.042	83	55.0	55.0	
22	441.3	民家	145	0.8	54.0	0.042	83	55.0	55.0	
23	442.3	民家	145	0.8	54.0	0.042	83	55.0	57.0	
24	443.3	民家	145	0.8	69.5	0.025	83	50.5	50.8	
25	444.3	民家	145	0.8	54.0	0.042	83	55.0	56.5	
26	445.3	民家	81	0.8	68.3	0.015	82	45.0	43.9	
27	447.3	民家	81	0.8	54.0	0.023	82	48.7	50.5	
28	448.3	民家	81	0.8	54.0	0.023	82	48.7	48.9	
29	449.3	民家	81	0.8	54.0	0.023	82	48.7	52.5	
30	450.3	民家	81	0.8	54.0	0.023	82	48.7	49.2	
31	451.3	民家	81	0.8	54.0	0.023	82	48.7	50.8	
32	452.3	民家	81	0.8	54.0	0.023	82	48.7	50.6	
33	453.3	民家	81	0.8	66.0	0.016	82	45.6	48.7	

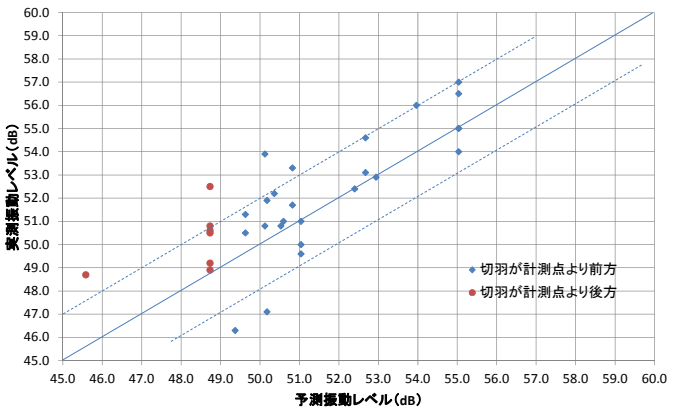


図-2 予測振動レベルと実測振動レベルの差異