

覆工コンクリート打継ぎ目の角度に関する実験的検討

大成建設（株） 土木設計部 正会員 ○長田 翔平・大塚 勇
大成建設（株） 技術センター 正会員 張 文博・直町 聡子
東京都立大学 正会員 砂金 伸治

1. はじめに

山岳トンネルのインバートと覆工の打継ぎ目は、原則としてインバートの軸線と直交するように設けなければならない¹⁾。しかしこの場合、締固めを行うと斜めに仕上げた打継ぎ目が崩れてしまうため、人力による成型を行う必要がある等の施工上の課題が挙げられる。このため、打継ぎ目を水平に仕上げる事が可能となれば、入念な締固めによる品質の向上や人力成型等の省略など施工の省力化につなげることもできる。一般的な山岳トンネルで水平に打継ぎ目を設定すると、覆工軸線に対して打継ぎ目の角度は45°～60°となる事例が多い。既往の研究²⁾では、打継ぎ目角度を変えた一軸圧縮試験により、ピーク強度、弾性係数に関しては、打継ぎ目角度によらないことが報告されている。一方で、地震等の外力により打継ぎ部にはせん断力、曲げモーメントも作用する。

本稿では、覆工軸線に対する打継ぎ目の角度45°以上を対象として、打継ぎ目角度を変えた一軸圧縮試験と曲げ試験を実施することにより、インバートと覆工の打継ぎ目に関する軸圧縮、曲げの力学性能について確認するとともに、打継ぎ目を対象とした一面せん断試験より一軸圧縮試験の破壊形態を検討した。

2. 試験概要

表-1 に試験ケースを示す。試験ケースは、打継ぎ目角度による影響を把握するため、各試験で3パターンの打継ぎ目角度を設定した。また、粗骨材最大寸法の影響を把握するため、粗骨材最大寸法は無筋を想定した40mm、有筋を想定した20mmの2パターンの配合で試験体を作成した。試験体に用いるコンクリートの配合を表-2 に示す。

試験体は、インバートを想定した一層目を打設後、現場の実情を勘案して、標準量の1/4倍量の遅延剤を塗布した。翌日に高压洗浄機を用いて目粗し処理を行い、一層目打設から8日後に覆工を想定した二層目を打設した。試験は、一層目の材齢36日程度、二層目は28日程度で行い、試験体は20℃一定の封緘養生とした。一軸圧縮試験に用いる試験体は、試験直前にコンクリートブロックからコアを抜き、打継ぎ目が試験体中心になるように成型して作成した。

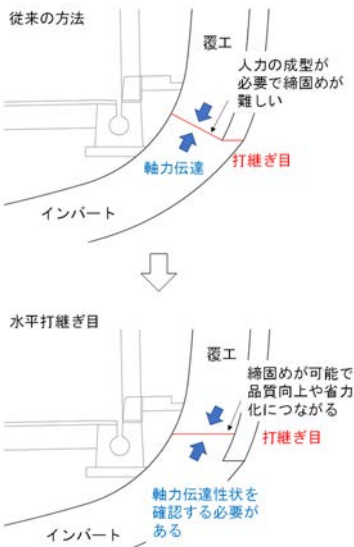


図-1 概要図

表-1 試験ケース

試験名 および試験体概要図	試験 ケース	試験体の配合	打継ぎ目と 軸線の角度 (°)	試験 本数 (体)
一軸圧縮試験 	No. 1-1	1層目：配合1 2層目：配合2	90	3
	No. 1-2		60	3
	No. 1-3		45	3
	No. 1-4	1層目：配合3 2層目：配合3	90	3
	No. 1-5		60	3
	No. 1-6		45	3
一面せん断試験 	No. 2-1	1層目：配合1 2層目：配合2	25	3
	No. 2-2		30	3
	No. 2-3		35	3
	No. 2-4	1層目：配合3 2層目：配合3	25	3
	No. 2-5		30	3
	No. 2-6		35	3
曲げ試験 	No. 3-1	1層目：配合1 2層目：配合2	90	4
	No. 3-2		60	4
	No. 3-3		50	4
	No. 3-4	1層目：配合3 2層目：配合3	90	4
	No. 3-5		60	4
	No. 3-6		50	4

表-2 コンクリートの配合

配合 No	目標 スランプ (cm)	粗骨材 最大寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)				混和剤 (C×%)	備考
					W	C	S	G		
配合1	8	40	60	43	151	252	805	1127	1.0	インバートを想定
配合2	15	40	60	43	165	275	782	1094	1.0	無筋覆工を想定
配合3	15	20	60	48	168	280	868	962	1.0	有筋覆工を想定

キーワード 山岳トンネル、覆工、インバート、打継ぎ目

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1（新宿センタービル） 大成建設株式会社 TEL 03-5381-5296

3. 試験結果

3. 1 一軸圧縮試験および一面せん断試験

一軸圧縮試験では、図-2 の応力-ひずみ曲線に示すように、ピーク強度まで荷重を载荷させたのちに除荷を行い、その後もう一度载荷を行った。これにより、ひずみ軟化域でのポストピーク（再载荷時の最大応力）を取得した。

各ケースの一軸圧縮試験結果を図-3 に示す。打継ぎ目角度による圧縮強度およびポストピークの差はなかった。打継ぎ目角度 45° においても打継ぎ面に沿って破壊することはなかったため、 45° までであれば圧縮強度やその後のポストピークに与える影響は小さいと考えられる。また、粗骨材最大寸法 20mm の方が圧縮強度、ポストピークともに大きい結果となった。これは、粗骨材最大寸法 40mm の方が破壊面内の骨材-セメント界面の弱層が占める割合が多いことが原因と推定される。

一軸圧縮試験および一面せん断試験から τ - σ 関係を整理した結果を図-4 に示す。一面せん断試験（●, ○）では全ての試験体が打継ぎ面に沿って破壊した。打継ぎ面での破壊基準線を図中に示す。一軸圧縮試験（▲, △）は打継ぎ目角度で成分分解した結果を示す。一軸圧縮試験は破壊基準線より下側の領域で破壊に至っていることから、打継ぎ面でのすべり破壊ではなく圧縮破壊であったと想定できる。

3. 2 曲げ試験

各ケースの曲げ試験結果を図-5 に示す。打継ぎ目角度が小さいほど曲げ強度は改善する傾向がみられた。図-6 に示すように、打継ぎ目角度 90° では全て打継ぎ面で破壊しているのに対し、 50° では 8 体中 6 体で打継ぎ面ではなく母材で破壊に至った。以上より、純粋な曲げのみ作用する場合には、軸線に対する打継ぎ目角度が小さくなるほど打継ぎの影響が小さくなることが分かった。

4. まとめ

本稿では、覆工軸線に対する打継ぎ目の角度を変えた一軸圧縮試験と曲げ試験を実施することにより、打継ぎ目に関する軸圧縮、曲げの力学性能について確認するとともに、一面せん断試験より一軸圧縮試験の破壊形態を検討した。打継ぎ目角度が 45° 以上であれば、従来の覆工軸線直交の 90° と比較して、軸圧縮、曲げに関する力学性能が同等以上であることが確認できた。今後は覆工の曲率や地山の拘束等、実条件下での力学性能の把握に取り組んでいきたい。

参考文献

- 1) 土木学会：トンネル標準示方書〔山岳工法編〕・同解説，2016。
- 2) 柳下丈偉ら：覆工コンクリート打継ぎ目の角度に関する検討，土木学会第 76 回年次学術講演会，VI-426，2021。

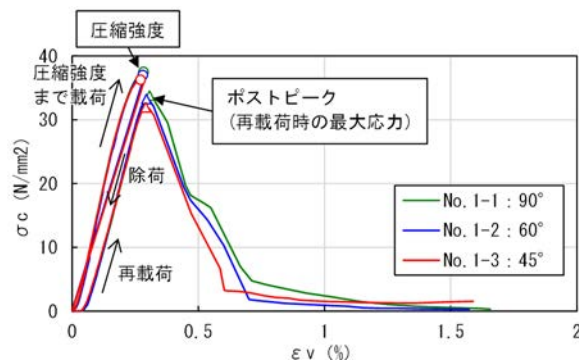


図-2 一軸圧縮試験の応力-ひずみ曲線

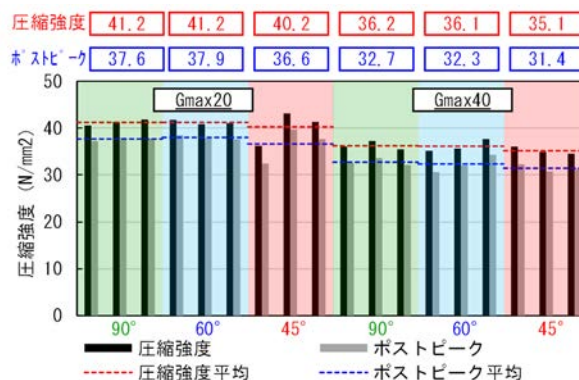


図-3 一軸圧縮試験結果

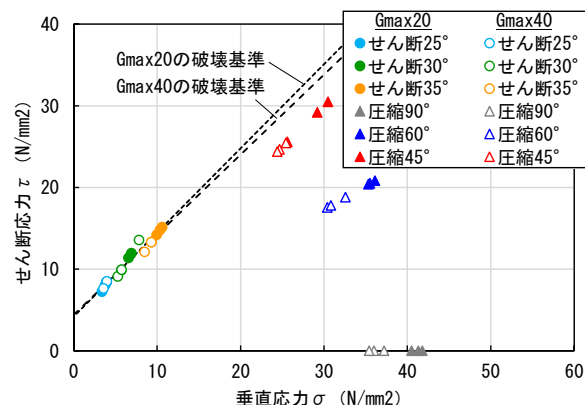


図-4 τ - σ 関係による整理

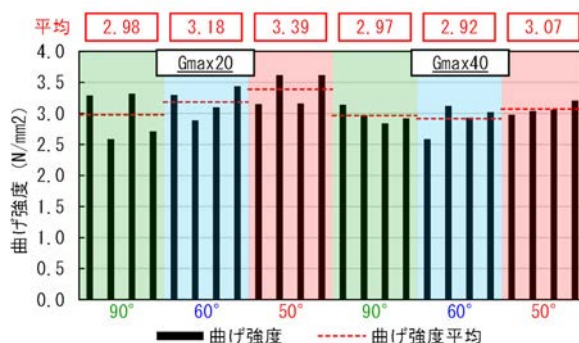


図-5 曲げ試験結果



図-6 曲げ試験後写真