

# 橋梁 基礎



年頭所感	1	道路行政の展望 森 昌文
	2	橋梁界のイノベーション 三木 千壽
	3	本格的な更新時代を迎え、今後の技術の戦略的な展開に向けて 奥脇 郁夫
	4	首都高速の草創期から未来へ思いをはせる 大島 健志
	5	橋梁メンテナンス技術への期待 益子 博志
	6	鋼橋のこれから 石井 孝
	7	美しさへ 廣谷 彰彦
報告	11	箱根西麓・三島大吊橋（三島スカイウォーク）の設計・施工 田中 寛泰・畠中 真一・田口 吉彦・長尾 悠太郎・森野 真之・加藤 雅彦
報告	20	大釜谷川橋（仮称）PC上部工の設計と施工 坂村 和俊・坂田 晋一・山野辺 康樹・加藤 友靖・高橋 宏明
報告	27	全線開業40周年を迎えた山陽新幹線合成桁の疲労損傷と対策 丹羽 雄一郎・木村 元哉
報告	34	ニャッタン橋（日越友好橋）主橋のモニタリングシステム 梶村 雄佑・松野 憲司・鈴木 政直・得地 智信・滝 直也・マイナ ビクター
連載企画	41	耐候性鋼橋の維持管理 第4回（最終回） 耐候性鋼橋の新しい技術 高木 優任・玉越 隆史・窪田 真之・鈴木 克弥
論説	48	未来への懸け橋 第16回 ICT技術の活用によりシームレスなインフラマネジメントの創出 土橋 浩
連載まえがき	50	続・橋の点検に行こう！ 連載開始にあたって 石井 博典
連載企画	51	続・橋の点検に行こう！ — 各機関の取組み — 第1回 鉄道の橋梁検査 野澤 伸一郎
海外文献紹介	56	ランドマークのヤシの木を保護する歩道橋（スペイン） 高尾 翔太
ひろば	59	2015年度土木学会デザイン賞決まる 福島 秀哉
	60	第10回新聞紙で作る高速道路“橋”コンテスト — 高速道路を活用した新しい地域交流の取組み — 日下 浩樹
	61	今年も共通セッション「橋梁計画」を開催します — 土木学会平成28年度全国大会（仙台） — 西川 和廣
	61	書評 これならわかる道路橋の点検 上野 淳人
モニターより	64	「橋梁と基礎」12月号を読んで
外国語豆知識	66	今年は申年（猿年） ～猿にまつわる雑学～ 石塚 敬之
編集後記	68	野澤 伸一郎

### 広告 (五十音順)

記事中62	(株)オリエンタルコンサルタンツ	記事中55	(一社)セメント協会	カラー3	(一社)日本鉄鋼連盟
記事中26	(株)川金コアテック	記事中58	大日本コンサルタンツ(株)	色紙2	PC押出し工法協会
前付1	川田建設(株)	カラー4	太陽工業(株)	カラー6	(株)ビーシーレールウェイコンサルタント
記事中19	川田工業(株)	カラー1	(株)長大	カラー5	(株)ビービーエム
前付3	極東鋼弦コンクリート振興(株)	表紙4	東京ファブリック工業(株)	表紙2	(株)フォーラムエイト
記事中33	ジェイアール西日本コンサルタンツ(株)	色紙2	(一社)日本支承協会	カラー2	(一社)プレストレスト・コンクリート建設業協会
表紙3	新日鉄住金エンジニアリング(株)	前付2	日本鑄造(株)	前付4	八千代エンジニアリング(株)

## ランドマークのヤシの木を保護する歩道橋（スペイン）

### はじめに

スペインの南東に位置する都市アリカンテ（図-1）のダヤ・ビエハという小さな街の中央広場に、高さ20.5 mほどの6本のヤシの木がある。その木は樹齢210年にもなり、2012年にバレンシア州が町のモニュメントとして認定している。

本稿で紹介する鋼製立体歩道橋（写真-1）は、交通手段としてではなく、このヤシの木の保全と強化を目的として設置されることとなった。また、それに伴い独創的な形状が求められ、その構造は、ニューヨークのグッゲンハイム美術館をモチーフにしている。これらを実現するため、歩道橋には3次元に組まれた棒状の鋼材が用いられた。

本稿では、橋梁を設置するうえでの基礎形式の検討や、課題に対して講じられた幾何学的構造および構造解析の手法を紹介する。

### 1. 基礎形式の検討

本橋の基礎形式は、土の特性に加えてヤシ

シの木の根の位置に強く依存した。そのため、土の特性を調べるべく一連の土質試験が行われた。

#### (1) 地下水位および地層

地下水位の深さは、GL-1.2 mの深さであることが判明した。ただし、この深さは季節によって1.0 m程度変動する。深さ10 mに位置する岩盤層までは、柔らかい粘土層と粒径の細かい砂層により構成されており、それらの中にはシルト層も見られた。

#### (2) 断層撮影法

基礎の施工に際して、木の根を損傷しないよう配慮することが最も重要な課題であった。そこで、500MHzのアンテナを用いて地中レーダー（GPR）による断層撮影検査を実施した。このシステムは、GPRから2 m以深までの土の特性の変化を知ることができる。

その結果、基礎の施工にはマイクロパイル工法が、木の根へ損傷を与えないのに最も適している工法として採用された。

### 2. 幾何学的構造

本橋は二重らせん鋼棒の3次元構造体であり（図-2）、この構造がヤシの木を支えている。らせんの半径はヤシの木の形状に沿って上昇するに従って大きくなり、地表面での外部半径は3.5 mであるのに対して頂上では5.0 mにもなる。二重らせん鋼棒は、橋梁本体と木の枝が受ける風荷重に対して負荷を分担するように設計されている。

本橋のメインとなる構造部材には鋼棒が用いられており、二重らせん鋼棒間の距離は1.15 mで、橋梁を逆円錐状に形成している。二重らせん鋼棒を支持するため、鉛直鋼棒は24本の等しい径（φ63.3 mm × 15 mm）のねじれ鋼棒を用いた。この部材が平面リング状の梁に取り付けられ、全体の支持構造に剛性をもたらした。

ツリー形状の橋脚（図-3）は、3角形状に組まれた鋼管（φ80 × 20）で構築されており、支点部は鋼製ガセットプレートで補強されている。これらの部材と基礎との留め具は、橋軸方向に対しての剛性が小さいが、橋軸直角方向の剛性はトラス構造のため大きくなっている。

基礎杭は、16本の鋼コンクリートマイクロパイル（長さ15 m、径100 mm）で施工された。パイルキャップは外径7 m、内径5 mの鉄筋コンクリート製の円形パイルキャップにより固定される。また、パイルキャップは地表面から300 mm浮いており、公共のベンチとして利用されている（図-4）。

### 3. 構造解析

構造解析には、3次元モデルが採用され、FEMによる構造解析が行われた（図-5）。

本橋の設計は、終局限界状態と使用限界状態における、歩道橋の応答および風荷重



図-1 位置図

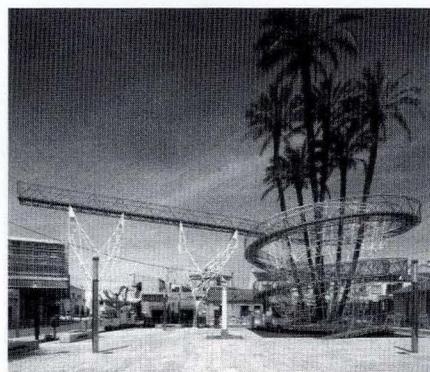


写真-1 橋梁全景

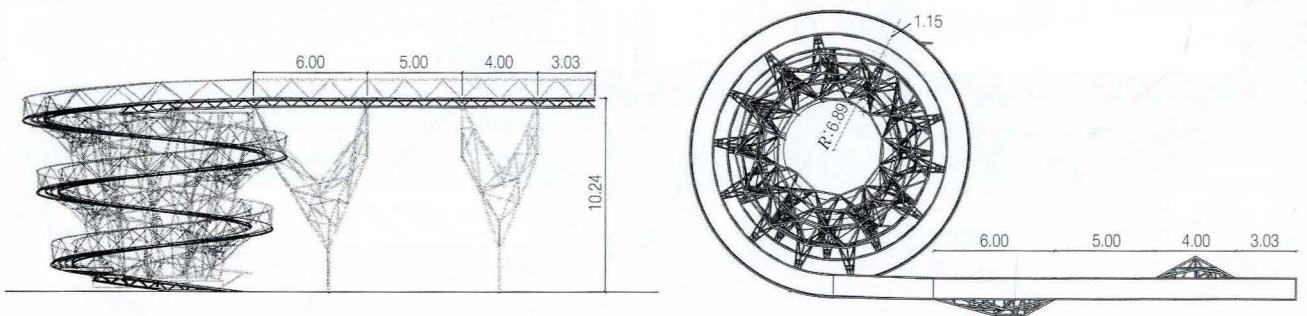


図-2 側面図と平面図（単位：m）

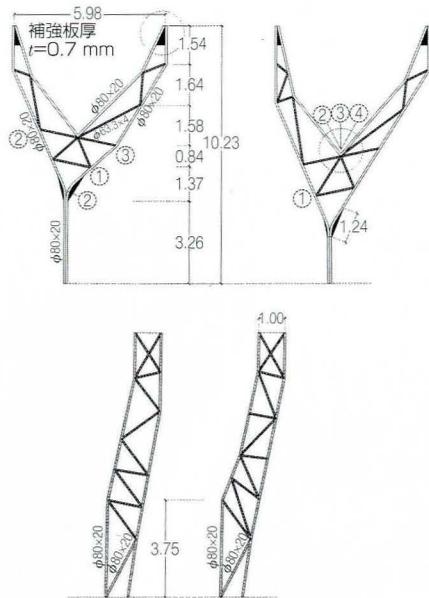


図-3 ツリー形状の橋脚 (単位: m)

によるヤシの木の変形を確実に防ぐため、農業技術、建築および構造設計の専門家により、荷重を許容できる幾何学的形状がデザインされた。

また、構造解析における荷重条件は以下のとおりである。

- 1) 各設計基準で定義される死荷重、活荷重、雪荷重、地震荷重、風荷重および温度変化の影響
- 2) ヤシの木の枝に風が当たることで橋梁に伝達される荷重
- 3) 2) を設定するための風荷重載荷面積は木1本当たり12枚の葉の面積 = 12.5 m<sup>2</sup>
- 4) 葉を「旗」に見立てた物理定数は、圧力係数 = 1.2, 風力係数 = 0.25
- 5) 風速 = 34m/sec
- 6) 2) ~ 5) から算出した風荷重値 = 0.28 kN/本

以上の条件を基に、ヤシの木の挙動を欧州構造基準に適合する形でモデル化した。

これら6本の木に作用する風荷重は、それぞれの幹に設置された鋼製リングにより分散される。なお、鋼製リングはステンレ

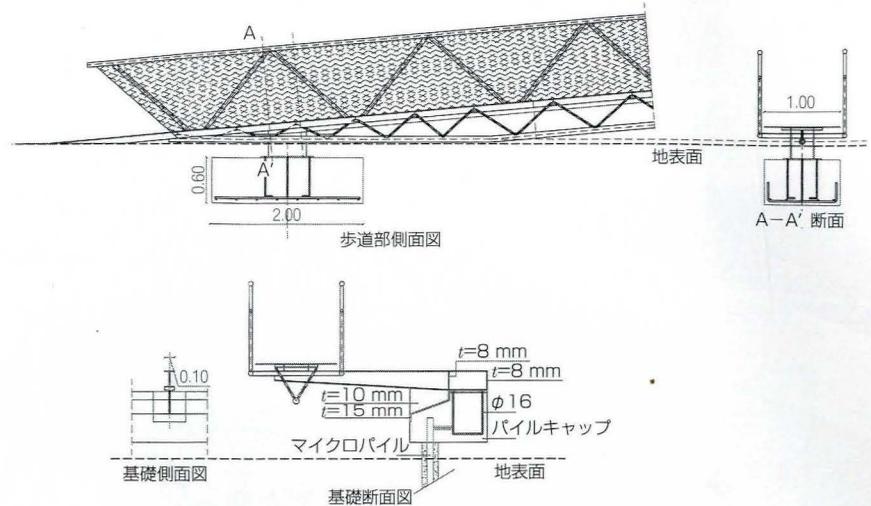


図-4 歩道の詳細構造とパイルキャップ (単位: m)

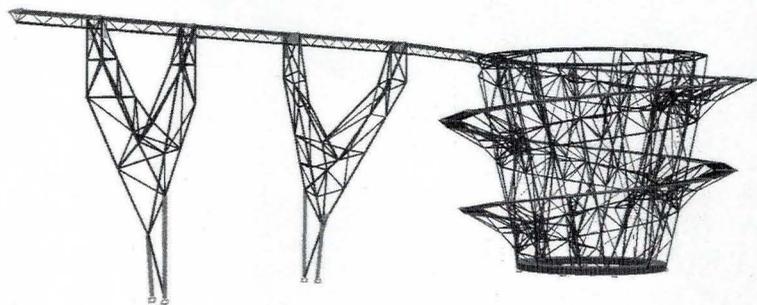


図-5 3次元有限要素モデル

スケープルによって橋梁に繋がれている。以上を踏まえて3次元構造解析の結果、幾何学的構造が成立することが確認された。

おわりに

ダヤ・ピエハの中心部に位置する鋼製立体歩道橋とその見晴らし台からは、街の周りの景色が一望できる。この歩道橋の架設計画では2つの課題を同時に達成することが求められた。1つは街のランドマークである6本のヤシの木の保護、もう1つはそれに伴う独創的な形状の歩道橋の設計である。これらを実現するため、歩道橋は3次元に組まれた棒状鋼材を用いて架設された。施工性向上を目的として、幾度か形状変更が行われ、寸法および板厚の最適化と歩道部の景観性向上のために様々なソフトウエ

アが活用された。その結果、トラス構造の白色は橋梁に理想的な構図を、それと対照的な歩道部の緑色は歩道橋が街の中心部で浮遊しているかのような感覚を与える。

交通手段を目的としない歩道橋は世界的にも珍しく、日本でもランドマークの保護と景観性のアピールを目的として、歩道橋を架ける手助けとなれば幸いである。

(高尾 翔太)

【参考文献】

This article was first published in English in Structural Engineering International.

- 1) Salvador Ivorra, "Steel Pedestrian Bridge to Protect a Unique Tree, Spain" Structural Engineering International, Vol. 25, No. 3, pp. 345~350, 2015

\* 海外文献研究グループ(五十音順)  
・は幹事

浅野 純 (株)IHIインフラシステム  
井本 智之 首都高速道路(株)  
ウン セイハー 鹿島建設(株)  
木村 俊紀 (株)IHI インフラ建設

葛野 敦 (株)建設技術研究所  
小菅 匠 新日本技研(株)  
駒場 駿介 首都高速道路(株)  
高尾 翔太 (株)日本構造橋梁研究所

高橋 西 清水建設(株)  
樋口 祐治 パシフィックコンサルタンツ(株)  
水田 武利 三井住友建設(株)