

現地レポート

首都高速中央環状線機能強化を実現した橋梁基礎の耐震補強

石原陽介・内海和仁

1. はじめに

首都高速道路中央環状線機能強化事業は、首都圏の環状線として初めて全線開通した中央環状線のボトルネック対策、ミッシングリンク対策を実施したものであり、板橋・熊野町ジャンクション（以下「JCT」という。）間改良と堀切・小菅JCT間改良の4車線化、中央環状線と高速7号小松川線を接続する小松川JCT新設事業を行うものである（図-1）。本報告では、首都高速道路で実現した3つの改築事業の中で設計・施工した橋梁基礎の耐震補強技術について報告する。

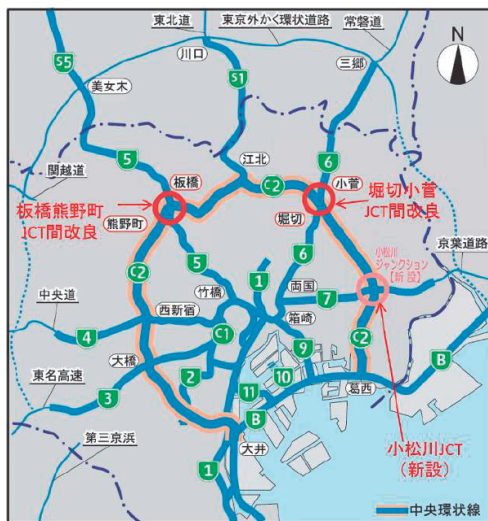


図-1 中央環状線機能強化事業位置図

2. 板橋・熊野町JCT間改良事業

2.1 事業概要

板橋・熊野町JCT間4車線化事業は、中央環状線と高速5号池袋線が接続する区間を拡幅し4車線化する事業である。板橋JCTから熊野町JCT間は、2車線の中央環状線と2車線の高速5号池袋線が合流、分岐する区間であり、当初車線数が3車線であることから慢性的な渋滞が生じていた。こ

れを解消するため、図-2に示す約520mの区間において上部構造の幅を両側に約1.7mずつ拡幅し4車線化した。本JCT間の既設構造は上下2層の上部構造をラケット型橋脚で支持する構造としていたため、下層の4車線化に際し、上層を支える柱が支障となる。そのため、図-3に示すように既設SRC橋脚の前後に鋼製橋脚を新設し、供用下において上部構造の支点を受け替え、その後、既設橋脚を撤去する「サンドイッチ工法」を採用し、上部構造を拡幅している。

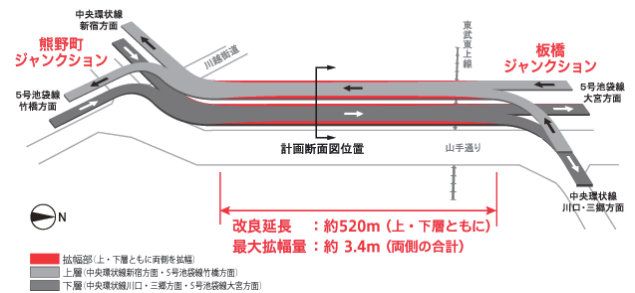


図-2 板橋・熊野町JCT間4車線化事業範囲

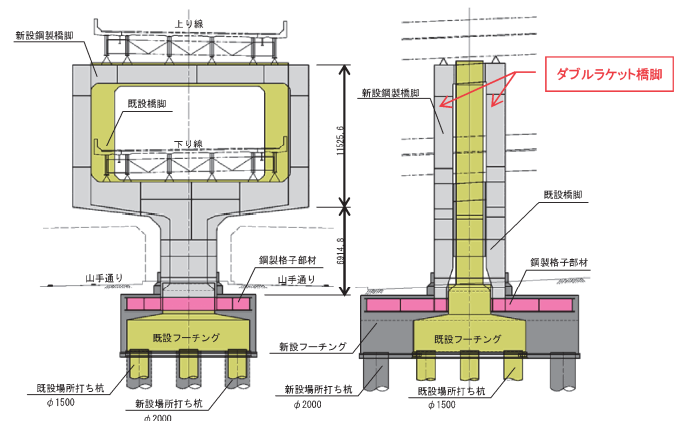


図-3 橋脚の基礎構造

2.2 橋脚基礎補強概要

新設橋脚の基礎構造は、街路の中央分離帯と片側1車線を規制して設けた狭隘な常設作業帯内での施工であることから、増杭は図-3に示すようにフーチングを拡幅することが可能な橋軸方向側の前後に配置した。レベル2地震動に対して安全性を担保するため、既設杭は考慮せず、新設増杭の

みを考慮して設計した。施工は、空頭制限下でも施工可能なリバース工法（TBH工法）を用いた。本事業では、補強後のフーチングの土被り制限があったことから、新設する鋼製橋脚と基礎構造との接続方法に加え、フーチングの増厚を可能とする新たな接続構造である合成構造フーチングを開発した。合成構造フーチングは、橋脚からの荷重を効率的にフーチング及び杭へ伝達させるため、図-4に示すように柱基部に剛結した鋼製部材をフーチングの増厚部に埋設し、既設フーチングと一体化させた構造である。写真-1に示すように埋設する鋼製部材は平面的に大きくし、荷重伝達に優れたI断面からなる格子構造とした。橋脚基部周辺には鋼製格子部材の浮き上がりを抑制するため、拘束鉄筋を配置している。また、鋼製格子部材寸法及び鉄筋配置は、格子解析及び3次元非線形FEM解析により決定した。なお、開発した合成構造フーチングの荷重伝達メカニズム、最大耐力、及び最終破壊状態を確認するため、実構造物の1/5の供試体に対して載荷試験を実施し構造安全性を確認している^{1)・2)}。

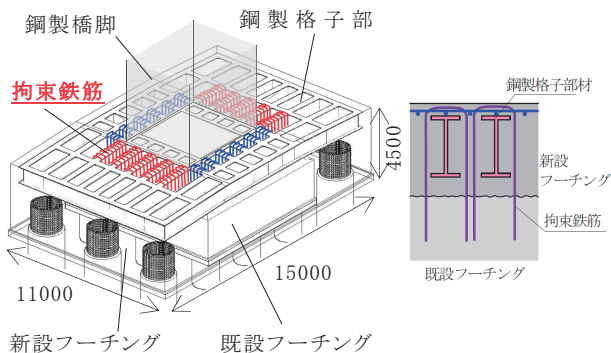


図-4 合成構造フーチングの構造



写真-1 合成構造フーチングの鋼製格子部材

3. 堀切・小菅JCT間改良事業

3.1 事業概要

堀切・小菅JCT間4車線化事業は、高速6号向島線及び高速6号三郷線が接続する中央環状線の内回りを拡幅し4車線化する事業である（図-5）。当該区間の高架橋はダブルデッキ構造で、上層の外回りは平成13年に4車線化していたが、下層の内回りは3車線のままであり、慢性的な渋滞が発生していた。これを解消するため、下層の延長約560mの区間を綾瀬川側に最大3.4m拡幅し4車線化した。拡幅を行う高架橋の基礎は綾瀬川の堤防の堤体内に位置しており、上部構造の拡幅に伴う死荷重や交通荷重の増加に対応する必要がある一方、河川内に橋脚を新設するような堤体内での大規模な改築は困難であった。この課題を解消すべく、改良区間の高架橋全体で免震・制震化を図り耐震性を確保することとし、既設基礎の全11基のフーチング上面の増厚補強に加え、そのうち3基のみ鋼管矢板基礎の増杭補強をあわせて実施した（図-6）。

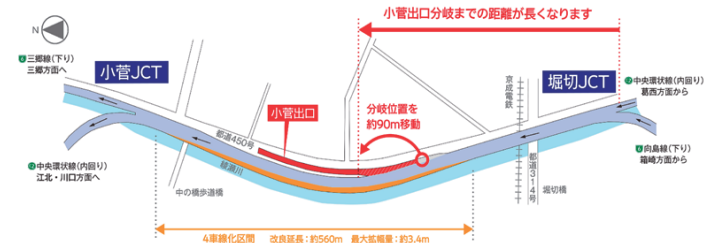


図-5 堀切・小菅JCT間4車線化改良事業平面図

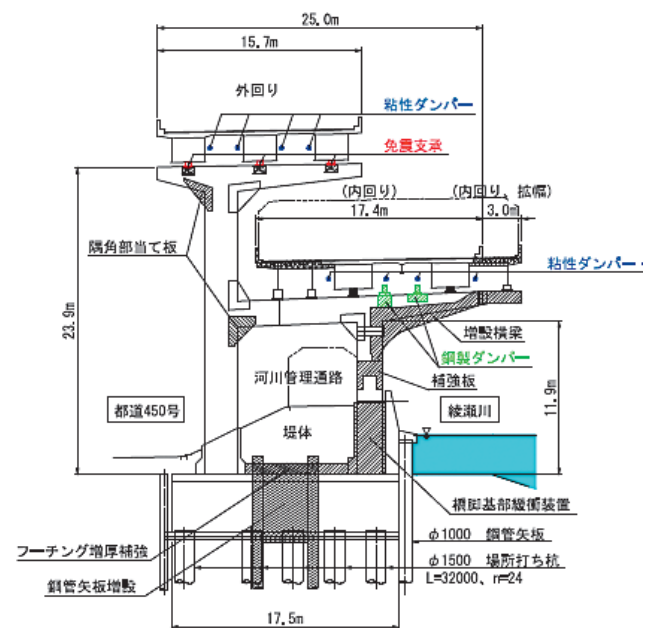


図-6 橋脚断面図

3.2 橋脚基礎補強概要

首都高速道路の橋梁として初めて橋梁全体で免震・制震化を採用し、免震支承及び粘性ダンパー、鋼製ダンパーの配置により、橋脚や基礎への地震時慣性力の低減を図る構造とした。拡幅範囲の既設基礎11基のうち3基では、レベル2地震動（タイプⅡ）に対して杭に発生するせん断力が既設杭の耐力以上となるため増杭が必要になった。また、11基すべてでレベル1地震動に対してフーチング下面の鉄筋が許容応力度を超過したためフーチング上面の増厚による曲げ補強を実施している。綾瀬川護岸への影響を考慮し、3基の増杭は橋軸方向のみの配置とし、現場の空頭制限、施工性、土質条件から、鋼管矢板基礎を採用し既設RCフーチングと一体化した（図-7）。施工はウォータージェット併用圧入工法により施工した。施工状況を写真-2に示す。

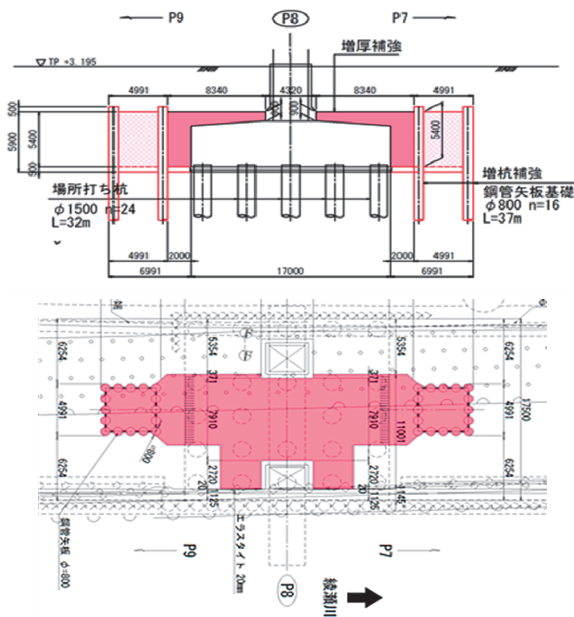


図-7 橋脚基礎の補強構造



写真-2 増厚補強と鋼管矢板基礎の増杭補強状況

4. 小松川JCT新設事業

4.1 事業概要

小松川JCT（新設）は、これまで中央環状線と高速7号小松川線が立体的に交差していた江戸川区西小松川町付近において、図-8に示すように、中央環状線の埼玉方面と高速7号小松川線の千葉方面とを結ぶ連絡路を新設する事業である。工事は、荒川の中堤に位置している中央環状線と接続し中川を渡る高架橋を整備する河川部工事と中川左岸から千葉方面を整備する陸上部工事の大きく2つに分け実施した。本事業のうち橋梁基礎を補強した箇所は、7号小松川本線を支える小305・306橋脚である。ここでは、隣接して中川堤内に設置されている小304橋脚に関して、堤体に影響を及ぼさないよう支承条件を固定から可動に変更したことに伴い、小305・306橋脚の支承条件を可動から固定に変更し、橋脚形式を門型ラーメン形式から壁式に変更することになったことから、橋脚基礎の補強が必要となった。（図-9）。

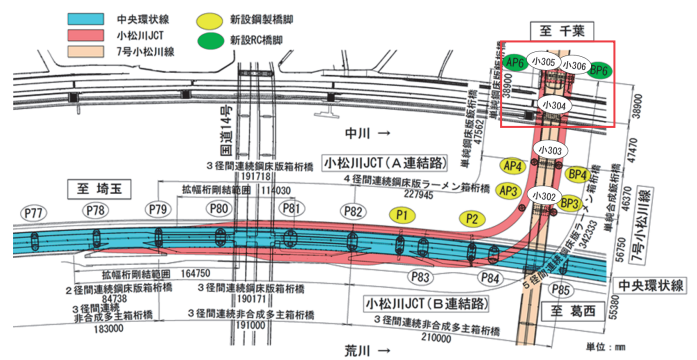


図-8 小松川JCT平面図

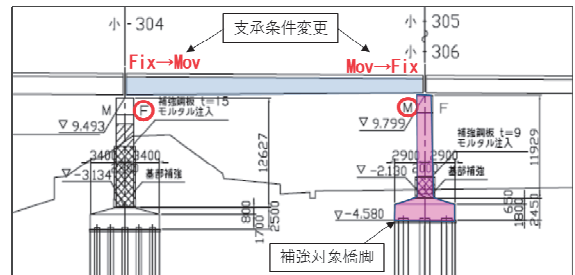


図-9 支承条件変更イメージ図

4.2 橋脚基礎補強概要

補強対策工を比較検討した結果、既設ラーメン橋脚全体の耐力を向上させる必要があったため、

①横梁片持部下面のコンクリート増厚、②柱部の壁式橋脚化、③底版上面のコンクリート増厚および④基礎部の増杭工法を実施した（図-10）。また、柱部のRC巻き立て工法に関しては、既設コンクリートの拘束によるひび割れが懸念されたことから、温度応力解析を実施した上で、低発熱・収縮抑制型高炉セメントを用いたコンクリートを採用した。既設杭は場所打ち杭 $\phi=1,270\text{mm}$ であったが、増杭補強にあたっては、本工事は河川保全区域内となることから、フーチングの大きさに制約があり、検討の結果鋼管杭を採用している。施工にあたっては、高速7号小松川線の桁下での作業となるため、空頭制限を考慮し、低空頭の鋼管回転圧入杭打機によるPipe Screw Press工法（以下「PSP工法」という。）を採用した。PSP機を使用した鋼管杭圧入工の施工状況を写真-3に示す。

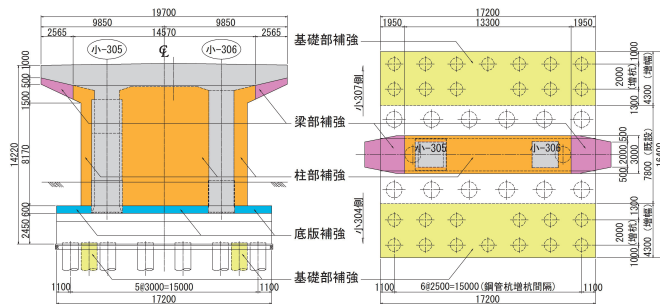


図-10 小305・306橋脚の耐震補強概要図



写真-3 鋼管杭施工状況（左上：先端ビット）

5. まとめ

本報告では、既設の中央環状線の橋梁に対し、改築を実施することで、上部構造重量が増加することなどから、厳しい制約のなか、改築を可能とするために実施した橋梁の基礎構造の補強について報告した。板橋・熊野町JCT間改良事業では、新たに開発したサンドイッチ工法及び合成構造フーチングを採用した。堀切・小菅JCT間改良事業では、免振・制震化により橋脚の補強と堤体内の橋梁基礎の補強規模を最小限とした。小松川JCT新設工事では、既設橋脚の支承条件の変更に伴い既設の門型橋脚を壁式橋脚に補強した上で、基礎補強を実施した。これら3つの事業を実現可能とした背景には、既設橋脚を活用しつつ、合理的に補強を可能とした設計・施工技術の発展と適用が理由に挙げられる。今回報告した事例が、今後計画される既存ストックの活用や、今後発生が想定される大規模地震に対する橋脚基礎補強の一助となることを期待する。

参考文献

- 1) 伊原茂、中野博文、内海和仁、武田篤史、天野寿宣、斉藤成彦：鋼製格子部材を埋設した合成構造フーチングの耐荷性能に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.60A、pp.848～860、2014.3
- 2) 伊原茂、中野博文、齋藤隆、天野寿宣、斉藤成彦：アンカーフレーム代替機能を有する合成構造フーチングの耐荷性能に関する実験的研究、土木学会論文集A1、Vol.71、No.1、pp.55～71、2015.2

石原陽介



首都高速道路(株)技術部
構造技術室設計技術課
課長代理
ISHIHARA Yosuke

内海和仁



首都高速道路(株)技術部
構造技術室技術推進課
課長代理
UCHIUMI Kazuhito