

覆工省略型トンネルの適用性に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 17～平 20

担当チーム：道路技術研究グループ（トンネル）

研究担当者：角湯克典，日下敦

【要旨】

トンネル建設のコストを縮減するには、トンネル掘削断面積を低減することや工期の短縮を図ることが有効であり、その一つとして覆工省略型トンネルの採用が考えられる。覆工省略型トンネルは、セントルが必要な場所打ちによる覆工コンクリートを打設せず、完全に覆工を省略するか、必要に応じて吹付けコンクリートや内装パネル等で覆工の機能を代替させる構造で、既に欧州を中心とした海外で実績を持っている。しかし、地山条件が多様な我が国において、不特定多数の人々が利用する道路トンネルに覆工省略型トンネルを適用するためには、解決しておくべき課題も多い。

本研究では、従来の覆工が果たしている機能を整理し、我が国において覆工が省略できるトンネルの条件と、省略した場合の代替方法を取り入れたトンネル構造を提案するとともに、その力学的特性を実験により明らかにした。

キーワード：NATM，覆工省略型トンネル，吹付けコンクリート

1. はじめに

トンネル建設のコストを縮減するには、トンネル掘削断面積を低減することや工期の短縮を図ることが有効であり、その一つとして覆工省略型トンネルの採用が考えられる。覆工省略型トンネルは、一次支保の施工後、セントルが必要な場所打ちによる覆工コンクリートを打設せず、完全に覆工を省略するか、必要に応じて吹付けコンクリートや内装パネル等で覆工の機能を代替させる構造で、既に欧州を中心とした海外で実績を持っている。しかし、地山条件が多様な我が国において、不特定多数の人々が利用する道路トンネルに覆工省略型トンネルを適用するためには、解決しておくべき課題も多い。

本研究では、我が国の道路トンネルに対する覆工省略型トンネルの適用性とその構造について検討した。

2. 覆工省略型トンネルの適用性

NATM により建設されるトンネルにおいては、地山が著しく悪い場合等の特殊な条件を除いて、地山の安定性は支保工で確保し、覆工には力学的な機能を期待しないことが前提となるため、覆工を必要としない場合もある。しかし、予測が困難な不確定要素に対する安全率の確保や、内装としての機能等を考慮して覆工を施工しているのが一般的である。ここでは、まず従

来の覆工が有している機能を整理し、覆工を省略できる条件と、覆工を省略した場合の代替構造について検討を行った。

2.1 覆工省略型トンネルの構造

本研究では、覆工省略型トンネルとして、以下の 3 タイプの構造を対象に検討を行った。

- (1) 完全省略型：従来の覆工を省略し、一次支保のみで施工を完了する。従来の覆工が保有している機能の代替は行わない。覆工打設に係る費用が削減されるほか、掘削断面積の減少によって工費・工期の縮減が見込まれる。
- (2) パネル代替型：覆工の打設は行わないが、必要に応じて耐火パネルや内装パネル等で覆工の機能を代替する。パネル等の設置費用が発生するものの、覆工打設費用の削減と掘削断面積の減少によるコスト縮減により、従来の覆工を打設するよりも安価となることが見込まれる。
- (3) 吹付け代替型：覆工の代替として吹付けコンクリートを施工する。従来の覆工打設時に必要であったセントル費用や養生期間が不要になるため工費および工期の縮減が見込まれる。

2.2 覆工の機能

覆工の機能のうち、覆工省略に際して検討を要する主な機能は、表-1 に示すものに大別される。

力学的機能としては、外力支持機能、余力保持機能、支保工補完機能が挙げられる。支保工により地山の安定性が確保されている場合は、これらの機能は必要とされないため、覆工を省略することができると考えられるが、将来的な地山の劣化等により荷重が作用する懸念がある場合は、力学的に等価なもので代替する必要がある。支保工のみで地山を安定化することができず覆工にも荷重を負担させる場合や、トンネル完成後に土圧や水圧等の外力が作用することが明らかな場合等、鉄筋等により補強した覆工が必要となる場合は覆工の省略は困難であると考えられる。

防水機能については、降雨の影響等により滲水・滴水程度の湧水が発生してもそれを許容できる場合は省略できるものと考えられる。また、防水工をトンネル壁面に設置することによる景観上の問題を許容できる場合や、防水工の施工後に覆工の代替として吹付けを

施工する場合は、それらの湧水対策により機能を代替できると考えられる。大量に湧水が発生する場合は、支保工の耐久性に影響を及ぼす可能性があるため、覆工省略は困難であると考えられる。

耐火機能については、地山の自立性が良く、火災によって支保工が損傷した場合でもトンネルの崩壊には至らない場合には省略できると考えられる。地山の自立性が悪く、火災によって支保工が損傷したときにトンネルが崩壊する懸念がある場合は、耐火パネルや吹付けコンクリート等で機能を代替する必要がある。

内装機能については、照明・換気効率の向上や視線誘導を要求されない場合は省略することができると考えられる。これらの機能が必要な場合でも、内装工の設置により機能を代替することができ、また、吹付けの仕上がり状態によっては、機能を代替できると考えられる。耐火パネルを設置する場合は内装工を兼ねる場合もある。

設備保持機能については、地山が良好でアンカーの定着が将来的にも確保できる場合には、省略できると考えられる。

表-1 覆工省略にあたって検討対象となる主な覆工の機能と覆工省略時の保有機能

覆工の機能	機能の概要	覆工省略時の保有機能			
		完全省略型	パネル代替型	吹付け代替型	覆工打設(従来型)
外力支持機能	トンネル完成後に作用する土圧や水圧に対して安定性を確保する	×	×	×	○
余力保持機能	将来的な地山の劣化等の不確定要素に対する安全率を確保する	×	×	○	○
支保工補完機能	支保工のみでは地山を安定化できない場合に覆工に荷重を負担させる	×	×	×	○
防水機能	覆工裏面の防水工により湧水を処理する	△	△	△	○
耐火機能	火災時にも支保構造に損傷を与えない	×	○	○	○
内装機能	照明・換気効率の向上や視線誘導を図る	×	○	△	○
設備保持機能	付属施設の取付け・保持を容易にする	×	×	○	○

○:機能有り △:機能は無いが条件によっては対策可 ×:機能無し

2.3 覆工省略型トンネルの適用条件

以上の観点から、覆工に外力が作用することが明らかなどの理由で鉄筋等による補強が必要な場合や、大量の湧水がある場合等は、覆工省略型トンネルの適用は困難であると考えられる。また、覆工省略時に、上述の機能代替方法を採用することでコストが増大する場合は、工期短縮効果等を勘案して総合的に判断する必要がある。

これらの条件を踏まえると、覆工省略型トンネルを適用できる可能性が高いのは、表-2 に示す条件に適合するトンネルと考えられる。ただし、完全省略型およびパネル代替型については、後述するように、一次支

表-2 覆工省略型トンネルの適用条件

覆工省略のタイプ	概要	適用条件
完全省略型※	従来の覆工を省略し、一次支保のみで施工完了とする。覆工機能の代替も行わない。	<ul style="list-style-type: none"> 地山の自立性が良好で、かつ将来的な地山劣化の可能性が低い場合 将来的な地山劣化の懸念はあるものの、変状発生時に利用者に影響を及ぼす可能性が低く、対策も容易に実施できる場合(避難坑等)
パネル代替型※	覆工は打設しないが、耐火パネルや内装パネル等で覆工の機能を代替する。	<ul style="list-style-type: none"> 将来的な地山劣化の可能性は低いものの、地山の自立性が悪く、火災等により支保工が損傷を受けた場合にトンネルが崩落する可能性がある場合(耐火パネル等を設置) 地山の自立性が良好で、かつ将来的な地山劣化の可能性が低いものの、照明・換気の効率向上や視線誘導を図る必要がある場合(内装パネル等を設置)
吹付け代替型	覆工の代替として吹付けコンクリートを施工する。	<ul style="list-style-type: none"> 将来的な地山劣化が懸念されるため、余力保持機能が要求される場合
覆工省略不可	従来通りの場所打ち覆工を施工する。	<ul style="list-style-type: none"> 覆工に外力が作用することが明らかなどの理由で鉄筋等による補強が必要な場合 大量の湧水がある場合

※) 適用にあたっては、一次支保の長期的耐久性に課題が残るため、交通条件や地山条件等を考慮して個別に検討する必要がある

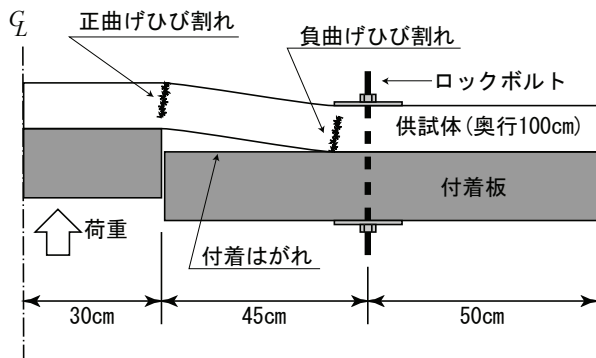


図-1 荷重状況および損傷の概要

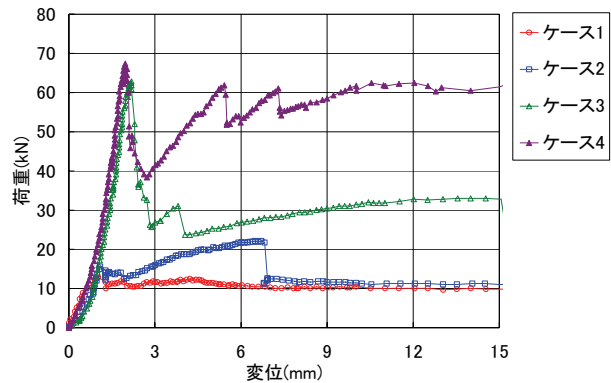


図-3 ジャッキの荷重-変位関係

表-3 付着実験ケース

ケース	付着力	付着板材料	付着強度 ^{※1} (N/mm ²)	供試体厚 (cm)	圧縮強度 ^{※2} (N/mm ²)
1	小	鋼板 (表面ショット ブラスト処理)	<i>n. d.</i> ^{※3}	5	18.9
2	中	普通コンクリート (付着板打設3日 後に供試体打設)	>0.12 ^{※4}		21.3
3	大	普通コンクリート (付着板打設5時間 後に供試体打設)	0.61	10	20.7
4			0.67		

※1) 載荷終了後の供試体で健全と思われる部分をコアリング(直径103mm)し測定
 ※2) 円柱状管理供試体の一軸圧縮試験により測定
 ※3) コアリング中に供試体はく離したため測定不能
 ※4) 付着強度測定中に供試体が破壊

保としての吹付けと地山の付着力が将来的に失われた場合の力学的安定性の確保等、一次支保の長期的耐久性に関する課題が残るため、適用にあたっては交通条件や地山条件等を考慮して個別に検討を行う必要がある。

3. 覆工省略型トンネルの力学的特性

覆工省略型トンネルを適用する場合は、力学的機能の代替を行わない方法と、余力保持機能を吹付けで代替する方法があることは前章で述べた。しかし、これらの構造を採用する場合でも、その力学特性については明確になっていない。本章では、これらの構造を採用する場合の耐荷力について検討した結果を述べる。

3.1 余力保持機能を代替しない場合の耐荷力

余力保持機能を代替しない場合は、完全覆工省略型かパネル代替型の構造となり、力学的な部材は一次支保のみとなる。その場合、主要な支保部材のひとつとなる吹付けコンクリートの役割としては、不連続面に囲まれた岩塊(キープブロック)の安定化が重要であり、その耐荷力を支配する要因は地山と吹付けコンクリートの付着力であると考えられている¹⁾。一方で、長期的な付着力の耐久性はもとより、付着力が失われた場合の力学的な安定性について検証された例はほとんど

無い。ここでは、吹付けコンクリートにキープブロックの抜け落ちによる局所的な荷重が作用した場合を想定し、付着力の差が支保工の耐荷力および破壊メカニズムに及ぼす影響について、要素実験により検討した。

3.1.1 実験の概要

本実験では、比較的良好な地山で採用される標準支保パターン²⁾Bを対象とし、図-1に示すように、両端をロックボルトで固定された吹付けコンクリートに幅60cmの岩塊が抜け落ちた場合を想定した載荷を行った。実験ケースを表-3に示す。付着力については、CI等級の地山で測定された付着力(0.3 N/mm²程度)³⁾を念頭においたケース(付着力中)、それよりも付着力が強いケース(付着力大)、一次支保の劣化等により付着力が期待できないケース(付着力小)の3パターンとした。また、付着力大のパターンについては、吹付けコンクリートを10cmに増厚したケースでも実験を行った。

3.1.2 実験結果

ジャッキの荷重-変位図を図-3に示す。いずれの実験ケースにおいても、まず付着はがれが発生し、その後付着はがれの範囲がロックボルト位置まで広がり、正曲げひび割れと負曲げひび割れの両方または一方が発生するとともに最大荷重に到達した。本実験では付着力をパラメータとして載荷実験を行ったが、全ケースで同様の曲げ破壊形態を示し、付着力による破壊モードの差異は確認されなかった。

各ケースにおける最大荷重を表-4に示す。供試体厚5cmのケースを比較すると、付着力が小さくなるにつれて最大荷重も減少しており、キープブロック抜け落ちに対する耐荷力は付着力の影響が大きいことが分かる。いま、付着はがれが生じた区間のモデルを図-4のように考え、付着はがれがロックボルトまで到達している

表-4 各ケースの最大荷重

ケース	付着力	供試体厚(cm)	最大荷重(kN)
1	小	5	12.9
2	中		22.1
3	大		62.8
4		10	67.4

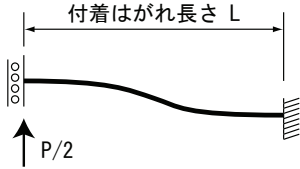


図-4 付着はがれが生じた区間のはりモデル

($L = 450 \text{ mm}$)とすると、厚さ 5 cm の供試体の縁応力が引張強度(概ね 1.7 N/mm^2)に達する曲げモーメントが発生するのは、初等弾性はり理論によると $P = 6.3 \text{ kN}$ のときである。実験における最大荷重はいずれのケースにおいても 6.3 kN を超えており、載荷荷重を付着力で負担していることが窺える。

一方、付着力が同程度で供試体厚さの異なるケース 3 とケース 4 を比較すると、最大荷重は同程度であった。前述のはり理論と同様に供試体厚 10 cm の場合のひび割れ発生荷重を算定すると $P = 25 \text{ kN}$ となる。付着力大のケースの最大荷重はいずれも 25 kN を超えており、他のケースと同様に最大荷重は付着力により決定されていると考えられる。すなわち、付着力がある程度期待できる場合に付着はがれを生じるような大きな荷重が作用すると、厚さ 10 cm 程度のプレーンコンクリートでは付着はがれに伴って発生するモーメントに抵抗できず、付着はがれと同時に曲げひび割れを生じ、破壊に至ると考えられる。なお、最大荷重後の挙動を比較すると、図-3 に示したように供試体厚が大きい方が残存強度が大きい傾向が見られた。

これらの結果から、厚さ 5 cm の吹付けではキープロックの抜け落ちに対して、付着力の強弱に関わらず曲げ破壊モードを示すが、耐荷力は付着強度に左右されることが分かった。このことから、覆工を省略する場合は地山と吹付けの付着力を検証することが重要であり、将来的な一次支保の劣化等により地山と吹付けコンクリートの付着力が低下する懸念がある場合には、その対策を講じるとともに、力学的な安定性について検証する必要があると考えられる。また、付着力がある程度期待できる場合においては、吹付けを 5 cm から 10 cm に増厚しても破壊モードおよび耐荷力に大き

な変化が生じる可能性は低いいため、支保パターン B において覆工を省略する場合に吹付け厚を倍増させても、力学的安定性に及ぼす効果はほとんど無いと考えられる。

3.2 覆工を吹付けで代替した場合の耐荷力

将来的な地山の劣化等による荷重の作用が懸念され、トンネル構造の耐荷力に対してな安全率の確保が必要な場合等においては、従来の覆工に代替して、一次支保の施工後に吹付けコンクリート（二次吹付け）を施工する方法が考えられる。その際、二次吹付けと一次支保の施工には時間差があるため、両者に層境が生じると考えられる。しかし、本研究において、実施工における条件下で 2 回に分けて吹き付けたコンクリート供試体を作製し、純曲げ試験を実施したところ、層間に防水シートを設置して完全に縁を切ったケースは重ねばりとしての挙動を示したものの、28 日以内の吹付け施工間隔で作製したケースにおいては、合成ばりとして挙動し、付着強度試験やコアリングを実施しても明確な層境は確認されなかった⁴⁾。これは、一次支保の施工後、1 ヶ月以内に二次吹付けを施工すれば、両者の付着は確保され、合成ばりとして挙動することを表している。

一方、従来の NATM 構造においては、一次支保と覆工の間に防水シートを設置するため、両者の縁は切られており、重ねばりとして挙動すると考えられる。したがって純曲げが作用する場合は、覆工の代替として同厚の二次吹付けを行い、一次支保との付着を確保して合成ばりとすれば、従来の NATM 構造を超える耐荷力を持っているものと想定される。しかしながら、一般にトンネルはアーチ形であり、外力に対しては曲げと軸力がともに発生することが多く、従来の NATM 構造がこのような荷重条件下で有する耐荷力について検討された例はほとんどない。

ここでは、曲げと軸力がともに作用する場合において、重ねばりと合成ばりが有する耐荷力について、実大規模の載荷実験により検討を行った。

3.2.1 重ねばりの線形はり理論

図-5 に示すように、同一の弾性係数を有する二層の吹付けに軸力 N と曲げモーメント M が作用したとき、同一の曲率を持った重ねばりとして挙動すると仮定すると、 N は断面積比、 M は断面二次モーメント比に応じて各層が分担する。一方、二層の付着力が十分な場合は合成ばりとして一体となって挙動する。図-6 は、一次吹付け厚 $t_1 = 10 \text{ cm}$ 、二次吹付け厚 $t_2 = 20 \text{ cm}$ としたときに、①重ねばりとして挙動する場合、②合成

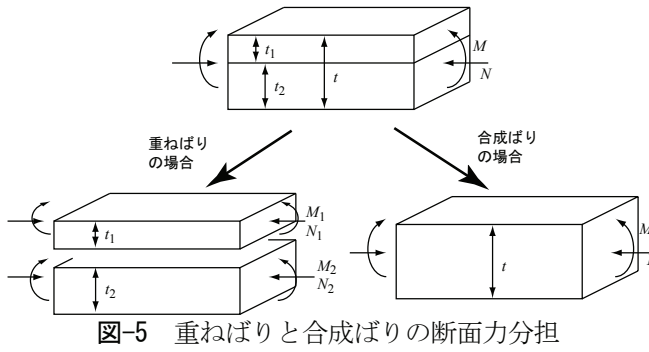
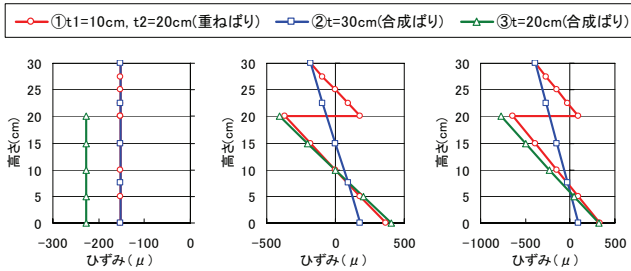


図-5 重ねばりと合成ばりの断面力分担



(a) N のみ作用 (b) M のみ作用 (c) M と N が作用

図-6 重ねばりと合成ばりの縦ひずみ分布の例

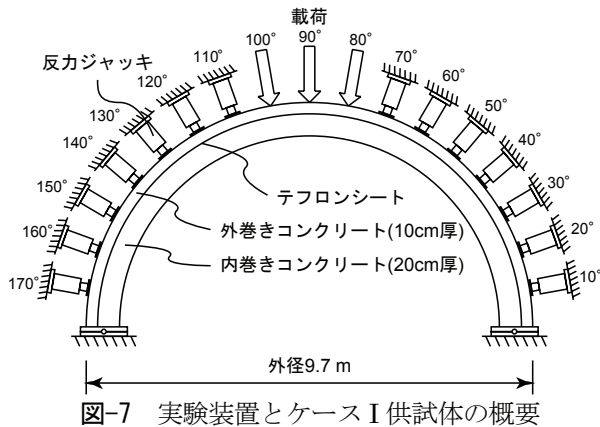


図-7 実験装置とケース I 供試体の概要

ばりとして挙動する場合、③一次吹付けの剛性が期待できず二次吹付けのみの剛性が有効な場合について、縦ひずみの断面内の分布を例示したものである。 M, N ともに作用する場合に発生するひずみレベルは、②<①二次吹付け<③の順となり、 M が卓越する場合は①二次吹付け≒③となる。

3.2.2 実験の概要

図-7に実験の概要を示す。供試体は外径9.7 mの半円形で、トンネル軸方向長さ1 mとした。ケース Iは、従来の NATM 構造を念頭に置いた二層構造となっており、10 cm厚の外巻きコンクリートと20 cm厚の内巻きコンクリートの層間に二重のテフロンシートが設置されている。ここでは比較ケースとして、一次吹付けと二次吹付けの層間付着力が十分で両者が一体とな

表-5 供試体の物性値

ケース	厚さ (cm)	一軸圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	ポアソン比	材齢 (日)
I	外巻き	20.73	20.14	0.19	17
	内巻き	15.63	17.97	0.16	24
II	30	30.27	23.47	0.18	15
III	20	20.05	14.43	0.14	13

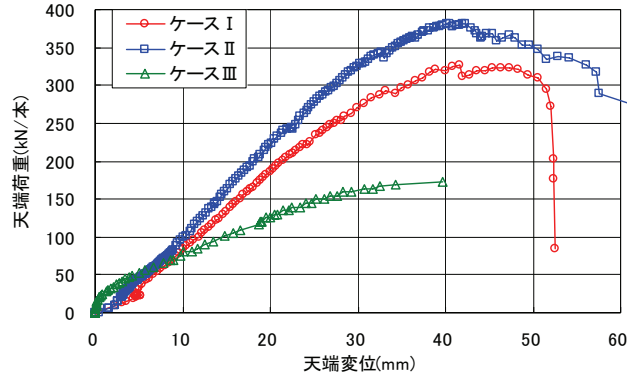


図-8 天端部の荷重-変位図

り合成ばりとして挙動する場合を想定し、30 cm厚の一体型コンクリートとしたケース II⁵⁾、一次支保の剛性が期待できない場合を想定した20 cm厚のコンクリートのみのケース III⁶⁾の結果も併せて示す。コンクリートは全ケースとも呼び強度18 N/mm²の場所打ちプレーンコンクリートであり、荷重時の物性値は表-5のとおりである。

荷重装置には10°ピッチでジャッキが配置されており、本実験では10~70°、110~170°の14箇所のジャッキは地盤バネを模擬した反力ジャッキとして使用し、80~100°のジャッキから荷重を作用させた。なお、荷重制御方式については、ケース Iおよび IIは変位制御、ケース IIIは荷重制御である。また、本荷重形式は、地山の拘束がある状態で天端部に荷重が作用する場合を想定しており、天端部と肩部で曲げ圧縮破壊が発生することが想定される⁵⁾。

3.2.3 実験結果

図-8に実験で得られた荷重-変位関係を示す。ここに、荷重は天端部(80~100°)ジャッキの荷重の平均値であり、変位は90°の供試体内面の半径方向変位である。いずれのケースも変位40 mm程度で最大荷重に到達した。最大荷重時のひずみ分布は図-9のとおりであり、天端部と肩部2箇所の計3箇所で曲げ圧縮破壊が生じることで構造全体の破壊に至った。ケース Iは、曲げによる圧縮破壊が生じる本荷重形式においては、ケース IIよりもケース IIIに近い挙動を示すと思われたが、供試体の強度のばらつきを考慮すると、最大荷重はケース IIと同等であった。

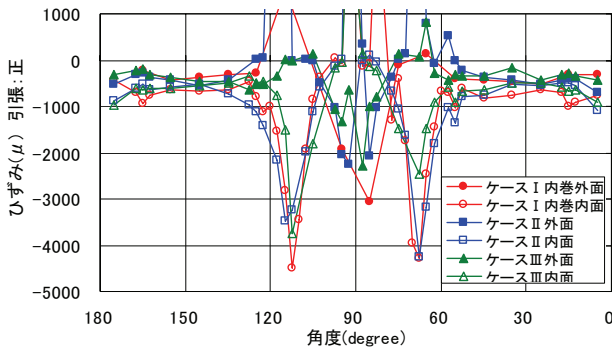


図-9 最大荷重時のひずみ分布

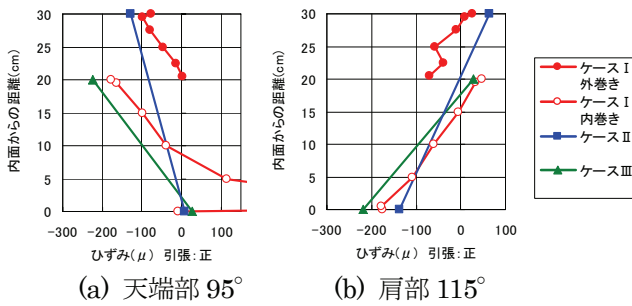


図-10 荷重 40 kN/本における断面方向ひずみ分布

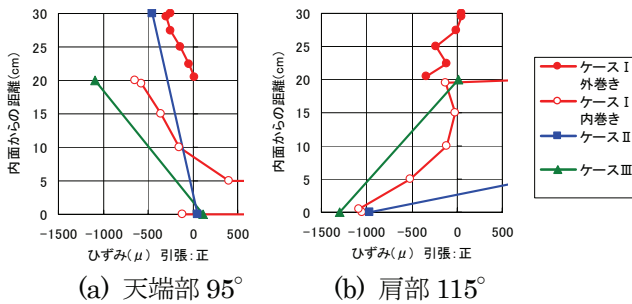


図-11 荷重 150 kN/本における断面方向ひずみ分布

図-10 は、載荷初期の荷重 40 kN/本における天端部と肩部のひずみ分布を示したものである。ここに示すように、ケース I は重ねばりとして挙動し、圧縮側のひずみレベルはケース II < ケース I 内巻き < ケース III の順で、図-6(c)と同様のひずみモードとなった。しかし、荷重が増大すると、天端と肩部で曲げ引張りひび割れが発生するなどの非線形挙動が現れるとともに、図-11 に示すようにケース I 内巻きの圧縮ひずみレベルはケース II に近いものとなった。その結果として、最大荷重はケース I と II でほぼ同等の値になったものと考えられる。

これらの結果から、防水シート等により縁が切られた二層構造の支保工は、荷重が小さい場合は重ねばりとして挙動するものの、荷重が増大して非線形挙動が

発生すると、発生するひずみレベルは合成ばりと同等のものとなり、その結果、構造全体では合成構造に近い耐荷力を有することが分かった。このことは、覆工を吹付けで代替する場合に、従来の NATM 構造と同等の耐荷力を有させるためには、強度が等しいコンクリートを使用する限りは、覆工と同じ厚さの二次吹付けが必要であることを意味している。換言すれば、二次吹付けを従来の覆工より薄肉化することによる掘削断面積の減少を図るには、高強度コンクリートを採用するなどの対策が必要であることを示している。

4. おわりに

本研究では、覆工省略型トンネルが適用できる条件と覆工を省略した場合の代替構造について、従来の覆工が有している機能を整理するとともに要素実験や実大規模の実験を行うことにより検討した。本研究の成果として、以下のことが明らかとなった。

- (1) 覆工省略時の構造としては、完全省略型、パネル代替型、吹付け代替型の 3 タイプが考えられる。これらはトンネル条件や要求される機能により適用される構造が異なり、地山の自立性が良好で将来的な地山劣化もない場合は完全に覆工を省略し、地山劣化等により将来的な荷重の作用が懸念され、余力保持機能が必要な場合は覆工の代替として二次吹付けを施工する構造等が考えられる。
- (2) 覆工省略型トンネルの主要支保部材である吹付けコンクリートの岩塊抜け落ちに対する耐荷力は、地山との付着力の影響を大きく受ける。したがって、覆工が完全に省略できる可能性があっても、将来的な支保工の劣化等により付着力が失われる懸念がある場合は、その対策を検討するとともに、その効果を検証する必要がある。
- (3) 覆工の代替として二次吹付けを施工する場合、一次支保との施工間隔が 28 日以内であれば、両者は合成ばりとして挙動する。ただしその場合でも、重ねばりとなる従来の NATM 構造と同等の耐荷力を有する構造とするためには、強度が等しいコンクリートを使用する限りは覆工と同じ厚さの二次吹付けが必要となる。換言すれば、二次吹付けを従来の覆工より薄肉化するには、高強度コンクリートを採用するなどの対策が必要である。

覆工省略型トンネルを適用するにあたりなお課題として残されているのは、吹付けコンクリートの長期的耐久性、漏水箇所の防水対策、耐震性の検証等であり、さらに二次吹付けを行わない場合は、将来的に地山と

一次支保としての吹付けの付着力が低下した場合の対策が挙げられる。これらについては、今後、現場での試験施工や現地計測等により検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 水谷敏則ほか：吹付けコンクリート薄肉覆工の支持機構に関する実験報告(1)，土木研究所資料，No. 2049，1984.
- 2) (社)日本道路協会：道路トンネル技術基準(構造編)・同解説，丸善，2003.
- 3) 三谷浩二ほか：崩壊事例に基づいた吹付けコンクリートの曲げ破壊検証実験，土木学会論文集，No.736/III-63，pp.249-259，2003.
- 4) 水川雅之，真下英人，日下敦：複層吹付けコンクリート支保工の曲げ耐荷力特性に関する実験的研究，土木学会年次学術講演会，第63回，No.3-330，pp.659-660，2008.
- 5) 真下英人，日下敦，砂金伸治，木谷努，海瀬忍：トンネル覆工の破壊メカニズムと補強材の効果に関する実験的研究，土木学会論文集 F，Vol.64，No.3，pp.311-326，2008.
- 6) 国土交通省土木研究所，日本道路公団試験研究所：トンネル覆工の薄肉化に関する共同研究報告書，共同研究報告書，第275号，2001.

RESEARCH ON APPLICABILITY OF SHOTCRETE-FINISHED ROAD TUNNEL

Abstract: In order to cut down the cost of tunnel construction, it is effective to aim at reducing excavation area and shortening construction time. Omission of permanent lining can be considered as the one of ways. In shotcrete-finished tunnel, permanent lining is not constructed inside tunnel support like conventional NATM. Function of lining is substituted with support by using thickened shotcrete etc. Though the examples of such tunnel are shown in foreign countries, there are a lot of problems to be solved to adopt it in the complex ground condition. In this study, applicability and substitutive structure of shotcrete-finished road tunnel in our country were examined. As a result, the applicable condition for shotcrete-finished road tunnel and the measures to alternate the function of the conventional lining were proposed.

Keywords: NATM, shotcrete-finished tunnel