

トンネルライブラリー

トンネルの地震被害と耐震設計

ー山岳・シールド・開削トンネルー

目 次

1. はじめに	1
2. トンネル3工法の概要と耐震設計の変遷	4
2.1 トンネル3工法の概要	4
2.1.1 開削トンネル	4
2.1.2 シールドトンネル	5
2.1.3 山岳トンネル	7
2.2 地震被害と耐震設計の変遷	11
2.2.1 開削トンネル	11
2.2.2 シールドトンネル	13
2.2.3 山岳トンネル	16
3. 山岳トンネル	25
3.1 地震被害事例	25
3.1.1 1923年関東地震	25
3.1.2 1995年兵庫県南部地震	28
3.1.3 2004年新潟県中越地震	38
3.1.4 2011年東北地方太平洋沖地震	47
3.1.5 2016年熊本地震	54
3.1.6 地震被害事例のまとめ	62
3.2 主な研究事例	65
3.2.1 山岳トンネルの耐震性に関する先駆者的な研究	66
3.2.2 鉄道トンネルの研究事例	71
3.2.3 道路トンネルの研究事例	79
3.2.4 大学等の研究機関による研究	88
3.3 耐震対策の考え方	98
3.3.1 鉄道トンネルにおける耐震対策	98
3.3.2 道路トンネルにおける耐震対策	107
3.3.3 その他のトンネルにおける耐震対策	115

3.4 耐震対策の事例	129
3.4.1 新設トンネルの対策	129
3.4.2 既設トンネルの対策事例	138
3.5 山岳トンネルのまとめ	148
4. シールドトンネル	149
4.1 地震被害事例	149
4.1.1 1985年メキシコ・ミチョアカン地震	149
4.1.2 1995年兵庫県南部地震	150
4.1.3 2007年新潟県中越沖地震	151
4.2 主な研究事例	154
4.2.1 解析法に関する研究	154
4.2.2 耐震対策に関する研究	163
4.2.3 実験による研究	164
4.3 耐震設計の考え方	166
4.3.1 基本的な考え方	166
4.3.2 各機関の考え方	174
4.4 耐震対策の事例	193
4.4.1 新設トンネルの対策	193
4.4.2 既設トンネルの対策事例	195
4.4.3 各機関の事例	196
4.5 シールドトンネルのまとめ	213
5. 開削トンネル	214
5.1 地震被害事例	214
5.1.1 1923年関東地震	214
5.1.2 1995年兵庫県南部地震	214
5.1.3 2011年東北地方太平洋沖地震	228
5.2 主な研究事例	231
5.2.1 解析法に関する研究	231
5.2.2 耐震対策に関する研究	236
5.3 耐震設計の考え方	243
5.3.1 基本的な考え方	243
5.3.2 各機関の考え方	250
5.4 耐震対策の事例	255
5.5 開削トンネルのまとめ	258

6. トンネル耐震性検討のための試計算	259
6.1 試計算の目的	259
6.2 試計算の条件	259
6.2.1 対象とする構造物と地盤条件	259
6.2.2 地盤の応答解析	259
6.2.3 耐震性能	261
6.2.4 耐震性能の照査	262
6.3 開削トンネル	265
6.3.1 計算条件	265
6.3.2 構造解析モデル	267
6.3.3 作用	269
6.3.4 レベル2地震動の耐震性能の照査	270
6.3.5 パラメータ検討	271
6.3.6 試計算のまとめ	275
6.4 シールドトンネル	276
6.4.1 計算条件	276
6.4.2 構造解析モデル	278
6.4.3 作用	279
6.4.4 レベル2地震動の耐震性能の照査	281
6.4.5 パラメータ検討	284
6.4.6 試計算のまとめ	288
6.5 山岳トンネル	289
6.5.1 計算条件	289
6.5.2 構造解析モデル	292
6.5.3 作用	293
6.5.4 レベル2地震動の耐震性能の照査	295
6.5.5 パラメータ検討	296
6.5.6 試設計のまとめ	301
6.6 トンネル3工法の試計算のまとめ	302
参考資料	303
参考1 山岳トンネルの地震被害事例	304
参考1.1 1995年以前	304
参考1.2 1995年兵庫県南部地震	326
参考1.3 1996～2003年台湾集集地震・伊豆諸島北部地震・鳥取西部地震	339
参考1.4 2004年新潟県中越地震	344

参考 1.5 2007 年新潟県中越沖地震	355
参考 1.6 2008 年岩手・宮城内陸地震	368
参考 1.7 2008 年岩手沿岸北部地震	376
参考 1.8 2011 年東北地方太平洋沖地震	377
参考 1.9 2016 年熊本地震	382
参考 2 シールドトンネルの地震被害事例	385
参考 3 開削トンネルの地震被害事例	387
参考 3.1 1995 年兵庫県南部地震	387
参考 3.2 2011 年東北地方太平洋沖地震	390
参考 3.3 その他の被害事例	392
参考 4 設計地震動	395
参考 5 海外（アメリカ）のトンネルの耐震設計について	409
参考 5.1 設計地震動	409
参考 5.2 耐震設計の考え方	410
参考 6 可とうセグメントの開発に関する資料	414