

神戸高速鉄道東西線

大開駅

災害復旧の記録

平成9年1月



佐藤工業株式会社

神戸高速鉄道東西線
大開駅
災害復旧の記録



平成9年1月

 佐藤工業株式会社

目 次

第1編 被害調査

1. はじめに	1-1-1
2. 原設計と施工	1-2-1
2.1 地質・地形条件	1-2-1
2.2 設計	1-2-4
2.3 施工	1-2-6
3. 被害状況の調査	1-3-1
3.1 写真で見る被害状況	1-3-1
3.2 被害状況	1-3-28
3.2.1 地上部	1-3-28
3.2.2 軌道階の中柱	1-3-28
3.2.3 軌道階の上床梁	1-3-29
3.2.4 上床版	1-3-29
3.2.5 側壁	1-3-30
3.2.6 妻壁	1-3-31
3.2.7 電気室と開閉所	1-3-31
3.2.8 軌道レベルと下床版	1-3-31
3.2.9 コンコース（地下1階）	1-3-31
3.2.10 一般トンネル部	1-3-32
4. 被害の要因分析	1-4-1
4.1 検討の流れ	1-4-1
4.2 構造部材の強度、周辺地盤構造及び土質	1-4-3
4.2.1 構造部材の強度	1-4-3
4.2.2 地盤構造及び土質	1-4-3
4.3 地震動の設定	1-4-6
4.3.1 周辺地盤の振動性状	1-4-6
4.3.2 地震動特性	1-4-7
4.4 動的特性による地震応答の推定	1-4-9
4.4.1 解析手法	1-4-9
4.4.2 入力地震動	1-4-9
4.4.3 地盤および構造物のモデル化	1-4-10

4.4.4	地盤、構造物の動的応答の制定結果	1 - 4 - 12
4.5	被害（崩壊）モードと過程の推定	1 - 4 - 15
4.5.1	解析手法	1 - 4 - 15
4.5.2	構造部材の非線形性のモデル化および耐力	1 - 4 - 15
4.5.3	部材損傷モードおよび過程の推定	1 - 4 - 15
4.6	まとめ	1 - 4 - 18
5.	中柱の耐震性能確認実験	1 - 5 - 1
5.1	実験の位置付け	1 - 5 - 1
5.2	実験計画	1 - 5 - 2
5.2.1	試験体概要	1 - 5 - 2
5.2.2	加力および計測方法	1 - 5 - 4
5.3	実験結果	1 - 5 - 5
5.3.1	変形性状および主・帯鉄筋ひずみ性状	1 - 5 - 5
5.3.2	鋼管のひずみ状況	1 - 5 - 13
5.4	耐力の比較	1 - 5 - 14
5.5	変形性能の比較	1 - 5 - 15
5.5.1	柱自体の変形性能	1 - 5 - 15
5.5.2	各ケースの靱性率	1 - 5 - 15
5.6	まとめ	1 - 5 - 18

第2編 設計

1.	はじめに	2 - 1 - 1
2.	土木設計	2 - 2 - 1
2.1	本体設計	2 - 2 - 1
2.1.1	復旧基本方針	2 - 2 - 1
2.1.2	復旧方法	2 - 2 - 1
2.1.3	復旧設計の体制及び流れ	2 - 2 - 3
2.1.4	駅部の設計	2 - 2 - 5
	(1)設計の基本的考え方	2 - 2 - 5
	(2)設計条件	2 - 2 - 5
	(3)設計結果	2 - 2 - 10
2.1.5	一般線路部補強	2 - 2 - 14

2.1.6	プラットホームの設計	2 - 2 - 17
2.1.7	設計計算概要	2 - 2 - 19
	(1)大開駅復旧設計条件	2 - 2 - 19
	(2)一般形状寸法	2 - 2 - 26
	(3)ラーメン骨組	2 - 2 - 27
	(4)地盤反力係数	2 - 2 - 30
	(5)地盤変位	2 - 2 - 32
	(6)荷重ケース	2 - 2 - 34
	(7)荷重組合せ	2 - 2 - 36
	(8)配筋図	2 - 2 - 44
	(9)応力度の照査	2 - 2 - 45
2.2	仮設設計	2 - 2 - 48
2.2.1	はじめに	2 - 2 - 48
2.2.2	仮設土留め	2 - 2 - 49
	(1)工法選定	2 - 2 - 49
	(2)設計条件	2 - 2 - 51
	(3)土留め支保工	2 - 2 - 53
	(4)欠損防護	2 - 2 - 57
2.2.3	地下水位低下工	2 - 2 - 60
	(1)工法選定	2 - 2 - 60
	(2)ウェルポイント工法	2 - 2 - 60
	(3)ディープウェル工法	2 - 2 - 60
2.2.4	路面覆工	2 - 2 - 63
	(1)設計条件	2 - 2 - 63
	(2)施工時の躯体への影響検討	2 - 2 - 63
2.2.5	通過駅として使用している期間の検討	2 - 2 - 66
	(1)躯体の検討	2 - 2 - 66
	(2)雨水対策	2 - 2 - 66
	(3)営業線近接防護	2 - 2 - 66
3.	建築設計	2 - 3 - 1
3.1	復旧基本方針	2 - 3 - 1
3.2	許認可申請	2 - 3 - 1
3.2.1	建築確認申請	2 - 3 - 2
3.2.2	消防法関係手続	2 - 3 - 2
3.2.3	運輸省関係手続	2 - 3 - 2

3.2.4	神戸市福祉のまちづくり条例	2-3-2
3.2.5	検査	2-3-2
3.3	平面計画	2-3-3
3.3.1	地下1階コンコース部分	2-3-3
3.3.2	地下2階プラットホーム部分	2-3-3
3.4	断面計画	2-3-4
3.5	内装仕上・色彩計画	2-3-6
3.6	出入口上家	2-3-8
3.7	設備計画	2-3-8
3.7.1	給排水設備	2-3-8
3.7.2	空調・換気設備（別途工事）	2-3-8
3.7.3	電気設備（別途工事）	2-3-8

第3編 施工

1.	はじめに	3-1-1
2.	実施工程	3-2-1
2.1	工事の特殊性	3-2-1
2.2	復旧工事の経緯	3-2-3
2.3	実施工程表	3-2-18
2.4	写真で見る工事の流れ	3-2-25
2.4.1	土木工事	3-2-26
2.4.2	建築・設備工事	3-2-47
3.	施工体制	3-3-1
4.	仮設備	3-4-1
4.1	作業所事務所	3-4-1
4.2	宿舎	3-4-1
4.3	電気	3-4-3
4.4	通信	3-4-3
4.5	給排水設備	3-4-3
4.6	駐車場	3-4-4
4.7	資材置き場	3-4-4

5. 工事施工	3-5-1
5.1 準備工	3-5-1
5.1.1 事前調査	3-5-1
(1)土質調査	3-5-1
(2)地形調査	3-5-1
(3)家屋事前調査	3-5-2
(4)埋設物	3-5-2
(5)計測	3-5-3
5.1.2 応急復旧	3-5-4
(1)バリケードフェンス工	3-5-4
(2)揚水配管工	3-5-5
(3)雨水幹線仮防護	3-5-5
(4)坑内照明	3-5-8
(5)開口部設置	3-5-8
(6)道路復旧工	3-5-9
5.1.3 地上支障物移設・撤去	3-5-10
5.1.4 埋設物処理	3-5-10
5.1.5 車道拡幅（歩道切削）	3-5-12
5.1.6 仮受防護	3-5-14
(1)エアミルク打設の範囲	3-5-14
(2)エアミルクプラント配置	3-5-14
(3)エアミルクの配合	3-5-15
5.1.7 実施工程表	3-5-15
5.2 柱列式地下連続壁工	3-5-16
5.2.1 概要	3-5-16
5.2.2 支障物の処理	3-5-17
(1)埋設物の処理	3-5-17
(2)存置杭等の撤去	3-5-17
(3)出入口・連絡通路	3-5-17
5.2.3 主要数量	3-5-18
5.2.4 施工要領	3-5-18
(1)布掘工	3-5-18
(2)セメント懸濁液の配合	3-5-19
(3)品質管理	3-5-19
(4)排泥処理	3-5-20
5.2.5 使用機械	3-5-21

5.2.6	プラントの配置	3 - 5 - 22
5.2.7	施工実績	3 - 5 - 22
5.2.8	道路使用の状況	3 - 5 - 24
5.2.9	専門会社の体制	3 - 5 - 27
5.2.10	現場の特殊性	3 - 5 - 28
	(1)雨水幹線の補強	3 - 5 - 28
	(2)ガス管接近部分の処置	3 - 5 - 28
	(3)道路の防衛	3 - 5 - 28
	(4)渋滞への対処	3 - 5 - 28
5.3	薬液注土工	3 - 5 - 29
5.3.1	概要	3 - 5 - 29
5.3.2	施工場所	3 - 5 - 29
5.3.3	施工数量	3 - 5 - 29
5.3.4	使用機械	3 - 5 - 30
5.3.5	実施工程	3 - 5 - 30
5.3.6	品質管理	3 - 5 - 34
5.4	掘削	3 - 5 - 35
5.4.1	舗装掘削	3 - 5 - 35
5.4.2	掘削	3 - 5 - 38
	(1)一次掘削	3 - 5 - 38
	(2)二次掘削	3 - 5 - 39
	(3)三次掘削	3 - 5 - 40
	(4)埋設物の防護	3 - 5 - 41
5.4.3	実施工程	3 - 5 - 42
5.5	地下水位低下工	3 - 5 - 43
5.5.1	概要	3 - 5 - 43
5.5.2	主要数量	3 - 5 - 43
5.5.3	実施工程	3 - 5 - 44
5.5.4	使用機械	3 - 5 - 45
5.5.5	施工方法・施工順序	3 - 5 - 46
	(1)ウェルポイント工	3 - 5 - 46
	(2)ディープウェル工	3 - 5 - 48
5.5.6	地下水位管理	3 - 5 - 53
	(1)自由地下水位	3 - 5 - 53
	(2)被圧地下水位	3 - 5 - 53
5.6	路面覆工	3 - 5 - 57

5.6.1	路面覆工設置	3 - 5 - 57
(1)	概要	3 - 5 - 57
(2)	施工順序	3 - 5 - 57
(3)	施工方法	3 - 5 - 61
5.6.2	覆工の撤去	3 - 5 - 64
(1)	概要	3 - 5 - 64
(2)	中間杭の撤去	3 - 5 - 64
(3)	覆工の撤去	3 - 5 - 67
5.6.3	実施工程	3 - 5 - 68
5.7	アースアンカー	3 - 5 - 69
5.7.1	アースアンカーの設置	3 - 5 - 69
(1)	概要	3 - 5 - 69
(2)	アースアンカーの仕様と数量	3 - 5 - 69
(3)	配合	3 - 5 - 69
(4)	施工フロー	3 - 5 - 70
(5)	施工順序	3 - 5 - 70
(6)	仮設備	3 - 5 - 74
(7)	使用機械	3 - 5 - 75
(8)	品質管理	3 - 5 - 76
(9)	実施工程	3 - 5 - 76
(10)	現場の特殊性	3 - 5 - 77
5.7.2	アースアンカーの撤去	3 - 5 - 78
(1)	施工フロー	3 - 5 - 78
(2)	使用機械	3 - 5 - 78
(3)	施工	3 - 5 - 79
(4)	実施工程	3 - 5 - 79
5.8	切梁・腹起し	3 - 5 - 82
5.8.1	切梁・腹起しの設置	3 - 5 - 82
(1)	概要	3 - 5 - 82
(2)	施工	3 - 5 - 82
(3)	使用機械	3 - 5 - 84
(4)	施工フロー	3 - 5 - 84
5.8.2	切梁・腹起しの撤去	3 - 5 - 85
(1)	施工	3 - 5 - 85
(2)	使用機械	3 - 5 - 85
5.8.3	実施工程	3 - 5 - 85

5.9	計測工	3 - 5 - 86
5.9.1	概要	3 - 5 - 86
5.9.2	計測管理方法	3 - 5 - 86
5.9.3	計測項目と計測機器の配置	3 - 5 - 88
5.9.4	計測経過	3 - 5 - 89
5.10	躯体撤去工	3 - 5 - 90
5.10.1	概要	3 - 5 - 90
5.10.2	施工方法・施工順序・仮設備関係	3 - 5 - 92
	(1)施工方法	3 - 5 - 92
	(2)施工順序	3 - 5 - 93
	(3)仮設備関係	3 - 5 - 93
5.10.3	主要数量	3 - 5 - 94
5.10.4	使用機械	3 - 5 - 94
5.10.5	実施工程	3 - 5 - 95
5.10.6	現場の特殊性	3 - 5 - 95
5.11	躯体構築工	3 - 5 - 98
5.11.1	鉄筋コンクリート（本体・中柱）	3 - 5 - 98
	(1)取り壊し区間とブロック割り（軌道階）	3 - 5 - 98
	(2)施工方法・施工順序	3 - 5 - 98
	(3)主要数量	3 - 5 - 106
	(4)使用機械	3 - 5 - 107
	(5)設計図	3 - 5 - 107
5.11.2	底床版の補修と補強	3 - 5 - 115
	(1)底床版補修	3 - 5 - 115
	(2)枕木補修	3 - 5 - 115
	(3)隅角部コンクリート	3 - 5 - 115
5.11.3	プラットホーム工	3 - 5 - 116
5.11.4	線路防護網	3 - 5 - 116
5.11.5	品質管理	3 - 5 - 118
	(1)コンクリート	3 - 5 - 118
	(2)鉄筋	3 - 5 - 118
	(3)エンクローズ溶接	3 - 5 - 118
	(4)鋼管柱	3 - 5 - 118
5.11.6	付帯設備補修・再構築	3 - 5 - 119
	(1)連絡通路・出入口	3 - 5 - 119
	(2)ポンプ室及び揚水配管	3 - 5 - 120

(3)換気塔	3-5-120
5.11.7 実施工程	3-5-123
5.12 トンネル補強工	3-5-127
5.12.1 クラック補修	3-5-128
5.12.2 鋼材補強	3-5-129
(1)施工フロー	3-5-129
(2)補強方法	3-5-131
(3)施工	3-5-132
(4)品質管理	3-5-133
(5)塗装工	3-5-133
(6)主要数量	3-5-133
5.12.3 実施工程	3-5-134
5.13 防水工	3-5-135
5.13.1 概要	3-5-135
5.13.2 施工	3-5-135
(1)施工フロー	3-5-135
(2)主要数量	3-5-135
(3)使用材料	3-5-135
(4)防水モルタル配合	3-5-136
(5)施工	3-5-136
(6)実施工程	3-5-137
5.13.3 設計図	3-5-138
5.14 埋戻し工	3-5-141
5.14.1 概要	3-5-141
5.14.2 エースサンドによる埋戻し	3-5-141
(1)概要	3-5-141
(2)配合	3-5-141
(3)施工	3-5-143
(4)品質管理	3-5-144
(5)実施工程	3-5-145
5.14.3 エアミルクによる埋設物受防護工	3-5-146
5.14.4 真砂土による頂部埋戻し	3-5-148
(1)概要	3-5-148
(2)施工順序	3-5-148
(3)使用機械	3-5-148
(4)施工数量	3-5-148

(5) 施工	3 - 5 - 149
(6) 品質管理	3 - 5 - 149
(7) 施工開口部廻りの施工について	3 - 5 - 149
(8) 実施工程	3 - 5 - 151
5.15 道路復旧工	3 - 5 - 152
5.15.1 概要	3 - 5 - 152
5.15.2 舗装工	3 - 5 - 156
(1) 施工区分・施工方法	3 - 5 - 156
(2) 使用機械	3 - 5 - 157
(3) 主要数量	3 - 5 - 157
(4) 品質管理	3 - 5 - 157
(5) 出来形管理	3 - 5 - 158
(6) 施工状況写真	3 - 5 - 158
5.15.3 構造物工	3 - 5 - 159
(1) 施工	3 - 5 - 159
(2) 主要数量	3 - 5 - 159
5.15.4 植栽工	3 - 5 - 160
(1) 施工	3 - 5 - 160
(2) 主要数量	3 - 5 - 160
5.15.5 付属施設工	3 - 5 - 160
(1) 施工	3 - 5 - 160
(2) 主要数量	3 - 5 - 161
5.15.6 実施工程	3 - 5 - 161
5.16 建築・設備工事	3 - 5 - 162
5.16.1 施工	3 - 5 - 162
(1) 工期短縮への工夫	3 - 5 - 162
(2) 安全確保への工夫	3 - 5 - 162
5.16.2 写真及び図面	3 - 5 - 167
5.16.3 実施工程	3 - 5 - 169
5.17 電気工事	3 - 5 - 171
5.17.1 概要	3 - 5 - 171
5.17.2 施工方法・施工順序	3 - 5 - 171
5.17.3 主要数量	3 - 5 - 174
5.17.4 使用機械	3 - 5 - 175
5.17.5 現場の特殊性	3 - 5 - 175

6. 安全・公害対策	3-6-1
6.1 安全管理	3-6-1
6.1.1 震災直後	3-6-1
6.1.2 杭打ち施工時	3-6-1
6.1.3 舗装撤去・掘削時	3-6-1
6.1.4 路面覆工設置時	3-6-2
6.1.5 土留欠損部薬液注入時	3-6-2
6.1.6 三次掘削時	3-6-2
6.1.7 構造物取り壊し時	3-6-2
6.1.8 再構築時	3-6-3
6.1.9 中間杭の受替・切断撤去	3-6-4
6.1.10 埋戻し	3-6-4
6.1.11 覆工撤去時	3-6-4
6.1.12 道路復旧時	3-6-5
6.2 雨水対策	3-6-5
6.2.1 雨水流入対策	3-6-5
6.2.2 開口部止水鉄板	3-6-6
6.3 防音・防塵対策	3-6-8
6.3.1 防音対策	3-6-8
6.3.2 防塵対策	3-6-8
6.4 交通保安対策	3-6-9
6.5 濁水処理対策	3-6-10
6.5.1 概要	3-6-10
6.5.2 プラント設備	3-6-10
6.5.3 処理方法	3-6-11
6.5.4 地下水性状及び排出基準	3-6-12
6.5.5 処理状況	3-6-12
6.6 産業廃棄物処理	3-6-13
6.6.1 震災直後の産業廃棄物処理	3-6-13
6.6.2 柱列式地下連続壁排泥	3-6-13
6.6.3 アスファルト・コンクリートガラ	3-6-13
6.6.4 濁水処理プラントケーキ	3-6-13
6.6.5 一般ゴミ・生活ゴミ	3-6-14
7. おわりに	3-7-1

第4編 資料

資料－1	被災状況写真集	4－1－1
資料－2	土質及びコンクリート調査結果（震災後）	4－2－1
資料－3	発表論文	4－3－1
資料－4	新聞記事	4－4－1

第 1 編 被害調査

1 はじめに

1995年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震は、6300人以上の死者と20万戸以上の全半壊住宅被害、甚大なライフライン施設の被害という、未曾有の被害を神戸を中心とする地域にもたらした。この地震では、各種の構造物に大きな被害が生じたが、中でも注目される被害の一つに地下鉄の被害がある。過去の地震では、地下鉄のような大規模な地中線状構造物の被害は、非常に軽微なものしか報告されていない。しかし、兵庫県南部地震の際には、神戸市内を走る、阪神電鉄、神戸電鉄、神戸高速鉄道、市営地下鉄、山陽電鉄などの地下鉄構造を持つ鉄道で柱の崩壊を含む大規模な被害が多数発生した¹⁾。この中でも、神戸高速鉄道・大開駅では、柱が崩壊したばかりではなく、天井が落下し、さらに駅舎の上を走っている国道28号線も沈下するという大きな被害を生じた。

図1.1に大開駅の位置を示す。大開駅は、神戸市の中心街である三宮の西側で、三宮・元町と西代を繋ぐ神戸高速鉄道・東西線のほぼ中央に位置している。兵庫県南部地震では、気象庁震度階で震度7という、1948年福井地震を契機に設けられた新しい最大の震度が初めて現れた。震度7の地域は海岸と平行な帯状の地域である。図1.1にはこの地域も示しているが、大開駅は丁度震度7の地域に含まれ、地震動も大きかったことが分かる。

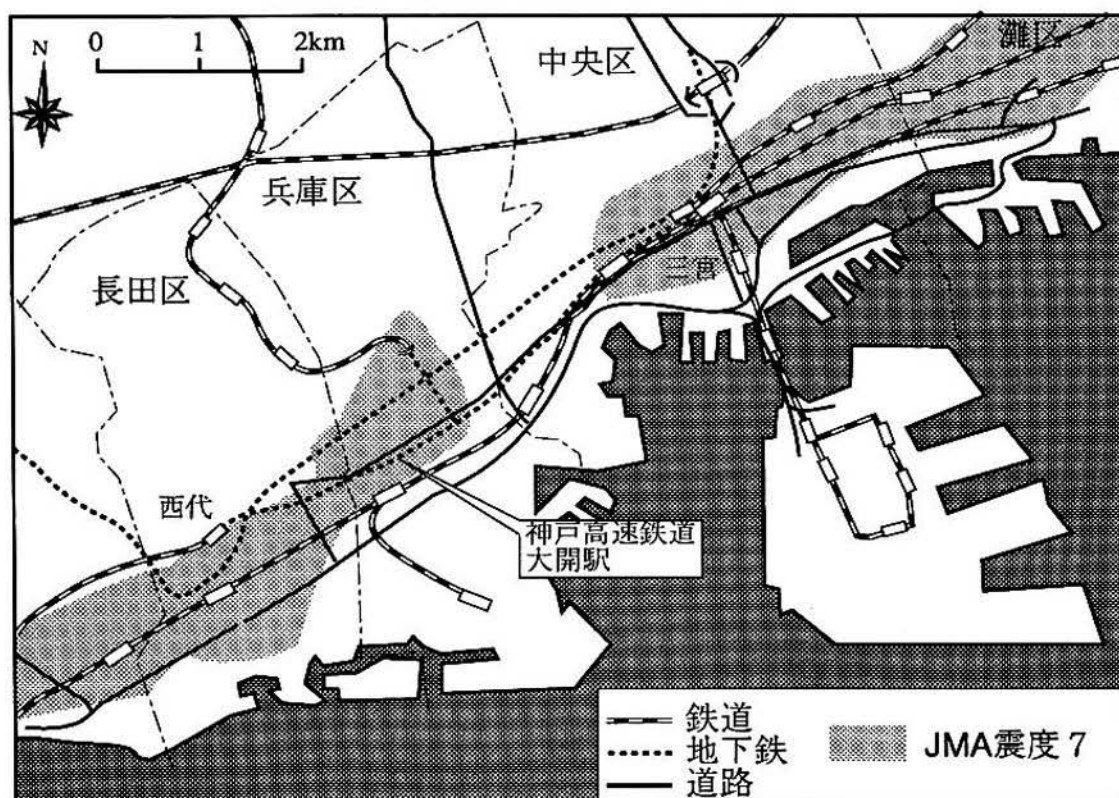


図 1.1 神戸市周辺の地図と大開駅の位置

先にも述べたように、地下鉄構造物の被害が広範囲に大規模に生じたのは、兵庫県南部地震が初めてのことである。中でも大開駅の完全な崩壊は、これまで全く想像されなかった被害といえる。大開駅の建設当時の設計指針では、横断面に関しては地震荷重は考慮されていなかった。しかし、駅舎の完全崩壊という被害を前にしたとき、現行の耐震設計指針で作られた構造物が地震に対して安全であることを保障するものではないことは明らかである。すなわち、大規模な地中構造物の設計法はこれらの被害の経験を通して、より合理的なものへと改良を加えられていくことは、必然の経緯といえよう。

このような背景から、大開駅の被害に関する詳細な調査が行われた。調査は、まず、被害状況の完全な把握から始められた。また、その被害原因を確認するための要因分析と解析も行われた。さらに、これらの検討事項をふまえ、大開駅の復旧に関し、新しい柱の耐力を照査するための実験も行われた。本報告では、これらの、大開駅の被害とその要因、耐力照査実験の結果を詳細に報告するものである。

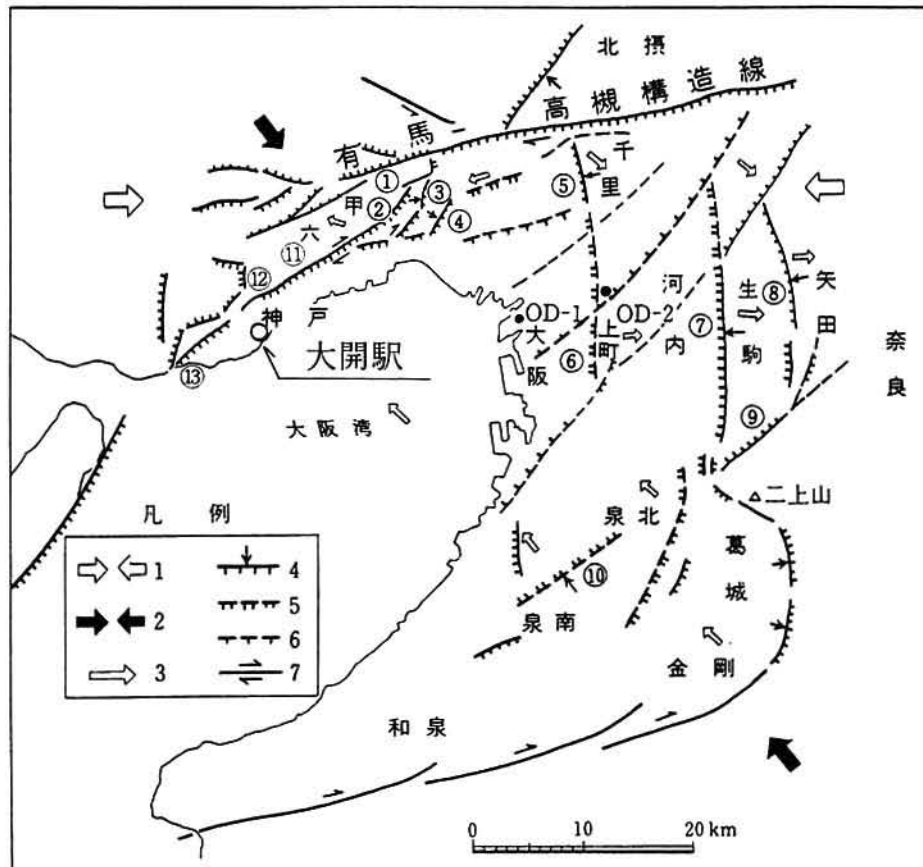
参考文献

- 1) 佐保千載：兵庫県南部地震での地下鉄構造物の被害と復旧、土木学会論文集、No.534/VI-30、pp.1-17、1996

2. 原設計と施工

2.1 地質・地形条件

大開駅は兵庫県南部地震の震央の15 km北西に位置する。地質的には、六甲山の南端に広がる海岸低地帯に位置し、標高は約5 mである。この付近での六甲山の標高は約400 mで、白亜紀の花崗岩で構成され、図2.1-1に示すような多くの活断層があり、その内の一つは大開駅の丁度北側を走っている。



- 1：東西方向の広域造構応力場　2：北西－南東方向の広域造構応力場
 3：傾動方向　4：逆断層，矢印は衝上方向，ケバ印は下盤側を示す
 5：被覆層断層および撓曲　6：推定断層　7：横ずれ断層
 ①六甲断層　②五助橋断層　③芦屋断層　④甲陽断層　⑤仏念寺山断層
 ⑥上町断層　⑦生駒断層　⑧矢田断層　⑨大和川断層　⑩片蔵撓曲
 ⑪諏訪山断層　⑫会下山断層　⑬須磨断層

図 2.1-1 神戸市付近の断層系　（出典：新編　大阪地盤図 pp.10，一部加筆）

神戸高速鉄道の工事に先立つ 1959 年、予定路線に沿って地盤調査が行われた。大開駅周辺では、図 2.1-2 に示すように駅の両側で調査が行われている。この地盤調査の結果得られた土質柱状図を図 2.1-3 に示す。

駅の西側 (NO.6 ボーリング) では、厚さ 1.5 m の表土の下は GL-7 m まで礫混じりの砂質土 (表層近くでは 10% 程度の粘土も含まれている) で、六甲山を起源とする層と考えられる。この下には厚さ 5 m 程度の粘土層が存在している。これは、沖積の海成粘土で海進時に堆積したものと考えられる。その下部には礫混じり砂層が存在する。この層の N 値は 20 程度であり、このことから沖積の砂礫層と考えられる。

これに対して駅の東側 (NO.7 ボーリング) では、表土の厚さはやや薄く 1.2 m となっており、その下部の砂質土層は深さ 11 m までと NO.6 ボーリングに比べると厚く堆積している。この層は上部では若干の粘土分を含んでいることも NO.6 ボーリングと同様である。一方下部では 20% 程度の礫を含む層となっている。この層では N 値はしばしば 50 を越えているが、これは、実際の N 値がそうであったとは考えにくく、サンプラーが礫に当たったためと考えられる。この層の下部には NO.6 ボーリングでも見られた海成の粘土層があるが厚さは小さい。その下部には礫混じり砂層がある。この層の N 値は約 60 と非常に大きいことから、この層は洪積の砂礫層と考えることができる。ただし、調査されているのが 1 m に満たない層なので断定するには至らない。

これらを考えると、この付近は地層は水平成層というよりは、かなり不整形な地盤とすることができる。

大開駅周辺については地震後にも地盤調査が行われている。その結果を 4.2 節に示す。

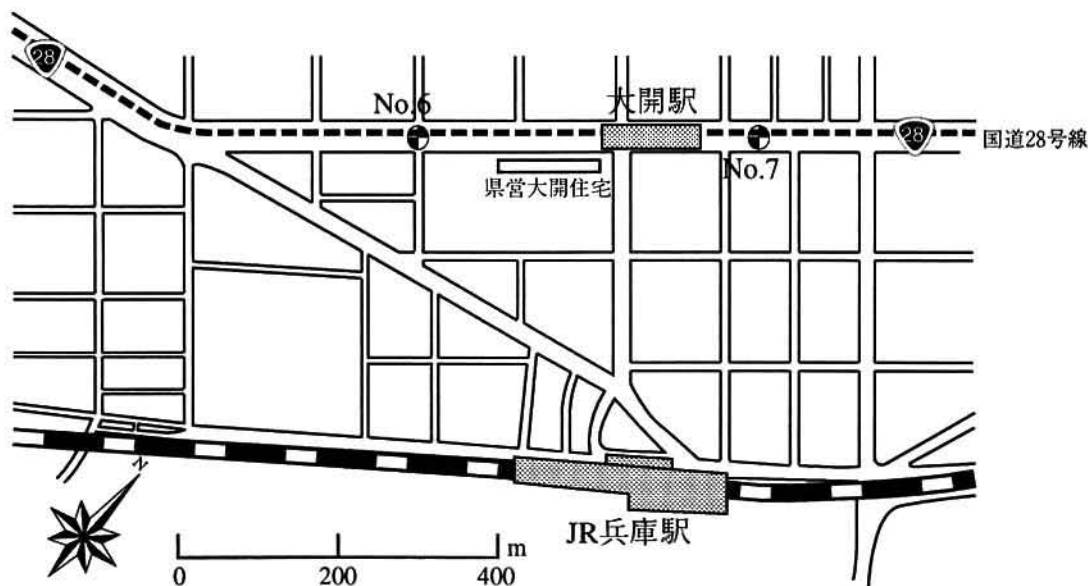
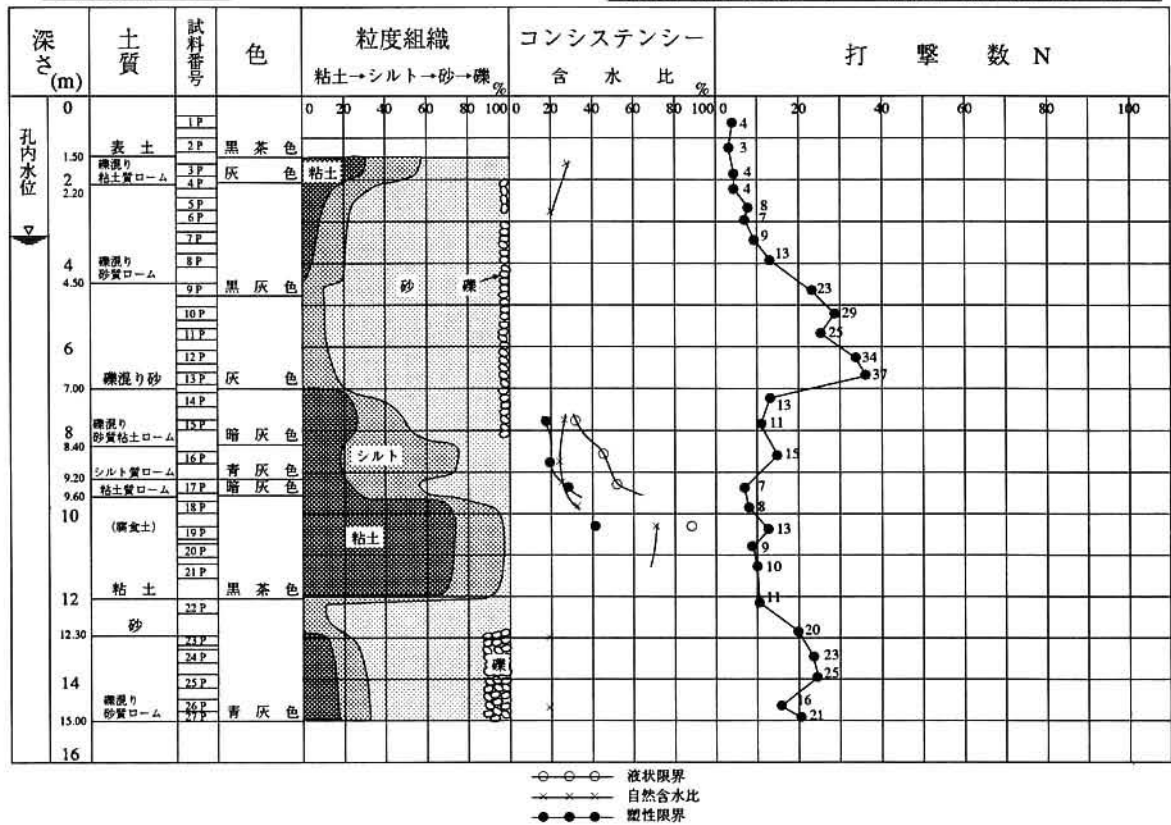


図 2.1-2 地盤調査位置図 (調査年度 1959 年)

試験番号No.6

試験年月日 34.6.8~9

試験年月日 34.6.13~20



試験番号No.7

試験年月日 34.5.7~9

試験年月日 34.6.13~20

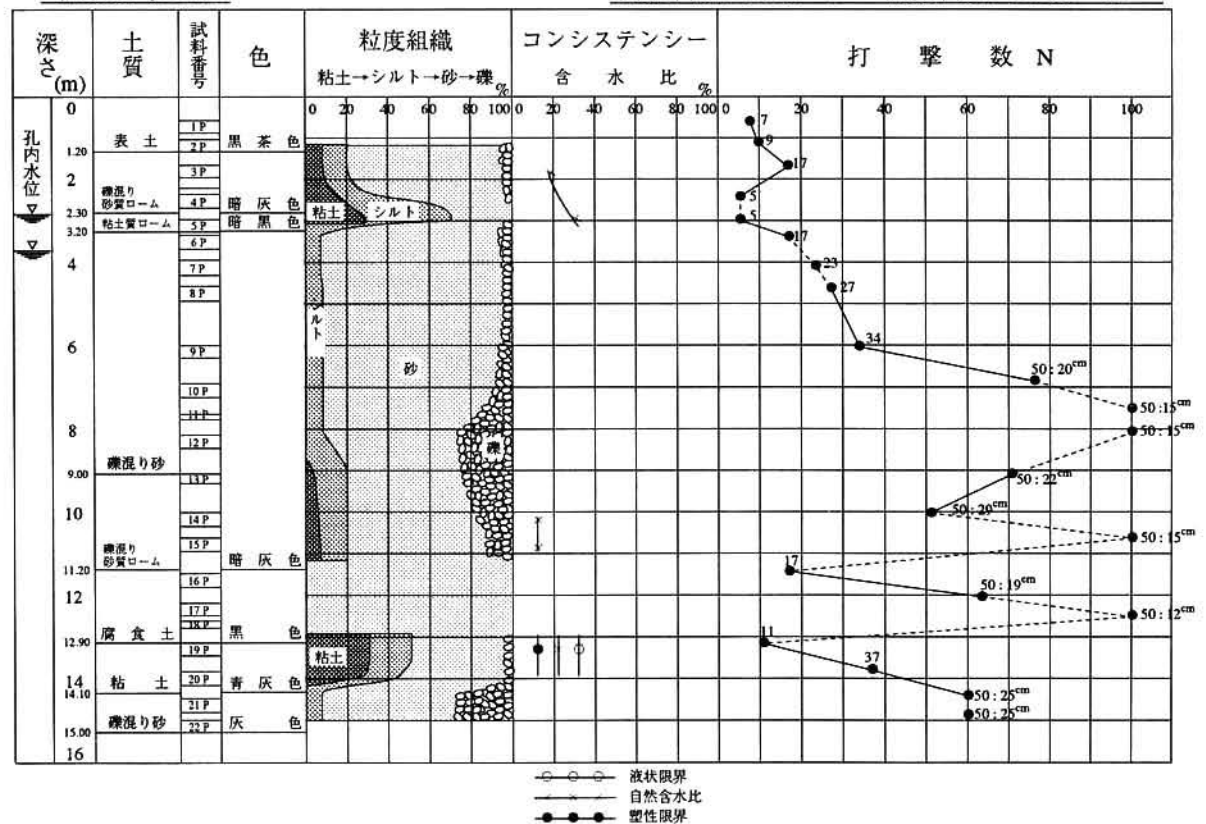


図 2.1-3 土質柱状図

2.2 設計

大開駅の平面と断面を、図 2.2-1 と図 2.2-2 に示す。駅は地下 2 階の構造で、地下 2 階は軌道とプラットホームおよび電気室、地下 1 階はコンコースである。

軌道階の標準部分（断面図 1-1）は中央に柱のある 1 層 2 径間箱型断面で、外寸法は幅 17 m、高さ 7.17 m、長さ 120 m、土被り 4.8 m である。中央の中柱は 35 本あり、中柱の高さは 3.82 m、断面は 0.4 m×1.0 m で、柱間隔は 3.5 m である。これらの柱の端部は、上は高さ 1.6 m の上床梁に、下は高さ 1.75 m の下床梁に結合されている。上床版と下床版の厚さはそれぞれ 0.80 と 0.85 m であり、側壁の厚さはプラットホームよりも上では 0.7 m、下では 0.85 m である。

コンコース部分（断面図 2-2）は 2 層 4 径間の箱型断面で、外寸法は幅 26 m、高さ 10.12 m、土被り 1.9 m である。コンコースの下には電気室と開閉室があり、側壁の厚さは 0.50 m である。

軌道方向は東西方向から約 40 度傾いているので、向きを表すのに方位を使いづらい。そこで、図 2.2-1 に示すように、横断方向を示すには、山側と海側を、軌道方向を示すには、隣接する駅名を用いて、高速長田駅側、新開地駅側で示す。

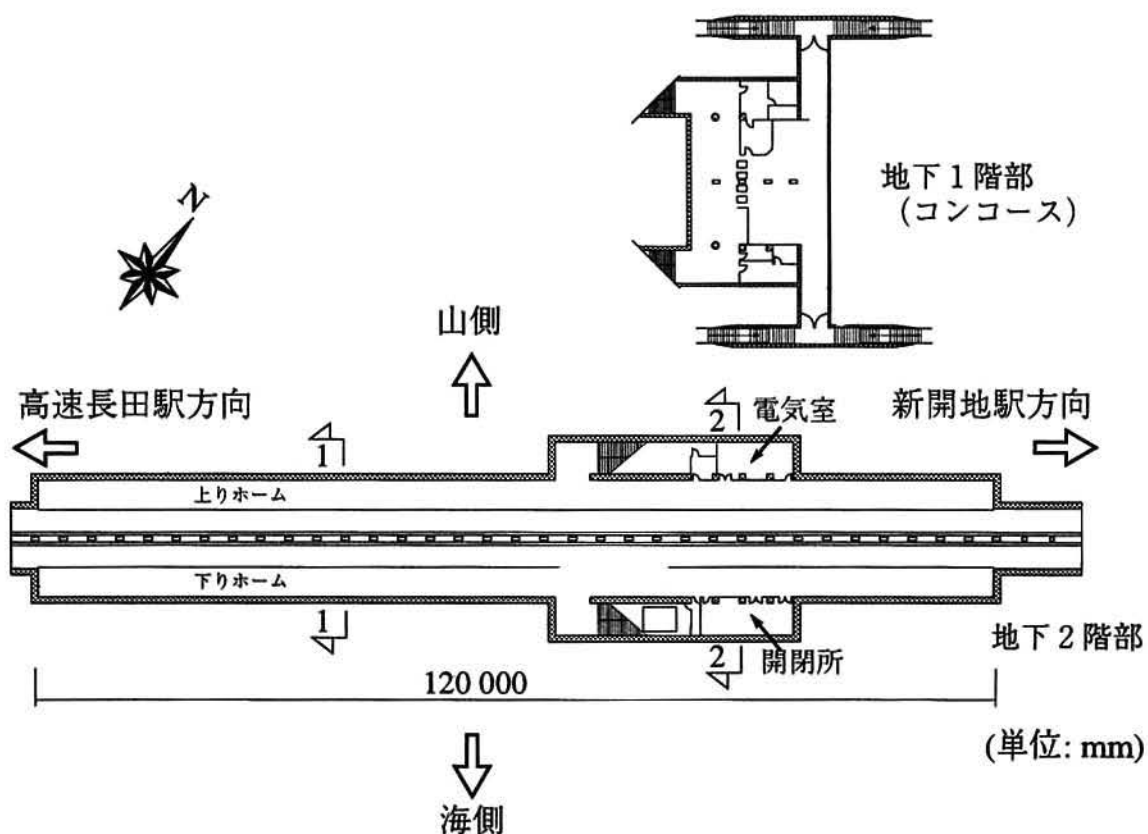
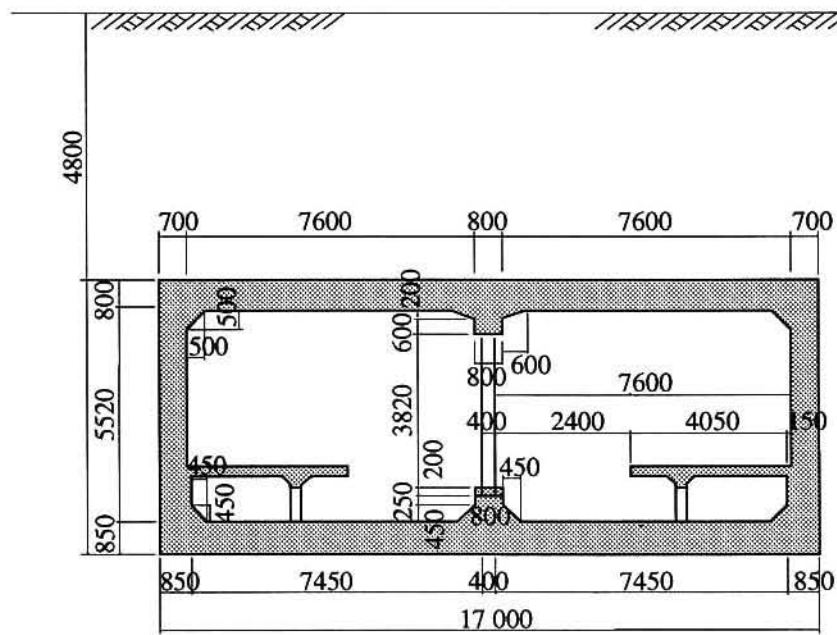
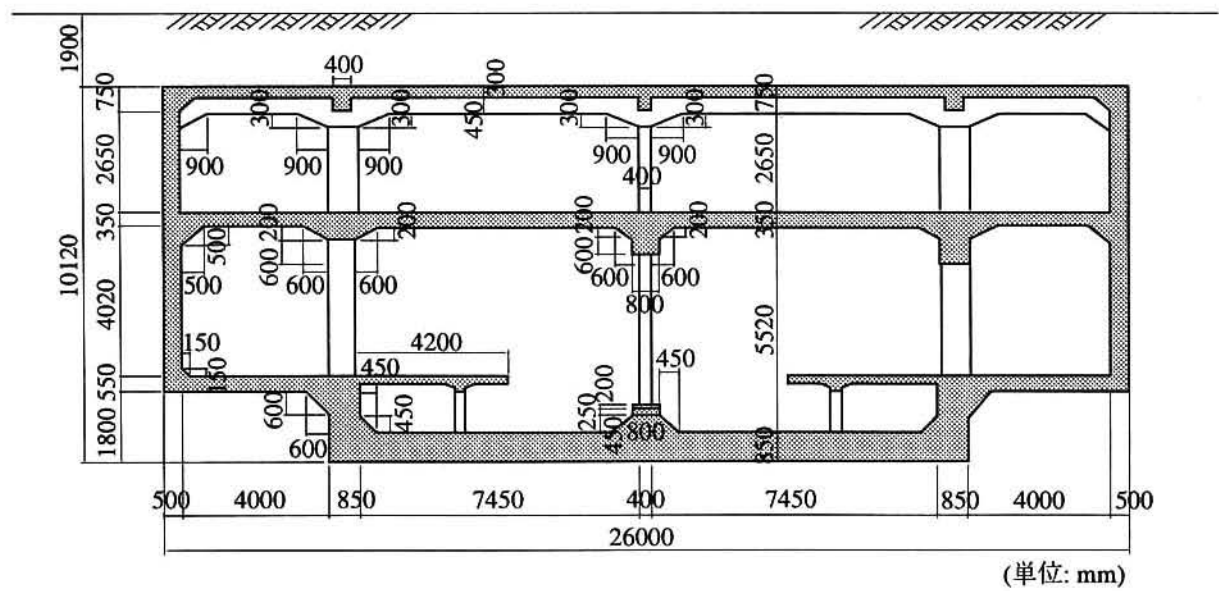


図 2.2-1 大開駅の平面図



断面图 1-1



断面图 2-2

図 2.2-2 大開駅の断面図

箱型断面の旧設計では図 2.2-3 に示すように、上載土の重量、構造物自重、土圧を考慮しているが、この当時の設計がそうであったように、地震力は考慮されていない。軌道方向単位長さあたりに作用する曲げモーメント、剪断力、軸力の分布を図 2.2-4 に示す。中柱に作用する軸力は $P = 2 \times 64.34 \times 3.5 = 450\text{t}$ / 本である。中柱に用いるコンクリートの圧縮強度は $\sigma_{28} = 240 \text{ kg/cm}^2$ 、その他の部分に用いるコンクリートの圧縮強度は $\sigma_{28} = 210 \text{ kg/cm}^2$ とし、設計に用いられている許容応力度は表 2.2-1 に示す通りである。また、鉄筋は旧設計書によれば、SS39 または SS41 を使用すると記載されている。

大開駅駅舎部の一般構造図を図 2.2-5 に、主要断面配筋図を図 2.2-6 および図 2.2-7 に示す。駅舎部側壁と床版では径 16～25mm の丸鋼が使われた。中柱では主筋として 32mm の丸鋼が使われ、帯鉄筋として 9mm の丸鋼が 350mm 間隔で配置された。中柱の許容中心軸方向荷重は 453t で中柱に作用する軸力 450t を僅かに上回る程度であった。

次に、高速長田駅側と新開地駅側の一般路線部の構造図と配筋図を図 2.2-8、図 2.2-9 に示す。駅間の一般路線部の基本構造は、高速長田駅側の構造のように中央に柱のある 1 層 2 径間箱型断面であり、高速長田側の外寸法は幅 9.0m、高さ 6.36m、土被りは 5.2m、中柱の断面は 0.4m×0.6m、柱間隔は 2.5m となっている。一方、新開地駅側の構造は、上下線の渡り区間が設けられているため中柱のない 1 層箱型断面であり、その外寸法は幅 9.94m、高さ 7.42m、土被りは 4.7m である。

2.3 施工

大開駅の建設は 1962 年 8 月に始められ、1964 年 1 月 31 日に終了した。開削工法で施工され、土留工として親杭横矢板工が採用された。掘削は地下 12 m まで、ブルドーザーで掘削し、クラムシェルで積み込む方法で行われた。地下水位は地表面下 3 m 程度の所にあり、湧水はポンプアップで排水された。

構造物の外側はアスファルトで防水処理され、保護モルタルで覆われた。

表 2.2-1 許容応力度

応 力 度 の 種 類				許容応力度(kg/cm ²)
コン ク リ ー ト	短柱の許容中心軸方向荷重算出に用いる σ_{28} の値			240
	許容曲げ圧縮応力度（軸方向力を伴う場合を含む）			70
	許容剪断応力度	コンクリートだけで斜引張応力 度を受けさせる場合	梁	6.5
			版	9.0
		斜引長鉄筋を無視して計算した場合		18.0
	許容付着応力度			7.0
許容支圧応力度			60.0	
鉄 筋	許容引張応力度			1400

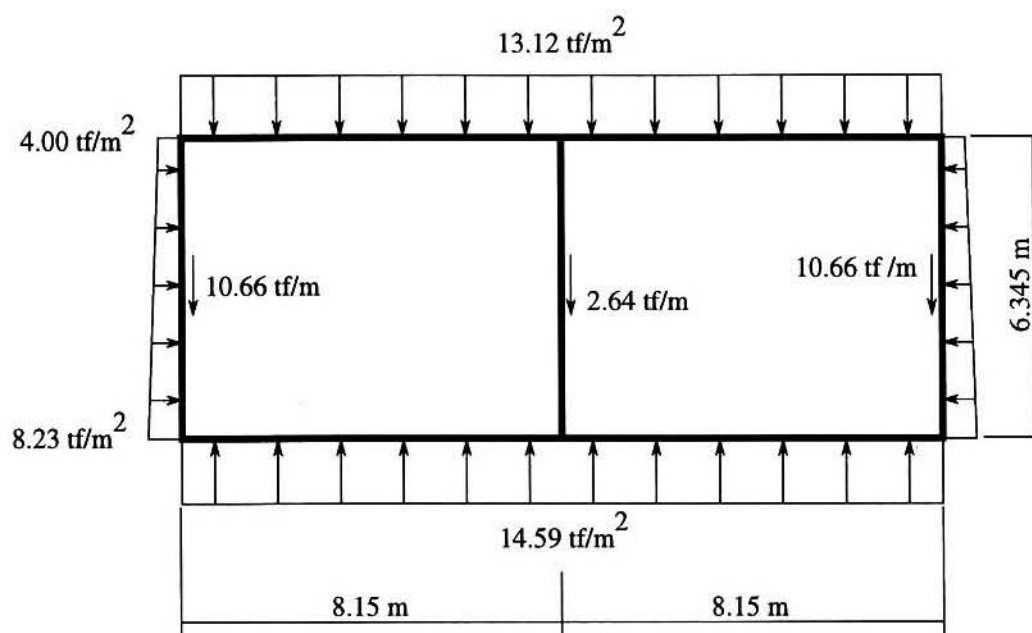


図 2.2-3 ラーメン軸組および荷重図

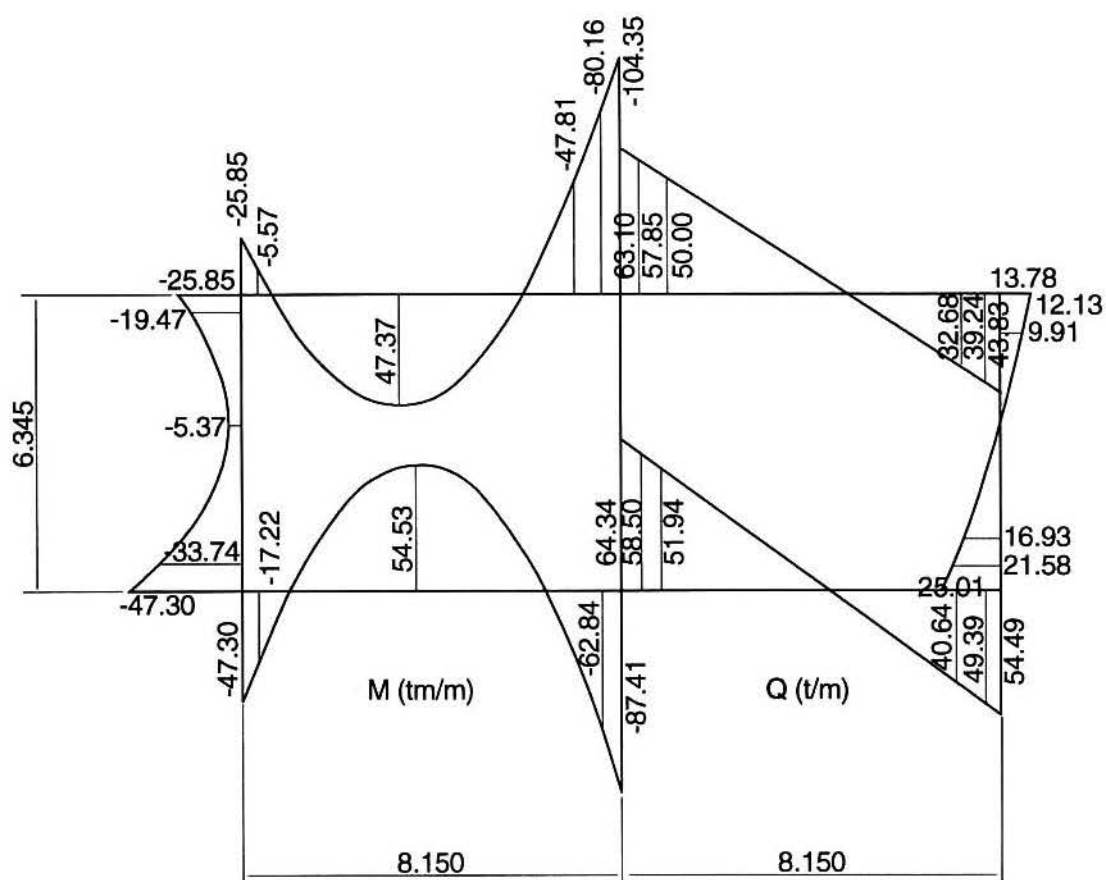


図 2.2-4 断面力図

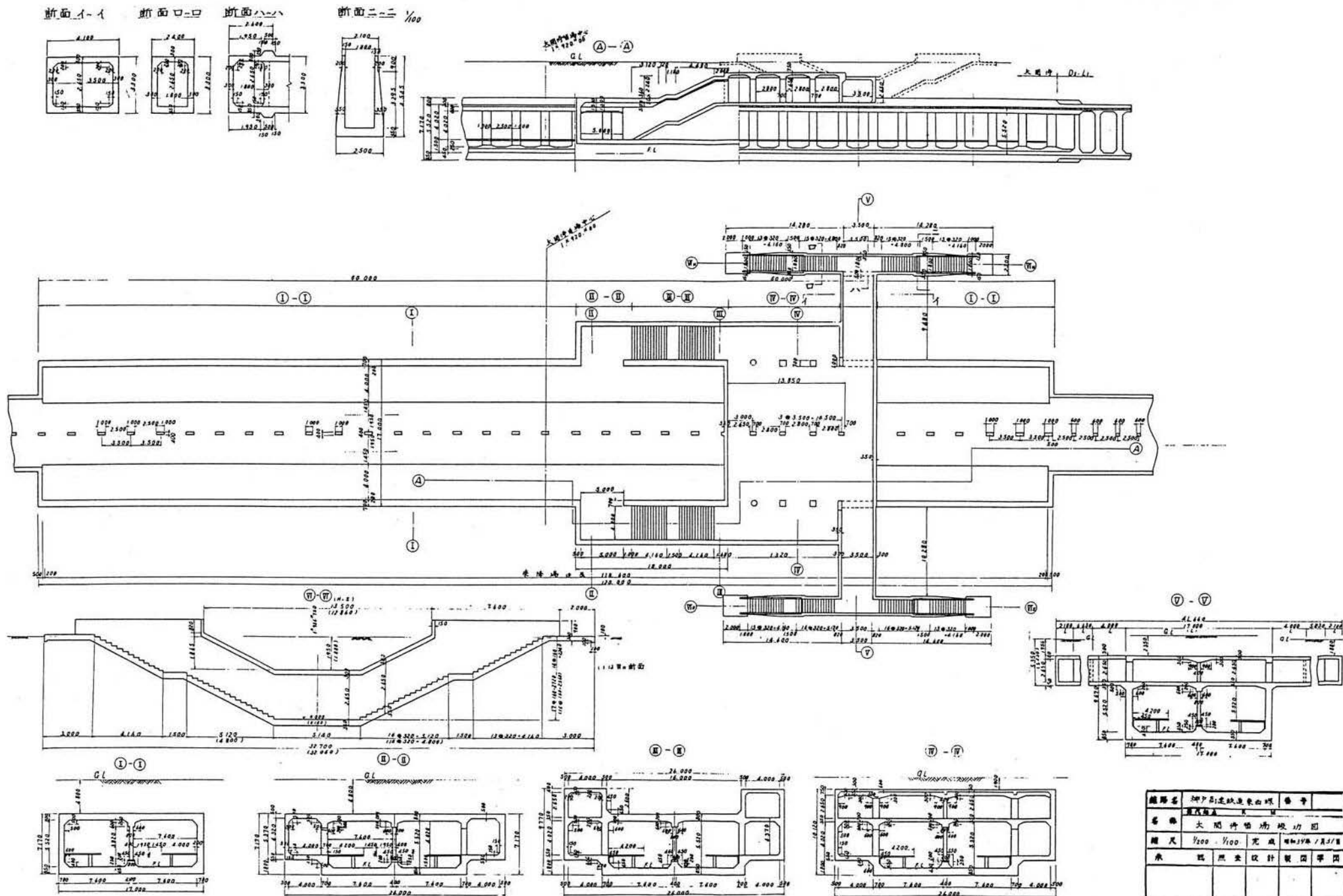


图 2.2-5 一般構造図

线路名	沪广高速铁路京南线		番号	
名称	大田湾站南坡功图			
图尺	1/200	1/100	完成	昭和33年1月31日
承	筑	照	収	製
沪广高速铁路株式会社				

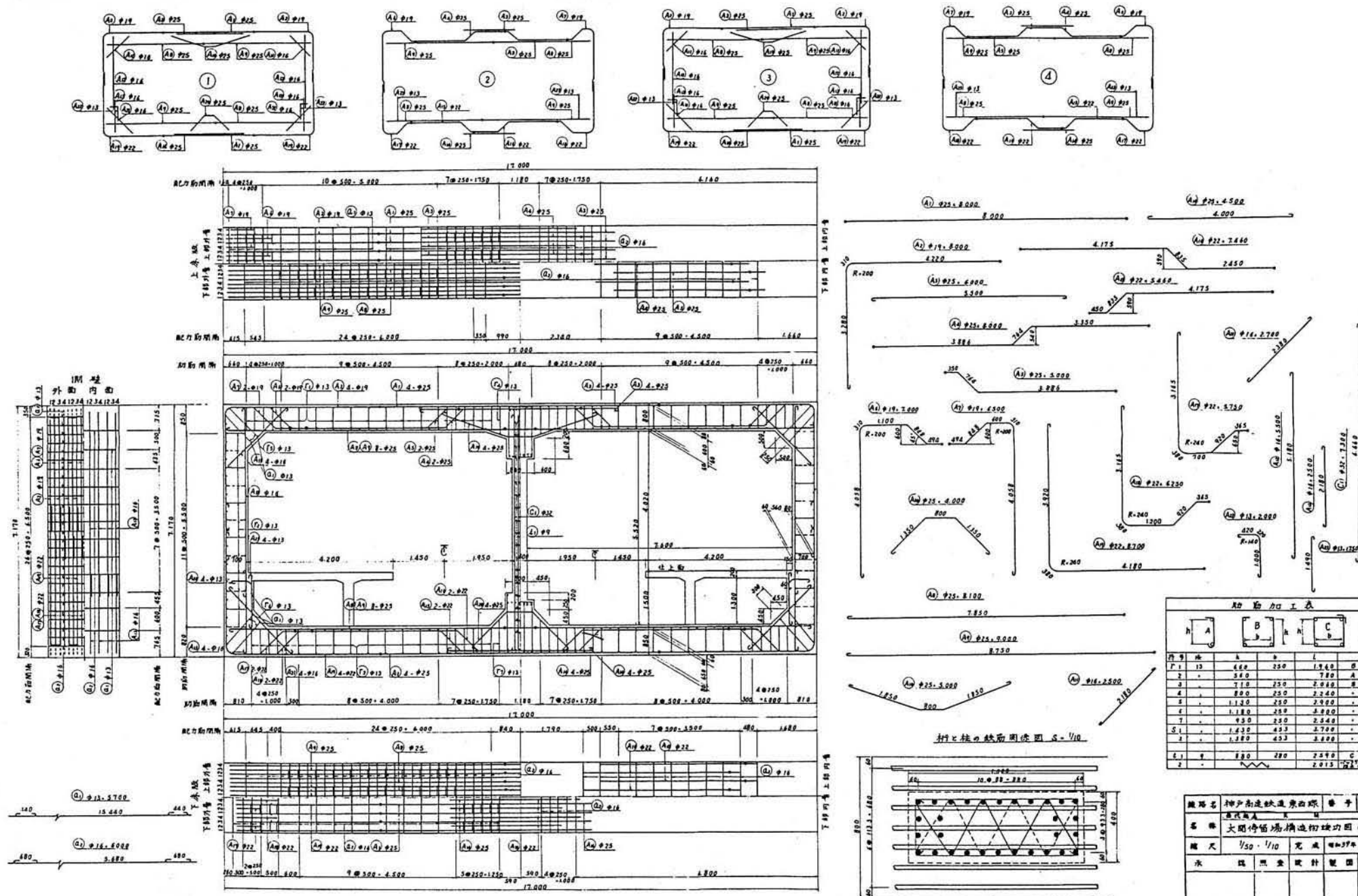
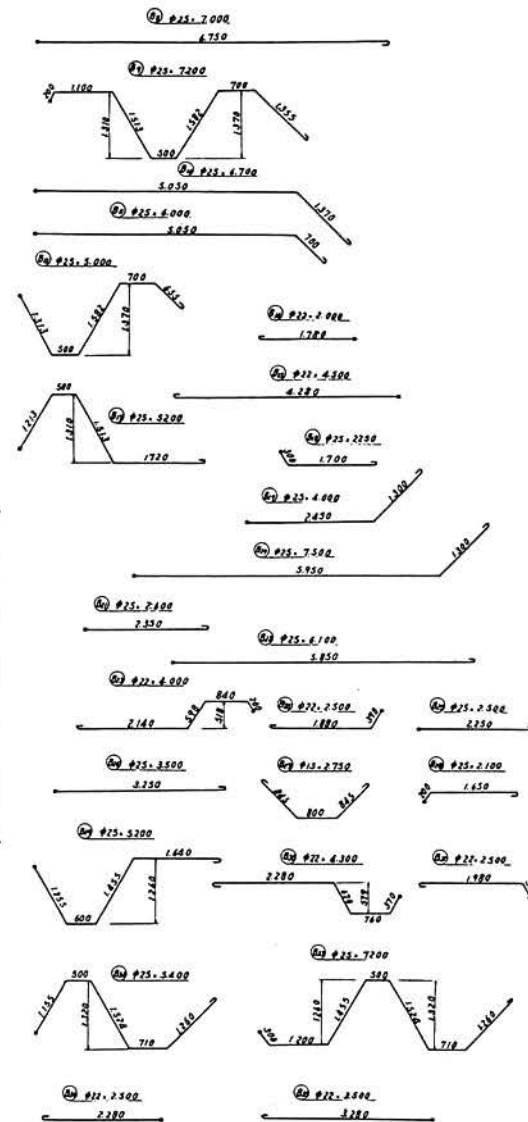
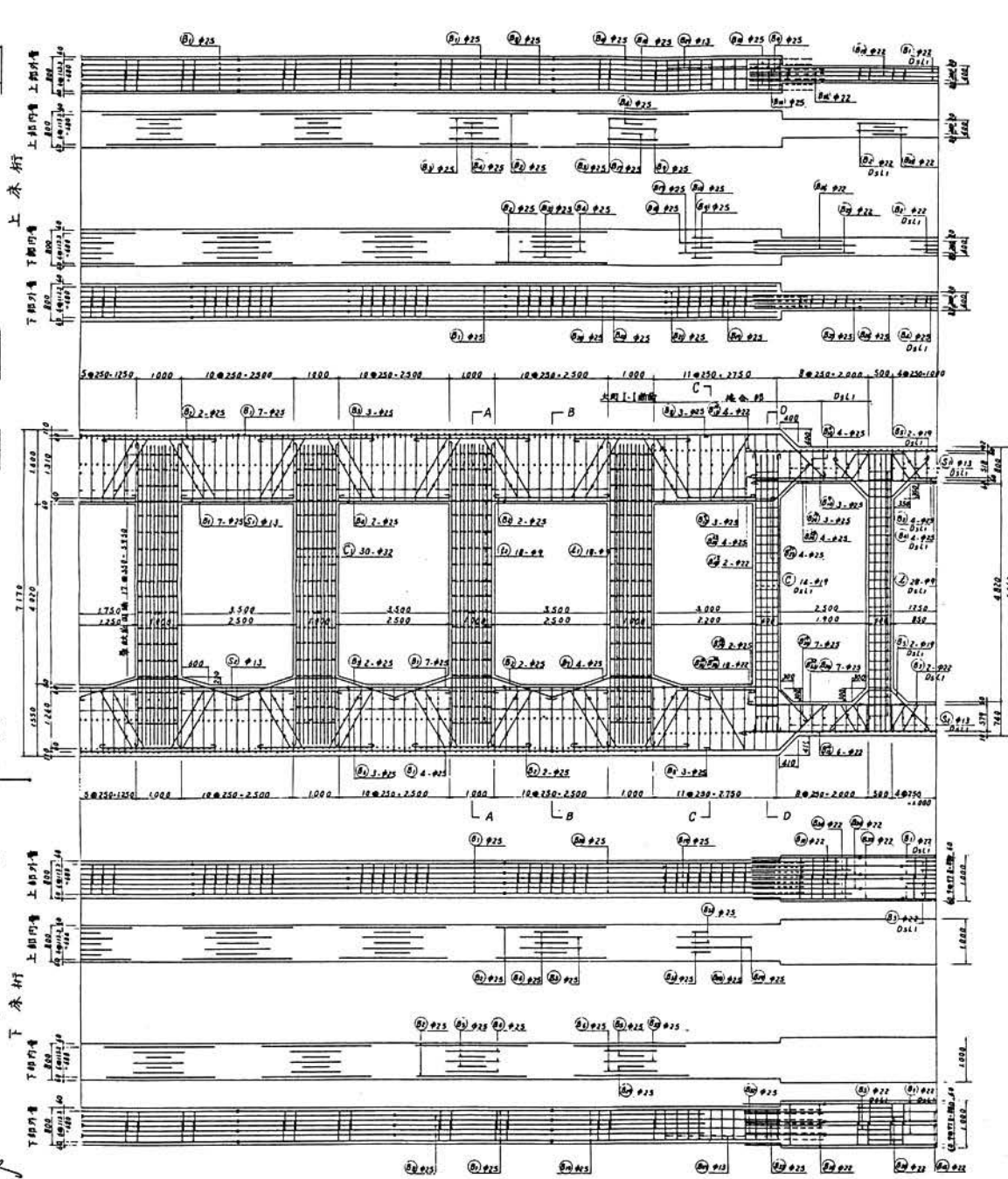
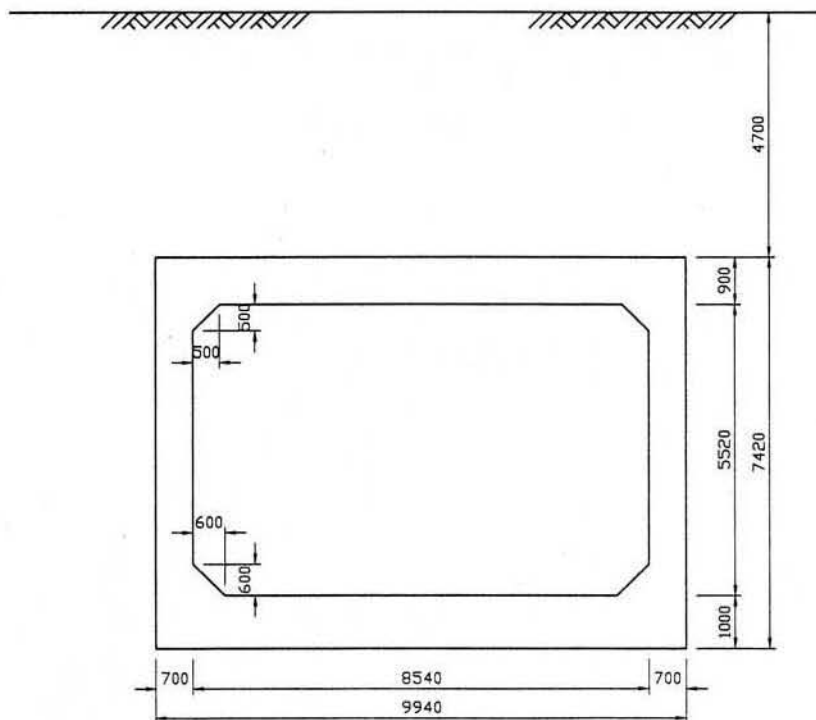


図 2.2-6 主要断面配筋図 (その1)

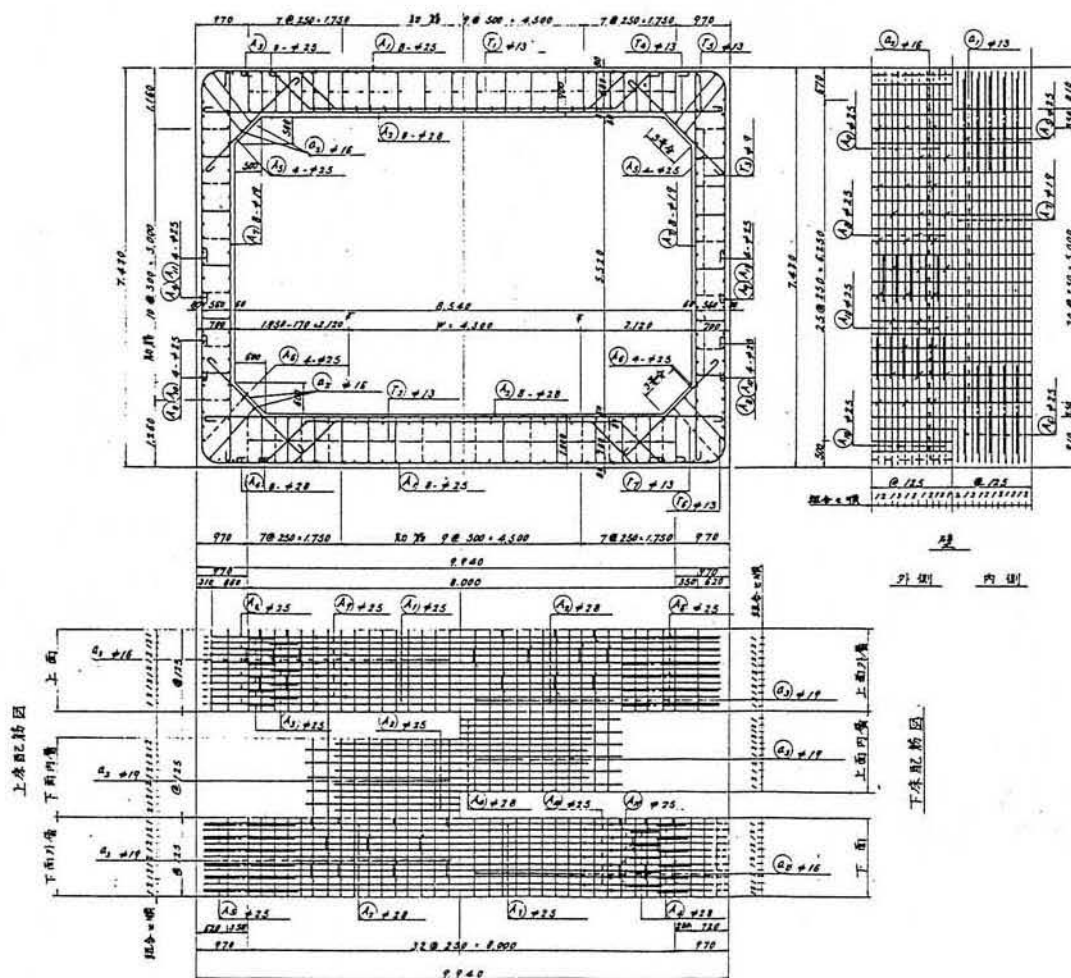


鐵路名	神戶高速鐵道東武線			番 号	
名 稱	大岡特等場橋通切抜切圖 (1:1 断面)				
縮 尺	1/50	完 成	昭和39年 / 月 / 日		
承	設	照 査	設 計	製 図	不
神戶高速鐵道株式會社					

図 2.2-7 主要断面配筋図 (その 2)



構造図



配筋図

図 2.2-9 一般路線部構造図および配筋図 (新開地駅側)

3. 被害状況の調査

3.1 写真で見る被害状況

被害の状況を表 3.1-1 の 80 コマの写真にて示す。

各写真は図 3.1-1 および図 3.1-2 に示す位置で撮影した。

表 3.1-1 写真一覧表

対 象	写真番号	タ イ ト ル
地 上 部	3.1-1	大開駅周辺の航空写真（撮影日：平成 7 年 1 月 1 8 日）
	3.1-2	国道 2 8 号線路面の陥没状況（高速長田側を望む）
	3.1-3	国道 2 8 号線路面の陥没状況（新開地側を望む）
	3.1-4	陥没後の路面下の空洞
	3.1-5	陥没後の路面下の空洞
	3.1-6	県営大開住宅全景
	3.1-7	県営大開住宅（山側）
	3.1-8	県営大開住宅（海側）
	3.1-9	地上への出入口
コンコース	3.1-10	コンコース通路への階段
	3.1-11	改札口
	3.1-12	改札口を入ったところの柱
	3.1-13	コンコースの床版（海側→山側）
	3.1-14	コンコースの床版（山側→海側）

階 段 部	3.1-15	プラットホームへの階段
	3.1-16	プラットホーム入口の梁
軌道階全般	3.1-17	高速長田側（海側）
	3.1-18	新開地側（海側）
中 柱	3.1-19	中柱 2 0（海側）
	3.1-20	中柱 2 0（山側）
	3.1-21	中柱 2 8（海側）
	3.1-22	中柱 3 1（海側）脚部の圧壊
	3.1-23	中柱 2 3（海側）脚部の圧壊
	3.1-24	中柱 3 4（山側）帯鉄筋の効果
	3.1-25	中柱 3 3（山側）帯鉄筋の効果
上 床 梁	3.1-26	中柱 3－4 間の上床梁
	3.1-27	中柱 2 1－2 2 間の上床梁
	3.1-28	中柱 2 5－2 6 間の上床梁
	3.1-29	中柱 3 2－3 3 間の上床梁
上 床 版	3.1-30	中柱 1 8 付近から高速長田方面を見た上床版（海側）
	3.1-31	中柱 2 4 の側壁側の上床版（海側）
	3.1-32	高速長田側の端部から中央部を見た上床版（山側）
	3.1-33	新開地側の端部から中央部を見た上床版（海側）

妻 壁	3.1-34	海側ホームの高速長田側端部の妻壁
	3.1-35	山側ホームの高速長田側端部の妻壁
	3.1-36	海側階段付近妻壁
	3.1-37	山側階段付近妻壁
	3.1-38	海側ホームの新開地側端部の妻壁
	3.1-39	山側ホームの新開地側端部の妻壁
側 壁	3.1-40	海側ホームの高速長田側端部の妻壁付近の側壁
	3.1-41	山側ホームの高速長田側端部の妻壁付近の側壁
	3.1-42	海側ホームの新開地側の側壁
	3.1-43	山側ホームの新開地側の側壁
	3.1-44	中柱 9 付近の海側側壁
	3.1-45	中柱 9 付近の山側側壁
	3.1-46	プラットホーム下の側壁コンクリートの剝離
	3.1-47	プラットホーム支柱頭部のひびわれ
開 閉 所	3.1-48	新開地側の妻壁
	3.1-49	隔壁
	3.1-50	ホーム側側壁
電 気 室	3.1-51	新開地側の妻壁
	3.1-52	上床版

予 備 室	3.1-53	側壁の施工継目部の拡幅状況
	3.1-54	予備室の天井となる階段床版下面
	3.1-55	ホーム側側壁
軌 道	3.1-56	高速長田側より駅部を望む（山側）
	3.1-57	高速長田側より駅部を望む（海側）
	3.1-58	新開地側より駅部を望む（海側）
	3.1-59	新開地側より駅部を望む（山側）
一般路線部	3.1-60	駅部より一般路線部・高速長田側を望む
	3.1-61	駅部より一般路線部・新開地側を望む
	3.1-62	一般路線部・高速長田側側壁（海側）
	3.1-63	一般路線部・高速長田側側壁（海側）
	3.1-64	一般路線部・高速長田側側壁（山側）
	3.1-65	一般路線部・高速長田側側壁（山側）
	3.1-66	一般路線部・新開地側側壁（海側）
	3.1-67	一般路線部・新開地側側壁（山側）
	3.1-68	中柱の上端に生じたひびわれ
	3.1-69	中柱の下端に生じた剥離
	3.1-70	中柱の下端に生じた剥離
	3.1-71	中柱の下端に生じた剥離

駅部外側	3.1-72	高速長田側端部付近の上床版の状況
	3.1-73	高速長田側端部付近の側壁外部に生じた亀裂（海側）
	3.1-74	高速長田側端部付近の側壁外部に生じた亀裂（山側）
	3.1-75	換気塔（新開地側から望む）
	3.1-76	換気塔（山側から望む）
	3.1-77	新開地側端付近の側壁外面に生じたひびわれ（山側）
	3.1-78	新開地側端付近の側壁外面に生じたひびわれ（山側）
	3.1-79	新開地側端付近の側壁外面に生じたひびわれ（海側）
	3.1-80	新開地側端付近の側壁外面に生じたひびわれ（海側）

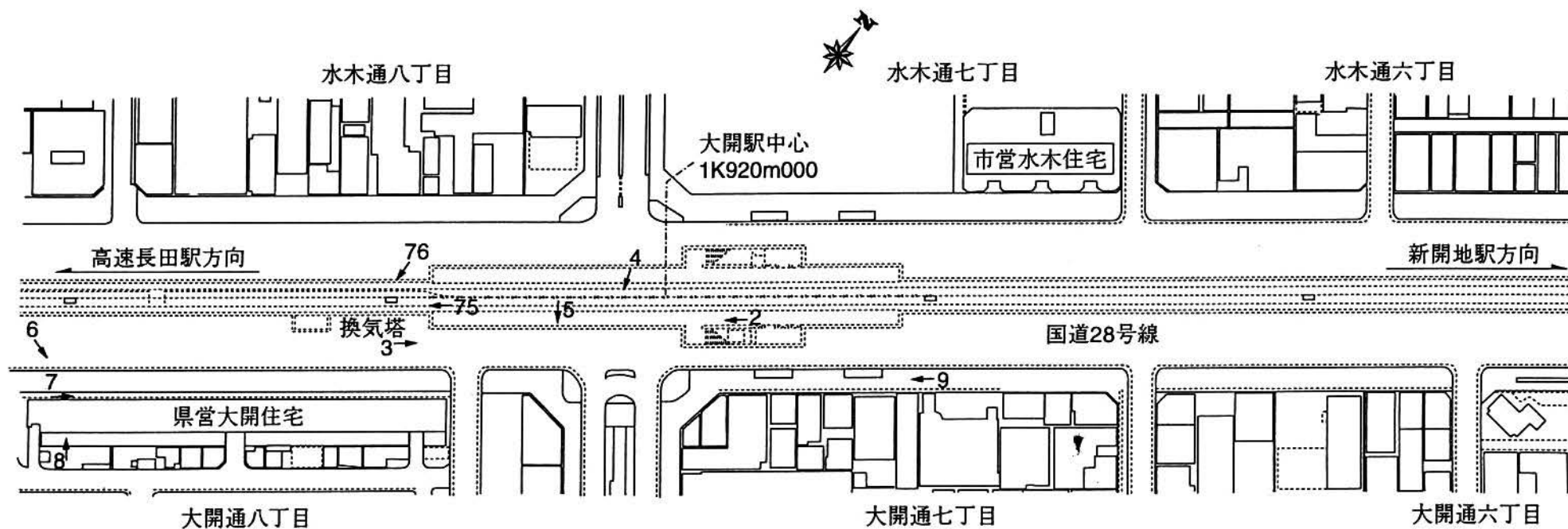


図 3.1-1 地上における写真撮影位置

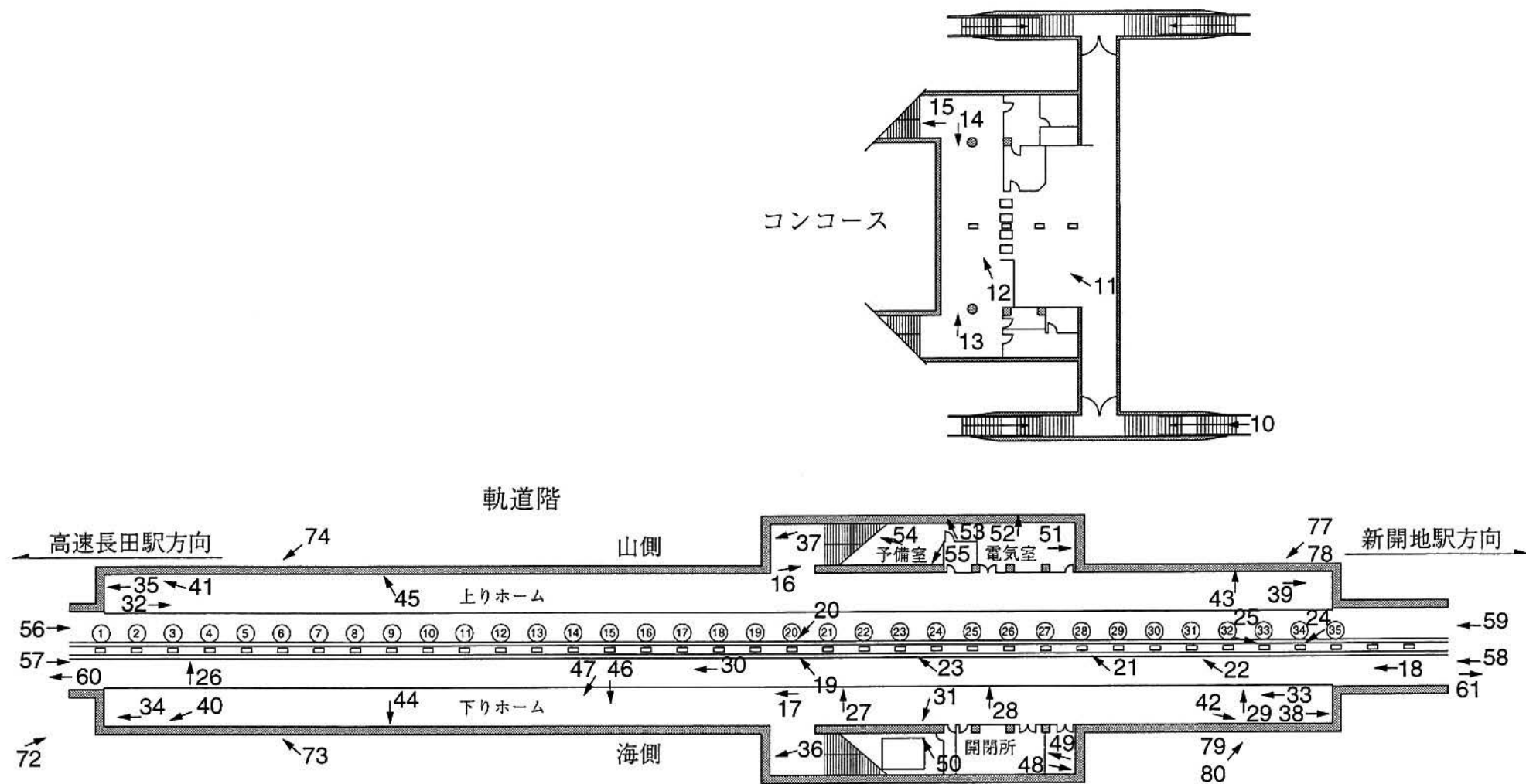


図 3.1-2 駅構内における写真撮影位置

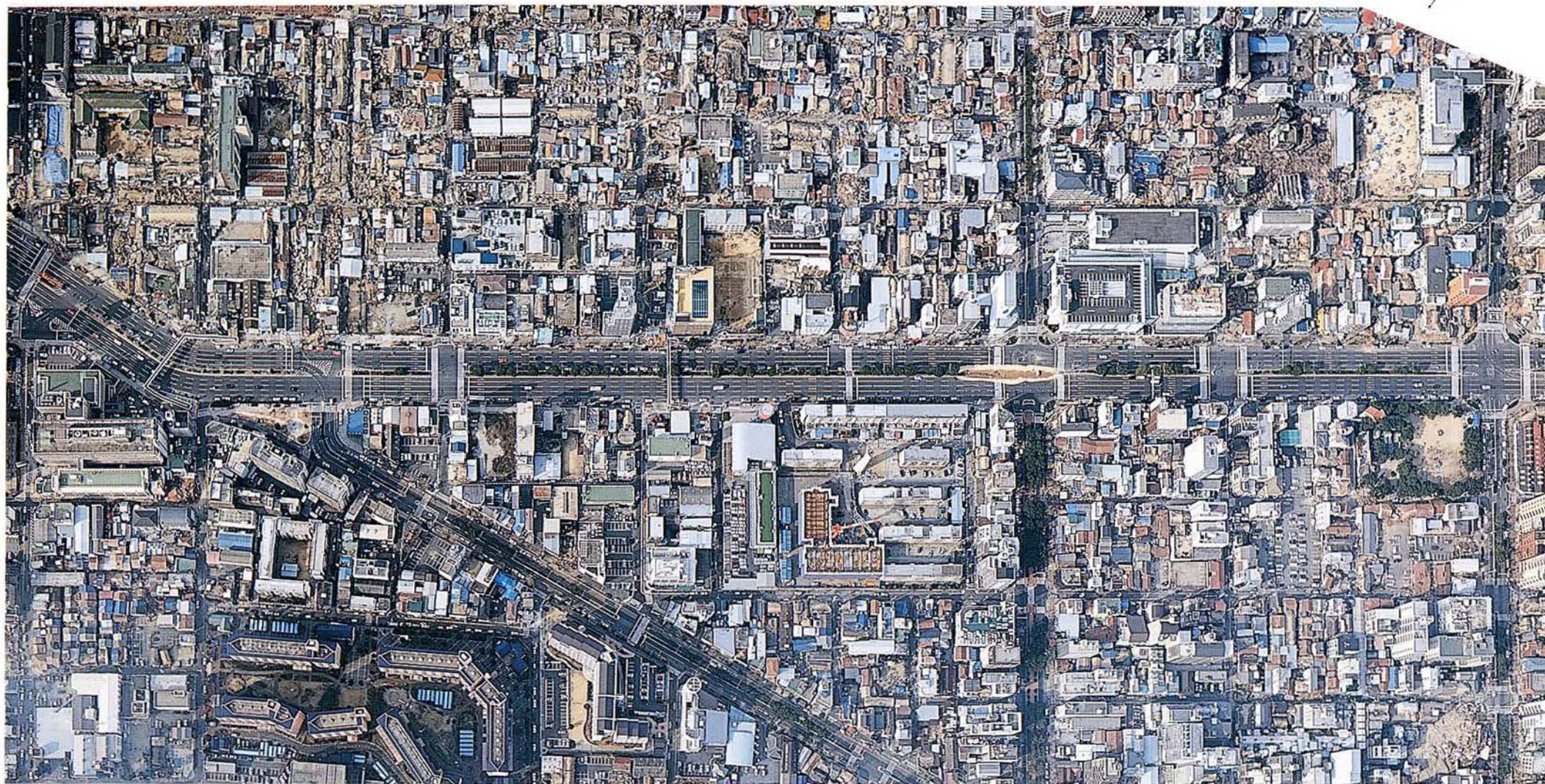


写真 3.1-1 大開駅周辺の航空写真（撮影日：平成7年1月18日）



写真 3.1-2 国道28号線路面の陥没状況
(高速長田側を望む)



写真 3.1-3 国道28号線路面の陥没状況
(新開地側を望む)



写真 3.1-4 陥没後の路面下の空洞



写真 3.1-5 陥没後の路面下の空洞

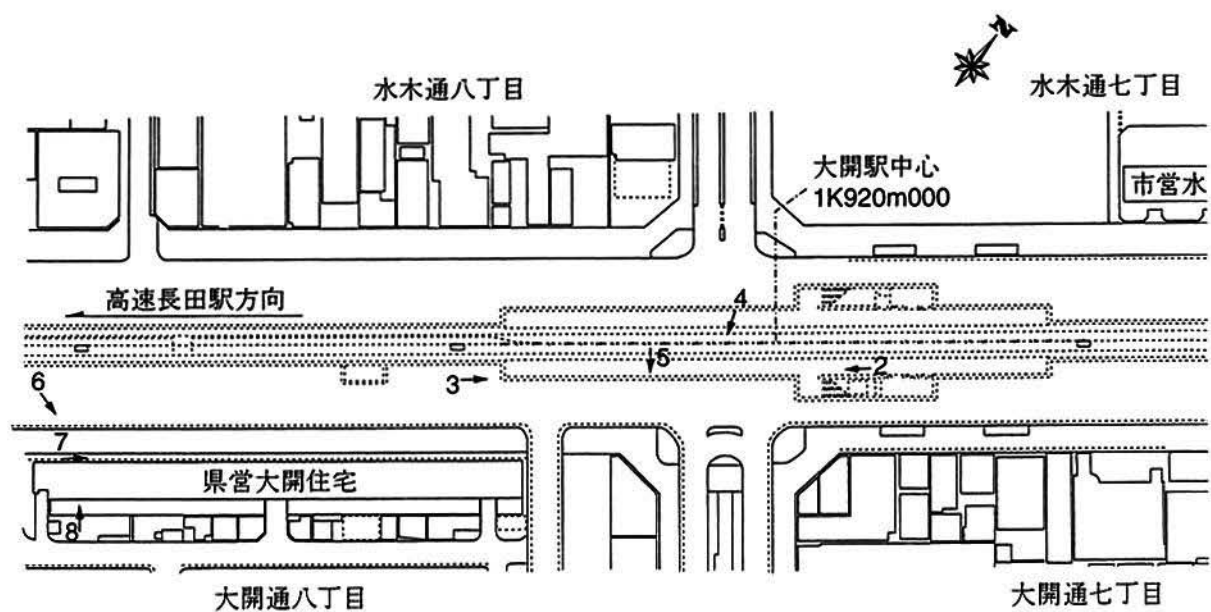


写真 3.1-6 県営大開住宅全景



写真 3.1-8 県営大開住宅の海側



写真 3.1-8 県営大開住宅の海側



写真 3.1-9 地上への出入口



写真 3.1-10 コンコース通路への階段



写真 3.1-11 改札口



写真 3.1-12 改札口を入ったところの柱



写真 3.1-13 コンコースの床版
(海側→山側)



写真 3.1-14 コンコースの床版
(山側→海側)



写真 3.1-15 プラットホームへの階段



写真 3.1-16
プラットホーム入口の梁



写真 3.1-17 高速長田側（海側）



写真 3.1-18 新開地側（海側）

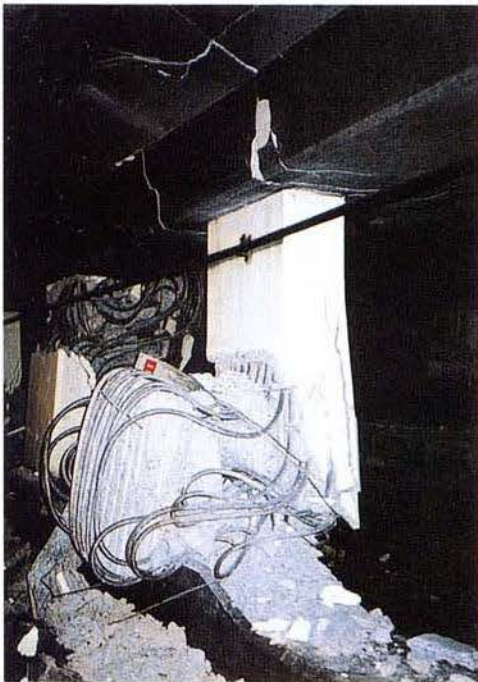


写真 3.1-19 中柱20（海側）



写真 3.1-20 中柱20（山側）



写真 3.1-21
頭部及び脚部の剥離（中柱28）



写真 3.1-22
脚部の圧壊（中柱31）



写真 3.1-23
脚部の圧壊（中柱23）



写真 3.1-24
帯鉄筋の効果（中柱34）

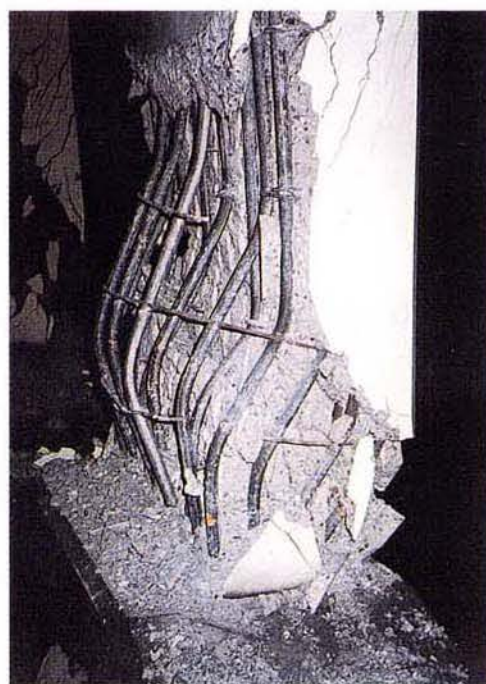


写真 3.1-25
帯鉄筋の効果（中柱33）



写真 3.1-26 中柱 3－4間の上床梁



写真 3.1-27 中柱21－22間の上床梁



写真 3.1-28 中柱25－26間の上床梁



写真 3.1-29 中柱32－33間の上床梁



写真 3.1-30
中柱18付近から高速長田
方面を見た上床版（海側）



写真 3.1-31 中柱24の側壁側の上床版（海側）



写真 3.1-32 高速長田側の端部から中央部
を見た上床版（山側）



写真 3.1-33 新開地側の端部から中央部
を見た上床版（海側）



写真 3.1-34
高速長田側妻壁（海側）



写真 3.1-35
高速長田側妻壁（山側）



写真 3.1-36 階段付近妻壁（海側）



写真 3.1-37 階段付近妻壁（山側）



写真 3.1-38 新開地側妻壁（海側）



写真 3.1-39
新開地側妻壁（山側）



写真 3.1-40
高速長田側妻壁付近の側壁（海側）



写真 3.1-41
高速長田側妻壁付近の側壁（山側）



写真 3.1-42
新開地側の側壁（海側）



写真 3.1-43
新開地側の側壁（山側）

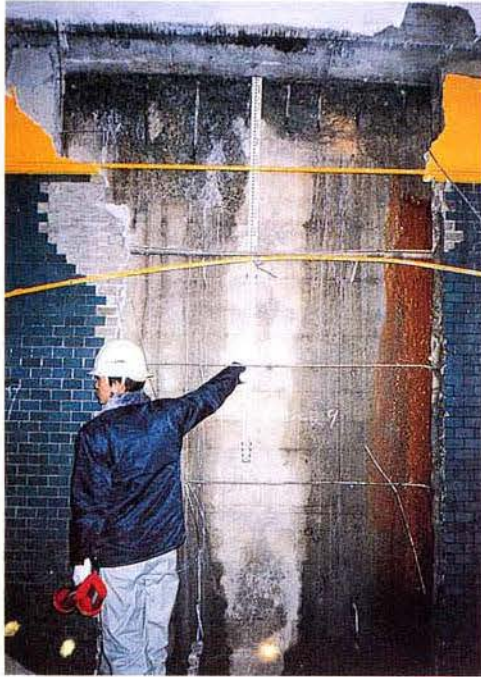


写真 3.1-44
中柱 9付近の側壁（海側）



写真 3.1-45
中柱 9付近の側壁（山側）



写真3.1-46 プラットホーム下の側壁
コンクリートの剥離



写真3.1-47
プラットホーム支柱頭部
のひびわれ



写真 3.1-48 開閉所新開地側の妻壁



写真 3.1-49 開閉所隔壁



写真 3.1-50 開閉所ホーム側側壁



写真 3.1-51 電気室
新開地側妻壁



写真 3.1-52 電気室上床版



写真 3.1-53 予備室側壁の施工継目部の
拡幅状況



写真 3.1-54 予備室階段床版



写真 3.1-55 予備室ホーム側側壁



写真 3.1-56
高速長田側より駅部を望む
(山側)



写真 3.1-57
高速長田側より駅部を望む
(海側)



写真 3.1-58
新開地側より駅部を望む
(海側)



写真 3.1-59
新開地側より駅部を望む
(山側)



写真 3.1-60 駅部より一般路線部
高速長田側を望む



写真 3.1-61 駅部より一般路線部
新開地側を望む



写真 3.1-62 一般路線部・高速長田側側壁
(海側)



写真 3.1-63 一般路線部・高速長田側側壁
(海側)



写真 3.1-64
一般路線部・高速長田側
側壁（山側）



写真 3.1-65
一般路線部・高速長田側
側壁（山側）



写真 3.1-66
一般路線部・新開地側
側壁（海側）

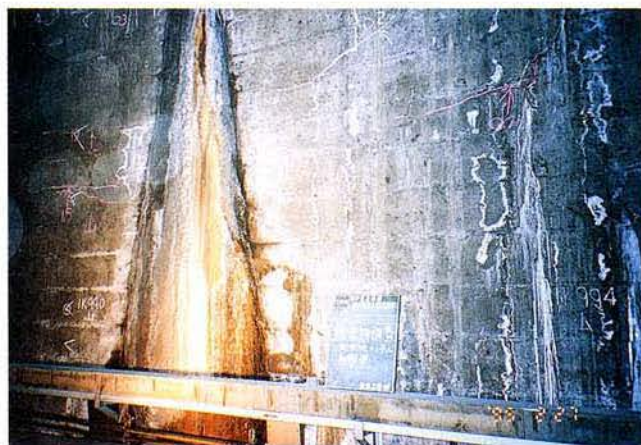


写真 3.1-67
一般路線部・新開地側
側壁（山側）



写真 3.1-68 中柱の上端に生じたひびわれ



写真 3.1-69
中柱の下端に生じた剥離



写真 3.1-70 中柱の下端に生じた剥離



写真 3.1-71
中柱の下端に生じた剥離



写真 3.1-72
高速長田側端部付近の上床版の状況



写真 3.1-73
高速長田側端部付近の側壁外部に
生じた亀裂（海側）



写真 3.1-74
高速長田側端部付近の側壁
外部に生じた亀裂（山側）



写真 3.1-75 換気塔（新開地側から望む）



写真 3.1-76 換気塔
（山側から望む）



写真 3.1-77 新開地側端付近の側壁外面
に生じたひびわれ（山側）



写真 3.1-78
新開地側端付近の側壁外面
に生じたひびわれ（山側）



写真 3.1-79 新開地側端付近の側壁外面
に生じたひびわれ（海側）



写真 3.1-80
新開地側端付近の側壁外面
に生じたひびわれ（海側）

3.2 被害状況

駅構造物の軌道方向の被害状況を図 3.2-1 に示す。軌道階の 35 本の中柱に高速長田駅側から新開地駅方向に向かって番号を付け、代表的な横断面の変形状況を図 3.2-2 に示す。側壁の内側にはコンクリートブロックとタイルにより仕上げが施されていたので、それらを撤去して調査した。撤去できなかった部分は「未調査部分」と表示している。一方、側壁の外側は、復旧工事時に土を撤去して調査したが、調査した部分を「調査部分」と表示している。

軌道階では、高速長田側の中柱が崩壊して上床版が沈下し、その上の地表面が沈下した。

3.2.1 地上部

地震翌日の 1 月 18 日に、空から眺めた大開駅付近の状況は写真 3.1-1 のとおりで、中央を北東から南西に走る国道 28 号線の交差点の一部が陥没し、湛水している。この部分の地下に大開駅が位置している。

この交差点では、雨水幹線、上水道、下水道、電気、電話など多くのライフラインが国道 28 号線を横断しており、陥没により上下水道管が破損して湛水したものである。

1 月 28 日の国道 28 号線の陥没の状況は、写真 3.1-2、写真 3.1-3 のとおりで、舗装版の下には、写真 3.1-4、写真 3.1-5 のような空隙が生じていた。

舗装版表面の沈下測量結果は図 3.2-3 のとおりで、長さ 90 m、幅 23 m にわたって最大 2.5 m 程度沈下していた。

大開駅の南に位置する 5 階建の県営大開住宅（写真 3.1-6）では、山側の国道 28 号線沿いの歩道が盛り上がり（写真 3.1-7）、海側の地面との間には約 10cm の亀裂が生じた（写真 3.1-8）。また、建物の前の道路には地下鉄の換気塔があったが、補修の過程で掘削したところ、写真 3.1-75、図 3.2-4 に示すように、約 4m の深さの打継ぎ面で上部が 3cm 程度山側に移動し、鉛直方向鉄筋（ ϕ 9mm）が切断されていることが確認された。これらのことは、南北方向に大きな地震力が作用したことを示している。

3.2.2 軌道階の中柱

図 3.2-1 に示す駅構造物の縦断方向の中柱の被害状況を見ると、軌道階は構造的に縦断方向に 3 つの部分に分けることができる。柱番号 1～23、24～29 および 30～35 で、それぞれゾーン A、B、C と呼ぶことにする。ゾーン A と C は 1 層構造、ゾーン B は 2 層構造で、ゾーン B にはプラットホームに隣接して、電気室などがある。

被害はゾーン A で最も激しかった。ほとんどの中柱が完全に崩壊し、上床版が崩落した。この結果、もとの箱型ラーメン構造は図 3.2-2 に示すように M 字型断面に変形した。中柱の被害は大きく分けると 2 種類になる。すなわち、写真 3.1-19 に示すように破壊した部分が一方向に曲がっている場合と、写真 3.1-23 に示すよう

に対称形に曲がっている場合である。柱 7、11、12、16、19 では破壊した部分が山側に押し出され、柱 2～6、9、10、20、21 は海側に押し出され、柱 8、13、14、17、18、22～24 では両側に押し出された。

ゾーン B では、図 3.2-1(d) に示すように、柱 24 と 25 の上端で崩壊が起こり、鉄筋が対称形に座屈していた。柱 26、27、28 では写真 3.1-21 に示すように柱の頭部の山側と脚部の海側のコンクリートがわずかに剥離する程度であった。

ゾーン A とゾーン C は構造形式は同じであるが、ゾーン C での被害はゾーン A に比較して少なかった。ほとんどの中柱は図 3.2-1(d)、写真 3.1-22 に示すように柱脚部が被害を受け、上床版が約 5cm 沈下した。

写真 3.1-24、25 には柱 33 と柱 34 の被害箇所を示す。ここでは鉄筋が一本おきに座屈している。これは、図 2.2-6 に示したように中柱に配筋した稲妻筋が、主鉄筋の座屈を拘束したためで、この稲妻筋により、コアコンクリートの拘束効果を増したことが分かる。

3.2.3 軌道階の上床梁

中柱の頭を繋ぐ上床梁と、脚を繋ぐ下床梁との間隔を中柱と中柱の丁度中間で測定した結果を、図 3.2-1(d) に h (単位 m) として示す。

ゾーン A において、上床梁は下に凸に折れ曲がり、中柱 9 付近で最も沈下して、間隔 h は最小の 1.15 m となっている。設計間隔 4.02 m に比較すると、最大 2.9 m 程度沈下したことになり、これは図 3.2-3 に示した舗装版表面の沈下測量結果と同じオーダーである。この部分の梁には、写真 3.1-26、27 に示すように、中柱表面付近から上に向かって大きなひび割れが生じている。

ゾーン B においては、写真 3.1-28 に示すように、中柱 25 と 26 付近で、上床梁は上に凸に折れ曲がっている。

ゾーン C においては、写真 3.1-29 に示すように、中柱 32 と 33 付近で、押し抜き剪断によると思われるひび割れが見られた。

3.2.4 上床版

上床版における亀裂やひび割れ (単位 mm) の発生状況を図 3.2-1(a) に示す。プラットホーム端部から上床版下面までの高さ (単位 m) の実測結果は図 3.2-2(a)～(f) に示す通りで、上床版はゾーン A において折れ曲がり、中柱中心から 2.15～2.4 m の位置に、幅 150～250mm の亀裂が上床梁に平行に入っていた (写真 3.1-17、30 参照)。この位置は、図 2.2-6 に示すように、上床版下面の主鉄筋を上面に曲げ上げたために上床版の下面の主鉄筋が減少した位置に一致している。さらに、上床梁に直角方向の亀裂もほぼ等間隔に入っていたが、これらの亀裂は中柱の表面位置から入っているものが多く、亀裂幅は 70mm にまで及んでいるものもあった。上床版と側壁との接合部にあるハンチ付近において、写真 3.1-41、44、45 に示すようにコンクリートの剥離が見られた。

ゾーン A とゾーン B との境界付近には斜め方向に多くの小さなひび割れが見られ

た。ゾーンCでは、上床梁の近くに上床梁に平行にわずかなひび割れが見られた。

3.2.5 側壁

側壁の被害状況を図 3.2-1(b)(c)(e)(f)に示す。

駅内部から調査した側壁の被害状況は図 3.2-1(c)(e)のとおりで、プラットホームから上の側壁の内側は、タイル貼りのコンクリートブロックによる仕上げがされているために、直接壁の被害をみることはできず、未調査部分以外は仕上げを撤去して観察したものである。被害のパターンは、山側と海側の壁で似たようなものであったが、どちらかといえば海側の壁の方が被害は大きかった。

ゾーンAにおける、プラットホームから上の側壁においては、写真 3.1-41、44、45 に示すように、壁の上ハンチ下側にかぶりコンクリートの剥離が一様に見られた。高速長田側の駅端の妻壁近くでは写真 3.1-40、41 に示すように、数 mm 幅の斜め方向のひび割れが観察された。妻壁からかなり離れたところで写真 3.1-43 に示すように幅 0.1~1mm の鉛直方向のひび割れが見られたが、これは施工後温度応力等によって発生していたものが地震によってその幅が広がったものと思われる。

ゾーンBは観察できなかった。

ゾーンCにおいては壁の上ハンチ下側に剥離は見られなかった。新開地側の駅端の妻壁近くでも斜め方向のひび割れが観察されたが、ひび割れ幅はゾーンAに比べて小さかった。

駅外部から見た側壁の被害状況は図 3.2-1(b)(f)のとおりで、復旧工事時に掘削して調査した部分を示す。

ゾーンAの側壁の外側においては、写真 3.1-73、74 に示すように、側壁上部ハンチ下に大きな亀裂が認められた。

ゾーンCの側壁の外側においては、写真 3.1-77、78、79、80 に示すように、妻壁から 5 m 程離れたところから側壁上部ハンチ下に 1mm 程度のひび割れが生じているのが認められた。

山側のプラットホームの下側壁には、高速長田側の駅端から測って 10 m の区間には、3 本の鉛直方向ひび割れが観察された。30 m から 72 m にわたる約 40 m の区間には写真 3.1-46 に示すように大きなコンクリートの剥離が観察された。そして 60 m から 90 m にわたる約 30 m の区間には、ほぼ等間隔に鉛直方向ひび割れが再び観察された。

海側のプラットホームの下側壁にも、高速長田側の駅端から測って 10 m の区間には、3 本の鉛直方向ひび割れが観察され、35 m から 65 m にわたる約 30 m の区間には大きなコンクリートの剥離が観察され、68 m から 93 m にわたる約 25 m の区間には、ほぼ等間隔に鉛直方向ひび割れが再び観察された。

これらの鉛直方向のひび割れには、幅 3mm 程度のものが数本含まれているが、ほとんどは、幅 0.1~1mm であった。ほとんどのひび割れは、施工後温度応力等によって発生していたものが地震によってその幅が広がったものと思われる。

コンクリートが剥離したところからは、側壁を湿らせる程度に地下水が滲み出た

り、場所によってはかなりの早さで流れ落ちるのが見られた。

また、剥離が生じたところでは、プラットホームを支える柱の頭部にも写真 3.1-47 に示すようなひび割れが発生した。一般的に、ひび割れ幅は軌道側の方が壁側よりも大きく、プラットホームが軌道側に押し出されたと推定される。

ゾーン A における側壁の上ハンチ下端付近が、プラットホームレベルに比べて内空側に倒れ込んだ量を測量したところ、高速長田側の駅端から測って 10 m のところで、海側の壁で 2.7cm、山側の壁で 1.5cm であった。また上床版の沈下が最も大きい 30 m のところでは海側、山側壁で各々 9.0cm、5.9cm であった。さらに、高速長田側の駅端から測って 50 m のところでは各々 1.6cm、4.5cm であった。

ゾーン C においては側壁の倒れ込みはほとんど見られなかった。

3.2.6 妻壁

駅端部、階段部にある線路と直交する妻壁の被害パターンを図 3.2-2(g)(h)(j) 及び、写真 3.1-34～39 に示す。すべての妻壁に斜め方向のひび割れ（単位 mm）が観察された。

なお、ゾーン A に隣接する妻壁に生じたひび割れ（図 3.2-2(g)(h)）は、ゾーン C に隣接する妻壁に生じたひび割れ（図 3.2-2(i)(j)）に比べて大きかった。

3.2.7 電気室と開閉室

これらの部屋は地下 2 階のプラットホームに隣接し、コンコースの下に作られている。部屋は鉄筋コンクリートの壁に囲まれている。図 3.2-2(i) 及び、写真 3.1-48.49.51 に示すように、妻壁には多くの斜めひび割れが見られた。プラットホームとの境をなす側壁には、写真 3.1-50.55 に示すような、上部ハンチ下端付近に水平な亀裂が観察された。天井には写真 3.1-52.54 に示すようなひび割れが観察された。また柱 24 付近に設けられている施工継目は写真 3.1-53 に示すように目開きが生じた。

3.2.8 軌道レベルと下床版

一般トンネル部と駅部との境界付近の状況を写真 3.1-56.57.58.59 に示す。大開駅近傍のレールレベルを 5 m 毎に測量したところ、隣接 2 点間のレベル差は 8～28mm で、各測定点間の勾配は 1.6～5.6% となった。これらの値は設計値である 3% の回りにばらついており、そのばらつきは図 3.2-5 に示すように、駅部と一般トンネルとの境界付近で大きくなっている。しかし、このばらつきが地震前からあったものか、地震により発生したものかは不明である。

3.2.9 コンコース（地下 1 階）

コンコースの状況を写真 3.1-11.12.13.14 に示す。コンコースの床版に生じたひび割れ（単位 mm）の状況は図 3.2-6 のとおりで、図 3.2-1(a) に示した下から見た上床版のひび割れと比べると、ひび割れのパターンは異なり、柱 24 と柱 25 を囲む

ような半円形のひび割れである。これらのひび割れは、2本の柱の崩壊によって発生したものと考えられる。

3.2.10 一般トンネル部

大開駅から高速長田駅側に向かう一般トンネル部の状況は写真 3.1-60 のとおりで、この部分の被害パターンを図 3.2-7 に、側壁部の被害状況を写真 3.1-62.63.64.65 に、中柱の被害状況を写真 3.1-68.69.70.71 に示す。図 3.2-7 において、距離程 0 は大開駅の高速長田駅側端を示し、柱 I は柱 1 の隣の柱である。海側の側壁下端は内側に押し出され、下側ハンチ付近の被りコンクリートの剥離が見られた。山側の側壁には中央部に水平に最大 10mm 程度のひび割れが数本走った。中柱の上下端のコンクリートに剥離が見られた。

大開駅から新開地駅側に向かう一般トンネル部の状況は写真 3.1-61 のとおりで、この部分の被害パターンを図 3.2-8 に、側壁部の被害状況を写真 3.1-66.67 に示す。新開地駅側の被害は高速長田駅側の被害に比べて小さかった。一般に駅近傍の側壁の被害は、駅舎内部の側壁の被害と同程度であった。

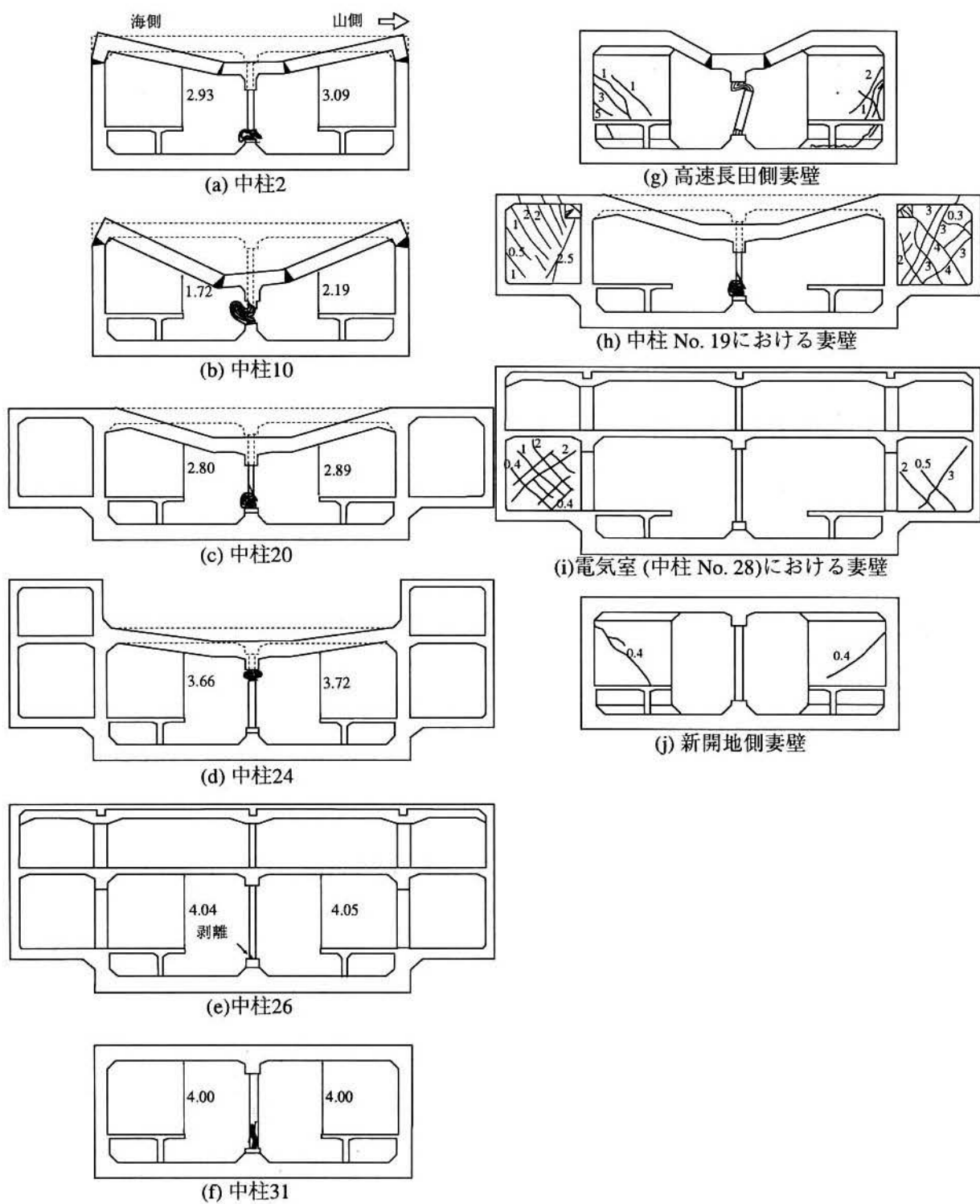


図 3.2-2 横断方向被害状況

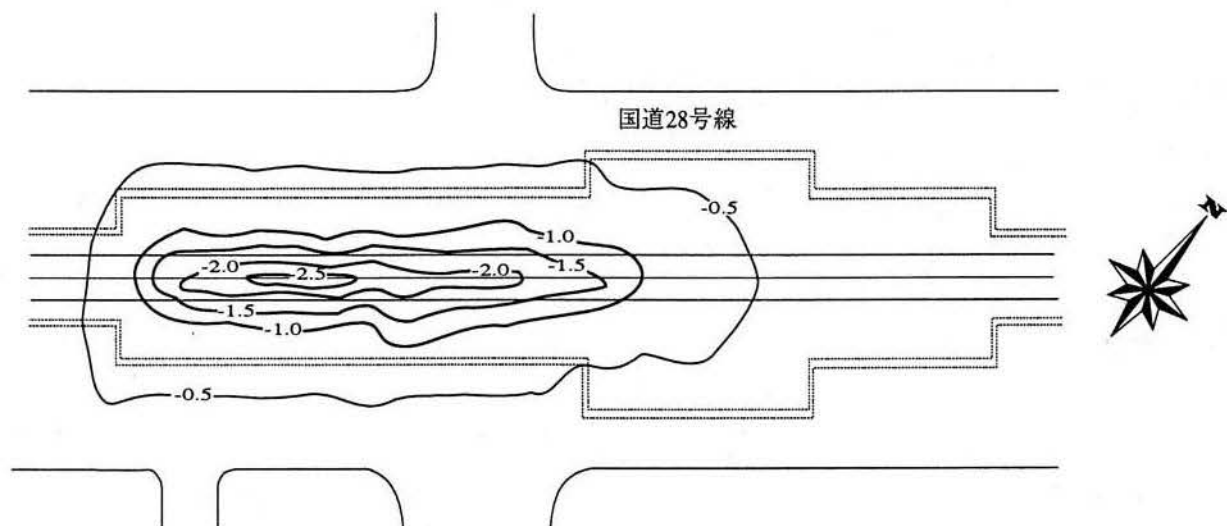
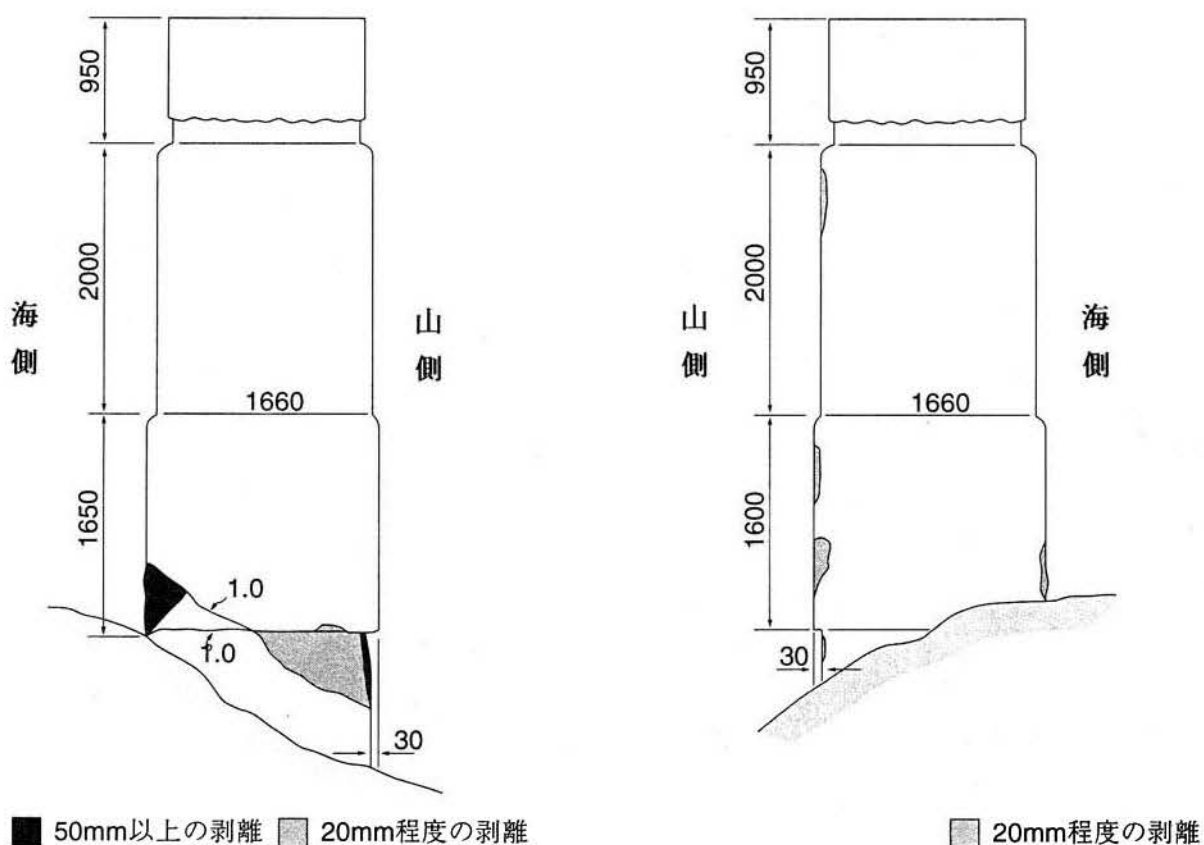


図 3.2-3 国道28号線路面陥没状況

(平成7年1月28日測量)



[ひび割れ発生状況：高速新開地駅側] 単位：mm

[ひび割れ発生状況：高速長田駅側] 単位：mm

図 3.2-4 換気塔の被害状況

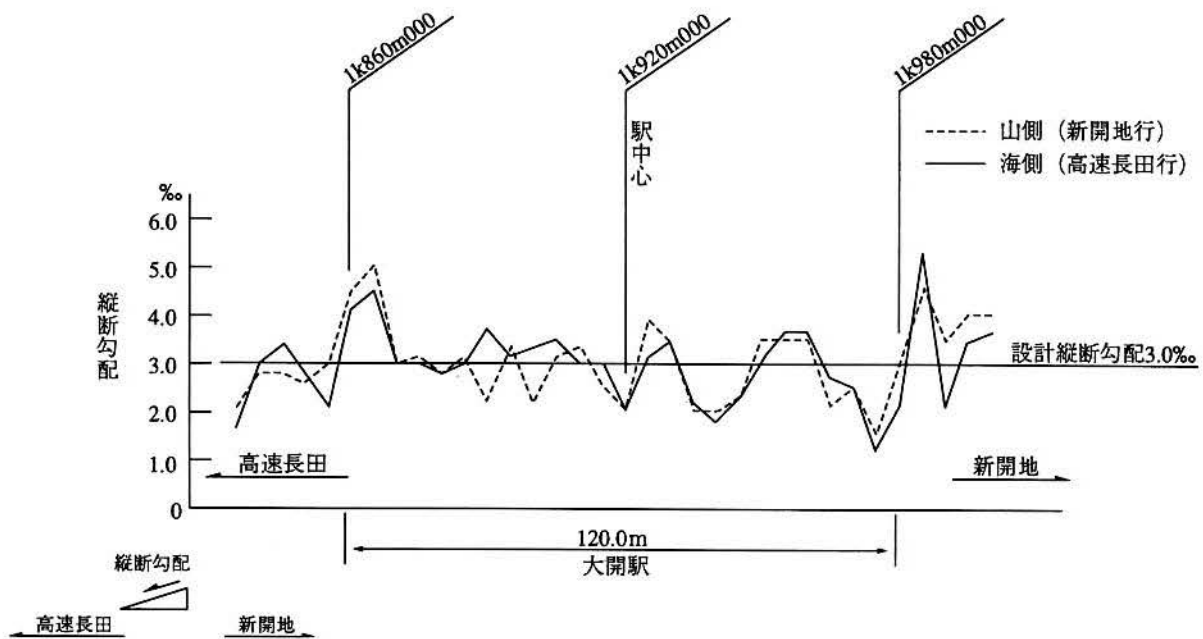


図 3.2-5 大開駅付近レール勾配測量結果

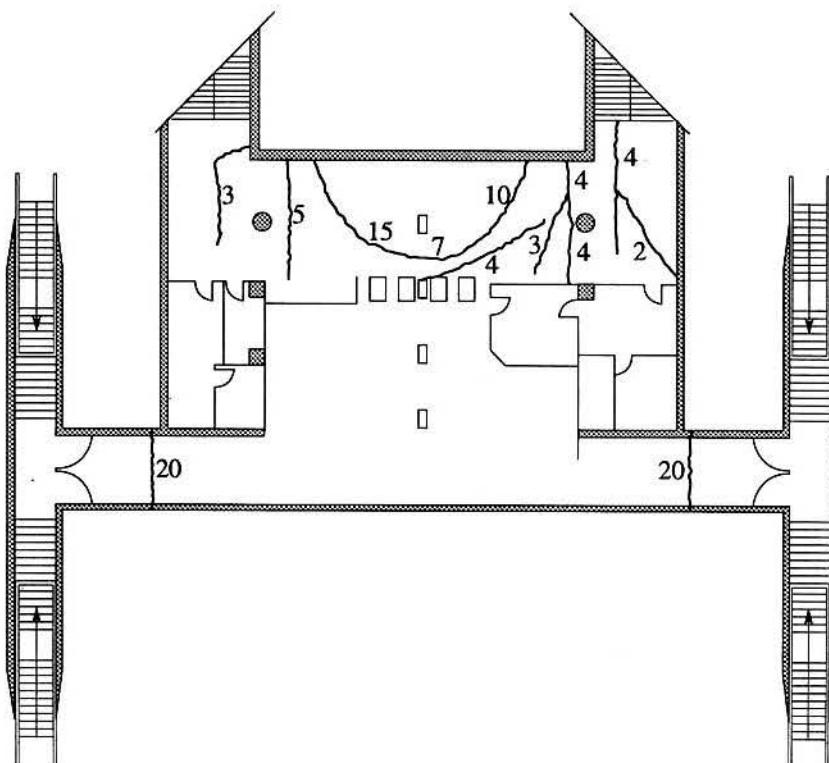


図 3.2-6 コンコース床版被害状況

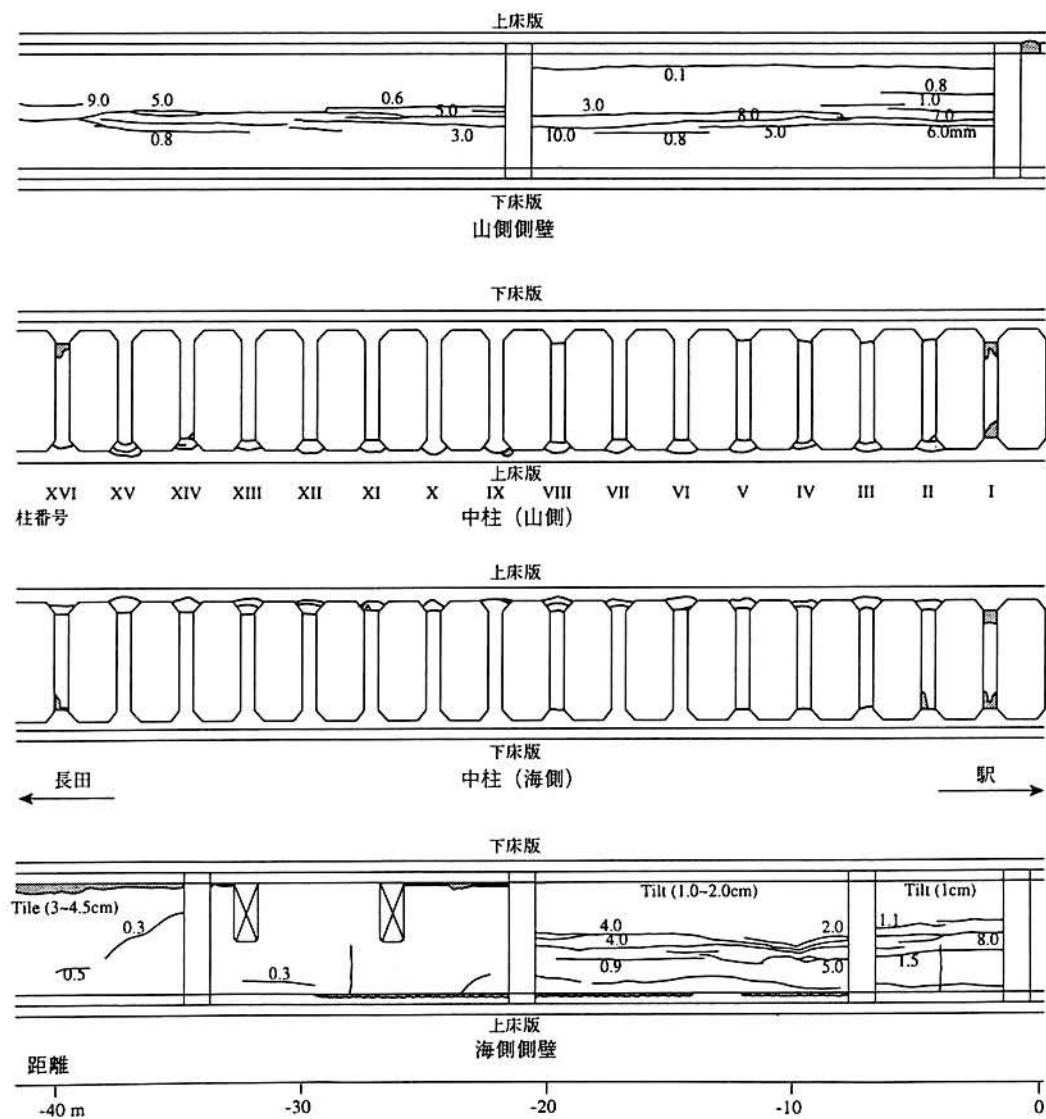


図 3.2-7 一般トンネル部（高速長田側）被害状況

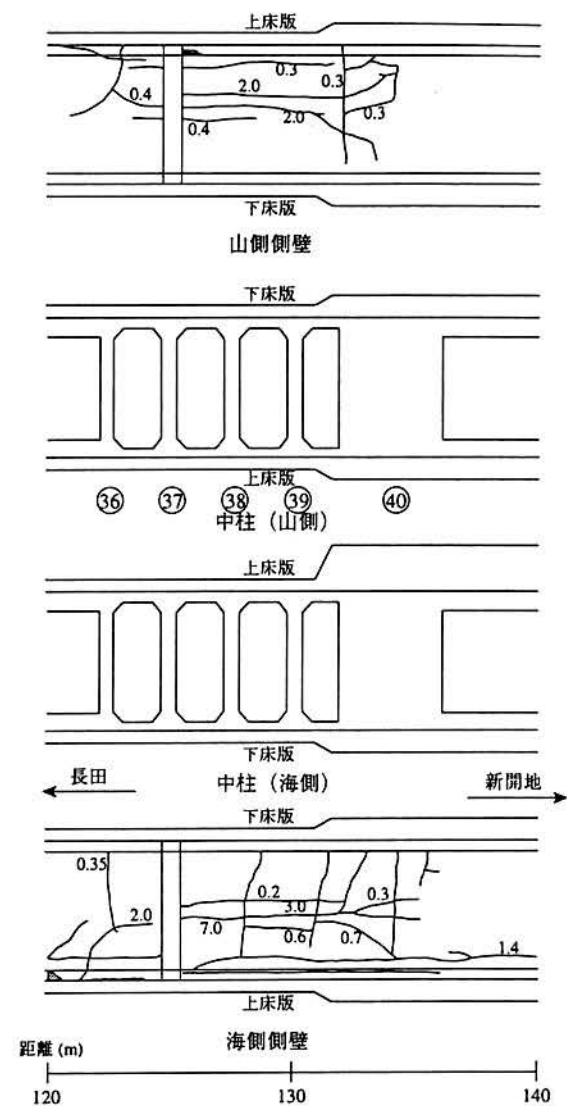


図 3.2-8 一般トンネル部（新開地側）被害状況