

板橋・熊野町ジャンクション間拡幅改良における合成構造フーチングの設計

首都高速道路(株) 正会員 伊原 茂
(株)大林組 正会員○仲田宇史

中野博文
正会員 天野寿宣

1. はじめに

首都高速中央環状線の板橋・熊野町ジャンクション間拡幅改良工事では、既設のラケット型SRC橋脚をサンドイッチ工法により新設鋼製橋脚に受け替える計画としているが¹⁾、その新設橋脚の荷重をRCフーチング部に伝達する構造として、鋼製格子部材を用いた合成構造フーチングを採用した(図-1)。今回、新たに開発した本構造は、橋脚基部周辺における格子部材の浮上り挙動を抑制するために拘束筋を配置している点も特徴的である。本稿はこの合成構造フーチングの設計手法を紹介するものである。

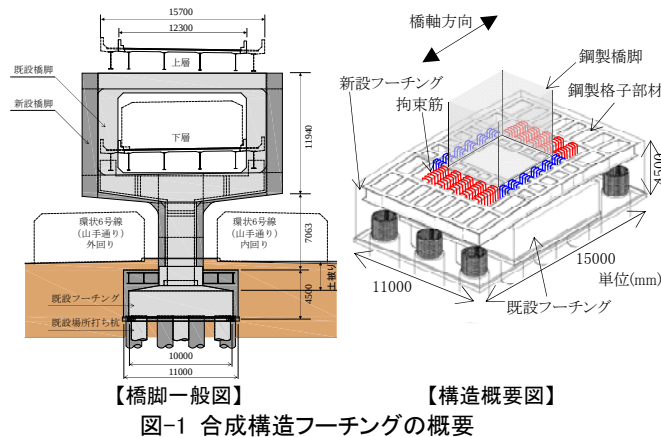


図-1 合成構造フーチングの概要

2. 合成構造フーチングの設計概要

図-2 に合成構造フーチングの設計フローを示す。

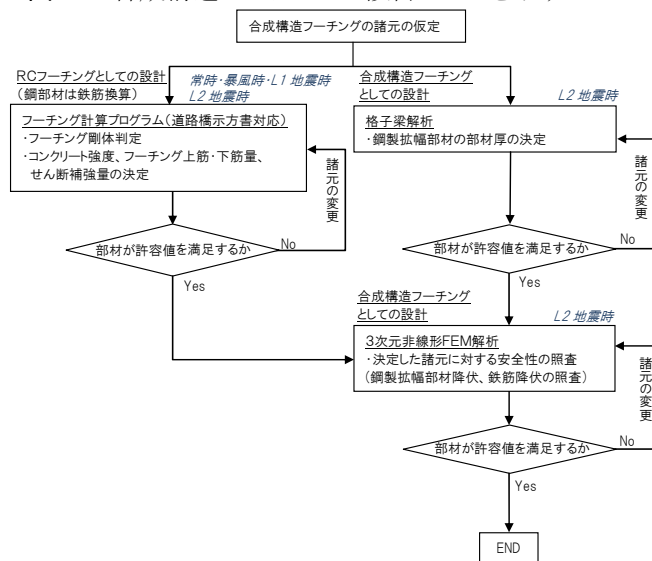


図-2 合成構造フーチングの設計フロー

フーチング内の上下主筋、せん断補強筋は道路橋示方書IV編に準拠した方法により、また、本構造特有の鋼製格子部材および拘束筋は、骨組み要素を格子状に配置した格子梁解析により決定した。そのため、これら個々の手法により決定された各部材に対して、全体挙動の把握およびレベル2地震時の安全性を照査する目的でFEM解析を行った。合成構造フーチングの耐震性能としては、「レベル2地震時においても部材が降伏しないこと」としている。

3. 鋼製格子部材の決定手法

(1) 解析モデルの概要

鋼製格子部材の設計に用いた解析モデルの概要を図-3に示す。フーチングが2つの部位により構成されるものと考え、鋼製格子部材の下フランジより上方のSRC断面(高さ1.3m)と、それより下方のコンクリート部(高さ3.2m)より構成されると仮定した。上方のSRC部のモデル化は図-4に示すように鋼製部材のウェブ位置に骨組み要素を格子状に配置し、下方のコンクリート部をバネ支点としてモデル化して格子梁の支持条件として考慮した。作用荷重はレベル2地震時に橋脚基部に作用する曲げモーメントを偶力に換算して押込み力と引抜き力として与えた。引抜き側のコンクリートバネは引張強度以上は抵抗しない条件とし、引張抵抗力の不足分を補うように拘束筋の鉄筋諸元を決定した(橋軸方向 D32@250, 橋軸直角方向 D29@250)。

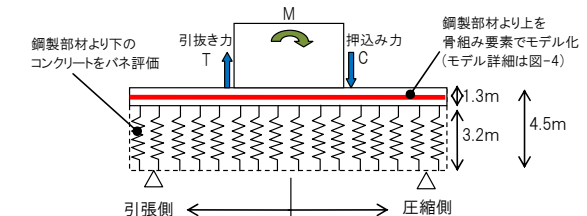


図-3 解析モデルの概念図

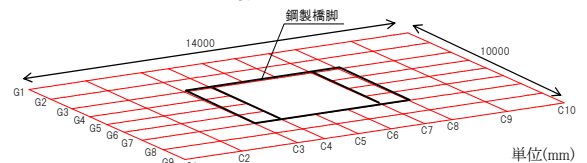


図-4 格子解析モデル

キーワード：合成構造、鋼製格子部材、格子梁解析、非線形 FEM 解析

連絡先：(株)大林組 橋梁技術部 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 Tel: 03-5769-1306、Fax: 03-5769-1979

(2) 鋼製格子部材の諸元

格子梁解析により各骨組要素の応答値(曲げモーメントおよびせん断力)を算定し、格子部材の諸元を決定した。せん断力に対しては安全側の配慮より鋼製部材のウェブのみを抵抗断面とし、曲げモーメントに対しては SRC 断面で抵抗するものとして鋼製部材を鉄筋換算した(図-5)。なお応答値の判定には以下の2項目の照査をおこない表-1 に示す部材諸元が得られている。

$$\text{作用せん断力 } S < \text{ウェブのせん断降伏強度 } S_y \quad (1)$$

$$\text{作用曲げモーメント } M$$

$$< \text{SRC 断面の降伏曲げモーメント } M_y \quad (2)$$

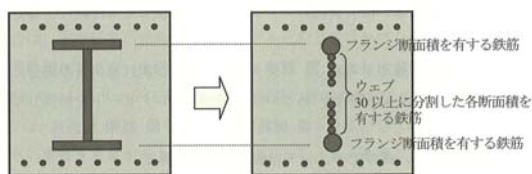


図-5 SRC断面における鋼製部材の鉄筋換算法
(土木学会 複合構造標準示方書 2009 より)

表-1 鋼製格子部材の諸元

格子桁	桁高 (mm)	フランジ幅 (mm)	フランジ厚 (mm)	ウェブ厚 (mm)
G1,G2,G8,G9	1050	350	10	9
G3~G7	1050	350	25	33
C1,C2,C9,C10	1050	350	10	9
C3~C8	1050	350	25	33

4. 非線形 FEM 解析による照査

(1) モデルの概要

FEM 解析(解析コード:FINAL)モデルを図-6 に示す。解析はレベル 2 地震時の安全性確認を目的とした静的非線形解析とし、作用力は橋脚天端に水平力($P=640\text{kN}$)を徐々に増加させながら与えて、上部工設計時の動的解析における橋脚基部のレベル2地震時反力(曲げモーメントとせん断力)を再現した。また、杭基礎は実際の円形断面と等価な断面面積を有する矩形断面を $1/\beta$ の長さまでモデル化している(β :杭の特性値)。鋼製格子部材および鋼製橋脚はシェル要素、コンクリート部はソリッド要素として鉄筋は埋め込み鉄筋定義を適用している。このうち、解析の主たる対象であるフーチング部のコンクリート、鉄筋および鋼製格子部材は弾塑性要素とし、中詰コンクリート、杭および鋼製橋脚は弾性要素とした。コンクリートの非線形特性は、圧縮側を修正 Ahmad モデル、引張側を出雲モデルとし、格子部材および鉄筋の非線形性はバイリニアモデルとしている。

なお、本解析は別途行った 1/5 スケールの耐荷力実験結

果との整合を確認したうえで、これをフルスケールに拡張したモデルを採用している。

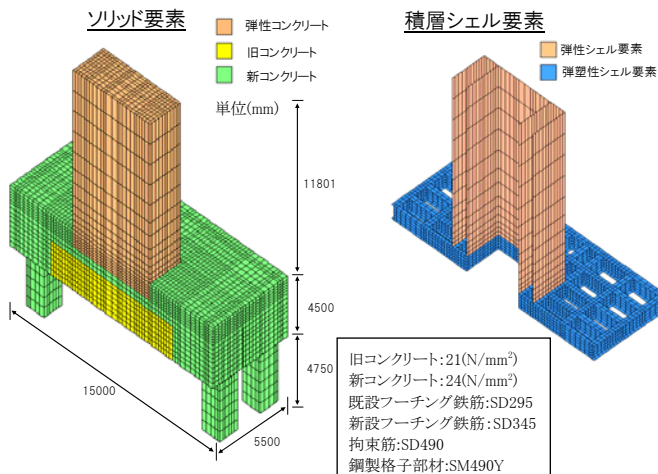


図-6 非線形 FEM 解析モデル

(2) 解析結果

図-7 および表-2 に非線形 FEM 解析における各部材の降伏イベント発生荷重を示す。本解析結果により、レベル 2 地震時に対しても安全性を有していることが確認された。

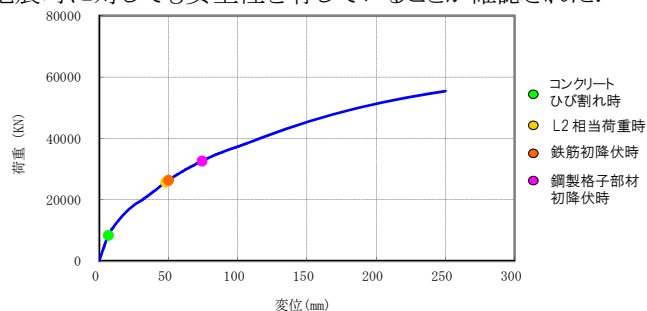


図-7 水平力-橋脚天端変位関係

表-2 非線形 FEM 解析結果

		降伏発生時の 水平荷重(kN)	L2 荷重との比率
(L2 地震時荷重)		15,337	1.00
鋼製拡幅部材		18,350	1.20
フーチング 上筋	橋軸方向	18,350	1.20
	橋軸直角方向	16,240	1.05
フーチング 下筋	橋軸方向	16,650	1.09
	橋軸直角方向	17,180	1.12
G3～G5 桁拘束筋		降伏なし	-
G6 桁拘束筋		20,490	1.34
G7 桁拘束筋		21,970	1.43
C6 桁拘束筋		16,860	1.10
C7 桁拘束筋		20,990	1.37
C8 桁拘束筋		17,970	1.17

5. まとめ

本稿では合成構造フーチングの設計手法について述べているが、特徴的な構造を有するため、格子梁解析と FEM 解析を組み合わせた手法としている。今後はより簡潔な設計手法を確立することが課題である。

参考文献

- 1) 村上裕真:板橋・熊野町ジャンクション間改良における合成構造フーチングの構造概要, 第 68 回土木学会年次講演会, PP517-518, 2013.9