

防災技術を模型で再現した防災意識の啓発教材

Prototype of Educational Diorama for Disaster Preparedness Awareness

関西大学 社会安全学部

新井友貴

Faculty of Societal Safety Sciences,
Kansai University

Tomoki ARAI

関西大学 社会安全学部

林能成

Faculty of Societal Safety Sciences,
Kansai University

Yoshinari HAYASHI

SUMMARY

We propose a diorama based educational material for disasters preparedness. The two model features the structures of the Japanese highspeed train, Shinkansen. One of which focusing on seismic retrofitting for a railway embankment and the other for a concrete viaduct. Models were constructed in 1: 150 scale, a popular model railway scale. A stereolithographic 3D printer and a CNC milling machine were used for making structures and associated objects.

Key words

Diorama, Shinkansen, Retrofit, Disaster Preparedness

1. はじめに

自然災害への備えは構造物の新設や補強によるハード対策と、避難体制の整備や土地利用規制などによるソフト対策の両面から進められる。1995年阪神・淡路大震災以降、ソフト対策への注目が高まったが、ハード対策による物理的な被害の抑止が防災において重要な役目を果たしていることには変わりはない。

ハード対策のうち構造物や建物の補強は、同種の工法で施工された構造物が広く全国に見られる普遍性に特徴がある。これは特定の構造物や建物などに大きな被害が出た場合、同じ被害

を繰り返さないために短期間で補強工事が全国へと展開されることによる。たとえば、阪神・淡路大震災では高架橋の柱のせん断破壊が多発したため、鋼板で柱を巻く「鋼板巻き立て工法」を適用して、都市部の道路や鉄道を中心に既存構造物の補強が進められた。また、2011年東日本大震災では事前の想定を超える高さの津波が東北地方太平洋沿岸に襲来し、沿岸部の都市で未曾有の大被害が発生した。この被害を受けて、想定津波の見直しとそれを踏まえた大規模な堤防の構築や地盤の嵩上げがはじまり、震災からまもなく10年になる現在も全国の沿岸地域で工事が続いている。

現在の日本では構造物や建物の補強工事は、比較的短期間に広く全国に展開される傾向にあるが、土木や建築の技術者が担当する専門的な対策であるため一般市民がその整備過程を意識する機会は乏しい。超高層ビルや巨大ダムといった特別な存在感のある構造物や建物の災害対策は注目されることもあるが、ごく一般的な道路、鉄道、河川、海岸などの防災対策は淡々と工事が進められ、気かけられることなく完成して地域の防災力を向上させている。少し注意して街中を歩くと、いたるところで補強された構造物を見ることができる。

これまで、防災力向上のための知識普及・啓発は、自然災害のメカニズムを知ることを見かけとして進められる機会が多かった。しかし大規模地震や大雨といった災害の誘因となるハザードは発生頻度が低いいため、そのときに起こる状況をハザードマップなどに基づいて想像する力が求められる。災害に関係する技術者や研究者は、他の地域で発生した災害を目にする機会も多く、地形の類似性などから被災状況を想像することは難しくないかもしれない。しかし、災害現場を見たことがない一般の人には地図だけでその様子を想像するのは困難である。

我々は、自然災害へのハード対策がとられた構造物がごく身近に存在することに着目し、その存在と意義に気づくことが防災に積極的にとりくむきっかけになると考えた。そこで、鉄道関係のイベント等で子どもから大人まで人気がある鉄道模型を使い、身近に存在するありふれた防災対策を模型で精巧に再現し、防災に興味をもってもらうきっかけとして活用できる教材を製作した。

2. モデル区間の選定と再現する防災技術

本研究の目的は、日常のありふれた景観のなかに存在する防災技術に模型を通じて接するこ

とで防災への興味を高め、自分自身の防災対策を見直すきっかけを作ることである。そのためには、多くの人が興味をもつ景観を再現することが望ましい。また、現地取材のしやすさや、資料となる文献が豊富であることも必要である。これらの条件から今回の製作対象は沿線人口が多く、テレビや新聞などで報道される機会も多い東海道新幹線とした。そして新幹線を代表する構造物として、盛土区間と高架橋区間の2つを製作した。東海道新幹線は関西大学社会安全学部が所在する高槻ミュージックキャンパスの上層階から見える我々にとって身近な存在でもある。

東海道新幹線は1964年に開業した日本初の高速鉄道で、それまでの鉄道路線とは線路の規格が大きく異なっている。高速走行のために直線区間をできるだけ長くし、曲線半径も最小2500mと大きくしているため、従来であればルートの途中に急曲線を挟むことで避けられた軟弱地盤上の盛土または高架橋の建設を余儀なくされた。そのため建設時に難工事となった区間が多く存在する^[1]。この後につくられた山陽新幹線や東北新幹線では、東海道新幹線の反省を踏まえてルートや構造物の選定が見直され、軟弱地盤上の盛土は作られなくなっているが、東海道新幹線では建設当時につくられた盛土を改良しながら同じ場所で引き続き使用している。軟弱地盤の区間は過去の災害事例から災害発生のポテンシャルが高い場所と考えられ、また難工事の痕跡は現在も残されていることから、盛土区間の製作モデルは建設時に難工事となった地区を選定した。

開業から約50年が経過して、東海道新幹線では構造物の経年劣化対策としての大規模改修工事が2013年から計画的に進められていることも注目に値する^[2]。この大規模改修の主目的は「予防保全」であるが、高架橋の柱を鋼板で巻く工法など地震対策として以前から使われたもの

が採用されており、災害対策と見分けがつきにくいものも多い。防音壁の更新など外観が大きく変化する工事が多く、その背景にある付帯物の軽量化という考え方は構造物の地震対策に通じる。そこで、高架橋区間では狭い意味での防災対策に限定することなく大規模改修工事の再現も試み、新旧の構造物を1つのセクション内に並べて配置することで防災対策の基本的な考え方を学べるように配慮した。

2.1 盛土区間のモデル地区

盛土区間は愛知県幸田町の「野場地区」をモデルとした。この区間は延長260m、盛土高8.3mの標準的な盛土で、軟弱地盤の深さも7mと極端に深い区間ではなかったが、建設中に東海道新幹線の工事現場では最大の盛土崩壊が起きた場所として知られている^[3]。

建設工事に際し、段階的に土を盛って盛土を構築するなど、細心の注意をはらって工事が進められたが、高さ約2.5mになった段階で隣接する田んぼに変状を生じ、さらに土を盛ったところで大規模な破壊が発生した。そのため、地下水をすみやかに排水する「サンドドレーン」「サンドマット」、軟弱地盤の変形を物理的に抑える「シートパイルのタイロッドによる締結」、隣接する場所まで盛土を広げてその自重で変形を抑える「押え盛土」といった多様な工法で盛土の変形を抑えて完成させた記録が残されている^[4]。

現在では、この区間の盛土には雨対策としての「張りブロックコンクリートによる表面の被覆」や地震対策としての「地山補強土工法」^[5]など多様な防災対策の工事が追加でなされている。また建設時に作られた押え盛土は鉄道用地として現存していることが地図や空中写真からも確認できる。模型で再現するポイントとして、建設当時から現在までに追加された多様な防災対

策を取り入れることとした。

2.2 高架橋区間のモデル地区

高架橋区間は大阪府高槻市内の区間をモデルとした。この付近は淀川沿いの低湿地帯を新幹線が通過しており、開業当時の地図や航空写真によると周囲に住宅はなく田園が広がっていた。1970年前後から周囲の宅地化が進み新幹線のすぐ隣まで宅地が並ぶようになり防音壁も設置されている。そして防音壁の一部は2013年からの大規模改修によって軽量型の防音壁に更新されている。また1995年阪神・淡路大震災以降に進められた高架橋柱の鋼板巻き工法や、X型の制振ブレース（圧縮型鋼製ダンパーブレース）なども多数設置されている。

東海道新幹線の高架橋はラーメン高架橋が標準設計として採用され、東京から新大阪まで全区間で同じ外観のものが作られている^[6]。この高架橋は耐震性能、経済性、施工性など複数の要求を高い水準で満足させるもので、5年間という短期間で東海道新幹線の建設を完成させる上で重要な役割を担った^[7]。外観上の特徴は、柱、梁、スラブなど全ての部材が細くスレンダーなことである。柱の断面は60cm×60cmで、その後建設された山陽新幹線（80cm×80cm）や東北新幹線（105cm×105cm）に比べてかなり細く、全体のシルエットがすっきりしている^[8]。市販されている高架橋の模型はいずれも東北新幹線などの新しい時代のものを元に設計されており、東海道新幹線の特徴を再現するためには設計図をもとに新規に製作することが必要となる。

3. ジオラマの製作

ジオラマは市販のNゲージサイズの模型にあわせて縮尺1:150とし、土台の寸法は幅640mm×奥行きは300mmとした。これは新幹線標準

ラーメン高架橋の長さから決まったものである。実物の1ブロックは24mなので、1:150では160mmとなる。持ち運びを考えると600mm程度の長さが望ましいので、ジオラマ内に高架橋を4ブロック設置できる640mmの幅とした。

現在、日本のNゲージ市場では大手2社からレールが発売されているが、両社で複線間隔が違っておりTOMIXは複線間隔37mm、KATOは33mmとなっている。実際の東海道新幹線の軌道中心間隔(複線間隔)は4200mmであるから、縮尺に換算すると約28mmである。今回は実物により近い、KATOのレールを使用することにした。

製作するジオラマは防災イベントやオープンキャンパスなどで移動して使用することが想定されるので軽量化を重視した。杉材を用いて「日」の字の枠を組み、そこにスタイロフォームを乗せることで土台とした。

部品の製作に3Dプリンターを多用したことも、このジオラマの特徴である。3DプリンターとはCADソフトで作成された図面データをもとに、樹脂や金属の薄い層を積み上げて立体物を作成する機械である。新幹線の構造物はラーメン式高架橋などの構造物本体のみならず、防音壁、線路防護柵、のり面の張りコンクリートブロックなども規格化されているため同じ部品が多数使用される。3Dプリンターは数個から数十個程度のものを量産するのに向いているので、今回のような場合には非常に強力なツールである。近年、急速に値段が下がり趣味の分野でも使用が拡大しているので、ノウハウの蓄積も進んでいる。3Dプリンターにはいくつかの種類があるが、本研究では紫外線で硬化するレジンを使う光造形式を使用し、ELEGOO社のMARS PRO UVという機種で全ての出力を行なった。

3.1 盛土区間

東海道新幹線の盛土は全線にわたって標準設計がなされており、その寸法は高さがおおよそ6m、天端の幅がおおよそ11mである。のり面の勾配は1:1.5なので傾斜している部分の幅は片側で約9mとなり、盛土断面の幅は9m+11m+9mの約30mとなる。これは1:150の模型では200mmに相当する。

盛土区間の見どころの1つは盛土の両脇に広がる押え盛土の再現であるが、押え盛土は盛土の下端部から25mほどの幅があり、盛土をジオラマ中央に配置すると奥行が300mmしかない今回の土台では押え盛土を作るスペースが足りない。そこで、線路が敷設される盛土天端をジオラマの端によせて配置し、手前側に押え盛り土を再現するスペースを確保した(図1)。つまり、土台の端に縮尺通りに換算した高さ40mmの盛土天端部を配置し、一辺が垂直でもう一辺が1:1.5の勾配となった台形状の盛り上がりとして新幹線盛土を配置した。盛土の材料は土台と同じくスタイロフォームを用いた。

一般に高低差が少ないジオラマは情景が単調なものになりやすく、そのことでリアリティが損なわれる傾向がある。今回のジオラマは実物にするとわずか100m足らずの区間であるが、この間に単調な盛土にアクセントを加えるものが必要だと考えた。航空写真などをもとに検討した結果、盛土を斜めに横断するボックスカルバートの農道を取り入れた。また、ボックスカルバートを境にして押え盛土の幅と高さの形状が異なっていたので、この様子も再現した。正面から見て、ボックスカルバートの右側では押え盛土の幅が約25m、左側では15mなので、これを再現することで単調な景観に変化をつける効果が期待できる。

スタイロフォームは切断や切削が容易な素材であるが、滑らかな曲線や細かな土の凹凸の再



図1 東海道新幹線の盛土区間を再現したジオラマの全景

現は難しい。そこで、スタイロフォーム表面に石粉粘土と石膏を塗って地表面を造成した。石粉粘土は硬化前も硬化後も造形が用意で、硬化も早く、軽量という便利な素材である。しかし、地表面の微妙な凹凸の再現は石粉粘土でも難しいので、それについては表面に目の粗い石膏を薄く延ばして表現した。

次に上記の手順で造成した盛土本体を覆う「張りコンクリートブロック」を作成した。張りコンクリートブロックは同じパターンを繰り返す構造なので、その表面パターンを3DCADで設計し3Dプリンターで出力した。光造形式の3Dプリンターは、大きな平面的なパーツを出力すると収縮の不均等による歪みが目立つため、50mm四方のパネルに分割して20枚ほど出力し、これをスタイロフォームでつくられたのり面に接着して固定した(図2)。

模型ではパーツ同士の小さな隙間や段差が非常に目立ち実感を損ねるので、張りコンクリートブロックのパネル間の隙間や、防音壁の基礎との間に生じた隙間はポリパテで丁寧に埋める

処理をした。また、仕上げに目の粗いサーフェイサーを吹くことで、3Dプリンター特有の積層跡が目立ちにくくなるようにした。

塗装については、コンクリート製の構造物はあらかじめサーフェイサーで下地を整えたのち、テクスチャーペイントと呼ばれるセラミック粒子を配合した塗料(製品名:タミヤ「情景テクスチャーペイント」)を塗り、コンクリート表面の質感を再現した。押え盛土を含めた土の部分は、茶色、灰色、オリーブドラブなど複数の色を重ねて吹き付け、単調なべた塗り状態になら



図2 張りコンクリートブロックと地山補強土工法の拡大図

ないように配慮した。

この区間では、張りコンクリートブロックの上から盛土本体に鋼管パイプを打ち、そこから地盤補強の薬液（グラウト）注入して補強する「地山補強土工法」が施工されていることも特徴的である。この工事が完成したところでは、張りコンクリートブロック上に鋼管パイプ頭部の防錆処理のためのキャップが並ぶため、一部の張りブロックにはそのキャップを取り付けた。また、2020年8月時点のGoogle ストリートビューでは、この地点での工事施工中の画像が公開されていたことから、薬液注入のための鋼管パイプが飛び出している状況も再現した。

ボックスカルバートを境に左側のエリアは、張りコンクリートブロックが施工される前の地山盛土が露出している状況で完成させた。ここでは斜面の一部を掘り下げて、建設工事中に軟弱地盤対策として採用された「シートパイル締め切り工」のシートパイル（波板状の鋼板）が地中に埋められている様子を再現した。シートパイルも3Dプリントを用いて作成した。

植生の再現はこのスケールの模型につきまとう困難な課題である。縮尺が1:150であるから、例えば高さが1.5メートルの雑草は模型では10mmとなる。10mmという大きさの雑草の模型は、ここが茎で、ここが葉で、ここが花であるという風に細かな構造が識別できるスケールである。しかし、植生を再現するために市販されている材料である「ターフ」や「フォーリッジ」と呼ばれる細かいスポンジ状の素材や、「フィールドグラス」と呼ばれる細い繊維状の素材は、いずれも150倍に拡大すれば草や雑草とは似ても似つかない形状である。

実感的な植物の模型素材も市販されているが、価格が高いためヒマワリやアジサイのような特徴的な花卉をアクセントとして配置する程度の使用が限界である。今回のようにジオラマの地

面広範囲にいわゆる雑草を再現する用途には適さない。そこで比較の実感的な形状を再現できるフィールドグラスを使い、「グラスアプリーケーター」という機械を使って草の生えかたに近づけることで妥協した。この機械は静電気の力を用いて、2~4mm程度に短く切られたフィールドグラスを地面からまっすぐに立たせることができる。ピンセットで掴んで束にして接着しないので、広い範囲に均等な濃度で素材を接着することが可能である。この方法で地面の広範囲にフィールドグラスを生やしたが、地面との一体感に欠けたため、非常に薄く希釈した明灰白色をコンクリート部分も含めて全体に吹き付け、彩度を落として地面になじませる処理を施した。

新幹線には在来線とは異なる独自の設備があり、それらの存在が新幹線の景観を特徴づけている。特に目立つ設備は、侵入防止のための線路防護柵、沿線騒音軽減のための防音壁、在来線と著しく形態が異なる架線柱の3つのアイテムである。

新幹線の線路防護柵は上部の鉄条網と忍び返しが目立つ大きなものである。しかし柵を構成する柱や網を単体で取り出して模型のスケールに換算すると、支柱が $\phi 0.3$ 、メッシュの線径は $\phi 0.02$ 、ピッチは0.3mmという極端に小さいものになってしまい、そのままでは実感的なものを作ることができない。部材の線径とピッチのデフォルメが必須である。

3Dプリンターで線路防護柵の試作を繰り返した結果、線径 $\phi 0.15$ 、ピッチ0.5mmのメッシュなら実感的なものが図面上は作ることができた。しかし出力してみると、樹脂の硬化時の収縮でメッシュが破けてしまううえに、全体が波打つように曲がるため実用にはならなかった（図3）。メッシュの破けについては局所的であれば植生で表面を覆うことで隠せるが、新幹線の線路防護柵はきっちりとした直線状に設置され管

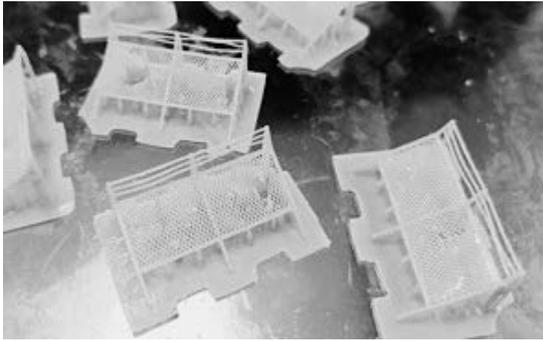


図3 メッシュの破損や変形が目立つ3Dプリンターで出力した線路防護柵の試作品

理も行き届いているため、波打つメッシュを使用した柵は不自然である。

使用するレジンの材質、線径やピッチの見直し、出力時のサポート材の配置を工夫すれば、もう少し造形物の変形を抑えられる可能性はあるが、時間の関係から今回はフェンス上部の鉄条網と忍び返しを省いたうえで、金属線とステンレスメッシュを半田付けしたものを使用し、新幹線の線路防護柵の直線的な配置を再現することを優先とした。

新幹線の防音壁は、1974年に提訴された名古屋新幹線訴訟などを契機とし建設後に後付けで設置されたものが多い。車両の高速化に伴い多種多様な防音壁が試されているが、この区間に設置されている防音壁は古典的なタイプで、2メートル間隔で立てた高さ2メートルのH鋼の柱に遮音材を落とし込み、水平方向に上中下の3箇所鋼材で柱を結んだ構造となっている。当初、防音壁も3Dプリンターでの作成を試みたが、フェンスと同様に硬化時の歪みが極めて大きく、使用に耐える平面性のある部品は得られなかった。そこでH鋼を0.25mmのプラ角材で作し、遮音材は0.3mm厚のプラ板を使用して、両者を組み合わせて完成させた。

等間隔で並ぶ架線柱は新幹線の景観を特徴づけるものであるため、ジオラマへの設置が欠かせない。だが、市販されている製品は都市近郊

の在来線電車区間の形態をモデルにしたものばかりで、独特の形態をしている東海道新幹線の架線柱としては使うことができない。東海道新幹線の架線柱は、可動ブラケットと呼ばれる部品の形態と、上下線それぞれの架線柱の上部を結ぶ鋼管パイプの存在が特徴的である。当初の計画では3Dプリンターでの作成を考えていたが、架線柱は直線的で厚みも薄いため、線路防護策や防音壁と同じく歪みが大きく使い物にならない結果となることが懸念された。新幹線では50mごとに架線柱が設置され、今回のジオラマは実物の延長で約100mの区間であることから、架線柱の必要本数は2セット×上下線の4本である。この後に説明する高架橋区間の分を考えても合計8本であるため、1本ずつ手作りすることでも対応可能な本数である。そこで可動ブラケットを $\varnothing 0.3$ の金属線から作成し、その他の部品もプラ棒などを組み合わせて作成し、これらパーツを市販の架線柱に追加することで完成させた。

3.2 高架橋区間

東海道新幹線の標準ラーメン高架橋は柱が8本で1ブロックとなっており、完全なアーチが3スパンと両端に0.5スパン分の張り出し部がついた形状をしている。1スパンは6mのため、1ブロックの全長は4スパン分で24mとなり、1:150のスケールで160mmとなる。

実物の高架橋の柱の断面は60cm×60cmなので、この模型のスケールでは4mm×4mmである。1mm厚のプラ板で2mm厚の角材をサンドイッチすれば4mm四方の柱となるので、高架橋は1mm厚のプラ板から部品を切り出して製作することにした。1mm厚のプラ板はカッターを使った手作業での加工は困難であるため、切り出しにはCNCフライスを用いた。CNCフライスは、ボール盤に数値制御で動くXYステー

ジが付いた簡易的な工作機械であるが、木材やプラ板などの加工においては十分な精度が得られる。平面的な加工専用だが、クラフトロボより厚いものを加工可能で、かつ、レーザー加工機より安価という特徴を持つ。

CNCフライスによる加工にはCADによる図面データが必要となる。ここでは河野・松本(1965)に掲載されている標準ラーメン高架橋の設計図^[9]をもとに、無償利用できる3D CADソフト「Fusion 360」で縮尺1:150にスケールダウンしたモデルを作成した。3D CADで作成したモデルを用いてプラ板をCNCフライスで加工する際には、CAMを用いてCNCに送信するNCプログラム(Gコードとも呼ばれる)を作成する必要がある。Fusion 360はCAMを内蔵しているため、この機能を用いた。CAMで出力したGコードをCNCの制御ソフトに送信すると、作成したモデル通りにプラ板が切り出される。

高架橋1ブロックあたりプラ板から切り出した同寸法の部材が4枚必要で、4ブロック製作することから合計で16枚を切り出した。寸法の狂いや歪みは極めて少なく、高架橋1ブロックを構成する8本の柱は狂いなく接地し、4つの各ブロックは同一寸法で完成した。

続けて4ブロック作成した高架橋のうち、2ブロックの柱部分に「鋼板巻き工法」を再現した。実物の鋼板巻き工法に使われる鋼板は6~12mm厚^[10]であるから、0.25mm厚のプラ板を実際に柱を囲むように貼り付けて、巻き立てを再現した。また、鋼板巻き工法により鉄板の巻かれている箇所では、鋼板の表面が塗装されているため、施工前のコンクリートのままの柱とは異なる色を塗ることで視覚的に未施工の柱と明瞭に判別できる。線路をのせるスラブなど柱以外の部分と、鋼板巻き未施工となる2ブロックの高架橋の柱は、盛土のり面を被覆した張り

コンクリートブロックと同様にサーフェイサーで下地を整えたのち、テクスチャーペイントを塗装してざらつきのあるコンクリート表面の質感を再現した(図4)。

高架橋の柱には耐震補強を再現したものとして「圧縮型鋼製ダンパーブレース」を取り付けた。また、張り出し部には「張り出し端部補強工」を再現した(図5)。どちらもX字型の構造物であり、実物はH鋼などの鋼材の組み合わせによって作られている^[11]。これらは張りコンクリートブロックと同じように実物の写真や図面を参考に3DCADソフトで設計図を作成し、3Dプリンターで出力した。この造形物は最も薄い箇所0.3mm厚程度の薄さとなり歪みが懸念されたが、立体的で凹凸が入り組んだ構造のため目立った歪みが生じることは無かった(図6)。

完成した4ブロックの高架橋はそれぞれ異なった仕様で防音壁設置などの仕上げを行なった。1ブロック目は開通当時を再現した転落防止柵だけが設置された状態、2ブロック目は従来型の防音壁が設置された状態、3ブロック目は新型防音壁に更新された状態、4ブロック目は新型防音壁のうち住宅街に近接した場所に設置される高さのあるものと作り分けた。このうち3,4ブロックが耐震補強を再現したものになる。

従来型の防音壁は盛土区間と同じように、0.3mm厚のプラ板による遮音材と0.25mmのプラ角材によるH鋼柱で製作した。新型防音壁の再現にはスジ掘りが施された模型素材(エバグリーン プラシート Vグループ0.5×3.2mm)を使用した。実物の新型防音壁は金属の質感が目立つので、模型でもアルミ調の塗装とした。

ジオラマの土台は高架橋区間も盛土区間と同様に杉材で組んだ枠にスタイロフォームをのせたものである。ここでは高架橋はジオラマの中心に配置して、その片側は密集した住宅地のシーナリーを作成した。民家や塀は市販の未塗装



図4 東海道新幹線の高架橋区間を再現したジオラマの全景



図5 耐震補強ならびに大規模改修による工事が施された高架橋の拡大図

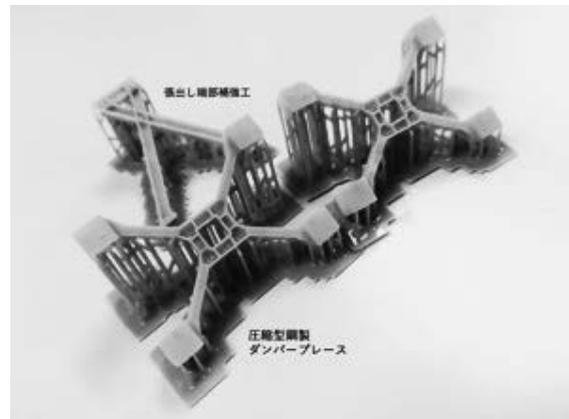


図6 3Dプリンターで出力した圧縮型鋼製ダンパーブレースと張出し端部の補強材

キットを活用し、電柱などは市販の完成品をそのまま使用した。現実の高架橋下は、駐車場や物置などとして活用されているが、今回はここに鏡を敷いて、高架橋本体やダンパー類がよく見えるように工夫をした。鏡を遮らぬように、手前はシーナリーを作らずに航空写真をプリントしたものを1:150のスケールに拡大してはりつけた。

4. まとめ

東海道新幹線を題材に、身近に見られる防災対策を再現した鉄道模型のジオラマを製作した。製作にあたっては、建設当時の資料を参照して東海道新幹線の特徴を可能な限り取り込み、近年の防災対策や大規模修繕工事についても論文

と現地調査をもとに再現した。3DプリンターやCNCフライスといった最新の工作機械の精度向上と価格の低下により、個人研究のレベルでもこれらを活用することが可能となったことで、複雑な形状をした部品も製作することができた。今後、防災イベントや大学のオープンキャンパスなどで今回の作品を活用する計画である。

本研究では鉄道模型の一部となる形でジオラマを製作したが、建物や地形の模型として同様のものを製作できる可能性がある。鉄道模型はジオラマの上を様々な車両を走らせることができるので、不動な構造物中心の情景に動きを与えることができる。このことが一般の人の関心を集める最大の理由であろう。建築や地形へと発展させる場合には、今回のものと同じスケールで作成し、鉄道模型と共存させることが普及・活用のためには必要な条件であると考えている。

参考文献

- [1] 池田俊雄 (1998). 地盤地質と鉄道土木の50年応用地質, Vol.39, No.1, pp.4-10.
- [2] 森川昌司・吉田幸司 (2013). 東海道新幹線土木構造物の大規模改修 日本鉄道施設協会誌, Vol.51, 781-784.
- [3] 池田俊雄 (1999). 新編 地盤と構造物, 鹿島出版会, pp.28-33.
- [4] 名古屋幹線工事局 (1965). 東海道新幹線工事誌, 日本国有鉄道岐阜工事局, pp.213-218.
- [5] 大木基浩・庄司朋宏・関雅樹 (2011). 新しい地山補強土工法の開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.66, 927-928.
- [6] 松本嘉司 (1964). 鉄筋コンクリート高架橋, 鉄道土木, Vol.6, pp.429-434.
- [7] 松本嘉司 (1965). 新幹線工事における鉄筋コンクリートの施工上の諸問題, コンクリートジャーナル, Vol.3, No.7, pp.1-11.
- [8] 大庭光商 (2013). 鉄道高架橋 (東海道新幹線から最近の高架橋), コンクリート工学, Vol.51, No.1, pp.112-115.
- [9] 河野通之・松本嘉司 (1965). 新幹線標準ラーメン高架橋の設計, 土木学会論文集, Vol.115, pp.23-25.
- [10] 松本嘉司 (2002). 東海道新幹線 コンクリート工学, Vol.40, No.1, pp.141-145.
- [11] 原恒雄・吉岡修・神田仁・舟橋秀磨・根岸裕・藤野陽三・吉田一博 (2004). 新幹線走行に伴う沿線地盤振動低減のための高架橋補強工の開発, 土木会論文集, Vol.766, pp.325-338.

(原稿受付日: 2020年12月14日)