III-236 近接した双設トンネル施工時における挙動計測について

その2．本施工におけるNATM計測

東急建設　技術研究所　正員　○後藤有志
正員　西岡　哲
土木技術部　正員　岩村　巌
日本道路公団第一建設局　正員　三浦　克

1．まえがき

双設トンネルの施工においては周辺および隔壁部（トンネル間の地山部分をさす）の挙動など、2本のトンネルの相互干渉による地山の安定性が大きな問題となる。一般に双設トンネルの中心間隔は、地山が完全弾性体と考えられる場合には掘削幅の2倍、粘性土等の軟弱な地山では5倍とすれば静的にはほとんど問題ないとされている。名神高速道路や東名高速道路では、掘削幅の約3倍の中心間隔で施工されている[1]。これに対し、当トンネルは、「近接した双設トンネル施工時における挙動計測について(その1)」に示したように覆工の離隔が1.5～1.8m、中心間隔で掘削幅の1.2倍と非常に近接したトンネルを、ナトムで施工し、種々の計測を行なっている。本報では、先行トンネル(A線)施工後、後続トンネル(B線)を掘削した際の先行トンネルの挙動について報告する。

2．施工概要

トンネルの概要は、(その1)[2]の図1~2に示したように、斜面下の双設トンネルであり、最大土被でも30m程度の浅いトンネルである。先行トンネルの支保規模は、近接発破の影響も考慮して、吹付けコンクリートは地質区分に関係なく厚さ20cmのSFRCとし、隔壁部は短ボルトで増打ち補強されている。また、後続トンネルは、先行トンネルのインバート閉合後掘削を開始した。掘削工法は、上半先進ショートベンチ工法である。

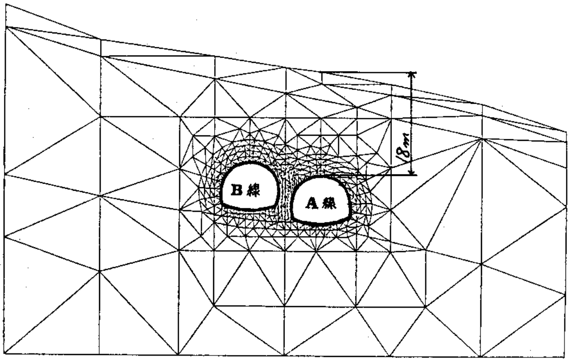

図1　トンネル断面　(解析モデル図)

3．計測結果

計測項目は、坑外計測として地表面沈下、層別沈下、坑内計測として、内空変位、天端沈下、ロックボルト軸力、覆工応力、地山内変位、等であり、主な計測断面は、50m毎に3断面設定した。計測の大半は、自動計測により、行なっている。

本報告では、図1に示したように土被り高が約18mで、坑口より約40m奥に入った先行トンネル計測断面における、後続トンネルの施工進行に伴なう挙動について述べる。ここで、B線トンネル掘削による計測値の変化をわかりやすくするため、以下に示す計測データはB線掘削開始時の計測値を初期値としている。

a)ロックボルト軸力

図2に、切羽位置が－20m，0m，20mの時のロックボルトの軸力分布図を示した。図3，4にPoint C，Fのロックボルトの軸力変化を、後続トンネル上半切羽との距離の関係で示した。ロックボルトは－20m(負は計測断面より後続トンネル切羽が手前にあることを示す)付近から影響範囲に入り、計測断面真横に後続トンネル切羽が進行した時、約5割 +20mまで切羽が進行した時、残5割の軸力が発生している。また、A～Eのボルトは、上半掘削の影響が大半であり下半掘削時の軸力変化は小さい。しかし、Fのボルトだけは、下半掘削の影

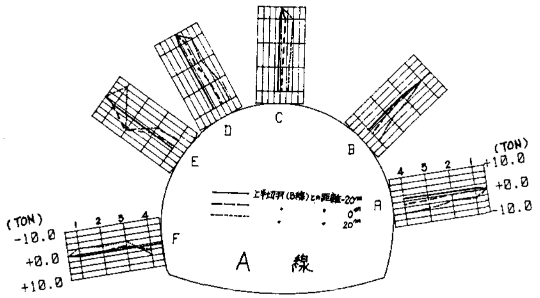

図2. ロックボルト軸力分布図

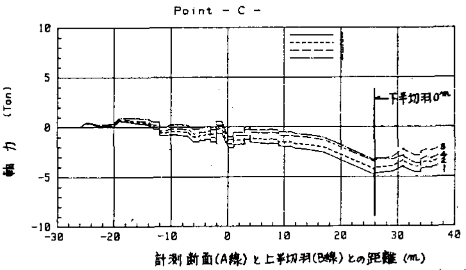

図3. ロックボルト軸力変位(B線切羽との関係)

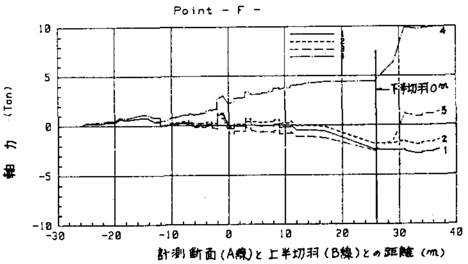

図4. ロックボルト軸力変化(B線切羽との関係)

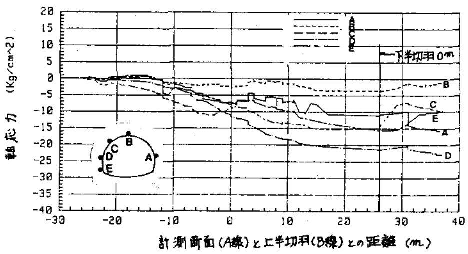

図5. 覆工応力変化(B線切羽との関係)

響が大きく、頭部で約6 tonの軸力増加がみられる。ロックボルトの軸力は、切羽が−2m〜2mの位置において変動が大きい。これは後続トンネル掘削時の発破の影響と思われる。

b)覆工応力

図5に覆工応力の変化を、後続トンネル上半切羽との距離の関係で示した。覆工応力の変化の傾向は、ロックボルト軸力と同様であり、−20m付近から影響範囲に入り、0mで約5割+20mで残り5割の応力が生じている。

覆工応力、ロックボルト軸力の変化は、上半切羽の進行の影響を大きく受け、下半切羽の進行の影響は、一部の計測点であらわれる程度である。これは、当トンネルが土被りの浅い近接した双設トンネルのためと思われる。

4. 解析との比較

土被りの浅い近接した双設トンネルの挙動を調べるために事前に、掘削過程、及びロックボルト吹付けコンクリートの施工を考慮したFEMを実施した。解析は、掘削後で40%、ロックボルト吹付コンクリート施工後60%の応力解放率として、9ステップの弾塑性解析を実施した。表1に解析値と計測結果の一覧を示した。

解析値と計測値は、傾向及びオーダーともに比較的良く一致している。しかし隔壁部側の覆工応力(C.D.E)については多少差異が生じている。

5. あとがき

当トンネルのように近接した双設トンネルでも、条件さえ整えば施工可能であることがわかった。今後、他の計測断面における計測結果も検討し、近接した双設トンネル施工の可能性を検討していきたい。

表1 計測値とFEM解の比較

STEP		7 FEM	7 計測結果	9 FEM	9 計測結果
ボルト頭部軸力(t)	A	-0.4	-1.3	-0.4	-5.0
	B	-0.4	-2.4	-0.3	-5.2
	C	-1.7	0.0	-1.3	-3.0
	D	-2.6	-4.8	-3.0	-6.5
	E	-0.7	0.0	-2.8	-1.5
	F	1.1	4.0	0.7	10.0
覆工応力(軸力)(kg/cm²)	A	-8.0	-6.7	-8.3	-9.2
	B	-2.3	-1.3	1.6	-1.3
	C	1.3	-13.3	6.7	-10.0
	D	-40.0	-18.3	-51.5	-22.4
	E	-31.1	-10.0	-40.5	-15.0

＊解析値はステップ3の時の値を初期値とし、計測値は−25mの値を初期値とする。

参考文献　1)土木学会編：トンネル標準示方書
2)近接した双設トンネル施工時における挙動計測について(その1)第39回土木学会年次大会(S.59)