

深礎基礎と橋脚の接合部における解析的検証について

(株)高速道路総合技術研究所 正会員 ○林 秀和
西日本高速道路(株) 関西支社 正会員 緒方 辰男

1. はじめに

深礎基礎は、昭和40年代の全国的な高速道路建設の展開を皮切りに、山岳部の橋梁の基礎構造として数多く採用されている。旧日本道路公団時代より研究開発が進められ、多くの室内実験や原位置実験を基に斜面上の深礎基礎に関する設計基準が制定され、現在に至っている¹⁾。現状の課題から、より一層の構造の合理化を図るため、大口径深礎と橋脚の接合構造に着目して改善策を検討した。本報文では、2次元FEM解析を用いた検討結果を報告する。

2. 検討課題

大口径深礎と橋脚躯体の接合部(以下、「接合部」という。)は、橋脚躯体からの断面力を基礎本体へ確実に伝達する構造でなければならない。従来基準¹⁾では、必要な定着長を確保して橋脚及び基礎本体の軸方向鉄筋を配置している(図1、写真1)。必要定着長は、前者が基礎天端から $d/2+35\phi$ を、後者が橋脚軸方向鉄筋の定着位置から 35ϕ を確保した長さである。また、橋脚の軸方向鉄筋は、直角フックで接合部に定着している。これらの定着長は接合部の高さを決める要因となっており、コンクリートの打設量や鉄筋組立てなど施工性に影響する。従来基準の定着長や接合部の耐力について、解析的な検証を行った。

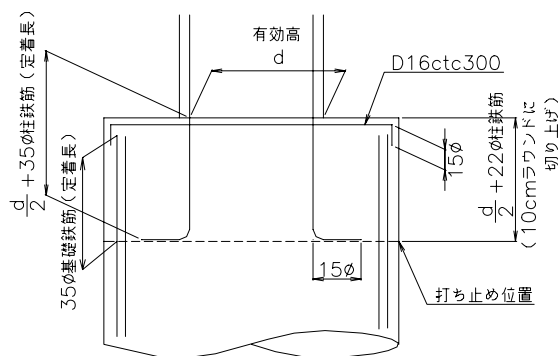


図1 大口径深礎と橋脚の接合部



写真1 大口径深礎と橋脚躯体の接合部の状況

3. 解析概要

橋脚や基礎本体が破壊する状態を再現するため、橋脚を含めた深礎基礎の全体モデルを作成し、2次元FEM解析を実施した。橋脚天端に一方方向の荷重を作用させ、その位置における荷重-変位曲線から橋脚の最大荷重を求めた。また、コンター図で接合部の損傷状況も確認した。橋脚及び基礎本体の軸方向鉄筋の定着長と接合部の補強鉄筋を検討項目とし、表1に示す解析モデルで定着長や補強鉄筋量を変化させて解析を行った。

4. 軸方向鉄筋の定着長をパラメータとした解析

軸方向鉄筋の定着長は、表2に示す範囲を条件とし、500mm間隔で入力値を変化させた。橋脚の軸方向鉄筋では、定着長が長いほど最大荷重及び最大変位が大きくなる傾向があるものの、現行基準の $d/2+35\phi$ 以上の場合は、荷重-変位曲線に相違は見られなかった。損傷状況は、現行基準以下で軸方向鉄筋の自由端で破壊されているのに対し、現行基準以上では橋脚基部で破壊が生じ、自由端で破壊に至らなかった。

一方、基礎本体の軸方向鉄筋では、定着長が 20ϕ 程度以上であれば、定着長の相違による最大荷重や最大変位はほとんど見られなかった。

表1 解析モデル

橋脚高	30m
基礎径	8m
杭長	11m
橋脚軸方向鉄筋	D51@150mm
橋脚軸方向鉄筋	D29@150mm
基礎軸方向鉄筋	D51@150mm
基礎帯鉄筋	D29@150mm

キーワード：深礎基礎，大口径深礎，接合部，定着長，補強鉄筋

連絡先：(株)高速道路総合技術研究所 〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1 TEL 042-791-1621

位への影響はほとんどなかった。

5. 接合部の補強鉄筋をパラメータとした解析

接合部は無筋コンクリートの範囲が大きいので、無筋状態での破壊形態を確認するとともに、補強鉄筋の鉄筋量及び配置方法をパラメータとして、接合部の破壊耐力や損傷形態を比較した。鉄筋量は表3に示す値とし、それぞれ鉛直方向及び水平方向に配置した場合を解析した。なお、Case1は道路橋示方書・同解説下部構造編(昭和55年5月)に規定されているフーチング主鉄筋の最小鉄筋量等を参考とし、Case2は深礎基礎の帯鉄筋を接合部に配置した鉄筋量を想定したものである。橋脚及び基礎の軸方向鉄筋の定着長は、従来基準で設定した。

図2に橋脚天端位置における荷重-変位曲線を示す。これは、補強鉄筋を鉛直方向に配置した場合の解析結果である。鉄筋量を0.2%から2.6%に約13倍増加させても、最大荷重は鉄筋量に差はなかった。補強鉄筋がない場合は、補強鉄筋ありの場合と比較して数%程度下回った。また、解析モデルは実設計を基に設定しており、橋脚耐力が深礎基礎より小さいため、橋脚基部の破壊が先行する。これでは補強鉄筋の効果が明確とならないため、橋脚を弾性体として深礎基礎の終局までを考慮した解析を行った。その結果、補強鉄筋量に応じて最大荷重が増加する傾向となった。解析結果を表4に示す整理する。

また、損傷状況に着目すると、補強鉄筋の有無により損傷部位に明らかに相違が生じている。補強鉄筋なしの場合は橋脚軸方向鉄筋の自由端で破壊が先行し、補強鉄筋ありの場合は接合部の応力が分散され、橋脚基部の損傷が先行した(図3)。

表4 最大荷重(鉛直補強鉄筋の場合)

	橋脚の終局耐力に着目したモデル	深礎基礎の終局耐力に着目したモデル	比率(/)
補強鉄筋なし	6,600kN	7,100kN	1.08
Case1	6,800kN	7,600kN	1.12
Case2	6,800kN	8,300kN	1.22

補強鉄筋を水平方向に配置した場合も同様に鉄筋量を変化させて解析したが、鉛直方向に配置した場合とほぼ同様の結果が得られた。

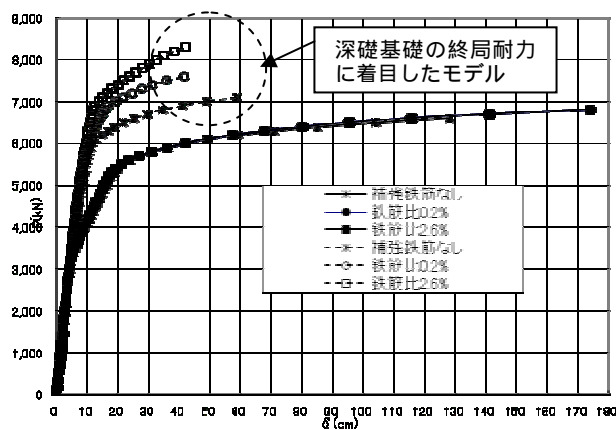


図2 荷重-変位曲線(鉛直補強鉄筋の場合)

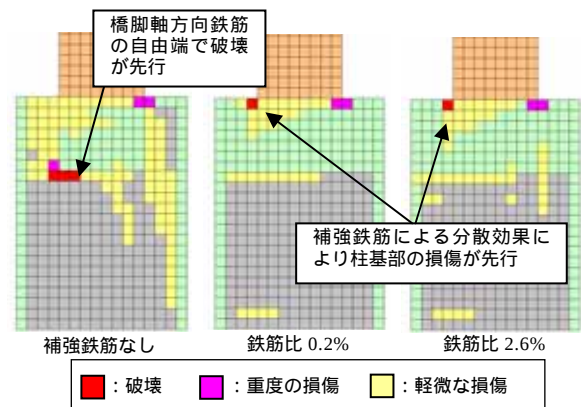


図3 損傷状況図(鉛直補強鉄筋の場合)

6. まとめ

橋脚及び基礎の軸方向鉄筋の定着長は、従来基準を満足すれば構造上有利であることが確認できた。接合部の補強鉄筋については、補強鉄筋なしの場合と比較して接合部の耐力は1割程度向上し、一定の効果が見られた。一方、従来基準の補強鉄筋なしの場合でも、レベル2地震時の設計で照査する橋脚終局耐力の1.1倍程度の耐力を有しており、構造的な問題はないと考えられる。しかしながら、基礎は土中構造物であり、一般的に補修が容易ではないため、鉄筋比0.2%程度の少ない補強量で十分な基礎耐力を与える方が効果的である。また、補強鉄筋の配置は、破壊時の損傷範囲が少なく、引張及び圧縮応力度の分布も基礎全体に及んでいることから、橋脚躯体から基礎本体へのスムーズな荷重伝達を求められる構造に対して、より有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株): 設計要領第二集橋梁建設編, 2011.7