

2022 年福島県沖地震の事例に基づく鉄道構造物の復旧日数算定法の検証

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○名波健吾 和田一範 坂井公俊

1. はじめに 2018 年大阪府北部地震等では、鉄道の早期運転再開の課題が浮き彫りになった。今後、構造物の地震時復旧性に関する性能評価がますます重要になると考えられる。それを踏まえ著者らは、復旧に必要な各工種の所要時間を合計することで、構造種別、損傷レベルに応じた復旧日数の評価を実施している¹⁾。このような状況下で、2022 年 3 月 16 日に福島県沖を震源とする $M_w7.3$ の地震（以下、福島県沖地震と表記）が発生した。本稿では、福島県沖地震の復旧事例²⁾と提案手法による復旧日数の算定結果を比較することで、提案手法の妥当性を検証する。

2. 検討概要 鉄道ラーメン高架橋の柱損傷を対象として「徐行による運転再開が可能なレベル」までの補修に要する日数を比較する。福島県沖地震の復旧事例²⁾では損傷程度を損傷度 A～D で表現しているが、本稿では「鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計」³⁾（以下、耐震標準）の損傷レベルに準じた整理を行う。そのため、文献 2) に記載の損傷度ごとの被害イメージや補修方法と耐震標準の定義を照らし合わせ、

表 1 損傷レベルの定義と補修方法

損傷レベル (損傷度 ²⁾)	耐震標準 ³⁾	補修方法 ^{1),2)}
1	無損傷	補修なし
2(D)	場合によっては補修が必要な損傷	ひび割れ注入
3(B,C)	補修が必要な損傷	断面修復、鉄筋修正、 ひび割れ注入
4(A)	補修が必要な損傷で、場合によっては部材の取替えが必要な損傷	全断面交換

せ、損傷レベルと損傷度と表 1 のように対応付けた。次に、福島県沖地震での復旧日数と事例数を表 2 に示す。復旧日数について明確な記載があるのは損傷度 B, C のみであり、このうち損傷度 B はラーメン橋台の事例であった。そのため以降ではラーメン高架橋の損傷レベル 3 に相当する損傷度 C の復旧事例に着目して、提案手法との比較を行う。

表 2 福島県沖地震の復旧日数と事例数²⁾

損傷レベル (損傷度)	復旧日数 (平均)	事例数
1	記載なし	
2(D)	記載なし	
3(C)	13.0	6
3(B)	20.0	2
4(A)	—	0

3. 復旧日数の検証

(1) 提案手法と福島県沖地震の事例の復旧日数の比較

提案手法によって算定した損傷レベル 1～3 の復旧日数と福島県沖地震の事例との比較を図 1 に示す。図中では、その他の地震の事例¹⁾も併記している。図より、福島県沖地震の事例は、その他の地震の平均±標準偏差内であるものの提案手法よりやや短いことがわかる。

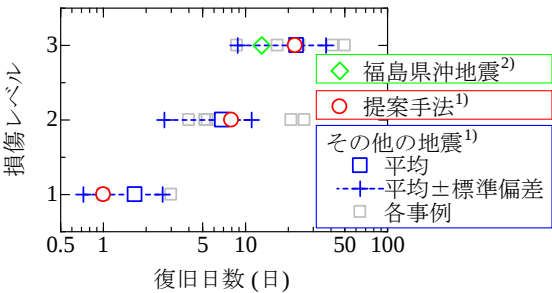


図 1 提案手法、福島県沖地震、その他の地震における復旧日数の比較

(2) 復旧作業の条件比較による考察

福島県沖地震の復旧日数が提案手法より短くなった要因について、復旧作業の条件を比較することで考察する。両者の復旧作業の内容を施工ステップごとに図 2 に整理する。なお文献 2) では、線路方向の施工状況に関する記載がなかったため、線路直角方向のみ図示する。本図より、まず補修範囲について、提案手法は柱の上下端であるのに対して、福島県沖地震の事例では柱の上端部のみと差異がある。次に、補修する柱の本数について、提案手法ではラーメン高架橋 1 箇所あたり 12 本（5 径間の全柱）であるのに対して、福島県沖地震の事例では、損傷した高架橋が計 6 箇所、損傷した柱が計 11 本と記載があり、1 箇所あたりの平均的な柱の損傷本数は 1.8 本となっている。施工内容について、提案手法では Step1（はつり・樹脂注入）でベントによる仮受けを実施するのに対して、福島県沖地震の事例では軌道面の沈下量が小さかったためか、仮受けを実施していない。また、Step3（断面の回復）について、

キーワード 復旧性、復旧日数、鉄道構造物、福島県沖地震

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7336

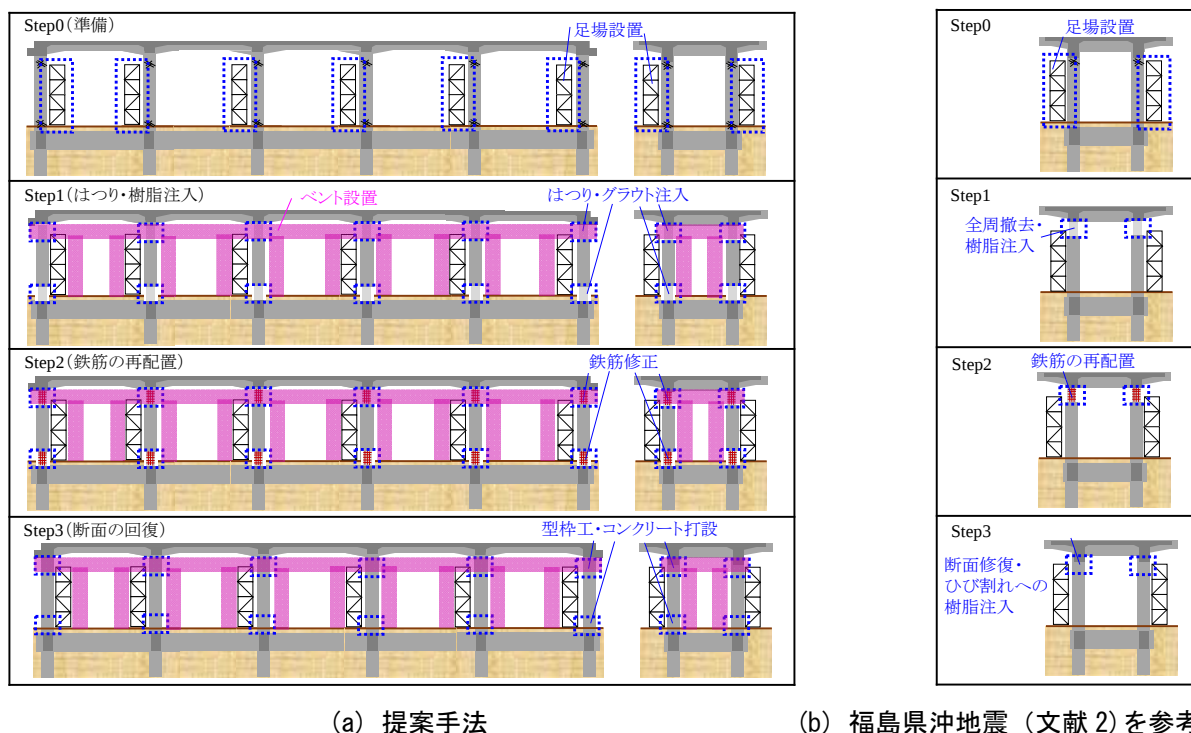


図2 補修作業の条件

提案手法ではひび割れへの樹脂注入は行わないが、福島県沖地震の事例では実施している。さらに、提案手法では昼夜施工を想定しているが、福島県沖地震の事例ではラーメン高架橋については昼夜施工を実施したという記載は見られず、通常の施工であったと推察される。このような復旧作業の違いが図1に示した復旧日数の差異の一因であると考えられる。

(3) 作業条件を統一した場合の復旧日数の算定

提案手法では、復旧作業に必要な各工種の所要日数を積み上げて復旧日数を算定している。そこで復旧作業の条件を福島県沖地震の事例に統一して復旧日数を算定し直した。ここで作業を行う班数は、補修範囲を勘案して半減させている。以上の条件で各施工ステップの所要日数を算定し、福島県沖地震の例と比較した結果を図3に示す。図中では、着工前および施工完了後の養生期間も併せて示す。本図より、復旧作業の条件を統一することで、実事例と近い結果が得られることがわかる。

以上より、個々の工種の所要日数を積み上げる提案手法の妥当性が確認された。なお提案法で算定される復旧日数は、図1

に示す通り様々な地震の事例の平均的な傾向を表現できているため、提案手法によって各種条件の差異を踏まえた平均的な復旧日数を評価できているといえる。

4. まとめ 本稿では著者らが提案する構造種別、損傷レベルに応じた復旧日数の算定法について、福島県沖地震での復旧事例と比較・考察することで妥当性を検証した。今後も復旧事例が得られる度に同様の比較・考察を行う。

参考文献 1)名波ら：鉄道構造物を対象とした構造種別・損傷レベル毎の地震後復旧日数の算出，土木学会論文集，Vol.79，No.13，2023（印刷中）。2)小林ら：福島県沖地震の強震動エリアにおいて損傷した新幹線RC構造物の被害と復旧，Structural Engineering Data，Vol.60，pp.10-19，2022。3)鉄道総研編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善出版，2012。

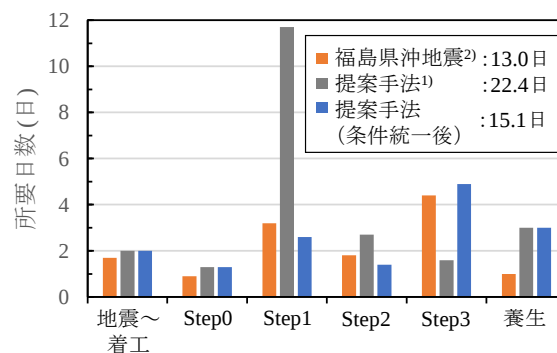


図3 各施工ステップの所要日数の比較