

建設後80年を迎えた地下鉄御堂筋線梅田駅の 土木構造物と将来を見据えた維持管理

THE CONSTRUCTIONS OF UMEDA STATION CONSTRUCTED ABOUT
80 YEARS AGO AND THE MAINTENANCE CONSIDERED THE FUTURE

堀 元治^{1*}・梯上 紘史²・南川 真介³

Motoharu Hori^{1*}, Koji Hashiue², Shinsuke Minamikawa³

There are lots of restrictions for using underground space because the construction is difficult and needs a lot of funds. These structures can't enlarge and rebuild easily in the future, so it's necessary to make a plan considered the future, environment of areas and also the maintenance of facilities. We'll assemble some clues in this paper by looking back to the importance of original plans and the remodeling according to the needs of the time targeted for Umeda station. And we'll report the investigation of the station and the preventive maintenance of constructions for passed about 80 years.

Key Words : subway, maintenance, construction passed about 80 years, underground constructions

1. はじめに

地下鉄御堂筋線は、1日120万人のお客さまを運んでいる大阪市の大動脈であり、1日44万人にご利用いただいている御堂筋線梅田駅（以下「梅田駅」という）は地下鉄の顔として、谷町線東梅田、四つ橋線西梅田で形成する梅田ターミナルの中心に位置している。

この梅田駅が完成したのは、今から遡ること約80年前のことである。昭和8年の開業は、用地買収等の関係で現在より約200m南側に設置された仮駅で迎えることとなるが、遅れること約2年、大阪でも非常に地盤が悪く昭和初期の土木技術では非常に厳しかった工事を終え、昭和10年10月によりやく梅田駅の原形となる姿で開業するに至った。

その後、高度成長期を迎え、御堂筋線の輸送力が限界に達し、輸送力増強に向けての大規模な改造工事やリニューアルなど、時代のニーズや技術革新に応じて姿を変えてきた梅田駅は、今後も地下鉄を代表する駅であることに変わりはない。しかし、地下空間は、工事の費用や高い技術力を要することから、簡単に建設、改造できるものではなく、その役割を果たすためには適切に未来へその財産を引継ぐ必要がある。このことから、安全かつ

快適な地下空間の創出は、将来を見据えた当初計画と見直し、ニーズに応じた改造計画と実現できる技術、そして確実な維持管理をそれぞれの場面で適切に実施して初めて実現できると考える。

本論文では、以上の観点を踏まえ、歴史ある梅田駅を対象として、まず次章に開業に向けた駅の計画、3章でその建設と計画の見直し、4章において時代のニーズに応じた大規模改造工事とリニューアルに至る歴史に触れる。次に、5章において地下鉄構造物の維持管理を紹介し、6章で建設後80年経過したアーチ構造物の維持管理を報告する。最後に、7章で歴史の振り返りによる計画の重要性、将来を見据えた維持管理について総括する。

2. 開業に向けた梅田駅の計画

(1) 地下鉄御堂筋線の計画

大阪市の人口は、大正7年の第1次市域拡張時には160万人、大正14年の第2次市域拡張時には210万人を突破し世界有数の商工業都市に成長した。しかし、交通機関としては、大正7年当時延長60kmの路面電車とバスが中心で、都心の業務地域と周辺の住宅地域を結ぶ交通機関と

キーワード：地下鉄、維持管理、建設後80年、地下土木構造物

¹非会員 大阪市交通局 鉄道事業本部 工務部 Osaka Municipal Transportation Bureau (E-mail: hori-m371@kotsu.city.osaka.lg.jp)

²非会員 大阪市交通局 鉄道事業本部 工務部 Osaka Municipal Transportation Bureau

³正会員 大阪市交通局 鉄道事業本部 工務部 Osaka Municipal Transportation Bureau



写真-1 拡張前の淀屋橋筋（大阪歴史博物館蔵）



写真-2 完成した御堂筋（大阪歴史博物館蔵）

しては不十分であった¹⁾。

大阪市の地下鉄建設計画は、大正15年3月に高速度交通機関として、御堂筋線・谷町線・四つ橋線・中央線の4路線、総延長54.48kmを計画し、昭和2年6月に軌道法による特許を得て、昭和5年1月から梅田～心斎橋間の工事に着手した。

この第1期工事は、昭和初期の土木技術では難工事となることが予想され、「こんな地盤の悪いところに地下鉄を造るなどはもってのほかで、工事の比較的容易な高架線路にすべき。」との意見が多かったなか²⁾、関東大震災で地下鉄に大きな被害がなかったこともあり、地下鉄にすることが決定された。地下鉄御堂筋線の整備は、都市計画道路である御堂筋と一体的に造るように計画され、幅員が約6mの「生活道路」を御堂筋脇の家屋立ち退き後に地下鉄の構造物を造り、その上を大阪市の幹線道路となる幅員44mの御堂筋として整備している。



図-1 梅田駅の当初計画

(2) 梅田駅の当初計画

梅田駅は、後に計画変更されるが、国鉄大阪駅と阪急梅田駅の間で梅田十三線の地下に設け、地下鉄御堂筋線と地下鉄谷町線が乗り入れる島式ホーム2面の4線式停留場とする当初計画であった。

梅田駅の構造は、中央中階と南中階の一般部をアーチ型として、特に乗降客が多いホームは幅員を9.1mとした島式ホームを採用している。ホーム延長は、最終的に10両編成に変更となったが、当初は最大列車編成を12両として計画して建設を進めたことで、全長216mとなっている。

3. 開業に向けた梅田駅の建設と計画の見直し

(1) 梅田駅の建設工事

第1期工事となる梅田～心斎橋間は、大阪でも最も悪い地盤の地域に属していることに加え、当時地下鉄の施工例がわずかに東京の上野～浅草間、阪急電鉄の京都乗入れのみであり、土質工学が発達していないこの時代では難工事であった。

土質は、地表面から27mのところへ天満層といわれる信頼できる砂質地盤が存在しているが、その上は梅田層と呼ばれる貝殻混じりのシルト質の粘土で含水率は40%以上であった。また、梅田駅の予定地は、付近の民家の立ち退きを要するもので、その遅れや東海道線および城東線の高架工事が遅延したので、この部分は後回しとすることにして³⁾、南側線路部と駅の南側46mを同時に先行して造ることとなった。このように梅田駅は、216mの駅延長を国鉄大阪駅の構内で高架橋の直下となる鉄道

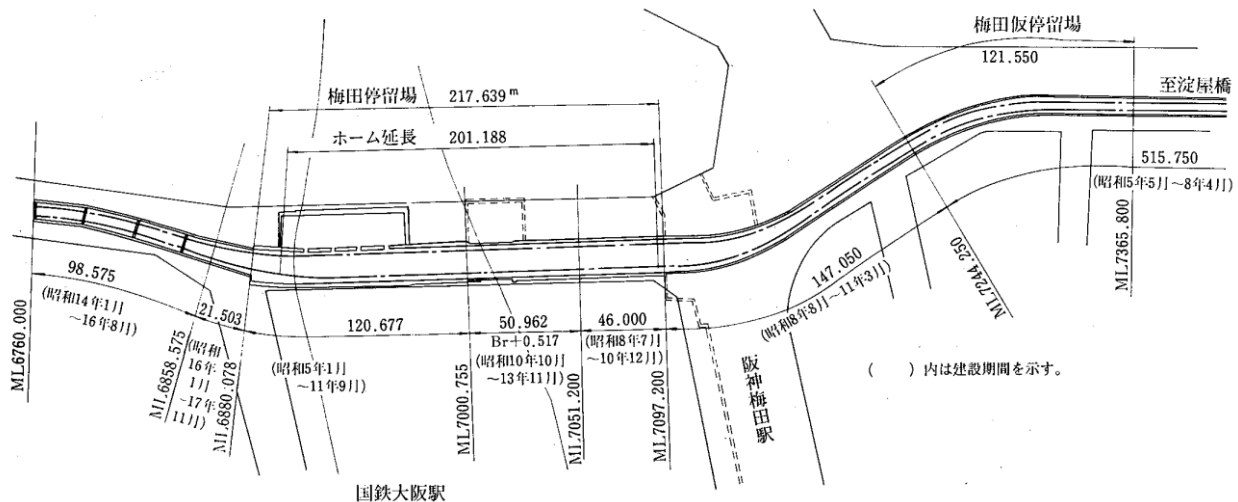


図-2 梅田駅付近の建設

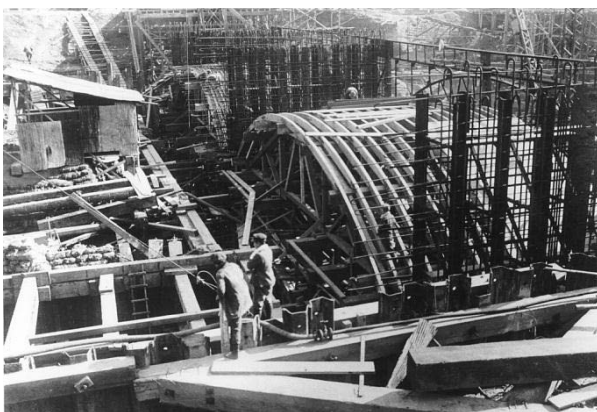


写真-3 梅田駅2連アーチ部の建設のようす

省へ委託した北側の120mの区間、用地等の確保で工事着手が遅れた中央部の50mの区間、南側の線路部と同時に先行して造った南側の46m区間の大きく3つに分け施工されている。

工事は、開削工法により進め、掘削深さが15mで20mの土留鋼矢板を打設し、5段支保工を架設する仮設計画であった。

(2) 梅田駅の計画の見直し

梅田駅は、御堂筋線の南行線と谷町線の北行線が交差して乗入れる計画であったが、並行する計画に見直された。また、用地確保が遅れたことにより、曽根崎警察署付近に仮駅を設けて昭和8年の開業を迎えている。

昭和10年10月に現在の位置で開業した梅田駅は、谷町線乗入れのための建設が進められていたが、昭和11年2月10日に大崩落事故が発生する。原因は、ヒービングによる盤ぶくれにより中間支持杭が土留鋼矢板側に傾いたことで、切梁が吹き飛び、鋼矢板がたたみ込まれたものである。昭和6年にも梅田～淀屋橋間で事故が発生しており、梅田駅の複々線化を断念し、谷町線が使用する予定であった東側隧道は完成した一部を除いて工事を中止した。この時、完成していた構造物が、後に隠しトンネ

ルといわれる隧道である。その後、梅田駅の北側で検車場として使用することとなる119mの線路部は、駅部と同様に軟弱地盤での工事となるため、崩落事故の経験を生かし、圧気潜函工法が採用された。

4. ニーズに対応した梅田駅の大規模改造工事とリニューアル

(1) 地下鉄御堂筋線の輸送力増強計画

昭和40年代に入り、四つ橋線が昭和40年、堺筋線が昭和44年にそれぞれ開通したものの、依然として御堂筋線の混雑は厳しかった。当時の御堂筋線は、地下鉄の1日延べ輸送人員である240万人に対して約50%にあたる約124万人を輸送し、ラッシュ時の混雑度も極めて高いものであった。そのような状況のなか、昭和46年の都市交通審議会答申第13号の趣旨に添い、御堂筋線輸送力増強工事を企画・立案している。計画は、編成車両を8両から10両に増やすとともに、運転間隔を2分15秒間隔から2分に短縮して輸送力を1.4倍とするもので、昭和62年4月から平成9年1月にかけて3段階で実施している。

(2) 御堂筋線輸送力増強に伴う梅田駅の大規模改造計画

当時の梅田駅は、1日約51万人のご利用（乗換含む）があり、混雑は1日中続いたが、特に約7万人のご利用がある朝ラッシュの1時間（8時～9時）には限界を超え、改札の制限を行っていた。

改造計画は、既設駅の東側に幅員約13mの南行専用プラットホームを新設してこの東側に南行軌道に移設するもので、新設部と既設線路部とは単線隧道で接続する構造としている。これにより、既設ホームは南行軌道を廃線してそれを含む幅員約13mの北行専用のプラットホームを設け、それぞれを連絡できる通路を設けている。中階は、既設線線路部連絡単線隧道の建設に併せて拡幅を



写真-4 1代目（開業当初）の梅田駅の内装



写真-5 リニューアルした梅田駅

しいエスカレーターなど国内で例がない大規模なものであった⁴⁾。

1代目（開業～昭和27年）の内装は、大正末期から昭和初期にかけて日本でも開花したアールデコのデザインを取り入れ、アーチ天井の仕上げにセメント系仕上げタイルであるメトロストーン、それにマッチする白熱灯シャンデリアを採用している。

2代目（昭和27年～昭和42年）の内装は、白熱灯に代わり蛍光灯を導入することにより照明基準を一気にあげて駅構内の暗い雰囲気を一新した。同時に照明もシャンデリアから直接天井に取付ける方法に変更している。

3代目（昭和42年～平成27年）の内装は、40ワットの蛍光灯を60本使用したシャンデリアを採用し、内装仕上げに軽量岩綿吸音板であるミネラトンを採用した。

平成27年のリニューアルは、地下鉄の代表的な駅、国際都市として進化する大阪の玄関口にふさわしいアーチを生かした空間の創出を目指し設計を行った。

デザインコンセプトは、【「日本の美、ほのぼの」LIGHT & SHADOW】で、歴史あるアーチ天井のフォルムを活かしながら、斬新な凹凸型の肌合いを持つ逆富士型の小型アーチを連続して配置している。また空間は、天井と一体になった照明から放たれる光と影のコントラストと合わせて幻想的な演出とすることとし、内装仕上げとして繊維強化石膏板を使用した。なお、照明にはLED照

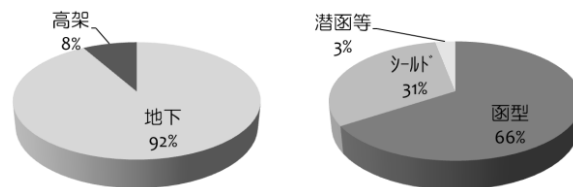


図-5 大阪市交通局における高架・地下の割合と地下部の構造種別の割合

明を使用し、消費電力を約35%削減するとともに、ホームの雰囲気や時間帯で演出できるよう調光・調色機能を持たせている。

5. 地下鉄構造物における鉄筋コンクリート構造物の維持管理

(1) 大阪市交通局における維持管理

大阪市交通局の地下鉄構造物は、約130km（ニュートラムを除く）で、そのうち地下構造物が約120kmで約90%を占め、その大半がコンクリート構造である。

維持管理は、構造物の維持管理者が予定供用期間を通して構造物の性能を許容範囲内に保持するように維持管理計画を策定し、これに基づいた構造物の診断、診断結果に基づいた対策の実施、さらには診断および対策の記録を適切に行うことを原則として行っている⁵⁾。

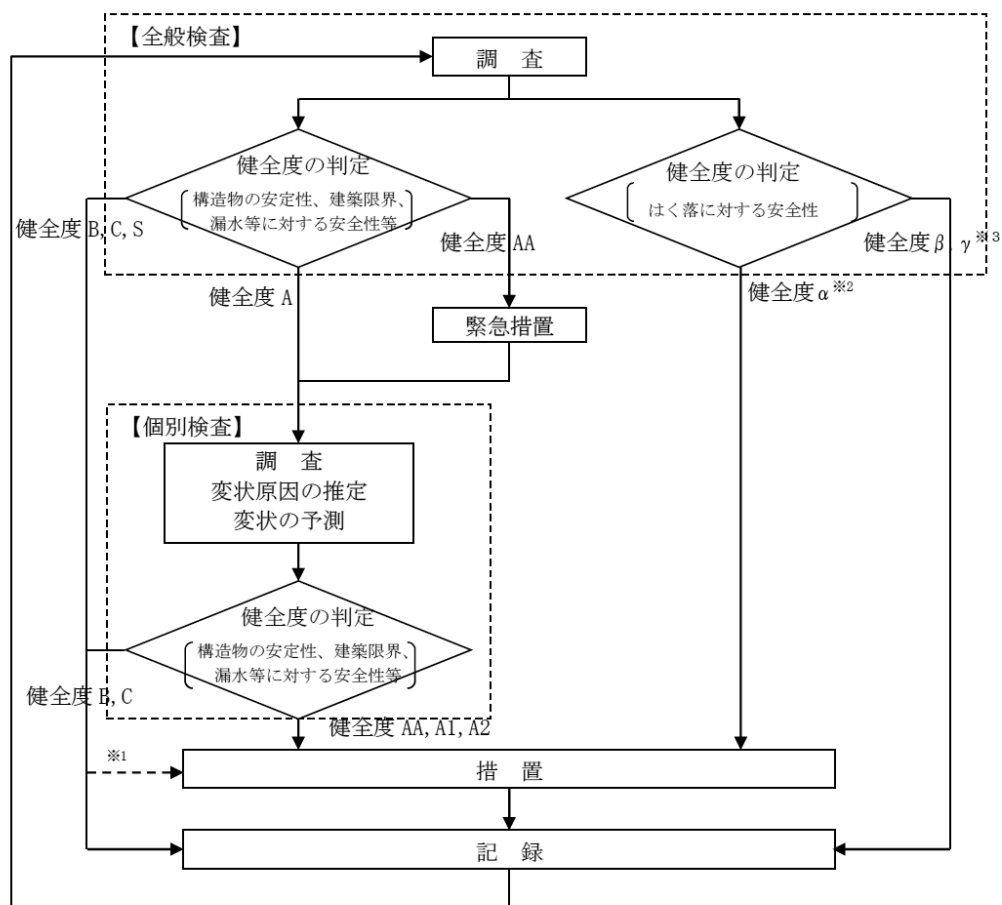
鉄道トンネルにおいては、平成11年に相次いで発生したコンクリート片の剥落を受け、構造物の維持管理が再認識され、検査を中心とした維持管理の体系化が進んだ。大阪市交通局でも、変状を早期発見し、構造物の性能を的確に把握するため、検査区分を初回検査、全般検査、個別検査および随時検査とし、全般検査は通常全般検査と特別全般検査に区分⁶⁾して「鉄道構造物等維持管理標準トンネル編」に基づき健全度の判定を実施している。

検査には、鉄道事業者が土木構造物の維持管理を効率よく実施するため、各構造物の諸元及び調査記録の内容をデータベース化し、全般検査の調査記録や変状データを蓄積管理する⁷⁾ために開発された構造物管理支援システムを用いて行っている。

(2) 大阪市交通局における全般検査と個別検査

大阪市交通局の全般検査は、全ての地下構造物を対象として、2年に1回以上、構築点検車を使用して目視検査および打音検査により実施している。

個別検査は、全般検査の結果を受けて「安全を脅かすまたはそのおそれがある変状等があるもの」と判定された地下構造物に対し、より精度の高い健全度判定を行うことを目的として実施している。大阪市交通局ではこれ以外に、建設後30年以上経過した構造物に対し、劣化機



※1 健全度 A の場合は監視等の措置を講じる。

※2 健全度 α の場合は劣化・剥落対策工等の補修・補強の措置を講じる。

※3 健全度 β の場合は必要に応じて打音調査を実施する。

図-6 大阪市交通局における全般検査の流れ

表-1 大阪市交通局における個別検査に関わる調査の例

調査項目	調査方法
① 圧縮強度試験	コンクリートコア（φ10cm×20cm）を採取し、圧縮強度と静弾性定数を測定する。 シュミットハンマーにより所定の回数打撃し、その平均値により圧縮強度を推定する。
② 鉄筋腐食度調査	鉄筋のはつり出しにより、かぶり、鉄筋径を計測するとともに、目視により鉄筋の錆ランクを調査する。 自然電位法、分極抵抗法により、約 2～3 m ² の範囲の鉄筋の腐食状況および腐食速度を推定する。
③ 鉄筋位置調査	探査レーダ（RCレーダ）により、10m 区間の主筋のかぶりを推定する。
④ 含有水分量調査	ドリル削孔を行い、コンクリート・モルタル水分計を挿入し、内部の湿潤環境を調査する。
⑤ 中性化深さ調査	①および②のはつり位置にフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化深さ（4点平均値及び最大値）を調査する。 ドリル削孔を行い、削孔粉末をフェノールフタレイン溶液を噴霧した用紙に採取し変色時の削孔深さにより中性化深さを調査する。（④の削孔粉末も利用する）

構や予測を目的に、鉄筋コンクリートの品質や中性化・塩害などの化学的劣化機構に関わる調査も行っている。

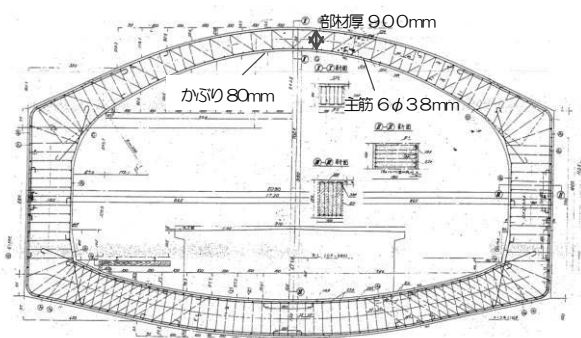


図-7 梅田駅アーチ部の標準断面図

6. 梅田駅におけるアーチ構造物の維持管理

(1) 梅田駅南アーチ部の構造と仕上げの仕様

梅田駅の構造は、主筋φ38mm、167mm間隔で配筋され、最小部材厚が900mm、かぶりが80mmの鉄筋コンクリート構造物であるが、コンクリートの設計強度は不明であった。今回のリニューアルによる内装は、機械式アンカーによりアーチ部から支持する構造となっている。

(2) リニューアル工事に向けた構造物の性能確認に関する検討

今回、リニューアル工事に向け、梅田駅アーチ部の現状と将来の健全度に対して次のような懸念があった。

a) コンクリート強度

設計強度が不明であり、リニューアルされる内装仕上げ材の重量も増加することから強度不足が懸念された。

b) 構造物の現状および将来の劣化

駅部は、仕上げ材等により維持管理が簡単ではないことから、構造物の現状が把握できていない。また、塩害が起こる環境ではないものの、中性化に起因する鉄筋の腐食やコンクリートの剥落などの将来の劣化に対する懸念があった。

c) 仕上げ材の定着方法による鉄筋腐食

リニューアルされる前の仕上げ材は、ステンレス製のフック型ボルトを主筋に溶接した仕様になっており、異種鉄筋接触による鉄筋腐食が懸念された。また、定着部は、モルタルにより断面修復されており、充填不足等による鉄筋腐食も考えられた。

(3) 梅田駅南アーチ部の調査

今回リニューアルされる範囲は、開業当初に建設された梅田駅南アーチ部であり、構造物の性能把握と将来予測のため目視および打音検査以外に詳細調査を行うこととした。

a) 詳細調査項目の選定

調査は、構造物の性能に対して懸念される事項から、コンクリートの圧縮強度、中性化の進行程度を把握するための中性化深さと鉄筋かぶりおよび仕上げ材定着部の鉄筋腐食を調査することとした。

b) 詳細調査箇所の設定

今回のリニューアル工事は、混雑する梅田駅に配慮して固定の仮足場を設置していたことから、全体的な調査

が可能であった。詳細調査箇所は、コンクリートの圧縮強度、中性化深さおよびかぶりを1セットとし、上り側・下り側それぞれを概ね10m毎に、現地の支障物を考慮して合計9箇所とした。ただし、コンクリートの圧縮強度は、アーチの断面方向により強度が異なる可能性があったので、断面方向に1断面測定することとし、上り側と下り側の間に3箇所測点を設けることとした。

また、仕上げ材の定着部の鉄筋腐食については、まず全数を打音検査し、濁音箇所について鉄筋腐食調査を行うことで健全度を把握するとした。

c) 詳細調査方法

各種詳細調査は、構造物への影響を考慮して可能な限り非破壊検査で実施することとした。

コンクリート圧縮強度については、過去にアーチ部の側壁部でコンクリートコアによる圧縮強度試験を行っていることや大阪市交通局の実績もあることから、シュミットハンマーによる調査とした。

中性化については、今回の調査が天井部であり構造物の安定と将来的な剥落防止の観点から、過去にアーチ部の側壁部でコンクリートコアによる調査や大阪市交通局の実績から、ドリル法による調査とした。一方、かぶり調査については、はつり調査によるものではなく、実績のあるRCレーダー法による非破壊検査を採用している。

仕上げ材定着部は、濁音箇所について断面修復されているモルタルを撤去して鉄筋をはつり出し、鉄筋腐食調査を行うこととした。なお、修復については、ケレン後鍍転換型防錆剤により防錆処理してポリマーセメントモルタルで修復している。

(4) 詳細調査の結果

a) コンクリートの圧縮強度

圧縮強度については、平均で32N/mm²であり今回リニューアルする建築仕上げを支持するのに十分な強度があることが確認できた。また、アーチ部の天井部は、アーチ部の端部の約70%の強度を有していることが分かった。

表-2 圧縮強度、中性化およびかぶり調査の結果

9箇所 (□)	圧縮強度 (N/mm ²)	中性化深さ (mm)	かぶり (mm)
最少～最大	14～43	21～79	30～70
平均値	32	48	56

表-3 アーチ部断面方向の圧縮強度

一断面 5箇所	A (□)	B (☆)	C (☆)	D (☆)	E (□)
圧縮強度 (N/mm ²)	41	27	29	25	32

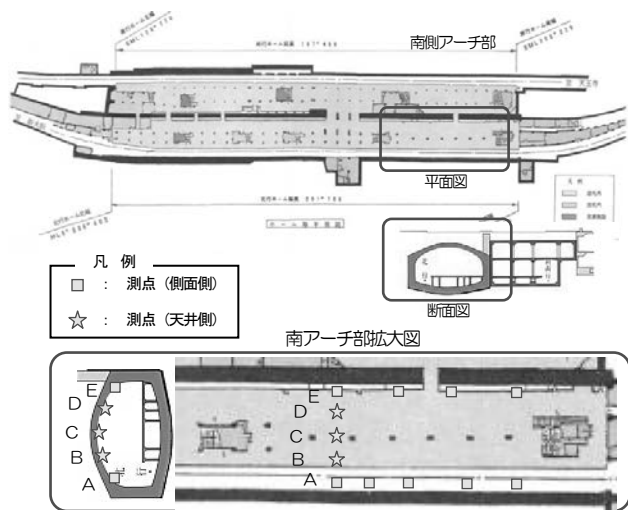


図-8 梅田駅アーチ部における詳細調査計画図



写真-6 仕上げ材定着部の状態

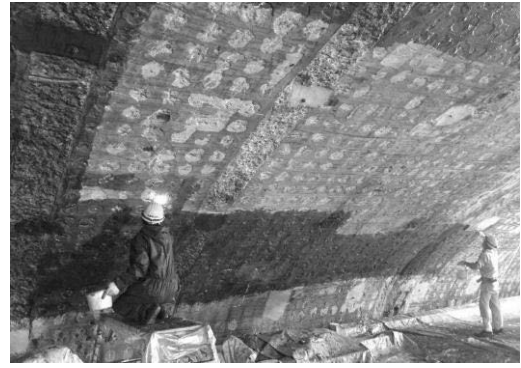


写真-7 表面被覆の施工状況

表-4 使用する材料の中性化抑制に対する性能

材料	試験方法	試験条件	中性化深さ
DK550-003	中性化阻止性試験	20℃, RH60%, CO ₂ 5%, 28 日間	0 mm

b) 中性化

コンクリートの中性化については、経年により進行しており、中性化深さは平均で48mmであった。一方、かぶりは、平均56mmであり、平均ではあるが概ね鉄筋位置までには達していない。

c) 仕上げ材の定着部の鉄筋腐食

仕上げ材定着部は、全数の297箇所を打音検査したところ、125箇所において濁音があった。濁音箇所については、修復モルタルをはつり出し鉄筋腐食の有無を調査したところ、異種鉄筋接触やモルタル充填不足による鉄筋腐食は確認されなかった。

(5) 将来を見据えた予防保全

今回の詳細調査により、構造物の性能不足や性能を脅かす劣化は確認できなかったものの、将来、中性化が進むと鉄筋腐食が発生する環境であることが分かった。仮に、今回調査から得られた平均的な中性化深さと平均的なかぶりから求まる中性化速度係数を用いて、 \sqrt{t} 則により中性化が鉄筋位置まで到達する年数を予測すると、概ね25年と算出できる。

梅田駅のアーチ部は、仕上げ材で内装されることや、天井までの高さが非常に高く、点検できる時間も制約を受けることを勘案すると、維持管理が容易でない環境である。従って、補強までは必要ないものの、劣化が顕在化してからの対応となるとリスクも大きくなることから、事後保全ではなく予防保全による維持管理が有効であると考え、中性化進行を抑制する対策を実施することとした。

中性化進行抑制については、大阪市交通局の地下函型構造物で実績のある表面被覆材は、リニューアルが繰返されてきた梅田アーチ部の天井が平滑ではないことから適さないこともあり、流動性があり中性化防止効果も有するアクリル系樹脂を全面的に表面被覆することとした。

7. 終わりに

地下鉄の駅は、都心部にあり地下鉄という公共性を持ち、地下空間の確保やその更新の観点から制約が多い。一方、駅に対するニーズや環境は、時代により様々で、長期間になると変化が大きく、予測も難しい。梅田駅も、同様の条件であるが、現在も有効な地下空間として利用されていることは、当初の複々線計画や壮大な空間の設計に因るところが大きい。当時のニーズや環境を考えると、肯定意見だけではなかった当初計画や発想であるが、地下空間の企画・設計において貴重な事例である。

また、構造物の維持管理は、事後保全が主体であり、劣化予測など予防保全は発展途上の段階である。今回の報告において、事例が少ない予防保全に関し、詳細調査から対策に至る手順を示すことができた。さらに、古い構造物のデータ収集は、構造物の状態把握や劣化予測などの側面から貴重であり、引続きそれらの高精度化に向けて継続的に調査を行う予定である。

参考文献

- 1) 大阪市交通局：大阪市地下鉄建設五十年史，pp.2-53，凸版印刷，1983.
- 2) 大阪市交通局：大阪市地下鉄建設 70 年のあゆみ 発展を支えた建設技術，pp.26-51，コーエイ美術社，2003.
- 3) 岩村潔：大阪市地下鉄の歩み，pp.17-176，市政新聞社，1970.
- 4) 堀元治，山向薫：先見性のある計画に基づく御堂筋の整備 初の公営地下鉄である御堂筋線との同時整備，土木学会誌，pp.8-9，2014.
- 5) 土木学会コンクリート委員会コンクリート標準示方書改訂小委員会：コンクリート標準示方書[維持管理編]，pp.1-22，丸善，2013.
- 6) 財団法人鉄道総研技術研究所：鉄道構造物等維持管理標準・解説（構造物編）トンネル，pp.7-19，丸善，2007.
- 7) 進藤良則，菅原孝男，浅葉喜一，間下孝夫，中塚孝，大塚祐一郎：構造物管理支援システムの構築(2) 実務重視のサポートシステムの開発，土木学会年次学術講演会講演概要集，61,4-0321，pp.639-640，2006.