

RC ラーメン高架橋におけるブレース系耐震補強効果の簡易推定手法の提案

JR 東日本コンサルタンツ (株)正会員 ○高橋 寛成

JR 東日本コンサルタンツ (株)正会員 武田 智信

JR 東日本コンサルタンツ (株)正会員 野上 雄太

JR 東日本コンサルタンツ (株)正会員 山本 忠

1. はじめに

著者らは、RC ラーメン高架橋のブレース系補強材による耐震補強効果を簡易に推定する手法を提案することを目的とし、解析的検討を進めている¹⁾。本稿では、高架橋の諸元をパラメータとした詳細モデルの解析により、耐震補強効果について比較検討する。その後、ブレース系補強材による耐震補強効果の簡易推定手法の提案を行う。

2. 高架橋の等価固有周期および降伏震度の影響評価

(1) 解析条件

図 1 に解析モデルを示す。各部材のモデル化は、柱の先行降伏を前提として、梁は線形、柱は非線形(鉄筋コンクリート部材の復元力モデル²⁾)とした。また、杭は集約ばねとした。本稿で検討の対象とした無補強時の高架橋の諸元を表 1 に示す。等価固有周期(以下 T_s とする)および降伏震度(以下 K_{hy} とする)は、様々な高架橋を想定してパラメータとした。補強材は表 2 に示す軸方向ばね要素としてモデル化した。

入力地震動は鉄道標準³⁾の L2 地震動スペクトル II (G3 地盤用)を用いた。動的解析にはニューマーク β 法を用い、積分時間間隔は 0.001 秒とした。解析プログラムは汎用三次元非線形骨組み構造解析プログラム isas を使用した。

(2) 解析結果と考察

無補強時の高架橋の等価固有周期 T_s および降伏震度 K_{hy} をパラメータとした解析を行った。図 2 に $K_{hy}=0.5$ における T_s と天端の最大変位の関係を示す。 T_s が長くなるにつれて、補強材による変位の減少量が増大することがわかる。次に、 T_s と補強後の等価固有周期 T_s' の関係、および T_s と補強後の降伏震度 K_{hy}' の関係を図 3 に示す。 T_s が長いほど、補強後の等価固有周期 T_s' は大きく短周期化されることがわかる。また、補強後の構造全体系の降伏震度 K_{hy}' は、補強材が降伏する $F=800\text{kN}$ 以下では、 T_s に関わらず、概ね補強材の降伏耐力の分だけ上昇する。したがって、等価固有周期 T_s が長い構造物は、補強時に降伏震度が上昇することに加えて、等価固有周期が大幅に短周期化するため、天端の最大変位が大きく減少する。

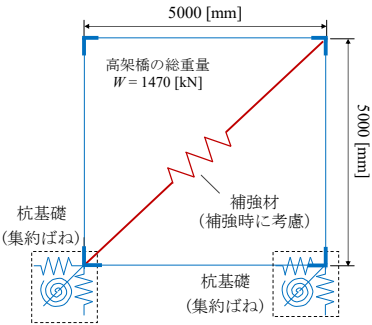


図 1 解析モデル (詳細モデル)

表 1 高架橋の諸元 (無補強時)

	パラメータ
等価固有周期 T_s [s]	0.3, 0.6, 1.0
降伏震度 K_{hy}	0.3, 0.5, 0.7

表 2 補強材の諸元

	パラメータ	備考
降伏耐力 F [kN]	200 (0.1) 800 (0.4) 4000 (1.9)	200kNダンパー相当 800kNダンパー相当 H300形鋼相当
軸剛性 K [kN/m]	80000	200kNダンパー相当
第2剛性比 K_2	0.0001	-
履歴則	バイリニア型	ダンパー、BRB等

※ () 内の数値は補強材の降伏耐力の水平成分を高架橋の総重量 W で除した値を示す

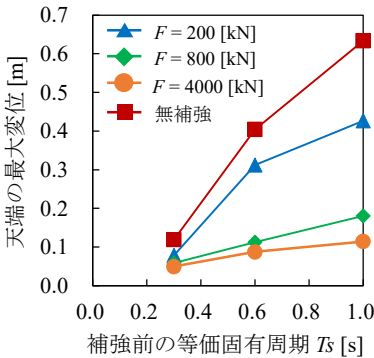


図 2 天端の変位 ($K_{hy}=0.5$)

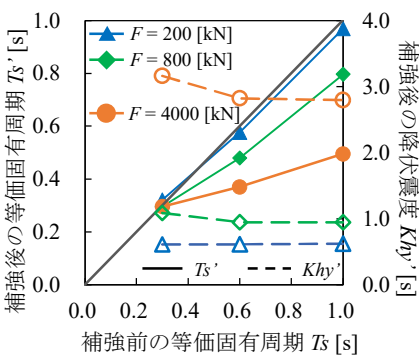


図 3 T_s' と K_{hy}' の変化 ($K_{hy}=0.5$)

キーワード RC ラーメン高架橋, 耐震性能, ブレース, ダンパー, 地震応答解析

連絡先 〒141-0033 東京都品川区西品川 1-1-1 JR 東日本コンサルタンツ (株) TEL03-5435-7625

図4に $T_s=0.6$ における補強前の降伏震度 K_{hy} と天端の最大変位の関係を示す。 K_{hy} が低いほど、補強材による変位の減少量は増大することがわかる。ここで、 K_{hy} と補強後の降伏震度 K_{hy}' の増加率 (K_{hy}'/K_{hy}) の関係を図5に示す。 K_{hy} が低いほど、補強後の降伏震度の増加率 K_{hy}'/K_{hy} は大きくなることをわかる。また、補強後の等価固有周期 T_s' は、いずれの K_{hy} においても、同程度だけ短周期化することを確認している。したがって、本検討では、補強前の降伏震度 K_{hy} が低い構造物は、等価固有周期が短周期化することに加えて、補強による降伏震度の増加率が大きいため、天端の最大変位は大きく減少する。

3. ブレース系補強材の耐震補強効果の簡易推定手法の提案

以上の解析結果から、高架橋の応答塑性率（変位）は、補強材の降伏耐力 F 、補強後の構造全体系の降伏震度 K_{hy}' と等価固有周期 T_s' が支配的なパラメータであると考えられる。一方、実設計において、補強後の降伏震度と等価固有周期は PushOver 解析などから把握するが、最適な補強材の諸元を選定するためには多くの解析を行う必要がある。本章では、補強前の降伏震度と等価固有周期から補強後の塑性率を推定できる降伏震度スペクトルを作成することで、既設高架橋の主要なパラメータを把握できれば、多くの解析を行わなくても補強効果を簡易に推定できる手法を提案する。

(1) 解析条件

解析モデルを図6に示す。このモデルは1質点2要素で構成される。具体的には、既設高架橋のみをモデル化したばね²⁾と補強材に相当するバイリニア型のばねの2要素である。ここで、補強材の降伏する水平震度を K_{hr} とした。入力地震動等の条件は2章と同様である。

(2) 降伏震度スペクトル

上記(1)の解析モデルを用いて、種々の既設高架橋の等価固有周期 T_s 、降伏震度 K_{hy} 、補強材の降伏震度 K_{hr} の組み合わせで解析を行った。検討結果の一例として、 $K_{hr}=0.4$ における高架橋の塑性率（変位）のスペクトルを図7に示す。この図を参照すれば、 K_{hy} と T_s のみから補強後の応答を推定できる。例えば、補強前の降伏震度 $K_{hy}=0.5$ 、補強前の等価固有周期 $T_s=0.6$ であれば、 $K_{hr}=0.4$ の補強材の場合、補強後の高架橋の応答塑性率は3程度になると推定できる。以上より、補強材の降伏震度 K_{hr} 毎の降伏震度スペクトルを比較することで、補強後の高架橋の塑性率を簡易的に推定し、基礎構造への影響を考慮した最適な補強材を選定できる。

4. まとめ

本稿では、種々の降伏震度および等価固有周期を有する高架橋をブレース系補強材で補強した際の挙動について、補強後の構造全体系の降伏震度と等価固有周期により傾向を把握できることを確認した。さらに、補強前の降伏震度および等価固有周期をパラメータとした降伏震度スペクトルを作成することで、補強材の降伏震度毎に補強後の塑性率を簡易に推定することのできる手法を提案した。

参考文献 1) 井比亨，高橋寛成，武田智信，野上雄太，山本忠：RC ラーメン高架橋におけるブレース系耐震補強効果のメカニズムに関する一考察，土木学会年次学術講演会講演概要集，2021。2) 鉄道総合技術研究所，鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，丸善，2012。

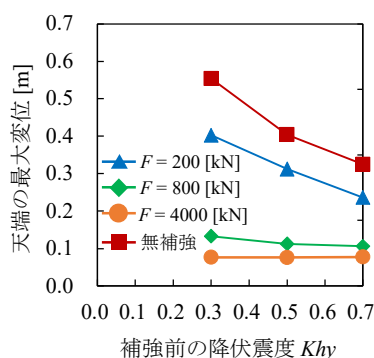


図4 天端の変位 ($T_s=0.6$)

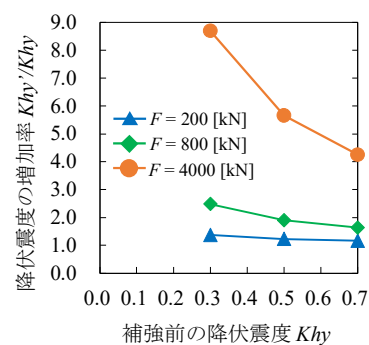


図5 K_{hy}' の変化率 ($T_s=0.6$)

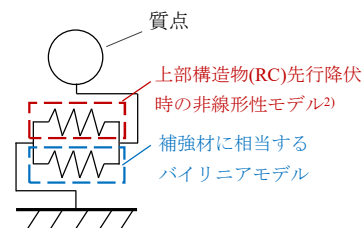


図6 解析モデル（簡易モデル）

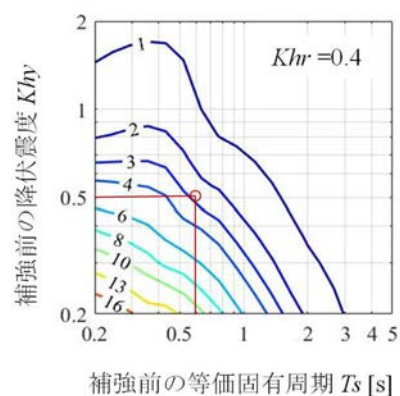


図7 降伏震度スペクトルの例