

山岳トンネルの補助工法

—2009年版—

目 次

1. 概 説	1
1.1 補助工法の概要	1
1.2 補助工法の種類と採用傾向	1
1.2.1 補助工法の種類	1
1.2.2 補助工法の採用傾向	2
1.3 本書の概要と構成	5
2. 補助工法の計画と調査	7
2.1 概説	7
2.2 トンネルの調査	7
2.2.1 計画・設計時の調査	9
2.2.2 施工時の調査	13
2.3 補助工法を適用する地山条件	19
2.3.1 未固結地山	19
2.3.2 膨張性地山	23
2.3.3 高圧, 多量の湧水がある地山	25
2.3.4 小土被り	28
2.3.5 坑口部	32
2.3.6 破碎帯	35
2.3.7 亀裂の発達した地山	37
2.4 補助工法を適用する環境条件	40
2.4.1 構造物との近接	40
2.4.2 都市部山岳工法のトンネル	46
3. 補助工法の設計	53
3.1 概説	53
3.2 補助工法の概要	55
3.2.1 天端の安定対策	55
3.2.2 鏡面の安定対策	57
3.2.3 脚部の安定対策	58
3.2.4 地下水対策	59

3.2.5	地表面沈下対策	61
3.2.6	近接構造物対策	64
3.3	補助工法の計画・設計	66
3.3.1	フォアポーリング	66
3.3.2	長尺フォアパイリング	69
3.3.3	水平ジェットグラウト	78
3.3.4	スリットコンクリート	82
3.3.5	パイプルーフ	89
3.3.6	核残し	93
3.3.7	鏡吹付けコンクリート	93
3.3.8	鏡ボルト	94
3.3.9	ウイングリブ付き鋼製支保工	98
3.3.10	脚部吹付けコンクリート	102
3.3.11	仮インバート	102
3.3.12	脚部補強ボルト	103
3.3.13	脚部補強パイル（鋼管系，セメント改良体杭，コンクリート・モルタル杭）	106
3.3.14	脚部補強サイドパイル	110
3.3.15	脚部補強注入	112
3.3.16	地下水対策	113
3.3.17	垂直縫地	131
3.3.18	遮断壁	134
3.3.19	注入工法	135
4.	補助工法の施工	145
4.1	概説	145
4.2	先受け工	145
4.2.1	フォアポーリング	146
4.2.2	長尺フォアパイリング	153
4.2.3	水平ジェットグラウト	164
4.2.4	スリットコンクリート	169
4.2.5	パイプルーフ	172
4.3	鏡面の補強	177
4.3.1	核残し	177
4.3.2	鏡吹付けコンクリート	179
4.3.3	鏡ボルト	179
4.4	脚部の補強	184
4.4.1	ウイングリブ付き鋼製支保工	184
4.4.2	脚部吹付けコンクリート	185

4.4.3	仮インバート	185
4.4.4	脚部補強ボルト	187
4.4.5	脚部補強パイル（鋼管系）	191
4.4.6	脚部補強パイル（セメント改良体杭，コンクリート・モルタル杭）	195
4.4.7	脚部補強サイドパイル	198
4.4.8	脚部補強注入	199
4.5	地下水対策	201
4.5.1	水抜きボーリング	201
4.5.2	ウェルポイント	209
4.5.3	ディープウェル	214
4.5.4	水抜き坑	222
4.5.5	止水注入	226
4.5.6	遮断壁	228
4.6	地山補強	232
4.6.1	垂直縫地	232
4.6.2	注入工法	235
5.	特殊な地山条件における補助工法と対策工法	247
5.1	概説	247
5.2	山はね地山	247
5.2.1	概要	247
5.2.2	施工事例	248
5.3	高熱下のトンネル	254
5.3.1	概要	254
5.3.2	高熱化のトンネルにおける補助工法と対策	254
5.3.3	施工事例	255
5.4	ガスの発生する地山	261
5.4.1	概要	261
5.4.2	施工事例	263
5.5	重金属含有地山	266
5.5.1	概要	266
5.5.2	施工事例	268
5.6	石灰岩地山	273
5.6.1	概要	273
5.6.2	施工事例	275
5.7	膨張性地山	278
5.7.1	概要	278
5.7.2	施工事例	282

5.8 地すべり	288
5.8.1 概要	288
5.8.2 地すべりに対する施工管理	290
5.8.3 施工事例	292
5.9 付加体地山	296
5.9.1 概要	296
5.9.2 施工事例	297
5.10 水底トンネル	299
5.10.1 概要	299
5.10.2 施工事例	299
6. 特殊な施工条件における補助工法と対策工法	307
6.1 概説	307
6.2 トンネルの拡幅	307
6.2.1 概要	307
6.2.2 施工事例	309
6.3 トンネルの分岐・合流	318
6.3.1 概要	318
6.3.2 施工事例	321
6.4 超大断面トンネルの施工	326
6.4.1 概要	326
6.4.2 施工事例	326
6.5 めがねトンネル	330
6.5.1 概要	330
6.5.2 施工事例	330
6.6 二階建てトンネル	334
6.6.1 概要	334
6.6.2 施工事例	334
6.7 切羽休止	338
6.7.1 概要	338
6.7.2 施工事例	340
6.8 発破振動対策	340
6.8.1 概要	340
6.8.2 施工事例	344
6.9 TBM	347
6.9.1 概要	347
6.9.2 施工事例	348

7. 将来の展望	355
7.1 概説	355
7.2 補助工法に関する研究の現状と将来展望	356
7.2.1 近年の研究発表状況	356
7.2.2 数値解析の現状と将来展望	356
7.2.3 計測工の現状と将来展望	359
7.2.4 補助工法の作用メカニズムの検討	359
索引	361