

東急建設(株) 土木技術部 正会員 ○毎田敏郎

同 上 正会員 岩村 巖

同 上 正会員 増田芳久

1. まえがき

最近の社会状況と技術の進歩により、既設構造物に近接してトンネルを掘削したり、双設トンネルを施工する機会は年々増加の傾向にある。このようなケースで、地質条件的に爆破掘削が必要な時、近接する構造物に与える爆破振動の影響がどの程度であるかを実際の場で定量的に把握するためのシュミレーションが困難な場合が多く、計算や過去の事例等より安全すぎる(?)と考えられる厳しい制約下の施工を余儀なくされているようである。

本報告は、小木津トンネルにおける実施工を踏まえ、近接爆破によりトンネル覆工に生じる影響の大きさが、必ずしも従来考えられていたほど大きくないことを報告するものである。また更に、近接爆破では距離の要素が最も支配的であるため、距離によって、生じる振動速度の予測ができ、施工の可能性が検討できることを提言する。未解明の分野も多く、今後の研究にまっところ大であるが、今後の計画の一助になれば幸いと考え、あえて言及する次第である。

2. 近接爆破試験の概要と結果のまとめ

小木津トンネルは、壁間水平距離が僅か1.5～1.8Mと非常に近接した双設トンネルで、地質的に爆破掘削を行わざるを得ない厳しい条件下の施工であった。近接する2トンネルの中、後続トンネル掘削時の振動衝撃が、先行トンネルの覆工にどの程度の影響を与えるか把握するために、本施工に先だち爆破試験を実施した。

爆破試験は、施工時のことを考え、図-1に示すような1.5Mの離れをもった特殊断面を、スラリ爆薬を用いて9段の段発で爆破掘削した。測定は、覆工のクラック、ひずみ、振動速度、振動加速度、弾性波速度等につき行ったが、振動加速度を重視し、これを積分することにより振動速度値を求める方法を中心とした

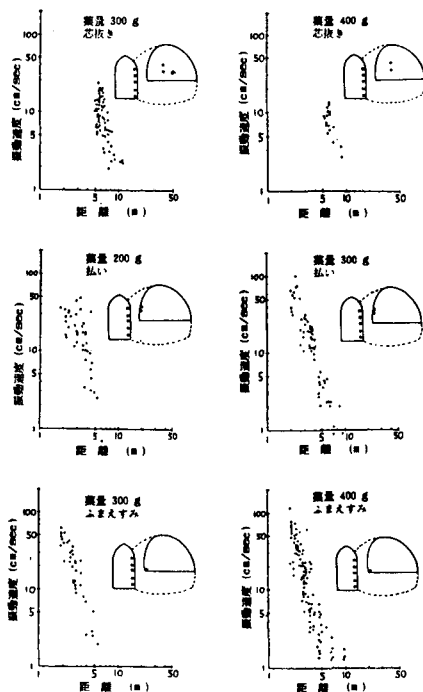
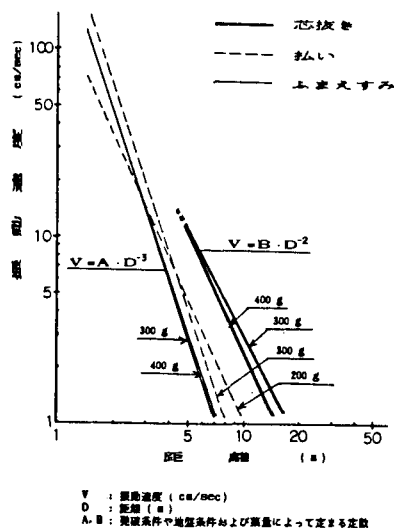


図-1 薬量ごとの距離と振動速度関係

表-1 段数・薬量・振動速度とK値関係

段数	水平距離 D (m)	薬量 W (g)	震 速 V (cm/sec)	$V \cdot K_1 W^{1/3} D^{-1}$ K_1	$V \cdot K_2 W^{1/3} D^{-2}$ K_2	$V \cdot K_3 W^{1/3} D^{-3}$ K_3
1	4.70	400	15	6.10	13.23	28.69
			13			
			11	5.67	11.63	23.83
2	4.20	200	9			
			7			
			5			
3	3.60	300	15	4.34	8.23	15.62
			13			
			10			
4	2.80	300	20	5.25	8.78	14.70
			15			
			10			
5	2.00	150	10	4.96	7.01	9.92
			8			
			6			
6	1.95	300	10	3.09	7.11	9.93
			8			
			6			
7	1.95	200	15	5.00	5.99	9.76
			10			
			8			
9	1.95	400	10	4.90	6.85	9.56
			8			
			6			
AVE 1			5.34		9.79	
AVE 2			5.16			

図-1は、薬量ごとの距離 図-2 振動速度と距離・薬量の相関図

と振動速度の関係を、1段(芯抜き)、6段(払い)、9段(ふまえすみ)につきプロットしたものである。

図-2は、爆破試験により得られた全データを最小自乗法で整理したものであり、表-1は各段の最大振動速度値の平均よりK値を逆算したものである。これ等の結果をまとめると次のようになる。①振動速度の最大値は、センサー取付け位置に最も近い孔の爆破時に生じ、その成分は、壁面に直角な方向が最大である。②近接爆破では距離による減衰が著しく、3~5Mを境として振動速度Vは距離Dに関しD²からD³に近似する。③測定された最大振動速度は

100 カインを超すものもあるが、クラックは限界振動速度(30~40カイン)を超しても生じない場合もあり、覆工の受ける影響は予測よりも小さい。④K値の平均は5.16であり、小木津トンネルでは、 $V = (5\sim6)W^{\frac{1}{3}} \cdot D^2$ (1)式により振動速度の管理ができる。

3. 距離による振動速度値の予測と施工の可能性

図-3は波形の干渉の過程とその大きさの一例である。同段で数孔爆破した際はほとんど干渉を生じていないが、干渉があった時は元の波よりも必ず小さくなっている。理論的な証明は今後の課題であるが、この結果によれば、近接爆破では振動速度値は1孔当りの距離と薬量から求めれば良い結果となる。図-4は(1)式を応用してK、Wの範囲を定めて一般化したV-Dの相関図である。また図中に施工の可能性を併せ示したが、これの適否については今後の検討を要す問題であり、あくまで参考のため示したに留める。

4. あとがき

試験や本施工を通じて、コンクリートの静的な限界振動速度を超してもクラックの入らない場合が多かった。このことは、トンネルのような閉じた構造体では圧縮応力を受けているので、微小クラックは瞬間的に生じても閉じる可能性のあることや動的な振動速度の限界は静的な場合よりかなり大きいこと等のためと考えられる。このため、近接トンネル等の爆破振動の管理基準はもっと大きくとれるのではと考えるに至った。最後に、検討に際し種々ご指導いただいた名古屋大学・川本教授、神戸大学・桜井教授、京都大学・佐々教授、日本道路公団東京第一建設局の諸兄に感謝いたします。

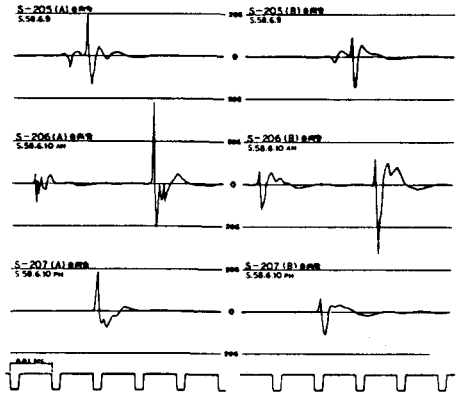
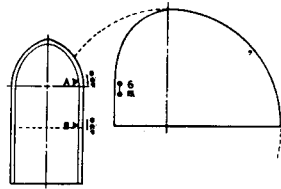
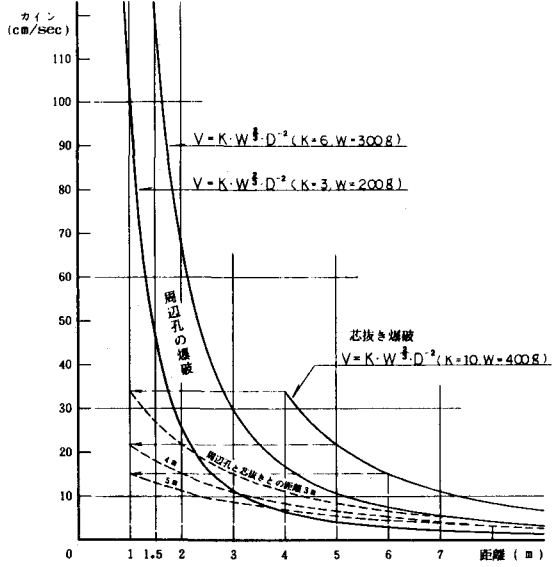


図-3 加速度波形の干渉と大きさ



対象近接構造物	トンネル	施工の可能性
新設、施工中の NATM	検討を要す 施工可 対策、計測 を要す 通常施工可 観察、計測 を要す	通常施工
既設 新し い トンネル	検討を要す 施工可 対策、計測 を要す 通常施工可 観察、計測 を要す	通常施工
既設 老朽 トンネル	検討を要す 施工可 対策、計測 を要す 通常施工可 観察、計測 を要す	通常施工
構造物	検討を要す 施工可 対策、計測 を要す 通常施工可 観察、計測 を要す	通常施工
コンクリート 構造物	検討を要す 施工可 対策、計測 を要す 通常施工可 観察、計測 を要す	通常施工

図-4 振動速度値の予測と施工の可能性