

シェル状先受工を用いたトンネル掘削における脚部補強工の沈下抑制効果

東洋建設（株） 正会員○山本 芳生
〃 正会員 小竹 望

1. まえがき

近年、都市部など地表に構造物がある場所での山岳トンネルや超大断面トンネルの施工が増加してきていることから、沈下抑制のために補助工法として脚部補強が注目されてきている。特に、長尺で高剛性のシェル状先受工を採用するような不良地山や特殊地山においては、沈下抑制を目的として脚部補強工を検討する必要がある。本報告は、シェル状先受工と合わせて脚部補強工を採用した場合の沈下抑制効果について3次元境界要素法により検討したものである。

2. 解析方法

解析は、3次元境界要素法を用いて行った。図-1に解析モデルの概略図を示す。図中 $Y=0$ は、支保完了部と素掘部の境であり切羽位置は $Y=1$ である。解析モデルは対称モデルとし、掘削半径5mのトンネル上半を1m(図中の素掘部、 $0\text{m} \leq Y \leq 1\text{m}$)掘削する状態をモデル化した。土被りは1D(10m)で、シェル状先受工は素掘部1m、地山部9mの10m($0\text{m} \leq Y \leq 10\text{m}$)を先受長とした。また脚部補強工は、無しの場合と $Y=-5\text{m}$ 、 -1m 、 0m 、 5m 、 10m が先端部となるように配置した場合の解析を行った。地山の剛性は、先受工（地山部）および脚部補強工の剛性の比（剛性比）で、10と100の2種類としている。地山、脚部補強工およびシェル状先受工の変形係数 E とポアソン比 ν を表-1に示す。また、トンネルの逐次掘削については、解析で得られた、1m掘削した時の変形量を重ね合わせる方法（Travelling Mesh）を用いて表現している。

3. 解析結果

解析結果より上半掘削終了時の沈下量比（脚部補強工有の場合／シェル状先受工だけの場合）と脚部補強工を配置した先端位置の関係を図-2示す。同図より、先端位置が支保完了部から切羽に近づくにつれて脚部補強工の効果が大きくなり、切羽前方にまで延ばすことによりさらに効果は大きい。特に、切羽手前5m($Y=-5\text{m}$)から切羽に近づくまでは先端位置の違いによる効果が顕著に現れるが、切羽前方

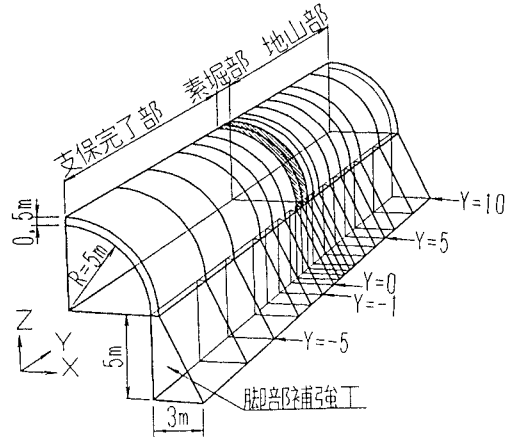


図-1 解析モデル概略図

表-1 入力定数一覧表

領域名称		弾性係数 E (MPa)	ポアソン比 ν
地山	剛性比 10	9 8	0. 3 5
	剛性比 100	9. 8	0. 4 0
先受工	地山部	9 8 0	0. 3 0
	支保完了部	6 4 1 0	0. 3 0
脚部補強工		9 8 0	0. 3 0

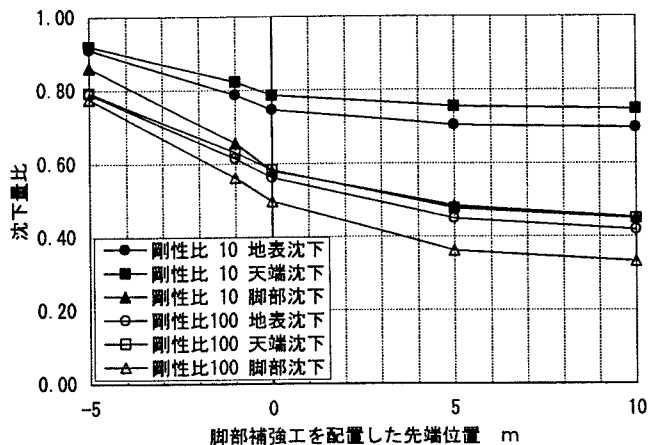


図-2 沈下量比と脚部補強工先端位置の関係

まで延ばした場合には効果が収束する傾向にある。また、シェル状先受工だけの場合と比較して、脚部補強工を配置すると剛性比10の場合には、地表および天端沈下量が70%~90%に抑制されている。剛性比100では、40%~80%に抑制されている。脚部補強工の配置が同じ場合には、剛性比100の場合の方が剛性比10の場合よりも脚部補強工の沈下抑制効果が大きく現れる。さらに、地表および天端の沈下量比は脚部の沈下量比に比べて大きく、両者の差は剛性比100では剛性比10に比べて小さくなり、脚部沈下を減少させることによる地表および天端沈下量を抑制する効果は、剛性比が大きい方が大きく現れることが確認された。

次に、シェル状先受工の有無に関する3次元解析の結果¹⁾と今回の解析結果のうち剛性比10の場合の地表沈下、天端沈下および脚部沈下量と切羽距離の関係を図-3、図-4および図-5に示す。地表沈下および天端沈下量においては、シェル状先受工の効果および脚部補強工の効果が明確に現れている。脚部沈下量ではシェル状先受工無しの場合と比較して先受工だけを配置した場合には沈下量が大きくなるが、脚部補強工を $Y=-5\text{m}$ までの範囲に配置した場合には、先受工無しの場合とほとんど等しくなる。さらに、 $Y=0\text{m}$ 、 $Y=5\text{m}$ と配置範囲を延ばすにつれて脚部沈下量は小さくなる。シェル状先受工を配置することにより増加する脚部沈下量は、脚部補強工を配置することにより減少し、それとともなって地表および天端沈下量も減少する。

4. 結論

これらの結果、沈下抑制が重要視されるトンネル掘削においては、シェル状先受工だけでなく、さらに脚部補強工を採用することにより、より確実な沈下抑制効果が期待できることが確認された。今後は、トンネル実施工時の計測結果を収集、分析することにより、脚部補強工の有効な採用方法および設計方法などを確立することが必要になるとと思われる。

参考文献

- 1) 小竹、山本、岡：”シェル状先受工による沈下抑制効果”、第29回土質工学研究発表会、1994年6月

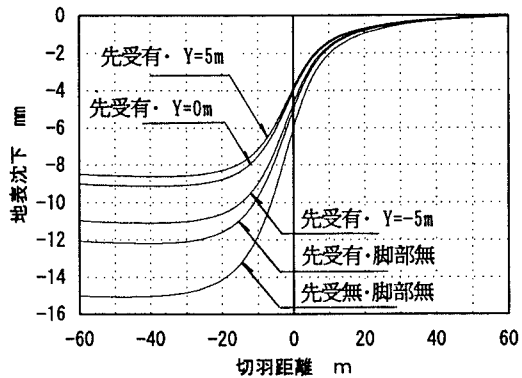


図-3 地表沈下と切羽距離の関係

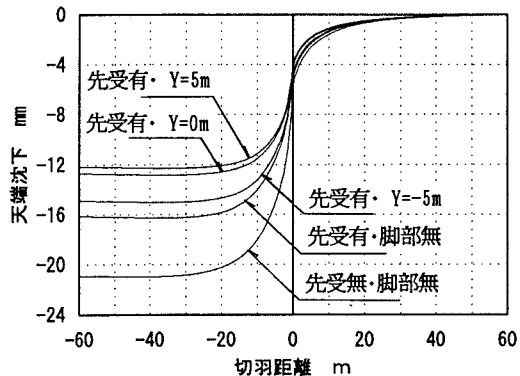


図-4 天端沈下と切羽距離の関係

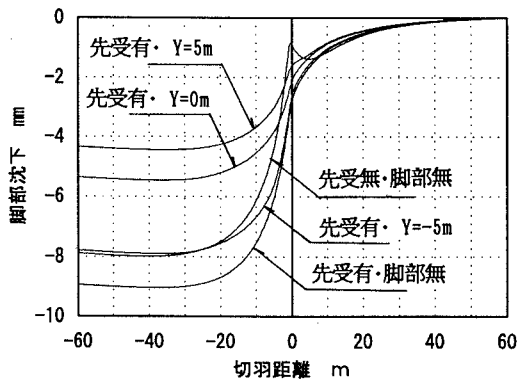


図-5 脚部沈下と切羽距離の関係