

大口径深礎工事における振動抑制発破工法の効果

大成建設株式会社 正会員 ○田中 朝一
 中日本高速道路株式会社 伊藤 正人
 中日本高速道路株式会社 谷口 陽一
 大成建設株式会社 正会員 大谷 英夫

1. はじめに

愛知県岡崎市米河内町に建設中の新東名高速道路青木川橋工事は、全長 622m、有効幅員 21.65m の PC6 径間連続ラーメン波形ウェブ箱桁橋を建設するものであり、中日本高速道路株式会社初の技術提案に基づく設計施工案件¹⁾²⁾³⁾である。基礎の構造形式として直径 17m の大口径深礎を採用しており、施工には硬質花崗岩を掘削するため発破工法が用いられた。しかし、わずか数十メートルの距離に民家や民間事務所が位置していることから、発破振動抑制対策が必要であった。本論では、振動抑制対策として採用した多段導火管式発破工について、施工方法とその効果について報告する。

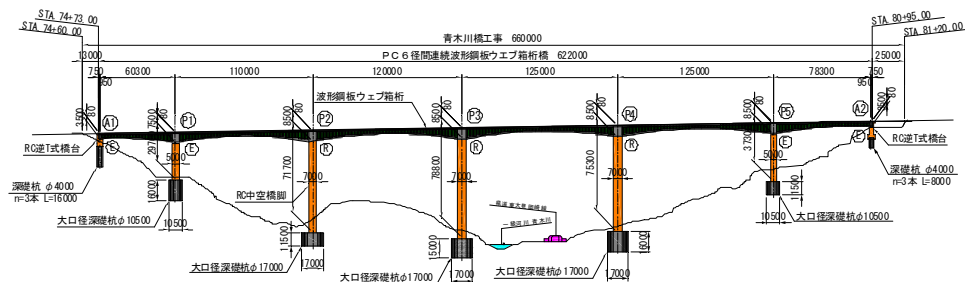


図-1 全体一般図

2. 発破工の施工条件

P3の基礎（橋脚高 78.8m）は直径 17m、深さ 15m の深礎である（図-2）。掘削は 0.4m³ 級のバックホウと 800kg 級油圧ブレーカーによる機械掘削を基本とし、硬岩部（図-2 中の CH 層）では発破工法を併用した。岩質は花崗岩で大部分が密着性の高い硬岩である。

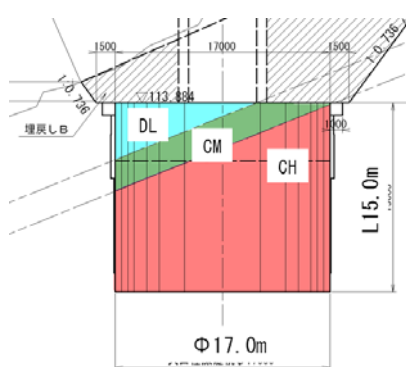


図-2 深礎一般図 (P3)

保安物件は、深礎中心から約 41m の位置に民家、103m の位置に民間事業所、184m の位置に小学校が隣接している（図-3）。

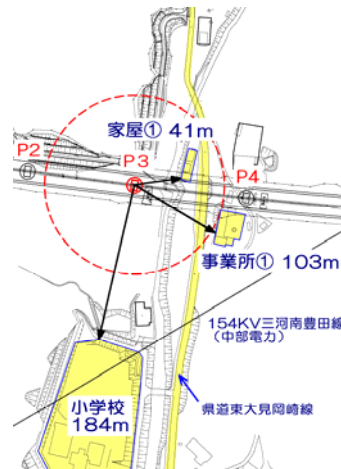


図-3 保安物件との距離

振動制限目標値は、愛知県で発破計画の目安として用いられている 75db（特定建設作業の振動基準 75db を準用）とした。

3. 振動低減方法の検討

振動予測には式(1)を、変位速度は日本化薬の式(2)を使用した⁵⁾。

$$VL=20\log V+83 \quad (1)$$

ただし、VL：振動レベル、V：変位速度であり、

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

ただし、K：定数（芯抜き：700、払い：350）、W：一段当りの爆薬量、D：発破場所からの距離(m)である。上記予測式を用いて、P3 から最も近い家屋①において振動レベルが 75dB 以下になるよう最大爆薬量を、芯抜き発破 0.9kg、払い発破 2.3kg と決定した（表-1）。

表-1 一段当りの爆薬量の決定

芯抜き発破の場合										
		家屋①	原道	JV事務所	事業所①	事業所②	飲食所	家屋②	運動場	学校校舎
爆薬量	W	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
距離	D	41	89	94	103	184	127	151	184	277
係数	K	700	700	700	700	700	700	700	700	700
変位速度	V	0.296	0.137	0.093	0.081	0.055	0.048	0.039	0.031	0.008
振動レベル	VL	74.7	85.7	62.3	58.7	57.7	55.1	52.1	48.7	41.5
払い発破の場合										
		家屋①	原道	JV事務所	事業所①	事業所②	飲食所	家屋②	運動場	学校校舎
爆薬量	W	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
距離	D	41	89	94	103	184	127	151	184	277
係数	K	350	350	350	350	350	350	350	350	350
変位速度	V	0.296	0.137	0.093	0.082	0.055	0.041	0.032	0.021	0.008
振動レベル	VL	74.8	85.8	62.3	58.7	57.8	55.2	52.1	48.7	41.5

$$V=K \times W^{0.75} \times D^{-2} \quad VL=20 \times \lg V + 83$$

4. 発破方法

4.1 雷管

発破振動は段当りの火薬量に比例するため、1 段当りの火薬量を小さくしなければならない。そこで、雷管には 20 段以上の多段発破が可能な非電気式の導火管付雷管（アイデット DS 雷管）を採用した。導火管付雷管は、専用のコネクターで結線する。このコネクターは、導火管を伝わる爆ごう波を分岐・伝達させるもので、組み合わせにより長時間間隔の段発（最大 9 秒間）が可能である。

4.2 発破パターン

図-4 は、試験発破（払い発破）のパターンである。このときの導火管付雷管数量表を表-2 に示す。断面を 25ms の時間差を持つ 5 つのブロックに分け（表-2 の列方向）、爆破にこの方式の最大時間である

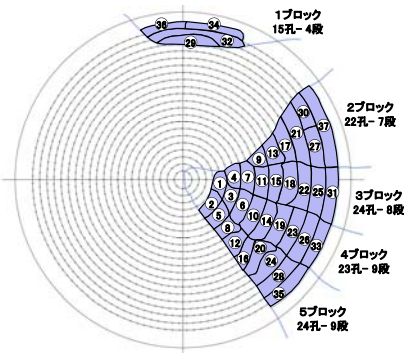


図-4 発破パターン（払い発破）

表-2 導火管付雷管数量表

9 秒をかけることとした（表-2 行方向）。発破資材の数量諸元は爆薬全量 21.6kg、導火管付雷管 108 個、コネクター（0ms）5 個、コネクター（25ms）4 個、バンチコード 5.4m（9 本）、着火用電気雷管（DS1）を 1 個である。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	計	段数
時間 s	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0		
1B L	0																								3		5	4	3	15	4
2B L	25														1	3	3		3		4			3	3				5	22	7
3B L	50										2			2		2		3	4			4		3			4			24	8
4B L	75	1						1					2		3		3			3		3	4				3			23	9
5B L	100				2							2		2		2		2		4		3		3				4		24	9
計	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	2	2	2	4	4	4	6	5	7	7	8	6	7	6	6	4	8	8	8	108	37

5. 振動計測結果

計測の結果（表-3）、振動の大きさは目標制限値 75db に対してはもちろん、予測値に比べても最大 68%程度の値となり、大幅に低減できたことを確認した。P3 深礎で実施した全ての発破について振動測定値を調べてみると（表-4）、掘削深度が増すごとに全火薬量が増える傾向を示した。これは硬岩の割合が増えたためである。また、振動の最大値は、火薬量 45.2kg（1 段当り 2.0kg）を使用した GL-9.5m で発生し、61dB を示した。全発破工を通じ、振動の目標制限値 75dB 以下を達成できた。

表-3 振動予測値と実測値の比較

測定場所	払い発破の振動		【参考】 初回発破実測値
	予想値 (単位: db)	実測値 (単位: db)	
家屋① (距離:41m)	69.4	47.5	44.5
事務所① (距離:103m)	53.4	47	39
集会場 (距離:127m)	49.7	33	30以下
小学校運動場 (距離:184m)	43.3	30.0以下	30.5

6. おわりに

本深礎工事での多段導火管式発破工は、振動の抑制に有効であることが確認できた。発破工事には、地域住民の理解が重要である。発破の前後に必ず住民の方に音や振動についてヒアリングし、ご理解を頂くことが出来たことが工事の成功につながったことを付記しておく。本報告が、今後の発破による振動抑制対策の参考になれば幸いである。

参考文献

1) 伊藤ら：新東名高速道路（仮称）青木川橋の設計と施工，橋梁と基礎 Vol. 46, 2012, pp. 5-10

2) 酒井ら：新東名高速道路(引佐 JCT～豊田 JCT)，コンクリート工学，特集/次世代を支えるプロジェクト，Vol. 49, No. 1, 2011. 1 pp. 63-65

3) 中須誠，弦間和博：標準案を示さない設計・施工一括発注方式の試行導入，橋梁と基礎 Vol. 41, 2008, pp. 65-69

4) 阿部祐規，近藤康紀，田中朝一，大谷英夫：設計施工一括発注工事における直径 17m 大口径深礎の施工，第 66 回土木学会年次学術講演会 VI, 2011

5) 日本火薬工業会：あんな発破こんな発破，平成 14 年 3 月

表-4 施工時の振動測定値（家屋①:41m）

測定日	振動測定値 (db)	全火薬量 (kg)	1段当火薬量 (kg)	発破位置 GL- (m)
H21. 11. 27	44.5	13.0	1.0	GL- 2.5
H21. 12. 10	47.5	21.6	1.0	GL- 3.5
H21. 12. 11	49.0	12.6	1.2	GL- 3.5
H22. 1. 5	51.0	41.4	1.0	GL- 5.5
H22. 1. 12	48.0	28.8	1.0	GL- 6.5
H22. 1. 22	48.0	49.8	1.2	GL- 7.0
H22. 1. 25	54.0	49.8	1.2	GL- 7.0
H22. 2. 5	—	50.0	1.5	GL- 8.5
H22. 2. 8	52.0	50.0	1.5	GL- 8.5
H22. 2. 19	61.0	45.2	2.0	GL- 9.5
H22. 2. 23	57.0	60.0	2.0	GL- 9.5
H22. 3. 6	59.0	64.8	2.0	GL- 10.5
H22. 3. 9	55.0	64.8	2.0	GL- 10.5
H22. 3. 19	54.0	64.8	2.0	GL- 12.5
H22. 3. 20	59.0	49.6	2.0	GL- 12.5
H22. 3. 30	49.5	24.0	1.0	GL- 14.5