

都市部トンネル施工による環境影響を最小限にする先受け工補強効果の評価

長崎大学工学部 フェロー 棚橋由彦 長崎大学工学部 正会員 蔣宇静
飛鳥建設(株) 正会員 佐々木郁夫 長崎大学工学部○学生員 川田晶仁

1. はじめに

都市部など土被りが小さい場所では地山の固結度が低いことや、地下水の影響もあり切羽の自立性や地山の強度不足によって、トンネルの施工が困難な場合がある。さらに地表の建物や地下埋設物に悪影響を与えないよう、地表沈下を抑制しなければならないこともある。こうした非常に厳しい条件のなかで、周辺に及ぼす環境影響を最小限に抑制するために、最近では補助工法を活用して解決している施工事例が多くなっている。各種補助工法のうち、土被りの小さい都市部等でのトンネル掘削に採用されている長尺先受け工は、地山の先行変位の抑止、地山のゆるみ防止、施工の安全性確保などで多用されているが、補助工法としての評価は高いものの効果のメカニズムは未だ解明されていない。

本研究は土被りが小さい未固結地山における都市部トンネルの掘削に伴う周辺地山の力学的挙動および環境影響を的確に把握・評価するために三次元掘削解析モデリングを行い、様々なケーススタディにより長尺先受け工の変位抑制効果を評価し、都市部トンネルの合理的設計法の確立を目的とする。

2. 現場データの整理

過去に、都市部で山岳工法により施工されたトンネルのうち、補助工法が採用された現場についての分類を行った。併用件数についてまとめたものを図-1に示す。その中で補助工法について、それぞれの補助工法を A)先受け工、B)鏡面・脚部の補強、C)湧水対策・地山補強に分けて分類したところ、AとBを併用した工事件数が最も多かった。

3. 三次元掘削モデルの概要及び解析ケース

図-2のようにモデルを作成し変形係数を150MPa、土被りを10mとし、地山強度比を1、2に変化させて三次元掘削解析(大変形差分解法)を行う。先受け工の変位抑制効果を評価するために先受け工の有無及び先受け工のラップ長を4m、7mに変化させる。また、先受け工と併用してインバートを打設した場合のモデルも作成し解析を行う。

掘削工法は全断面掘削とし、断面形状は標準断面(掘削外径約10m)で行う。初期地山の物性値は、地山分類のDⅠクラス程度とし、支保工打設もそれに準じた支保パターンを用いることとする。また、軟岩地山は破壊後、ひずみ軟化挙動を呈するものとする。解析では、標準的な施工手順に基づき掘削は1掘削ステップ長(1.0m)毎に行い、支保工は1掘削ステップ分遅らせて鋼製支保工を含めた吹付けコンクリートとロックボルトの打設を行う。

4. 解析結果と考察

4.1 ラップ長の変化とインバートの有無による沈下抑制効果

図-3の(a)、(b)にそれぞれラップ長の変化とインバートの有無による天端沈下の解析結果を示す。なお、

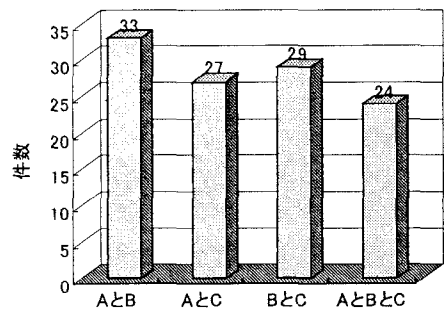


図-1 補助工法の併用件数
(A; 先受け工、B 鏡面・脚部の補強、C; 湧水対策・地山補強)

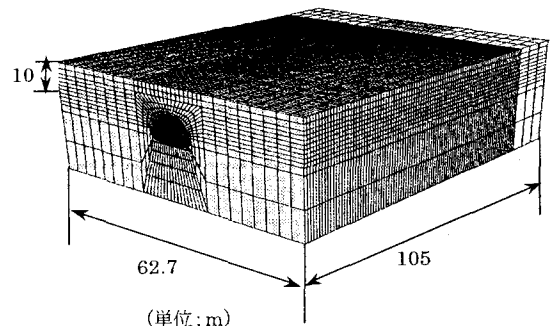


図-2 解析モデルと領域

図中のL4とL7はラップ長の4mと7mを表す。

図-3(a)よりラップ長4mと7mのケースを比較すると、共に切羽の前後で同じ傾向を示し、沈下抑制効果も殆ど差は生じない。また、切羽後方へ向かうにつれ沈下抑制効果は小さくなっていることが伺え、先受け工は切羽後方では最終的に沈下抑制効果はあまり期待できないことが考えられる。また、ラップ長が4mの場合に比べて、7mの場合の方は切羽後方へ安定した沈下抑制効果が期待できると考えられる。次に図-3(b)より、先受け工のみのケースとインバートを打設したケースを比較すると切羽付近では先受けの方が沈下抑制効果が大きいことが分かり、先受け工は切羽付近でその効果を発揮すると考えられる。さらに、先受け工のみのケースと先受け工とインバートを併用したケースを比較すると、先受けは切羽後方では沈下抑制効果は小さくなるが、後者は切羽後方でも沈下抑制効果を維持した状態で推移していることが伺える。従って、先受けとインバートを併用することによって切羽付近の先受け工の沈下抑制効果を切羽後方に延長することができたと考えられる。

4.2 切羽での先行変位率

切羽での先行変位率について整理したデータを図-4に示す。ここに、先行変位率をAとして、

$$A = (\text{切羽での沈下量} / \text{標準支保の最終沈下量}) \times 100(\%)$$
で定義する。まず、ラップ長の違いによる切羽での先行変位率を比較すると、殆ど先行変位率に差がないことが分かる。次に、標準支保と先受けを比較すると、先受けの方が先行変位率の抑制効果が約17%高い。また、先受けとインバートを併用したケースとインバートのみのケースを比較すると、先行変位率の抑制効果は前者の方が約18%高い。これらのことから、先受けの打設によって切羽での先行変位率は17~18%抑えられると考えられる。次に、先受けのみのケースと先受けとインバートを併用したケースを比較すると、後者の方が約7%先行変位率の抑制効果は高い。さらに、標準支保とインバートを比較すると、後者の方が抑制効果が約6%高い。これらのことから、インバート打設によって切羽での先行変位率は6~7%抑えられると考えられる。以上のことから先受けはインバートに比べ先行変位率の抑制効果が約10%高いということが分かり、切羽での天端沈下抑制効果が期待できると考えられる。

5. おわりに

本解析によれば、先受け工は切羽付近で沈下抑制効果を発揮し、インバートと併用することによってその効果を切羽後方へ延長することができると、また、切羽での先行変位率の抑制効果は先受けで17%程度、インバートでは6%程度期待できることが分かった。

【参考文献】1) 土木学会編：トンネル標準示方書・同解説，1996。

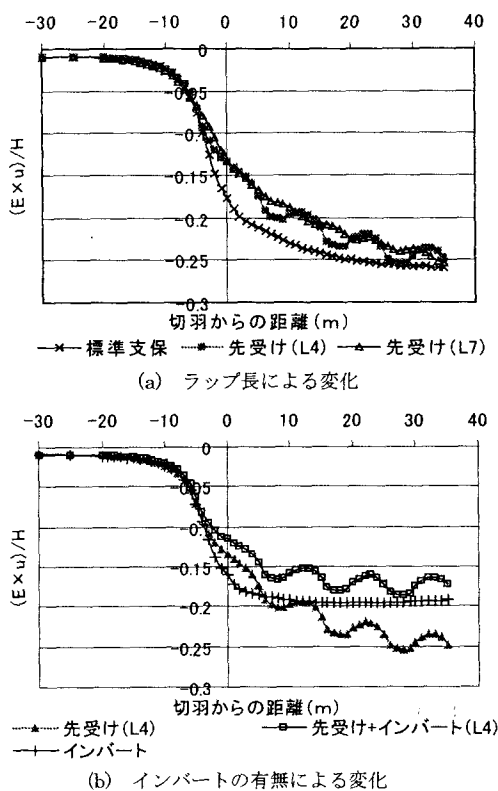


図-3 ラップ長とインバートの有無による比較

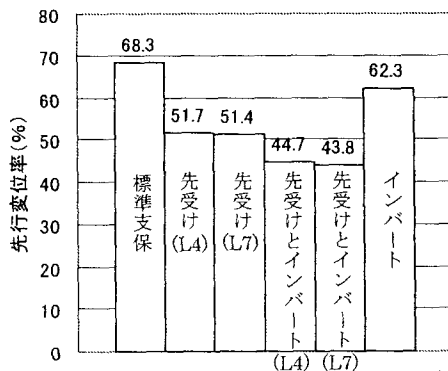


図-4 切羽での先行変位率Aの比較