

既設道路橋フーチングの曲げモーメントに対する耐荷性能及び曲げ補強効果の確認載荷実験

(国研) 土木研究所 正会員 〇坂下 学, 楊 勇, 非会員 七澤 利明

1. はじめに

道路橋示方書（以下、道示）は地震等による被災や実験・解析等の研究により得た知見を基に改定を重ねている。特に、阪神大震災による被災を踏まえて改定された H8 年道示は、大規模地震動を想定した設計が規定されたことにより道路橋に求められる仕様が大きく変化した。またこの時期から、逼迫する大規模地震対策として実施された緊急輸送道路の橋梁耐震補強 3 箇年プログラム等により、道路の供用に対する影響が大きい柱の耐荷力は次々と補強された。一方、フーチングや基礎の耐震補強は、過去の地震による被災がごく限られていることや、補強工事に際しての経済的な課題や交通規制・用地の制約等の社会的な課題により、あまり行われていないのが現状である。

本研究では、①既設道路橋フーチングが有する曲げモーメントに対する耐荷性能の合理的な評価方法を検討すること、②現状で考えられる補強工法の効果を把握することを目的として模型実験を実施した。本文では、実験結果を分析し耐荷性能の評価方法及び補強効果を検討するための基本的な情報を整理した。

2. 模型実験の概要

供試体は昭和 40 年代後半から 50 年代前半に設計された場所打ち杭基礎を有する道路橋橋脚のフーチングを想定して 1/2~1/3 のスケールで表 2.1 のように製作した。設計計算上は上面の引張鉄筋が先行して降伏する配筋としている。載荷方法は図 2.1 に示すように、PC 鋼棒を用いて 600kN の軸力を導入し、水平方向には柱基部から 1.0m の高さに設置したジャッキを用いて一方向単調載荷を行った。実験ケースは表 2.2 に示す 3 ケースを実施した。CA2 の補強図を図 2.2 に示す。フーチングに配置した上下面の主鉄筋、配力鉄筋及び補強材にひずみゲージを設置し、ひずみを計測している。

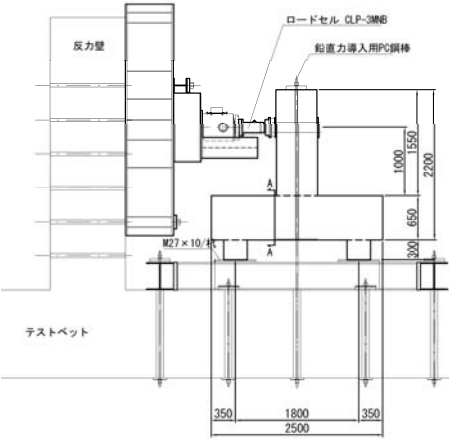


図 2.1 載荷概要図

表 2.1 供試体仕様

柱	柱高	1550mm
	水平荷重作用高	1000mm
	柱断面	600mm×600mm
	柱鉄筋量	D32-24本
フーチング	a/d	1.02
	全幅	2500mm
	全高	650mm
	有効高	590mm
	鉄筋	上面 D13-8本 下面 D19-16本 スターラップ D16-4本, s=200mm
杭	杭径	φ 350mm
	杭間隔	1800mm×900mm
	杭鉄筋量	D25-14本
使用材料	コンクリート	21N/mm ²
	鉄筋	SD345

表 2.2 実験ケース

ケース名	補強工法	補強量
CA1	—	—
CA2	炭素繊維シート接着工法	炭素繊維シート1層×3列
CA3	水平プレストレス導入工法	PC鋼材4本 (N=100kN/本)

3. 実験結果

曲げモーメントに対する照査位置(図 2.1A-A 断面)に配置した上面引張鉄筋で計測したひずみの平均値と載荷荷重 P の関係を図 3.1 に示す。CA1 は 1000kN、CA2 は 750kN 程度の載荷荷重時に引張鉄筋のひずみが急変している。このとき、フーチング上面にひび割れを観測している。CA2 は炭素繊維シートを接着しているためフーチング上面のひび割れは確認できていないが、引張鉄筋のひずみが急変した時点で側面のひび割れを観測している。

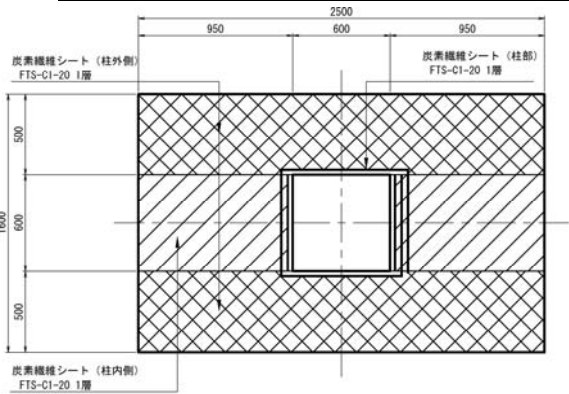


図 2.2 フーチング補強図(CA2)

引張鉄筋のひずみは CA1 : P≒1300kN、CA2 : P≒1200kN で 2 回目の急変点が生じた。この急変点発生時、CA2 においては図 2.1A-A 断面近傍の炭素繊維シートに浮きが確認され、図 3.2 に示すようにフーチング中央に設置した炭素繊維シートの引張ひずみの減少が計測された。なお、写真 3.1 に示すように P≒1500kN(ε≒5000μ)で炭素繊維

キーワード フーチング, 曲げ, 構造設計, 耐震補強

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1 丁目 6 番 土木研究所 CAESAR TEL029-879-6773

シートの剥離が確認された。実験 CA3 は $P \approx 1300\text{kN}$ で載荷側の杭に引き抜けが生じ載荷を中断したため、2 回目の急変点は確認できなかった (図 3.3)。

4. 考察

初回に発生した引張鉄筋のひずみの急変点は、フーチングのひび割れが影響していると考えられる。今回の実験でモデル化の対象とした年代に設計されたフーチングは、上面に大きな引張力が発生することを想定していないため、上面の引張鉄筋量が少ない傾向がある。このような既設フーチングについては、レベル 2 地震動等の大規模な荷重によりフーチング上面に生じる引張力に対する耐荷力に留意する必要があると考えられる。

表 4.1 に CA1 の実験値と設計値の比較を示す。設計値の載荷荷重は供試体中央断面をフレームでモデル化することで、図 2.1A-A 断面に発生する曲げモーメントと載荷荷重の関係を推定した。なお、曲げ耐力の算出において、材料強度やヤング係数は材料試験結果を用いて算出した。ひび割れ曲げモーメントについては、実験値と設計値が同程度であり、設計法の推定精度が良いと考えられる。一方、降伏曲げ耐力については、実験値の 7 割程度であり、現行の設計法において、評価していない抵抗要素や安全側に評価している抵抗要素がある可能性が考えられる。

炭素繊維シート接着工法の補強効果について考察する。柱外側に比べて柱内側の炭素繊維シートが先行して引張力に抵抗している。炭素繊維シートは直角方向に連続していないため、引張力に抵抗する荷重レベルに差が生じたと考えられる。また、炭素繊維シートは破断ひずみ(17000μ)相当の強度を発現する前に、浮きや剥離により抵抗機能を喪失しているため、接着方法に留意する必要がある。

水平プレストレス導入工法の補強効果について考察する。図 3.3 に示すように、ひずみの急変点が発生するまで補強材と引張鉄筋は共同して引張力を負担していると考えられる。一方、急変点の発生後は PC 鋼材 2 の負担が小さい。PC 鋼材 1 と 2 で配置位置(載荷直角方向にフーチング中央から $110\text{mm} \cdot$ かぶり 160mm)は同じ条件のため、コンクリートにひび割れの進展等により PC 鋼材 2 とコンクリートの付着力が低下したと考えられる。PC 鋼材の定着方法に留意が必要である。また、曲げモーメントの照査位置は柱や杭に拘束されプレストレスが導入しづらい構造であるため、プレストレスの導入の効果と PC 鋼材の配置による効果の寄与率について明らかにし、補強方法の合理化を検討する必要がある。

5. まとめ

降伏曲げモーメントに達する載荷荷重は、実験値が設計値を 30%程度上回った。設計値が 2 次元のフレーム計算であるため再現精度を向上したうえで、評価していない抵抗要素や安全側に評価している抵抗要素を明らかにし、合理的な耐荷性能の評価手法を検討していきたい。また、その結果に応じて効果的な補強工法を検討すると共に、補強材が十分に強度を発揮できるようにフーチングとの一体化を図る仕様についても検討していきたい。

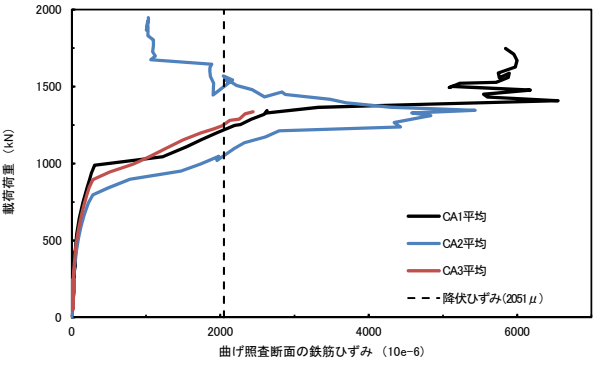


図 3.1 載荷荷重 P-ひずみ関係

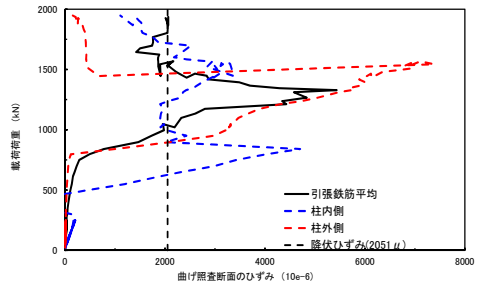


図 3.2 引張鉄筋及び補強材のひずみ(CA2)

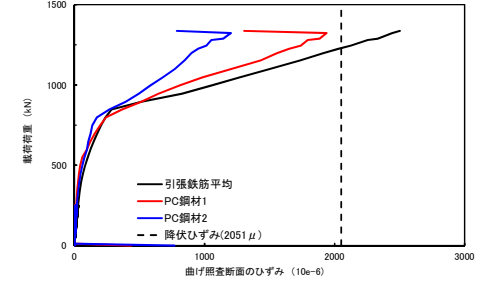


図 3.3 引張鉄筋及び補強材のひずみ(CA3)



写真 3.1 炭素繊維シートの剥離(CA2)

表 4.1 実験値と設計値の比較(CA1)

荷重状態	実験値 (kN)	設計値 (kN)	実験/設計
ひび割れ曲げモーメント	約1044	1003	1.04
降伏曲げモーメント	1319	961	1.37