

RC 2層ラーメン高架橋の崩壊挙動に関する解析的検討に関する一考察

JR 東日本コンサルタンツ（株）フェロー会員 ○小林 薫，（正会員）山本 忠

1. はじめに

鉄道高架橋では、RC ラーメン構造が多用されている。この理由は、合理的で経済的な構造であるためである。RC ラーメン高架橋では、フーチング上面から上層スラブまでの高さが10mを超えると中層はりを設けた2層ラーメン構造とする場合がある。中層はりは、構造全体の不静定次数を大きくし、柱部材の発生曲げモーメントを低減し、柱断面の縮小に寄与している。

RC 2層ラーメン高架橋に関しては、中層はりの力学特性に着目した研究^{例えば1)}が多数行われている。RC 2層ラーメン高架橋の耐震性能を議論する場合、崩壊挙動を検討し、中層はりの効果を理解しておく必要がある。本検討では、線路直角方向を対象に3次元 FEM モデルによる幾何学的非線形性を考慮した大変形領域のプッシュオーバー解析から崩壊挙動に関する検討を実施したので報告する。

2. 解析の概要

(1) 解析対象 RC 2層ラーメン高架橋の概要

図1(a)(b)に、検討対象とした3径間連続RC2層ラーメン高架橋の一般図を示す。本ラーメン高架橋は、フーチング上面からスラブ上面までの高さが12mとなっている。耐震設計は、設計水平震度0.25とした震度法で行われている。柱の断面寸法は、上層・下層ともに1050mm×1050mmで、中層はりの断面寸法は線路方向、線路直角方向ともに850mm×1100mmである。柱部材に配置されている主鉄筋は、

D29 (SD345) が32本(図2)で、せん断補強鉄筋はD13の帯鉄筋が2組配置され、柱と梁接合付近で150mm間隔、その他の区間は300mm間隔となっている(図2(a)(b))。

(2) 解析モデル、解析手法の概要

図3に、構造全体系の解析モデルを示す。解析対象のRC2層ラーメン高架橋は、ゲルバー桁による接続形式となっている。ゲルバー桁部に関しては、ラーメン高架橋の桁受部に、ゲルバー桁と同じ桁高となる弾性部材を配置し、単位体積重量を調整し、ゲルバー桁の反力を作用させた。上層位置の軌道重量などの版上荷重は、スラブ上面にソリッド要素で板材を配置して模擬した。解析ケースは、線路直角方向中層はりの破壊モードがキーワード RC2層ラーメン、FEM解析、崩壊、幾何学的非線形

連絡先 〒331-8513 東京都品川区西品川一丁目1番1号大崎ガーデンタワー14F JR 東日本コンサルタンツ（株）TEL03-5435-7629

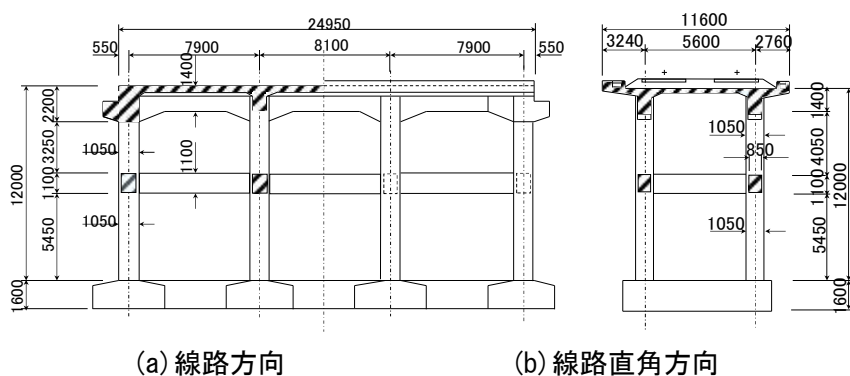


図1 RC2層ラーメン高架橋の一般図

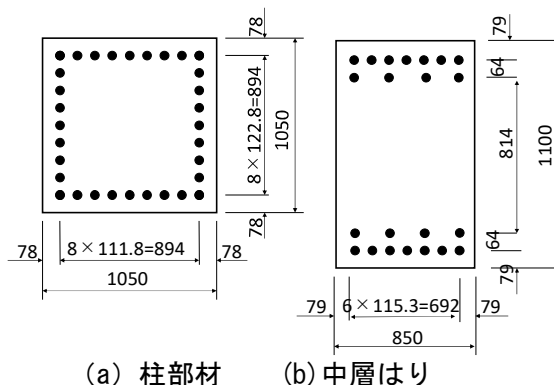


図2 各部材断面

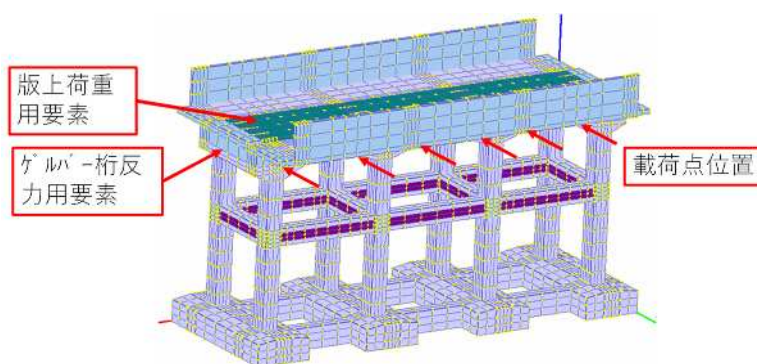


図3 構造全体系解析モデル

(a)せん断破壊形式, (b)曲げ破壊形式, となる場合と比較のため(c)中層はりがない場合の3ケースとした. 解析は幾何学非線形性を考慮し, 使用した RC 要素は, 载荷の経路依存性を再現可能な構成則を用いた. 载荷は, 上層梁位置を载荷点として, 変位制御により線路直角方向に漸増载荷した.

3. 解析結果の概要

(1) 崩壊の定義

本検討での構造物の崩壊は, 2 次モーメントの影響で水平変位の増大とともに, 復元力が減少していく. 2 次モーメントの影響を受けた構造全体系の復元力がマイナスになった場合, 重力の影響で高架橋上層部が自由落下状態となっているのを支えている状況となっている. この状態はすでに崩壊過程(メカニズム状態)にあるものと推察される. 構造全体系が崩壊過程に移行する限界点は, 構造全体系の復元力がゼロになった点と考えられる. よって, 本検討では, 構造全体系の復元力がゼロになった点を崩壊と定義した.

(2) 崩壊挙動の検討結果の概要

図4に, 3 ケースの上層位置の水平変位, 全水平反力の関係を示す. 幾何学的非線形性を考慮した解析を実施していることから, 構造全体系の復元力は上層梁位置の水平変位の増大とともに最大水平反力以降低下している. 傾向的には, 最大水平反力が大きいものほど, 崩壊となる上層位置の水平変位が大きくなっている. 図5は, X 軸に上層梁位置の水平変位, Y 軸は上層梁位置の鉛直変位を表したもので, 崩壊に至る変形挙動の軌跡を示したものである. 中層はりがせん断破壊する場合は, 中層はりがないものとはほぼ同じ軌跡をたどる. 中層はりが曲げ破壊する場合は水平変位が若干大きいので膨らんだ軌跡をたどるが, 中層はりがせん断破壊する場合とはほぼ同じ鉛直変位で崩壊に至る. 中層はりがない場合は, 中層はりがある場合の70%程度の鉛直変位で崩壊となった. 図6に, 中層はりがある場合の解析上崩壊となった水平変位時の変形状況を示す.

4. まとめ

以下に本検討結果をまとめる.

- (1) 構造全体系の復元力は上層梁位置の水平変位の増大とともに最大水平反力以降低下している. 傾向的には, 最大水平反力が大きいものほど, 崩壊となる上層位置の水平変位が大きくなっている.
- (2) 中層はりがせん断破壊する場合は, 中層はりがない場合とほぼ同じ軌跡をたどる. 中層はりが曲げ破壊する場合は崩壊に至るまでの水平変位が大きいので, 若干膨らんだ軌跡をたどる.
- (3) 中層はりがあるものはほぼ同じ鉛直変位で崩壊に至る. 中層はりがない場合は, 中層はりがある場合の70%程度の鉛直変位で崩壊となった

参考文献

- 1) 田中慎介, 武田篤史, 井林康, 鈴木基行: RC2層ラーメン構造の耐震性能に及ぼす中層ばりの力学的特性の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.19, No.2, pp.435-440, 1997

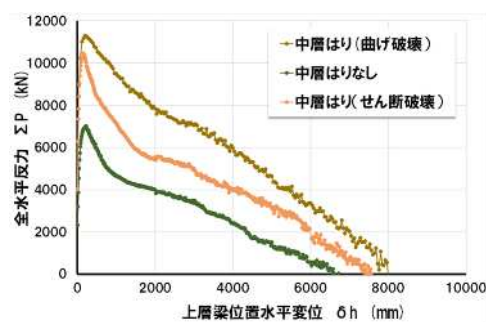


図4 上層梁位置水平変位と全水平反力との関係

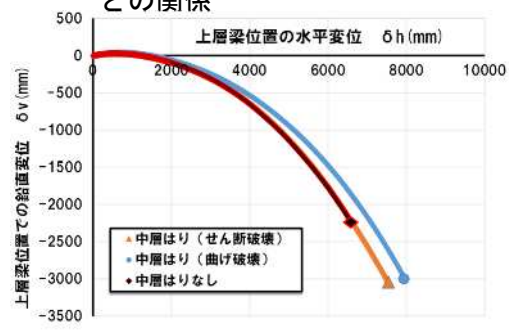
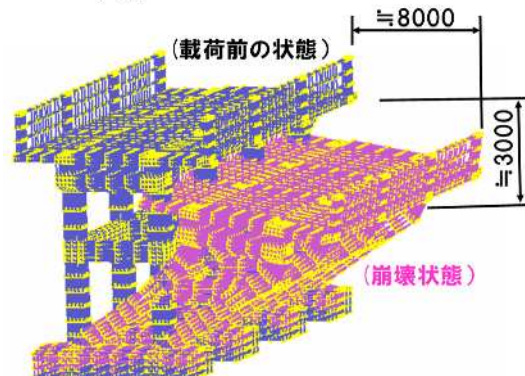


図5 上層梁位置水平変位と鉛直変位の関係



(変位 Scale : 1/1)

図6 崩壊時の変形状況
(中層はり(曲げ破壊タイプ))