

レーザー変位計を用いた高靱性セメント材料を使用した RC 橋脚の損傷分析

九州工業大学
株式会社長大

学生会員 ○山之内 俊樹
正会員 佐藤 崇

九州工業大学 正会員 幸左 賢二

1. はじめに

著者らはPVA 繊維を使用した高靱性セメント材料の配合や鉄筋の配筋条件をパラメーターにした RC 橋脚を 10 体作成し、正負交番載荷実験を過年度に行ってきた。その結果、普通コンクリートを使用した RC 橋脚に比べて耐力が 1.5 倍、変形性能が 2 倍程度向上する結果が得られている。本論文では、今年度新たに作成した No.2-13 供試体を対象に棒型スキャナおよびレーザー変位計を使用して、高靱性セメント使用部分の損傷過程について分析した。

2. 実験概要

図-1 に供試体形状及び計測箇所を示す。供試体は 1 辺 400mm の正方形断面、高さ 1600mm の柱供試体で柱基部から 700mm の高さまでを全断面高靱性セメントで打設している。これは終局時において降伏曲げモーメント以上の断面力が $0.3\sim 0.4H$ (載荷高さ H) 位置で働くためである。帯鉄筋には SD345 を使用し、軸方向鉄筋には高強度鉄筋である SD490 を使用した。高靱性セメント材料の繊維量 (PVA) は 2.0Vol.% とした。実験方法は柱供試体の上面より $1.0\text{N}/\text{mm}^2$ 相当の一定軸力を載荷した正負交番載荷試験であり、柱基部より高さ 1400mm を水平荷重載荷高さとした。実験開始から降伏点までは荷重制御で載荷し、降伏後は変位制御で降伏変位を δ_y とし、整数倍で繰返し漸増載荷を行った。降伏荷重は試算より算出し、終局は降伏荷重を下回った時を終局点と定義した。また、同図に示す位置に計測用の孔を作成し、棒型スキャナによる計測を行った。さらに、供試体北面の中央位置にレーザー変位計 (KEYENCE 製) を固定し、かぶりコンクリートのはらみ出し発生以降の各載荷ステップにおいて水平変位 15 mm 間隔でかぶりコンクリートのはらみ出し形状の経時変化を計測した。

図-2 に No.2-13 の荷重変位履歴曲線を示し、図-3 に荷重変位包絡線の正負の平均値を示す。また、図-3 には比較対象として普通コンクリートと普通鉄筋で打設した基本供試体である No.1 供試体の荷重変位包絡線を併せて示す。図-2、3 より、No.2-13 では、約 217kN で主鉄筋が降伏し、 $5\delta_y$ (75mm) で最大荷重 301kN に達した。その後、 $8\delta_y$ (120mm) で柱基部のはらみ出しとともに荷重が低下し、140mm で P_y を下回った。図-3 より、基準となる No.1 と比較すると、No.2-13 の最大荷重は約 1.5 倍増加し、終局変位も約 2.0 倍増加する良好な結果が得られた。

3. 棒型スキャナによる内部観察

外観ひび割れでは確認できないはらみ出し発生前の内部コンクリートの損傷過程を把握するために棒型スキャナによる計測を行った。図-4 に棒型スキャナの計測方法を示す。図中 (a)、(b) に示すような手順で計測を行った。同図は $-7\delta_y$ 時の展開写

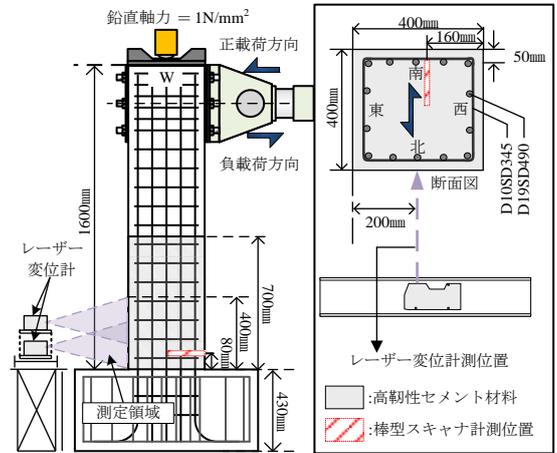


図-1 供試体形状及び計測箇所

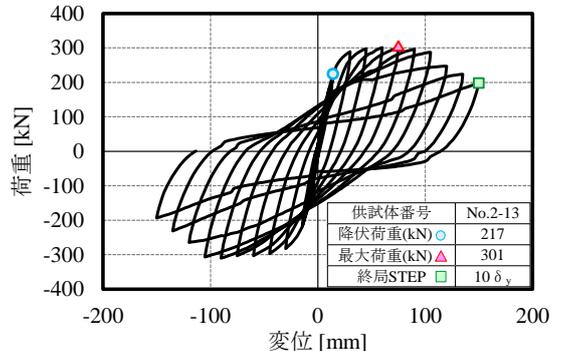


図-2 No. 2-13 P- δ_y 履歴曲線

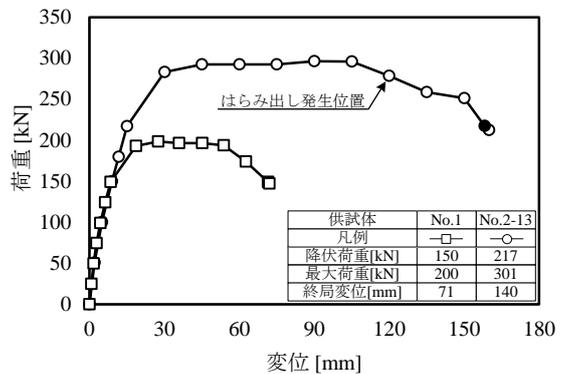


図-3 P- δ_y 包絡線比較 (正負平均)

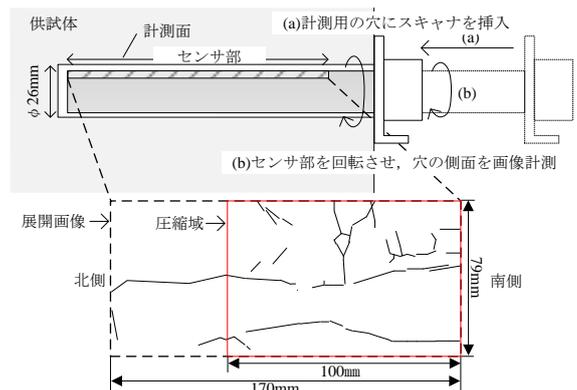


図-4 棒型スキャナの計測方法

真をトレースした図であり、同図を元に圧縮域内（南面から 100 mm と仮定）の圧縮ひび割れ計測を行った。さらに、内部ひび割れと比較するために外観の圧縮ひび割れ計測も行った。外観ひび割れの計測範囲は、棒型スキャナの計測面と同じ南面の基部からの高さ 200 mm の範囲に生じたひび割れ長さを計測した。

図-5 にひび割れ密度変化の比較を示す。ひび割れ密度の算出方法は、ひび割れ総延長を対象面積（内部：圧縮域=0.1m×0.079m, 外観：計測範囲=0.2m×0.4m）で除すことによりそれぞれ算出した。内部ひび割れ密度の変化をみると、最大荷重時の直前の-4 δ_y から荷重ステップに比例してひび割れ密度が上昇し、最終的にひび割れ密度は 220m²/m² という結果となった。しかし、外観ひび割れ密度は-3 δ_y まで進展した後、はらみ出し発生直前の-7 δ_y まで大きな変化はなく一定であった。

図-6 に内部ひび割れの詳細分析を示す。同図は、圧縮域を 4 分割したひび割れ密度進展であり、南側から 0~50 mm がかぶり部、50~100 mm がコア部である。コア部では-5 δ_y 以降、ひび割れ密度に大きな変化は見られなかったが、かぶり部では-5 δ_y から-7 δ_y にかけてひび割れ密度が 2 倍、1.7 倍にそれぞれ増加した。以上より、はらみ出し発生まで、外観に大きな損傷は見られなかったが、内部コンクリートのかぶり部では、ひび割れ密度が徐々に進展することで、コンクリートが圧壊し、主鉄筋の座屈に抵抗できなくなることで、かぶりコンクリートのはらみ出しが発生したと考えられる。

4. レーザー変位計によるはらみ出し計測

かぶりコンクリートのはらみ出し形状と内部の鉄筋座屈形状の関係を把握するためにレーザー変位計によるはらみ出し形状の計測を行った。図-7 にはらみ出しが発生した 8 δ_y から 10 δ_y までにおける柱中央位置での最大はらみ出し量の経時変化を示す。各荷重ステップにおけるはらみ出し量は、変位の増加に伴い増加し、変位の減少に伴いはらみ出し量は減少し、最大変位時のはらみ出し量に対して 0 mm 変位時の残留はらみ出し量は各変位で約 20 mm 程度はらみ出し量が減少するような挙動が確認できた。

図-8 に損傷状況の比較を示す。同図 (a) には図-7 中の [A]、[B] 点における 10 δ_y 時の最大変位時と 0 mm 変位時のはらみ出し形状を示す。同図 (a) より、No.2-13 供試体の北面のかぶりコンクリートのはらみ出し形状は、高さ 165 mm 位置において最大はらみ出し量は 54 mm であり、残留はらみ出し量は 29 mm というはらみ出し形状であった。同図 (b) に荷重終了後の鉄筋の最終座屈形状を示す。同図より、高さ 160 mm 付近で中央鉄筋の座屈量は 30 mm であり、No.2-13 供試体の主鉄筋の座屈形状とかぶりコンクリートのはらみ出し形状がほぼ等しくなった。

5. まとめ

- 1) No.2-13 供試体の最大荷重は 301kN、終局変位は 140 mm となり、靱性率が 9.3 という良好な結果となった。
- 2) 棒型スキャナの計測より、かぶり部のひび割れ密度が進展することで、コンクリートが圧壊し、主鉄筋の座屈に抵抗できなくなることで、かぶりコンクリートのはらみ出しが発生したと考えられる。
- 3) レーザー変位計の計測より、No.2-13 供試体のかぶりコンクリートのはらみ出し形状と鉄筋の座屈形状はほぼ等しくなり、残留はらみ出し量は最大はらみ出し量の約 50% 程度残留した。

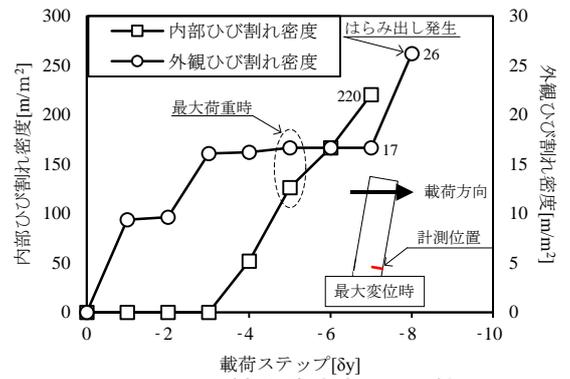


図-5 ひび割れ密度変化の比較

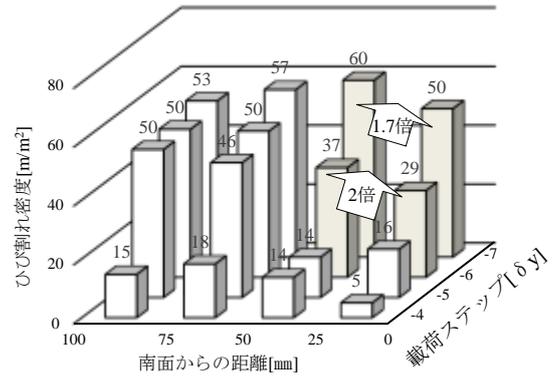


図-6 内部ひび割れの詳細分析

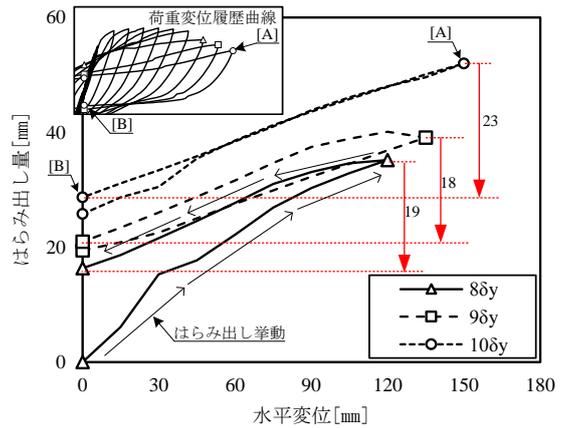


図-7 はらみ出し量の経時変化

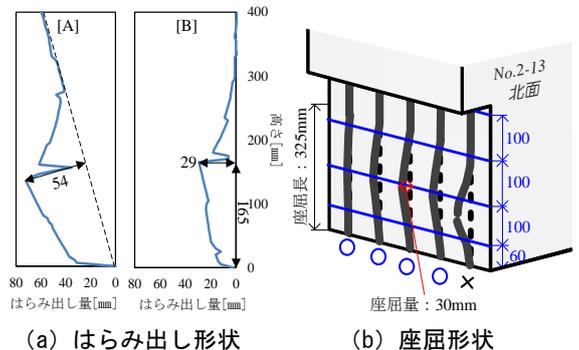


図-8 損傷状況の比較