阪神高速１５号堺線付近における鋼製フーチング調査報告

阪神高速道路株式会社　建設・更新事業本部　正会員　○森田卓夫　高田佳彦

１．はじめに

阪神高速道路の社会基盤としての機能を永続的に適切な状況に保ち，その機能を将来にわたり高速道路を常に最適な状態に保つため日々維持管理に努めている．しかしながら，避けることのできない「構造物の老朽化」という課題に直面している．2013年（平成25年）4月17日に「阪神高速道路の長期維持管理及び更新に関する技術検討委員会」の提言を受け，大規模更新及び大規模修繕の実施を盛り込んだ更新計画を平成27年1月に公表し，平成27年度より事業に着手したところである．

更新計画は，老朽化の進展に伴って重大な損傷が顕著化し，最終的には致命的な損傷に進展する恐れのある6か所の構造物を対象にしている．

本文は，そのうちの15号堺線湊町付近に位置する鋼製フーチングの更新検討に向けて実施した詳細調査について紹介する．

２．対象構造物の現況と事業概要

大阪を代表するミナミの繁華街を横断するこの区間は，地下鉄や私鉄が地下空間へ乗り入れ，それぞれの駅ターミナルが設置され，さらに地下街が重なり合っている箇所である．（図-1）このような都市施設の密集する地区であるため，橋脚基礎に一般的な杭やケーソンなどが採用できず，地下街の躯体上に直接基礎を設置せざるを得なかった．このため，地下構造への荷重負担をできる限り軽減するために一部区間においてその基礎形式を鋼製フーチングとし，昭和47年に開通した．

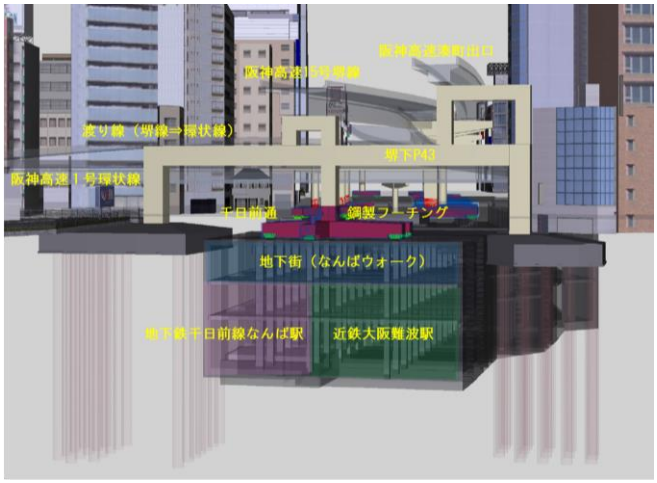

図-1　湊町付近断面図

建設後，地下水位が上昇し，鋼製フーチングの内部に想定外の地下水が流れ込み，その滞水によるさび・腐食が進行している．これまで，対策を実施しているが，抜本的な対策とはならず，地下水位の変動による乾湿の繰り返しとともに，今後もさらに腐食が進行するおそれがあるため，詳細調査を実施し，健全性を検討した．（図-2）

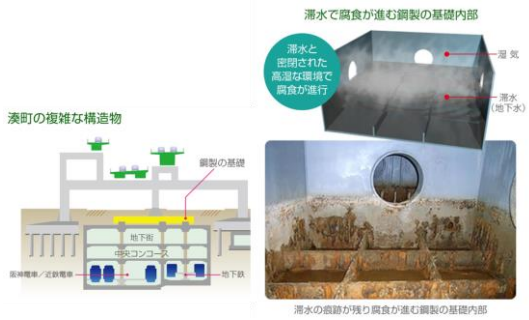

図-2　滞水で腐食が進む基礎内部イメージ

３．鋼製フーチングの構造概要

鋼製フーチングは，柱からの上部荷重を格子に組んだ鋼製ボックス梁形式の基礎を地下構造上の突起部（地下構造柱直上）に設置した支承（5～6箇所）を介して支持されている．鋼製部材には，防護コンクリートが施されており，梁間の空間（ピット部）に土砂及び地下水の侵入を防ぐ目的で，土留壁やゴム板製の止水工が設置されている．鋼製梁については，5～6点支持の格子構造と考え，任意立体骨組み構造解析プログラムを使用して断面力を算出し，許容応力度法により鋼断面を決定している．支承は，ピボット支承が採用されている．また，水平力に対して鋼製のストッパー（変位制限装置）が４方向に設置されている．（図-3）

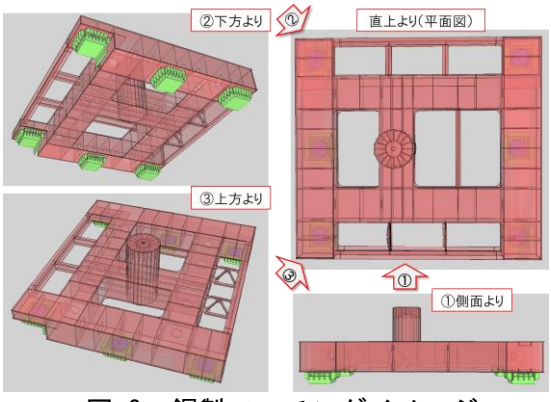

図-3　鋼製フーチングイメージ

キーワード　阪神高速道路，鋼製フーチング，大規模更新，さび・腐食，防食
連絡先〒550-0011　大阪市西区阿波座 1-3-15　阪神高速道路株式会社建設・更新事業本部　TEL06-6535-9439

4．詳細調査

詳細調査は，事前にフーチング内に滞水している地下水をポンプにて排水するとともに，換気装置を用いて換気を行い，炭酸ガス濃度，酸素濃度等の測定を行いながら安全に十分留意し実施した．過去の補修及び点検履歴を**表-1**に示す．

表-1　補修・点検履歴一覧

基礎番号（建設番号）	場所	補修年度					点検・調査		
		竣工年月	金属溶射補修	支承電気防食（1回目）	支承電気防食（2回目）	ジンクパール充填	S63年度	H12年度	H14年度
堺下P36北（PE07）	歩道	S46	－	－	－	H20	－	－	●
堺下P36南（PE07）	中分	S46	－	－	－	H20	－	－	●
堺下P37南（PE06）	中分	S46	S61	S61年	H20	H20	－	－	●
堺下P40北（PE03）	歩道	S46	S59	S60年	H20	H20	●	●	－
堺下P41北（PE02）	歩道	S46	S60	S61年	H20	H20	●	●	－
堺下P41南（PE02）	中分	S46	S60	S60年	H20	H20	－	－	●
堺下P42（PE01）	中分	S46	S61	S61年	H20	H20	－	－	●
堺下P43中（PW01）	中分	S45	H4	－	－	H20	－	－	●
環P483（PN01）	歩道	S47	H3	H3年	H20	H20	－	－	●
内容		内面はターエポ塗装	内面にアルミニウム溶射（100μ程度）	マグネシウム合金陽極を設置	同左	フーチング内部の亜鉛粉末入防食材による電気防食	滞水水位測定 内部観察 膜厚測定 水質調査	滞水水位測定 滞水水位変化測定 内部観察 膜厚測定 Mg陽極観察 供試体試験 水質調査	滞水水位測定 内部観察 膜厚測定 Mg陽極観察 供試体試験 水質調査

現状の健全性の評価を目的とした調査結果を**表-2**に示す．現時点では，さびは発生しているが，板厚が小さくなっている箇所は認められない．

表-2　フーチング構造の調査結果一覧

対象	項目	現状
Ⅰ．フーチング構造物	①外観調査	・既往調査結果(H14)と比較して添接部(ボルト等)を含め、大幅にさび・腐食が進行している箇所はない ・支承部の上部にあたる箇所ではやや劣化(アルミ溶射)が進展 ・ジンクパールが充填されていた高さ(下面リブ高さ)までは大きな劣化進展はないが、それより高い位置で劣化が進展している箇所がある
	②板厚調査	・広い範囲で板厚が小さくなっている箇所(設計板厚との比率が90%を下回る箇所)は認められない
	③外面調査	・広範囲にわたって板厚が小さくなっている箇所は認められない ・設計板厚と比較した測定面の平均板厚の比率は、98%以上の箇所が約9割である
	④支承部調査	・支承部を確認できていない箇所がある(閉塞区間)。 ・電気防食装置を設置している支承部にさびの発生はみられない ・電気防食装置を設置していない支承部には全面的にさびが発生している
	⑤ピット内外観調査	・供用時からの損傷と考えられる型枠未撤去や変形はあるが、ピット内から確認できる被覆コンクリート自体に損傷は認められない
	⑥止水部材調査(マンホールのパッキングなど)	・全箇所で経年劣化している(今回調査後、取替実施済み)

フーチング内面の環境調査と防食材の効果について調査した結果を**表-3**に示す．ジンクパールは一定の防食効果があった．また，金属溶射皮膜は寿命に達していた．

表-3 その他の調査結果一覧

対象		項目	現状
Ⅱ．フーチング内部環境		①水質調査	・下水道に排水する場合に基準値を越える項目あり(ジンクパールの亜鉛の影響と思われる)
		②滞水水位測定	・1ヶ月以内で元水位に達する(堺下P36北、堺下P36南、環P483) ・3ヶ月以上かけて元水位に達する(上記以外の6基)
		③内部環境調査	・温度、気圧は外気と同様な値かつ同様な傾向で推移 ・湿度は季節に関わらず、99～100%
Ⅲ．防食状況	A.電気防食装置	①外観調査	・各フーチングにより減少の傾向は異なるが、虫食い状(クレーター状)や線状に浸食が見られる。
		②消耗度調査	・マグネシウム合金犠牲陽極の設置から約7年経過後の各フーチング最大消耗率(重量)は、約4～21%（残寿命は、約26～171年）
	B.金属溶射	①外観調査	・2基(堺下P36北、堺下P36南)は明色化塗装と推定(変性エポキシ樹脂塗料) ・天井部等は健全な箇所も認められるが、多くの箇所は広範囲にさびが発生している ・溶射皮膜としては、寿命に達している
		②膜厚測定	・天井部等の健全な箇所では80～200μm(H14と同程度) ・底部等の劣化部近傍の測定可能箇所では30～80μm程度
	C.ジンクパール	①外観調査	・ジンクパールを充填していた範囲内(下フランジリブ高さ以下)では激しい腐食は確認されなかった ・表面(喫水線付近)に近い箇所については、白色(水酸化亜鉛化合物)に変化しているところがある
		②成分分析	・鋼材の電位と滞水のPhを測定すると、電位－Ph図より鋼材は不動態領域に存在しており、腐食はほとんど進行しない状態と考えられる

鋼製フーチング内部のさび状況を目視で確認した結果（一例）を**図-4**に示す．

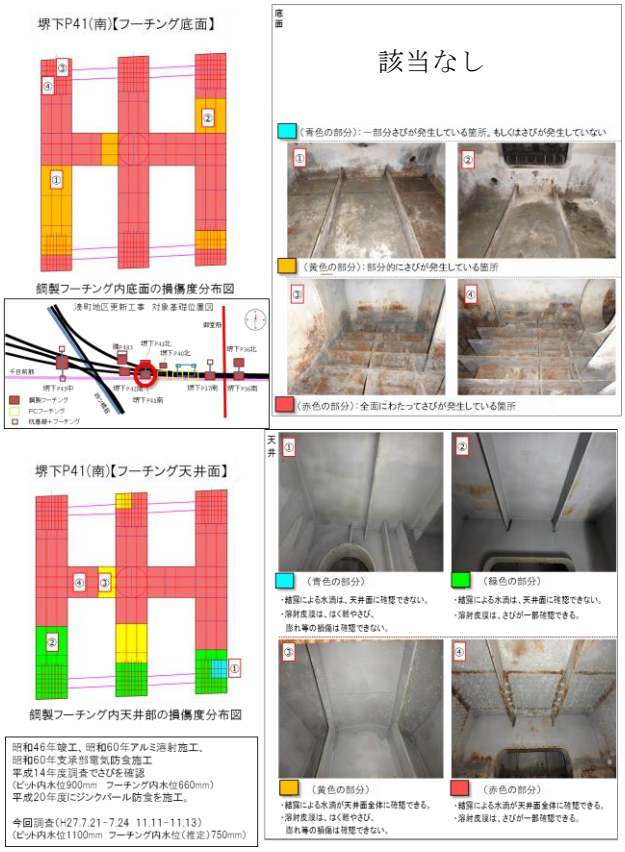

図-4 底面・天井面のさび状況

支承部の目視調査写真を**図-5**に示す．

図-5 支承部

5．健全性の評価（案）

今回の調査を踏まえて総合的に判断すると，全面的に板厚が減少している箇所が認められないため，現時点での構造物の健全性低下は小さいと考えられ，継続使用（活用）が可能として更新内容を検討するべきと考えている．

6．今後の検討

今後は，詳細調査結果に基づき損傷部分の補修検討をするとともに維持管理性「永続性」を確保しながら，最新の技術的知見及び技術基準を適用した長期耐久性の検討を実施する予定である．

- 損傷部分の補修及び防食検討
- 維持管理性「永続性」の検討
- 長期耐久性の検討