

## 地盤連成 Pushover 解析による合成構造フーチングの検証

(株) 大林組 正会員○齋藤 隆 正会員 天野 寿宣  
 首都高速道路 (株) 正会員 松崎 久倫

### 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での渋滞緩和を目的とした拡幅工事において、新設鋼製橋脚と増設フーチングを低土被り内で結合するため、鋼製格子部材を用いて複合構造化した合成構造フーチングという新しい手法が用いられている(図-1参照)。その採用に当たり、FEM 解析や載荷実験などによりフーチング部の地震時耐荷性能を確認してきたが<sup>1)~4)</sup>、施工ステップや周辺地盤の影響が未考慮であったため、追加検討として構造物と地盤をモデル化した静的プッシュオーバー解析を実施した。本稿ではその結果について報告する。

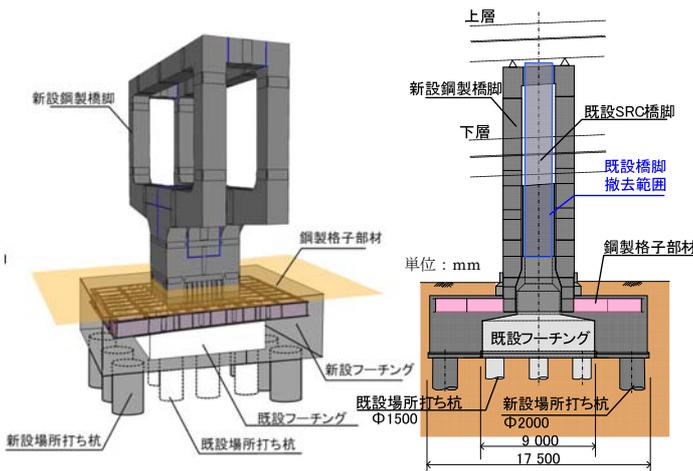


図-1 合成構造フーチングの概要

### 2. 検討条件

RC 構造物の FEM 解析に関して数多くの実績がある WCOMD を用いて、構造物-地盤連成系の 2 次元非線形解析を行うとした。なお、WCOMD モデルの妥当性については載荷実験に対するシミュレーション解析を事前に行い、確認している。

地盤連成の 2 次元非線形のプッシュオーバー解析の条件を図-2 及び表-1 に示す。特徴としては、ダブルラケット型の新設橋脚による上部工荷重の受替えと、既設橋脚の撤去による載荷荷重の変動を模擬して鉛直荷重を 3 段階で載荷した後に、L2 地震時荷重に見立てた水平荷重の暫時増加を行うとした。

なお、地盤条件に関しては検討対象とした橋脚近傍のボーリングデータから N 値や単位体積重量を設定し(表-2)、初期せん断剛性  $G_0$ 、せん断強度  $S_u$  などの材料物性値は、N 値を用いて以下の(1)~(4)式により算定し、大崎モデルのパラメータとすることとした。

$$G_0 = 11.76N^{0.8} \dots\dots\dots(1)$$

$$S_u = G_0 / 600 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{粘性土} \dots\dots\dots(2)$$

$$S_u = G_0 / 850 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{砂質粘性土} \dots\dots\dots(3)$$

$$S_u = G_0 / 1100 \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad \text{砂質土} \dots\dots\dots(4)$$

表-1 解析条件 (概要)

解析コード	WCOMD
モデル化範囲(高さ)	: 支持層まで
モデル化範囲(幅)	: 高さの5倍
モデル化範囲(奥行)	: フーチング幅
メッシュ分割	: 500mm以下を目安
埋込鉄筋RC要素	: 非線形(C=0.4:鉄筋バイリニア)
地盤要素	: 非線形
鋼材要素(フーチング)	: 非線形(バイリニア)
鋼材要素(橋脚)	: 線形
ジョイント要素	: RCフーチング・杭-地盤間
境界要素(側面)	: 2方向固定
境界要素(底面)	: 2方向固定
載荷ステップ(step1)	: 現状
載荷ステップ(step2)	: 杭・フーチング増設→橋脚増設→ 支承受け替え→既設橋脚撤去→ 新旧一体化→上部工拡幅
載荷ステップ(step3)	: 供用→L2地震時(Pushover)

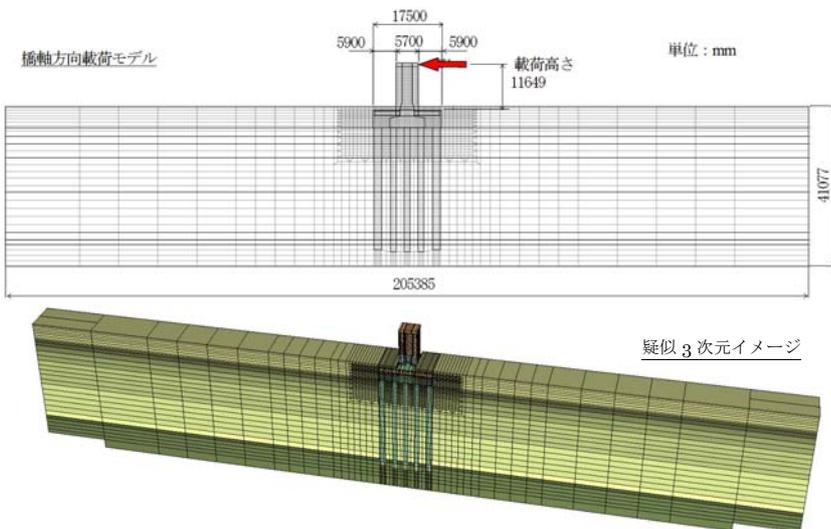


図-2 WCOMD による構造物-地盤連成モデル

キーワード 合成構造フーチング, 地盤連成解析, プッシュオーバー解析

連絡先 〒158-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 (株)大林組土木本部設計第一部 TEL03-5769-1305

表-2 地盤条件

地層名	記号	層厚(m)	平均N値	単位体積重量 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	せん断弾性係数 $G_0$ (N/mm <sup>2</sup> )	せん断強度 $S_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	
盛土層	B	5.44	3	13	28.321	0.047	
沖積粘性土層	Ae	2.23	2	13	20.475	0.034	
ローム層	LM	1.94	1	15	11.760	0.020	
東京層	第1砂質土層	To-s1	3.58	25	19	154.440	0.140
	第2砂質土層	To-s2	8.83	39	19	220.424	0.200
	粘性土層	To-c	10.39	12	16	85.852	0.143
	第3砂質土層	To-s3	1.87	32	19	188.160	0.171
	砂礫土層	To-g	1.23	47	19	255.909	0.233
第4砂質土層	To-s4	5.57	45	20	247.160	0.225	
江戸川層	粘性土層	Ed-c		40	20		

表-3 各イベント発生時の荷重レベル比較

部位および発生イベント		荷重レベル(対L2荷重比率:%)		
		静的連成解析 WCAMD	荷重実験	実験事前解析 FINAL
フーチング	初ひび割れ	32	20	73
	拘束筋初降伏	114	153	149
	上側鉄筋初降伏	122	204	200
	鋼製拡幅部材初降伏	131	243	225
橋脚	下側鉄筋初降伏	138	(未確認)	229
	鋼製橋脚初降伏	118	(未確認)	(弾性体)
既設杭	初ひび割れ	22	--	--
	主筋初降伏	75	--	--
	せん断筋初降伏	111	--	--
新設杭	初ひび割れ	17	(未降伏)	(弾性体)
	主筋初降伏	122	(未降伏)	(弾性体)
	せん断筋初降伏	127	(未降伏)	(弾性体)
最大荷重		--	350	429

3. 検討結果

プッシュオーバー解析では荷重点のL2地震時相当水平荷重を150%まで増加させた。解析結果を表-3および図3~7に示す。

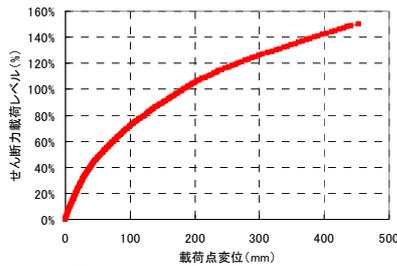


図-3 荷重-変位グラフ

構造物単体での評価を目的とした荷重実験や事前解析の結果と比較すると、地盤連成解析においては各部材の降伏が早く進行する結果となった。ただし、鋼製格子部材などの合成構造フーチングに関わる部材はL2地震時相当荷重においても降伏しておらず、設計における目標性能の確保が確認できた。また杭体の設計結果により、既設杭はせん断破壊を生じると予想していたが、変形図や鉄筋降伏図と合わせて考えると杭頭は曲げ挙動が支配的であり、せん断破壊は生じない可能性が高いという結果となった。

合成構造フーチングの内部の状態は、杭が鉛直荷重を負担できなくなるよりも先に、L2相当荷重の115%で鋼部材底面での鉛直力負担が大きく変動しており、内部損傷が大きく進行したものと考えられる。

4. まとめ

現行の合成構造フーチングのL2地震に対する目標性能は、地盤連成解析においても確保できていることが確認できた。今後は、内部損傷をさらに解明し、L2

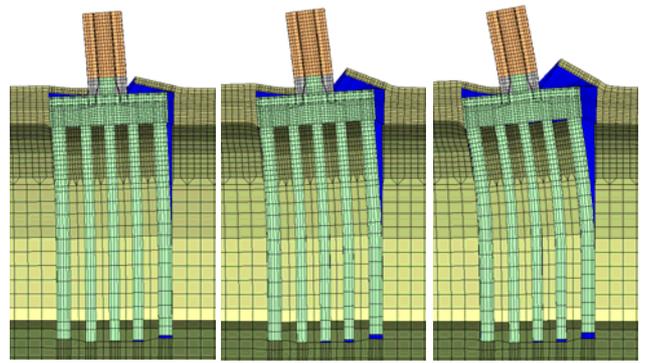


図-4 変形図(縮尺10倍)

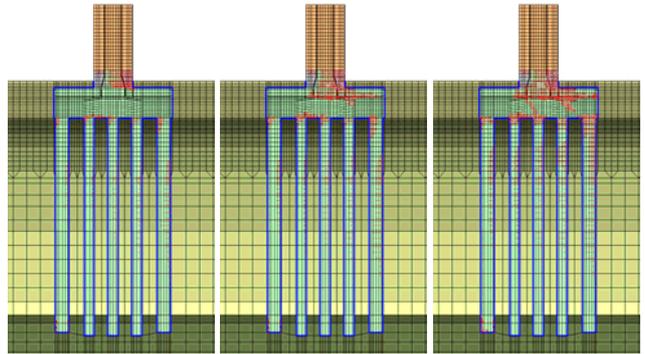


図-5 鉄筋降伏図

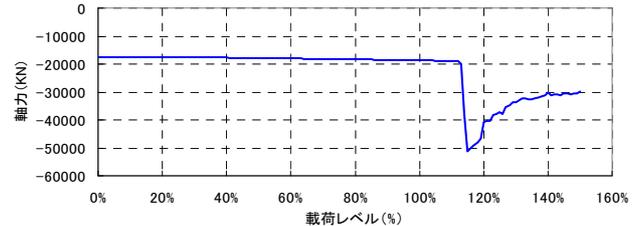


図-6 鋼製拡幅部材底面の鉛直力積分値

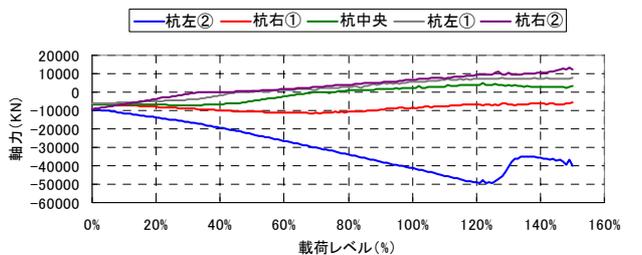


図-7 杭列の鉛直力分担値

地震時においても弾性設計を必要としない経済設計が可能となるよう継続的に検討を進めていく。

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，
- 2) 仲田宇史：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設計，第69回土木学会年次講演会，PP79-80，2014.9，
- 3) 天野寿宣：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橋軸方向荷重実験，第69回土木学会年次講演会，PP81-82，2014.9，
- 4) 伊原茂：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橋軸直角方向荷重実験，第69回土木学会年次講演会，PP83-84，2014.9