

報告 東山動植物園のコンクリート製恐竜像の内視鏡による内部調査

河辺 伸二^{*1}・渡辺 正雄^{*2}・中村 真悟^{*3}

要旨: 名古屋市東山動植物園に、3体のコンクリート製恐竜像が存在する。全国に例がないコンクリート製恐竜像である。東山動植物園の開園とともに歴史を刻んできたが、コンクリートの耐用年数が超え、劣化が進行し地震動時には転倒の危険性もある。過去に小規模な調査は行われたが、保存・修復に必要な資料は少ない。そこで、本研究では内視鏡を用いてコンクリート製恐竜像の内部の劣化具合の調査と外観目視調査を行った。その結果、恐竜像内部の鉄骨・鉄筋の図面化を行い、モルタルの劣化具合を明らかにした。

キーワード: コンクリート, 恐竜像, 内視鏡, 劣化

1. はじめに

東山動植物園には、写真-1～写真-3に示すイグアノドン、ブロントサウルス、トリケラトプスの3体のコンクリート製恐竜像が存在する。昭和13年に完成し、昭和19年の東南海地震、昭和20年の三河地震、昭和34年の伊勢湾台風などの災害に耐え、多くの人々に親しまれてきた。過去には子供たちがイグアノドンの背に登り遊ぶ姿もよく見られ、東山動植物園の象徴の一つであった。

今年75才になった恐竜像は、鉄筋コンクリート構造物の耐用年数を超えている。イグアノドンは両腕を松葉杖で支えられ、ブロントサウルス、トリケラトプスもひび割れやエフロレッセンス等の劣化が目立ち、地震動時には転倒する危険性もある。コンクリートで造られた像は例が少なく、当時の高い左官技術によって造られているが、放置しておくとは存続することは困難である。

過去に東山動植物園のコンクリート製恐竜像の小規模な調査は行われてきたものの、修復に必要な十分な資料は少ない。そのため、恐竜像を保存と修復するための調査が必要不可欠である。

本研究では、内視鏡を用いてコンクリート製恐竜像の内部の劣化具合の調査と外観目視調査を行う。その結果を用いて、恐竜像内部の鉄骨・鉄筋の図面化を行い、またモルタルの劣化具合を明らかにする。内視鏡による調査は恐竜像に小径の穴をあけて行うため、恐竜像に付ける傷を最小限に抑え、内部を調査できる。

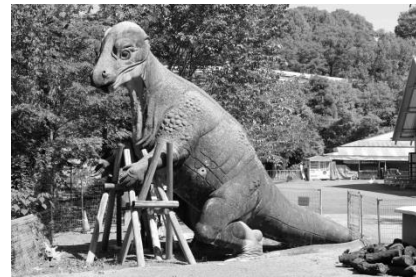


写真-1 イグアノドン



写真-2 ブロントサウルス



写真-3 トリケラトプス

表-1 恐竜像の概要

所在地	名古屋市東山動植物園, 古代池の中及び湖畔(名古屋市千種区)
構造	金網モルタル造, 鉄筋と鉄骨(山形鋼)で補強
地業	木杭
完成年	昭和13年(開園1年後)
発注者	初代園長 北王栄一(平成5年12月, 93歳で死去)
設計者	名古屋市, 工費55万3千円(当時)
施工者	株式会社北川組, 製作責任者: 船津繁
数量	3体
高さ	イグアノドン:6m, ブロントサウルス:8m, トリケラトプス:体長10m

*1 名古屋工業大学 大学院 教授 工博(正会員)

*2 (有)M&T, NPO法人コンクリート技術支援機構

*3 名古屋工業大学 建築・デザイン工学科

2. 恐竜像の概要及び歴史

2.1 恐竜像の概要¹⁾

恐竜像は名古屋市千種区にある東山動植物園内に存在する。恐竜像の概要を表-1に示す。コンクリート製恐竜像は、昭和12年に現在の東山動植物園が開園した際、初代園長の北王英一氏がドイツ・ハーゲンバック動物園の助言を受けて製作されることになった。施工者は北川組であり、製作責任者は左官業の船津繁氏であった。東山動植物園を建設の際に参考にしたハーゲンバック動物園にも、同じような恐竜像が現在も存在する。

恐竜像の位置を図-1と図-2に示す。3体のコンクリート製恐竜像は公園内のメイン通り沿いにあり、児童生徒達のスケッチの対象にもなっている。今回、3体の中で特に転倒時に被害を及ぼす危険性があるイグアノドン、ブロントサウルスの2体の内視鏡調査を行った。トリケラトプスは池(名称:古代池)の中にあり、倒壊しても人的被害が少ないため優先順位が低く、今回の調査対象外とした。

開園当時から近年まで、恐竜像に触れることもできた。イグアノドンの背に登り、記念撮影の場にもなっていた。しかし現在の恐竜像の周りには柵が設置され、図-2に示すように立入禁止区域となり、恐竜像に近づけないようになっている。

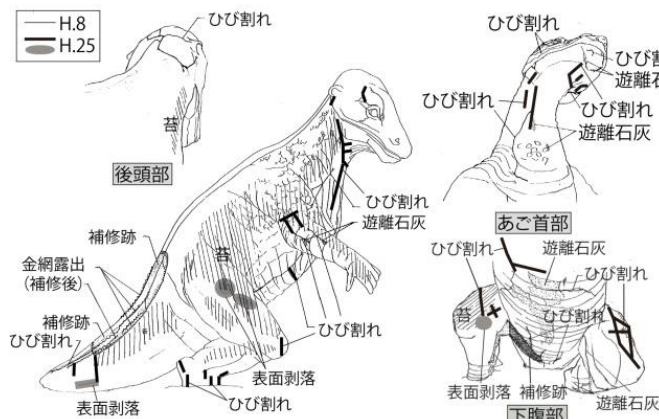


図-3 イグアノドンの劣化状況

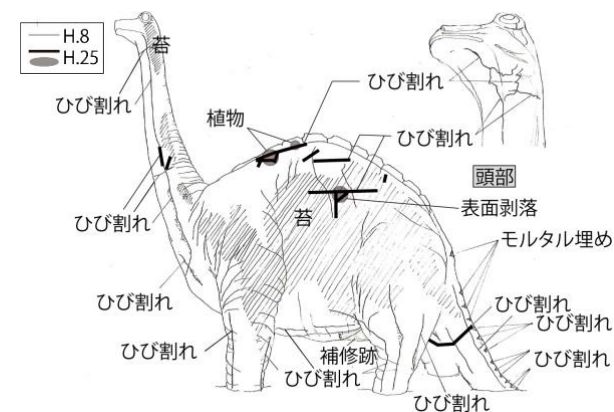


図-4 ブロントサウルスの劣化状況

2.2 恐竜像の構造

恐竜像の外皮は金網モルタル造である。金網モルタルは鉄筋で補強されている。内部に山形鋼を組み合わせた鉄骨があるが、製造時の補助的な役割であると思われる。また、恐竜像の下半身はバランスウエイトとして、コンクリートが充填されている。

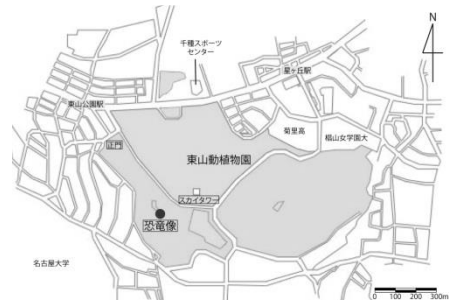


図-1 恐竜像の位置(広域)



図-2 恐竜像の位置(詳細)



写真-4 イグアノドンの左腕の様子



写真-5 ブロントサウルスのひび割れと植物の様子

2.3 当時の作製方法^{2,3,4)}

当時の工事記録は残されていない。恐竜像の製作責任者の船津繁氏の子孫である船津繁忠氏によると、製作方法は以下の通りである。ただし、今回の内部調査の結果により一部修正している。

- ① 京都大学動物学教室や東京科学博物館にて恐竜の資料を収集した。骨格写真を基に、高さ 60cm 程度の恐竜像模型を製作した。
- ② 粘土模型から立面図を起こし、それに約 10cm 間隔で水平線を引き、高さごとに断面図を作成した。
- ③ 断面図に基づいて山形鋼を組み合わせて形を作り、鉄筋と金網を加工して現地で組み立てた。
- ④ 恐竜像の内部に入るため下腹部に出入口を設けた。
- ⑤ 外部から金網にモルタルを塗った。モルタルの砂は荒目で、⑥～⑨に比べてセメント量は最も多い。
- ⑥ 外部のモルタルが充分乾燥した後、恐竜像の内部に入り、押えのモルタルを塗り付けた。
- ⑦ 外部に 2 層目の金網を張り、モルタルで中塗りした。
- ⑧ 最後に仕上げモルタルで複雑な外皮の形状を作った。
- ⑨ 表面のざらざらした形状は、こて板にモルタルを乗せて、竹の刷毛で弾き飛ばす方法で造形された。
- ⑩ イグアノドンの腕は胴体とは別に製作し、胴体と合体させた。

恐竜像の製作は恐竜の資料が少ない中で、以上のように、当時の左官技術と独創的な工夫によって製作された。近年の恐竜の資料によればイグアノドンの指は 3 本であるが、5 本あり、形状も人間の手に良く似ている。

2.4 過去の調査状況^{5,6)}

2.4.1 外観目視調査

平成 8 年に行ったイグアノドンとブロントサウルスの劣化状況の調査結果に、今回行った外観目視調査の結果を合わせ、**図-3**と**図-4**に示す。約 17 年経過後、ひび割れやエフロレッセンスが多数増えており、劣化が進行していることがわかる。イグアノドンの左腕の様子を**写真-4**に示す。両腕とも松葉杖で支えられている。ブロントサウルスのひび割れ様子を**写真-5**に示す。ひび割れに植物が生えている。

2.4.2 小径コア採取による調査

平成 12 年に小径コアによる調査を行った。この時、イグアノドンから $\phi 20\text{mm}$ コアを 5 本採取し、それらのコアを用いて圧縮強度試験を行った。

小径コアによるイグアノドンの圧縮強度はモルタル部分で約 $18\sim 28\text{N/mm}^2$ 、コンクリート部分で約 $15\sim 19\text{N/mm}^2$ であった。供試体は打継部が多く、形状がいびつなため、各コアの圧縮強度に差があった。

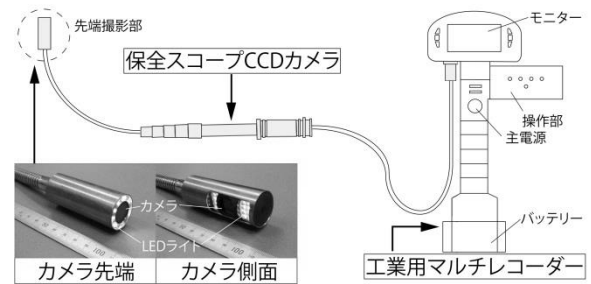


図-5 内視鏡の構成



図-6 イグアノドンから採取したコアの位置

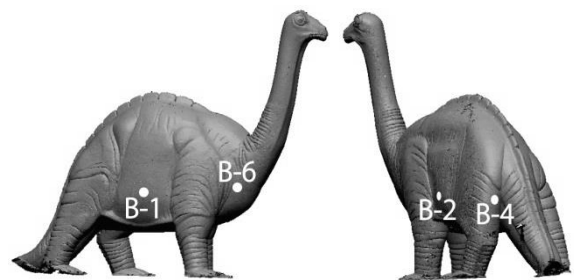


図-7 ブロントサウルスから採取したコアの位置



写真-6 内視鏡調査の様子
(イグアノドン)



写真-7 内視鏡調査の様子
(ブロントサウルス)

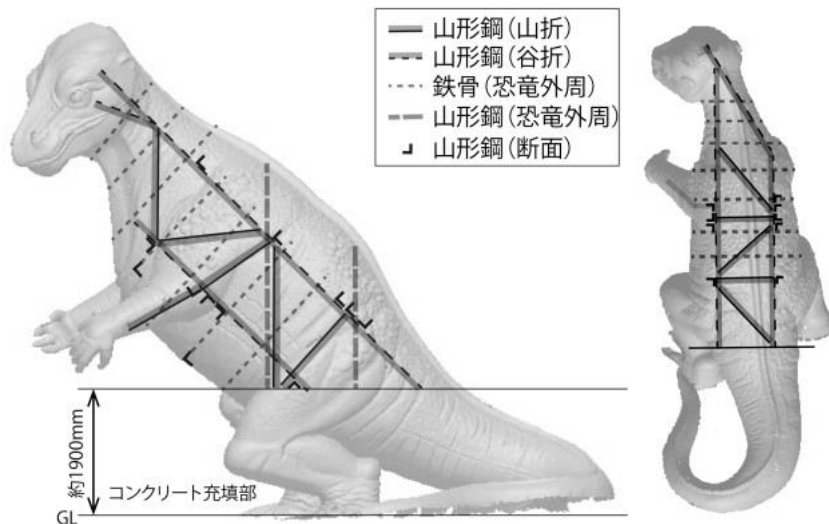


図-8 イグアノドンの内部の鉄骨図面

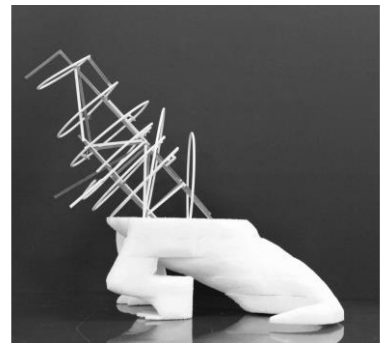


写真-8 イグアノドンの模型

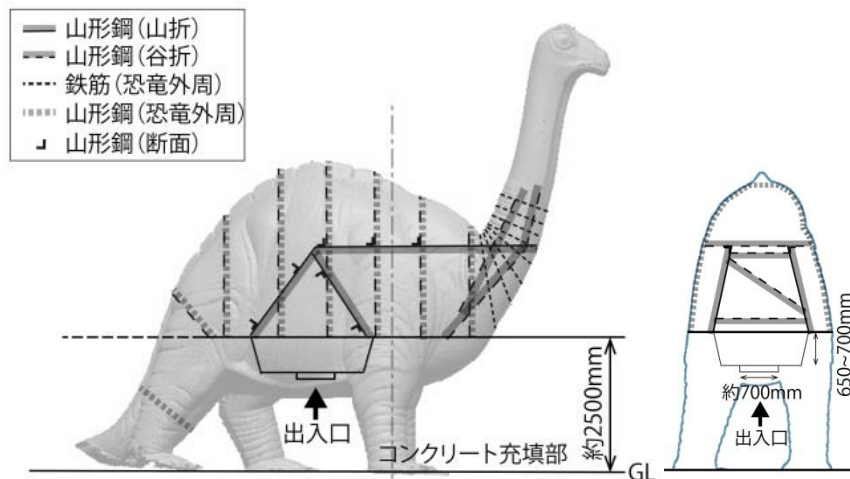


図-9 ブロントサウルスの内部の鉄骨図面



写真-9 ブロントサウルスの模型

3. 内視鏡調査概要

3.1 調査器具

恐竜像内部の撮影に、保全スコープ CCD カメラと工業用マルチレコーダー（以下、内視鏡）を用いた。内視鏡の構成を図-5 に示す。持ち手部分は伸縮が、先端ノズル部分は自由に変形が可能である。CCD カメラは2種類あり、一方はカメラが先端に、もう一方は先端部の側面に付いている。カメラの周囲には高輝度 LED が搭載されており、恐竜像内部の暗い場所の撮影が可能である。

今回の調査では初めにカメラが先端に付いている内視鏡を用いた。しかし、先端部が曲がりきらず恐竜像の内部の撮影には不向きであった。そこで先端部の側面にカメラが付いている内視鏡を作製し調査を行った。

3.2 調査方法

イグアノドン、ブロントサウルスから φ50mm のコアをそれぞれ4本ずつ採取した。コアの位置を図-6 のI-1からI-4、図-7 のB-1、B-2、B-4、B-6の白丸で示す。

図は今回測定した3次元データを用いて作成した。

これらの穴から内視鏡を恐竜像内部へ入れて内部の様子を撮影し、その映像から恐竜像内部の鉄骨の図面化及び劣化状況の調査を行った。内視鏡による内部調査の様子を写真-6と写真-7に示す。写真-6は内視鏡のモニターを見ながら、イグアノドンのI-2から調査をしている様子である。写真-7はブロントサウルスのB-6から調査をしている様子である。

4. 調査結果及び考察

4.1 恐竜像内部の図面作成及び模型作製

内視鏡で撮影した映像をもとに作成したイグアノドンとブロントサウルスの内部の鉄骨図面を図-8と図-9に示す。調査結果から作製した鉄骨の模型を、写真-8と写真-9に示す。ブロントサウルスの首の鉄骨は鉄骨アングルL-65×65×6を組み合わせで作られている。これらの図面及び模型は、鉄骨の大きさ・位置・角度、鉄骨同士の関係をできる限り示している。

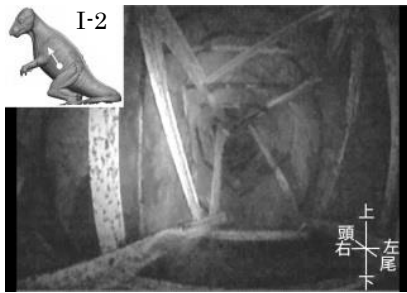


写真-10 イグアノドンの内部

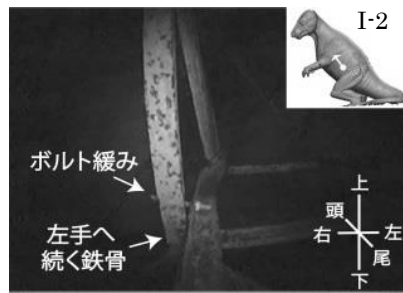


写真-11 ボルト緩み

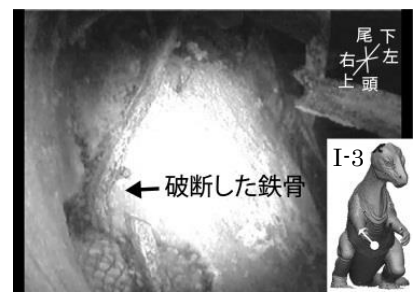


写真-12 鉄骨の破断



写真-13 右腕付近の様子

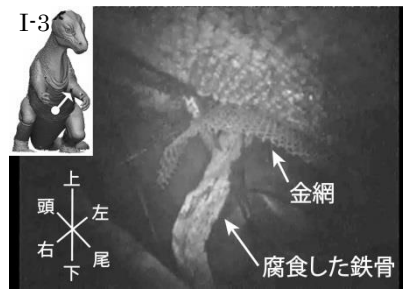


写真-14 左腕付近の様子

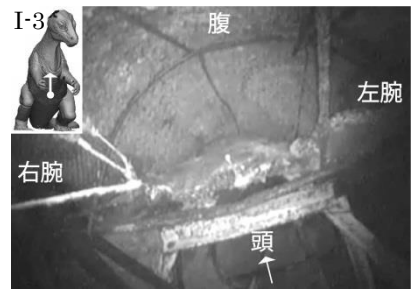


写真-15 両腕間の様子

4.2 恐竜像内部の調査結果

4.2.1 イグアノドン

イグアノドン内部の構造は、恐竜像の輪郭に沿って配置されている鉄骨(図-8 点線)で外皮の金網モルタルを支え、その鉄骨を中央部に組まれた鉄骨で支えていた。イグアノドンの内部の様子を写真-9 に示す。鉄骨の錆はかなり進行しており、モルタルの劣化・剥離箇所も多数見つけた。

写真-11 に示すように、鉄骨同士を接合するボルトが緩んでいる箇所があった。この鉄骨は左腕を支えている鉄骨であるため、左腕の落下の危険性が大きい。

写真-12 に示すように、右腕上部に位置する外周の鉄骨は、破断していた。右腕、左腕付近の様子を写真-13 と写真-14 に示す。両腕の中心付近の様子を写真-15 に示す。腕と胴体の接続部分の鉄骨は腐食がかなり進行していた。また、右腕は2本の鉄骨で補強していることが確認できた。両腕間に存在する鉄骨(図-8 白丸)付近には、腕のアンカーや金網、針金が露出していた。胴体とは別に作製した腕を、後から胴体と合体させたことがわかる。また、腹部は金網が露出しており、モルタル厚さも他の部位と比べて薄かった。将来、補強・補修により腕の松葉杖を外すことが望まれる。

調査終了時には、開けた穴から雨水等が恐竜像の内部に侵入しないようにシーリング材を用いて蓋をした。しかし調査再開時に蓋を外した際、特に I-3 から多量の泥水が排出された。時々、鳥が頭頂に止まっており、糞の跡もあった。糞がモルタルを劣化させ、頭頂にひび割れがあった。頭頂の穴から雨水が侵入していると思われる。

4.2.2 ブロントサウルス

ブロントサウルスの構造もイグアノドンと同様である。恐竜像の輪郭に沿って配置されている鉄骨で外皮の金網モルタルを支え、その鉄筋を中央部に組まれた鉄骨で支えていた。内部の様子を写真-16 に示す。鉄骨の錆は進行しており、モルタルの劣化・剥離箇所も見つかった。

図-9 に示すように、腹部の底面に推定約 700×700mm の正方形の窪みを発見した。この窪みは恐竜像を製作した際、職人の出入口として使用した場所であった。出入口である窪みの様子を写真-17 に示す。写真-17 から2本の鉄筋が確認できる。これは最後に出入口の穴を埋める際、これらの鉄筋と金網を針金でつなぎ、その金網にモルタルを塗ったと考えられる。また、この窪みには多量の水が溜まっていた。

長い首は多数の輪郭に沿った鉄筋で支えられていた。写真-18 に示すように、その中で首の付け根部分の鉄筋が剥がれていた。尾下部は空洞であることを確認した。背中部分は、写真-19 に示すように格子状に組まれた鉄筋が露出していた。

B-2 コア付近の外皮が約 80mm 剥離していた。剥離の様子を写真-20 に示す。剥離による空隙から金網が確認できたため、金網を境にして剥離が発生していることが分かった。剥離は B-2 コア付近で大規模に発生していた。

B-1 のコア内の金網を写真-21 に示す。金網は一边 15mm、太さ 1mm であった。金網の錆はかなり進行していた。他の部分の金網も同様に錆が進行していると考えられる。このままコンクリート恐竜像を放置することは大変危険であり、早期の補修・補強が必要である。

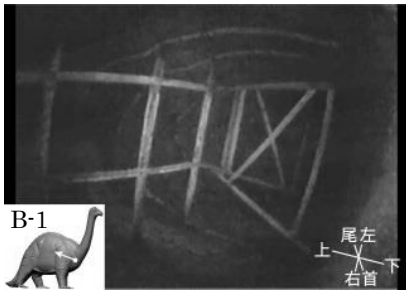


写真-16 ブロントサウルスの内部

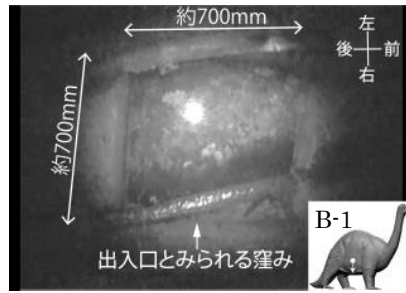


写真-17 出入口の様子

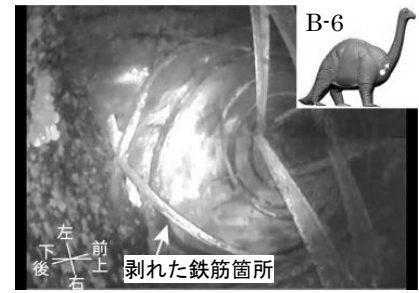


写真-18 鉄筋の剥離

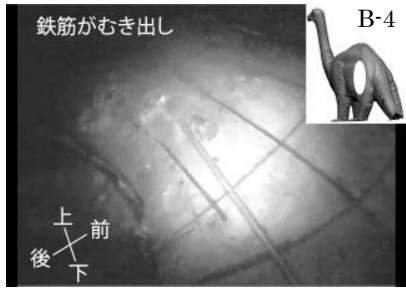


写真-19 鉄筋の様子

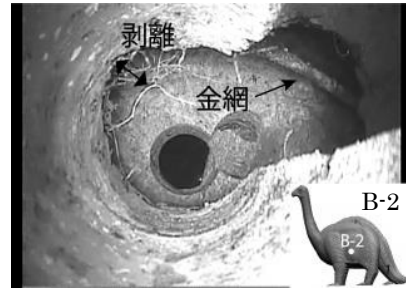


写真-20 外皮の剥離の様子

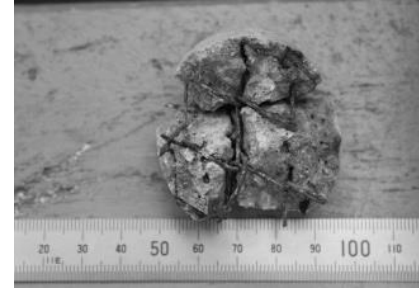


写真-21 採取したB-1 コア部の金網

4.3 考察

イグアノドンとブロントサウルスとも、外皮は2重であり、外側から仕上げモルタル+中塗りモルタル+金網+モルタル+金網+押えモルタルの構成であった。このため、外側の外皮が内側の外皮を保護する形となっていた。コンクリート製恐竜像は日本に類似例はないが、2重の金網モルタルによる外皮は特筆に値する。

イグアノドンとブロントサウルスとも、山形鋼を恐竜の外周の形に沿って曲げている。このため、山形鋼に亀裂が入っている。今後、山形鋼の詳細調査と補強が必要である。

5. おわりに

東山動植物園のコンクリート製恐竜像の内部を内視鏡を用いて調査した結果、以下のことがわかった。

- (1) イグアノドンの内部の鉄骨・鉄筋を、腕の一部を除いて図面化を行った。ブロントサウルスの内部の鉄骨・鉄筋を、首と頭を除いて図面化を行った。
- (2) イグアノドンの腕と胴体の接続部分の鉄骨は、腐食がかなり進行しており亀裂箇所もあった。
- (3) イグアノドンとブロントサウルスの内部の鉄骨は腐食しており、ボルトが緩んでいる箇所もあった。内部のモルタルにひび割れや剥離があり、金網が露出している箇所もあった。内部のモルタル補修が必要である。
- (4) 恐竜像の内部に多量の水が浸入していた。金網、鉄筋、鉄骨が腐食しやすい状態であった。頭頂の穴を早急にふさぐ必要がある。

今後は、恐竜像の出入口の開腹により大きな開口部を開け、早期の補修・補強が必要である。イグアノドンの両腕の補強・補修により松葉杖を外すことが望まれる。

謝辞: 本研究は、東山動植物園恐竜像調査保存委員会にて行いました。本研究を遂行するに当たり、名古屋市緑政土木局東山総合公園再生整備課、名古屋大学中村光研究室、NPO法人コンクリート技術支援機構、日本コンクリート工学会中部支部、中部セメントコンクリート研究会、中部復建(株)、(株)リノテックに謝意を表します。

参考文献

- 1) 名古屋の公園 100年のあゆみ:名古屋市, pp.236~237, 2010.3
- 2) 小川健, 渡辺正雄, 河辺伸二: 大戦を生き抜いたコンクリート像 ー名古屋東山動物園に今もひっそりと生息する恐竜たちー, コンクリート工学, pp.128~130, 2010
- 3) 谷川恭雄, 渡辺正雄: 名古屋の生息する昭和13年生まれのコンクリート恐竜 その誕生と今, セメント・コンクリート, pp.35~39, 2007
- 4) 渡辺正雄, 船津繁忠, 河辺伸二: 名古屋市東山動物園の恐竜像~コンクリート像・造形への挑戦~, コンクリート技術支援機構, 2006
- 5) コンクリート検査補修研究会: 東山公園の恐竜像調査報告, 1996
- 6) コンクリート検査補修研究会: 東山公園恐竜像劣化調査資料, 2000