

鋼・コンクリート複合構造高架橋の三角構造体部の応力状態に関するプッシュオーバー解析

東京都市大学大学院 学生会員 ○堀江佑太
 東京都市大学大学院 学生会員 山崎智史
 東京都市大学 フェロー会員 増田陳紀

1. 研究背景・目的

近年の公共工事緊縮財政の中で、地域連携により経済活力回復に寄与する道路を効率的に造り、また既成市街地の円滑なモビリティの確保により都市再生を図る事が道路行政への社会的要請の一つとして挙げられている。このような社会的要請への対応として、平成16年度に道路構造令及び踏切道改良促進法が改正され交差点、踏切での混雑緩和のための立体交差構造が注目されており、その中で既成市街地での交通網の立体交差化を目的とした新形式連続高架橋が提案されている。これまでに、この新形式連続高架橋を対象とした耐震性能に関する検討が行われており、地震対策上有効な構造形式であることが確認されている¹⁾。しかし、橋脚部の詳細な応力状態や、破壊様式等の検討はなされていない。

本研究では上記新形式連続高架橋の三角構造体部を対象とし、基本的な力学特性を把握する。その際、ひび割れ発生位置などの確認を行い、破壊形式の推定を行なう。また、解析を行う際に鉄筋-コンクリート間の付着特性を実験によって求め、ひび割れ性状、破壊状態に与える影響を確認する。

2. 解析対象橋梁

図1に示すような3径間連続V脚システム高架橋を解析対象とする¹⁾。当該橋梁は下端を免震支承で支持した三角骨組構造体(RC)相互を鋼桁で連結した連続高架橋とし、既存概念の高架橋が橋脚天端で上部工を支持していることによる下部工基礎部分の曲げ支配による設計を合理的に改善したものである。その結果図示のように単列基礎杭化を可能にした。

3. 解析モデル

本研究では、構造物をモデル化する際に付着特性を考慮し、ひび割れに関しての検討が行うため、対象高架橋の対象区間を連続体としてモデル化を行った。モ

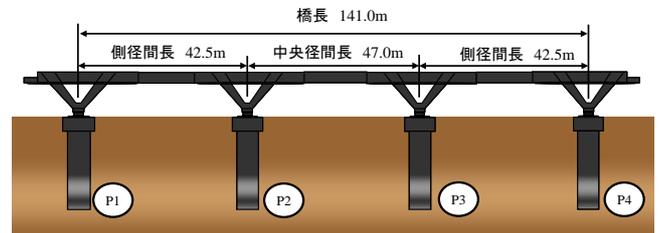


図-1:対象高架橋側面図

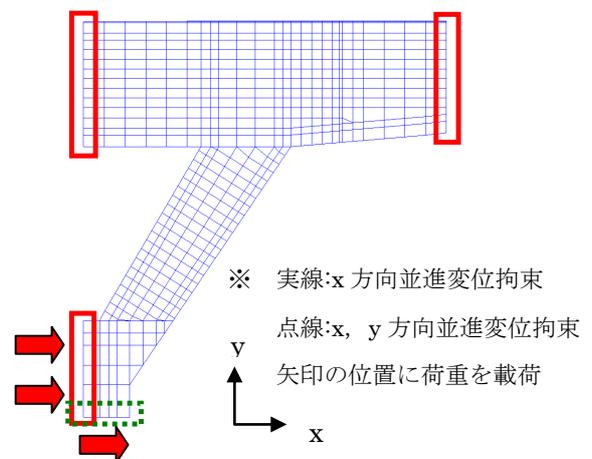


図-2:解析モデルと拘束条件 (V脚下端は強制変位拘束) デル化次元は2次元とし、解析で使用した要素は5種類である。コンクリート、鋼板は平面応力要素でモデル化を行った。コンクリート内の鉄筋にはトラス要素、埋め込み鉄筋要素を用いた。トラス要素を用いた鉄筋は付着特性を変化させる桁部、V脚部の軸方向筋に用いた。埋め込み鉄筋要素は周囲の要素分割の影響を受けないため帯鉄筋に設定した。鋼-コンクリート間、鉄筋-コンクリート間は界面要素を用いてモデル化した。この要素を用いて、異種材料間をバネで結合し、応力伝達を行うように設定した。

解析モデルの全体図を図-2に示す。また、境界条件として図-2に示すような拘束を施した。

4. プッシュオーバー解析概要

本研究では材料の力学特性の非線形性を考慮したプッシュオーバー解析を行う。解析には汎用FEM解析コード DIANA9.3を用いた。解析モデルは前述した構造

Key Words: プッシュオーバー解析, 三角構造体, 複合構造, 付着特性

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL03-5707-0104

モデルを用いて解析を行った。材料特性を表-1に示す。なお、荷重はV脚下端に強制変位でX方向に荷重を行い、最大で10mmとした¹⁾(図-2)。また、付着による解析ケースを表-2に示す。解析ケースの基本モデルをbondとする。

表-1:材料特性

コンクリート	圧縮強度	引張強度	ヤング率
	36MPa	3.6MPa	30GPa
鉄筋(SD345:D32)	降伏応力	ポアソン比	ヤング率
	345MPa	0.3	200GPa
鋼(SA490Y)	降伏応力	ポアソン比	ヤング率
	350MPa	0.3	200GPa

表-2:解析ケース

解析ケース名	使用した付着特性説明
bond	完全付着
nobond	付着なし
shima	島らが提案した付着特性
shima0.8	島らが提案した付着特性に0.8を乗じたもの
EM-N	鉄筋引抜き試験の結果
EM-S	緩やかに付着応力が低下するモデル
EM-R	急激に付着応力が低下するモデル

5. 解析結果

a) 応力状態結果

267kN 荷重時の応力状態図を図-3に示す。nobond以外は似た傾向のため、bondの結果のみ図示した。

全体的には圧縮応力が作用しており、V脚内部で斜め圧縮領域が形成される。また、引張応力が集中する箇所は図-3のAとBで示す部分であり、最大は約20MPa程度でAでは全体軸のX方向、Y方向の引張応力が発生しているが、Bでは主にY方向の引張応力が発生している。

また、鉄筋との付着を完全に絶ったnobondでは引張応力が他のケースと比べ低くなる傾向を掴んだ。Aでは2方向の引張応力が作用していることからひび割れ形状などに影響を与えることが考えられる。

b) ひび割れ発生箇所

Aの応力集中箇所での応力は、ひび割れが発生すると設定した引張強度3.6MPaを超えていることを確認した。各々の解析ケースにおけるひび割れが発生した荷重は75.01kN荷重時であり、その後の進展の様子には大差なく、どの解析ケースも同様に進展していった。

c) 破壊形式の推定

破壊形式を推定するにあたり、V脚部の主応力の作用方向に着目する。基本的には主鉄筋の軸方向に沿った形で、主応力の流れが見て取れる(図-4参照)。V脚の中心部では、V脚の長手方向に対して斜めの主応力が

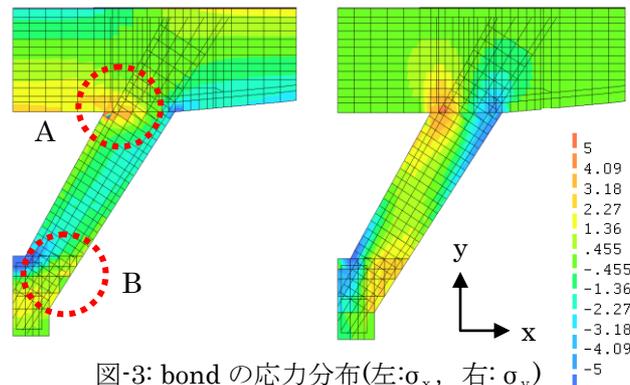


図-3: bondの応力分布(左:σ_x, 右:σ_y)

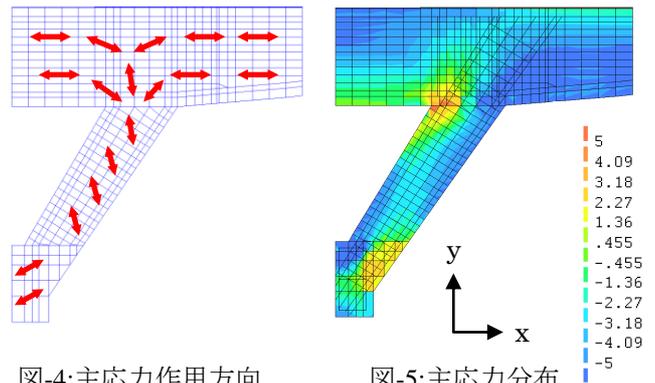


図-4:主応力作用方向

図-5:主応力分布

作用している。特に引張主応力が顕著であった部位は引張ひび割れが発生したと思われる図-3のA、Bの部分であった。Aの部位では主応力の方向が複雑に変化している特徴があった。引張主応力が最大であったケースはbondであり、37MPaであった。他のケースは約25MPa程度と同等の値をとっており、nobondのケースでは最大で12MPaであった。主応力の分布を見ると、どのケースにおいてもひび割れが発生した部位のみ引張応力が発生している(図-5参照)。以上の結果から、V脚部では引張応力より圧縮応力が作用していることからV脚部ではV脚部に対し斜め方向に圧縮力が作用しているため、せん断耐荷機構が形成されるためせん断破壊が起こる可能性は低い。ひび割れが多数発生している箇所では引張応力の最大値が高いため、鉄筋の増量や形状の改良による応力緩和策が必要である。

6. 結論

対象とした高架橋のV脚部ではせん断破壊する可能性は低い。また、多質点系の解析では確認できなかったひび割れも発生した。

【参考文献】

- 1) 村井悠他：立体交差化を目的とした新形式連続高橋とその耐震性に関する検討, 第62回土木学会全国大会, 2007.9
- 2) 島弘, 周礼良, 岡村甫「マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係」, 土木学会論文集 No.378, pp165~174, 1987年2月