

ディンプル鋼管を用いた無筋コンクリート橋脚補強構造の コンクリート割れに関する解析的検討

新日鐵住金(株) 正会員 ○富永 知徳
JR 総研エンジニアリング 正会員 川野 有祐

1. はじめに

無筋橋脚では、大規模地震により打ち継ぎ目のずれに起因した損傷事例がある。これに対する補強工法として、橋脚天端から削孔し鋼棒等を挿入する工法が提案されている¹⁾。著者らは鋼棒に代わり図1に示す、鋼管の表面に凹凸を形成し付着強度を高めたディンプル鋼管を挿入する工法を開発した。この工法の荷重試験を実施したところ鋼棒に対し大幅な耐力向上効果を示したが、その一方で、比較的早期にコンクリートに割れが観察された²⁾。よって、その割れ発生についての検討を解析的に実施した。

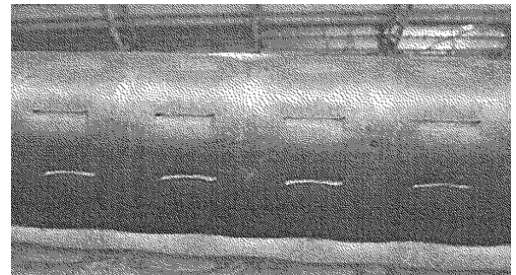


図1 ディンプル鋼管

2. 試験状況

ディンプル鋼管を中央に配置した試験体No2の荷重変位関係と試験後の写真を図2に示す。交番荷重であるが、クラックはクロス状には発生していない。下のブロックは $4\delta y$ でク

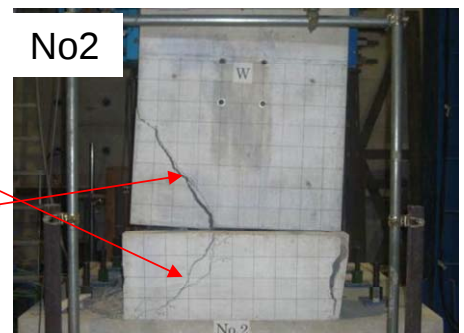
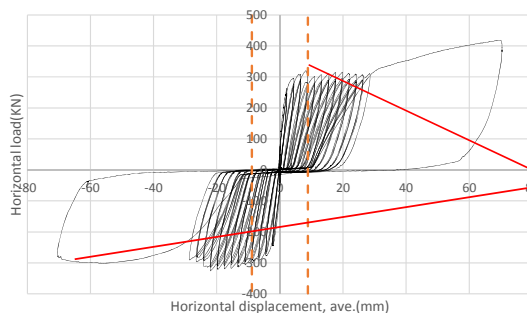


図2 荷重変位関係と破壊の状況

ラックが発生したのに対して、上のブロックでは $13\delta y$ 荷重後の押し切り荷重時に発生した。 $4\delta y$ 時の荷重は、試験後に観察されたクラック面形状に対して押し抜きせん断として計算した理論耐力値に対して 0.6 倍であった。また、鋼管の配置方法を変更した No3 試験体では 0.58 倍であった。

3. FEM 解析方法およびパラメータ

ABAQUS6.9.3 を用い、圧縮荷重作用下で水平荷重の単調荷重を行った。材料非線形および幾何非線形を考慮した。要素にはソリッドを使用。打ち継ぎ部のコンクリートは基本的に最大メッシュサイズ 20mm、それ以外は 200mm としている。鋼材断面は本来円形であるが、メッシュ分割の簡易化のために、全て矩形断面に置き換えている。コンクリート打ち継ぎ目およびコンクリートと鋼材の付着面についてはコンタクト要素を用いている。解析のパラメータは試験体形状および軸力である。試験体形状は試験体の形状をベースに幅と厚さをパラメトリックに変化させた。そのとき基本的には、軸力は実験時と同様に 0.2N/mm^2 としたが、いくつかのケースで軸力を変化させてその影響を確認している。モデル図の一例を図3に示す。

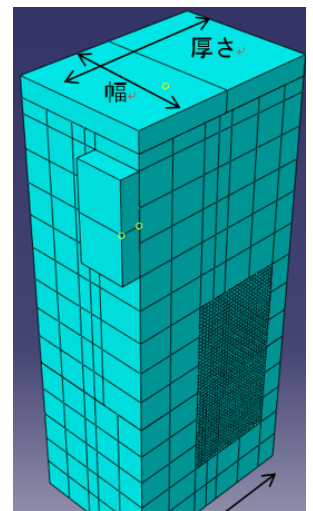


図3 モデル概要図

4. 解析結果

図4にNo2の解析結果と実験結果の荷重変位関係の比較を示すが、十分な解析精度が得られていると判断できる。クラックの発生については文献³⁾に従い、発生主ひずみの値が 0.00014 以上となった領域が、モデルの少

キーワード 耐震補強, 鋼管, せん断破壊, FEM

連絡先 〒293-8511 千葉県富津市新富 20-1 新日鐵住金(株) TEL 080-4602-1346

なくとも片側を貫通した時点をクリック貫通と定義した。モデルの厚さを変更した場合の荷重変位関係の比較を図5に示す。「×」印がクラック貫通時点である。これより厚さが厚くなるとクラックの貫通時の荷重が大きくなることがわかる。押し抜きせん断耐力はコンクリート強度と鋼棒位置により決定される耐力であり、部材厚により耐力が大きくなるような本傾向となることは考えにくい。このクラックは鋼材の荷重作用方向の片側のブロックに水平力が集中し、反対側には全く水平力が作用しないことから、両ブロック間に相対変

形に起因する引張が作用し、それがクラック発生の原因となっている。そのため、実験でもせん断クラックのようにクロス状には発生していないと評価できる。よって、せん断破壊ではなく、曲げ破壊によるものでもないために急激な耐力低下には直結しないと推定できる。

図6にモデルの断面積を横軸に、縦軸にクラック貫通時の荷重の関係を軸力 0.2 N/mm^2 のケースについて示す。ほぼ、このクラックに対しても断面積に対してほぼ線形に抵抗力が生じることがわかる。したがってこの破壊現象に関しても計算は可能であると考えられる。さらに図7に軸力に関する影響を示すが $0.1 \sim 0.3 \text{ N/mm}^2$ の差は小さいが 1.0 N/mm^2 では急激に増加していることがわかる。上載荷重が大きく、鋼管位置でコンクリートが圧縮になる場合は、この引張力を受ける部位にプレストレスが作用した場合と同じ状況となるので、格段に抵抗力は大きくなる。

5. おわりに

FEM 解析結果により、実験において発生したコンクリートの割れは押し抜きせん断クラックではないと判断できた。また、そのクラックの発生時耐力は計算で推定可能である。また下部コンクリートのこの割れに対する耐力は断面積に比例することがわかった。

参考文献

- 1) 徳永・田所・谷村・西村・星・村田・大本：鋼棒挿入による無筋コンクリート橋脚打継部の耐震補強効果，土木学会第 64 回年次学術講演会，V-486 pp. 965-966，2009. 9.
- 2) 富永・寺田・田中・仁平・川野・西村：ディンプル鋼管を用いた無筋橋脚補強工法の耐震性確認試験，土木学会第 70 回年次学術講演会，2015. 9.
- 3) 田中，古宇田，堀，孫：ソリッド要素有限要素法を用いた RC 構造部材の弾塑性破壊解析の可能性，コンクリート工学論文集，第 25 巻， pp191-199，2014.

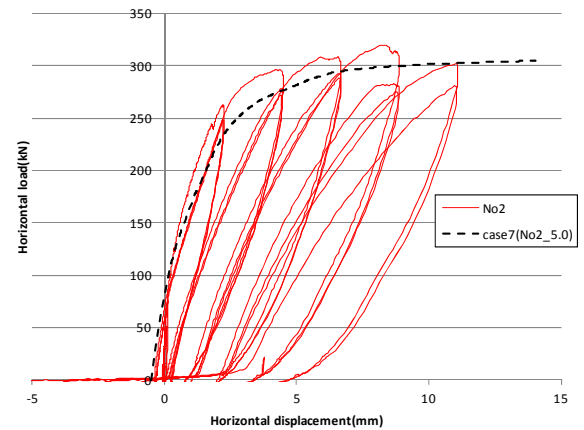


図4 実験と解析の荷重変位関係比較

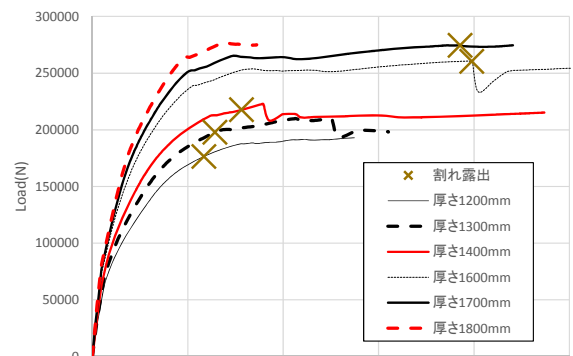


図5 試験体厚さとクラック貫通荷重の関係

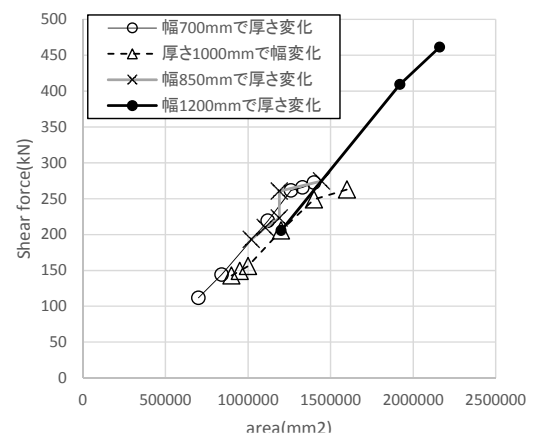


図6 断面積とクラック貫通荷重の関係

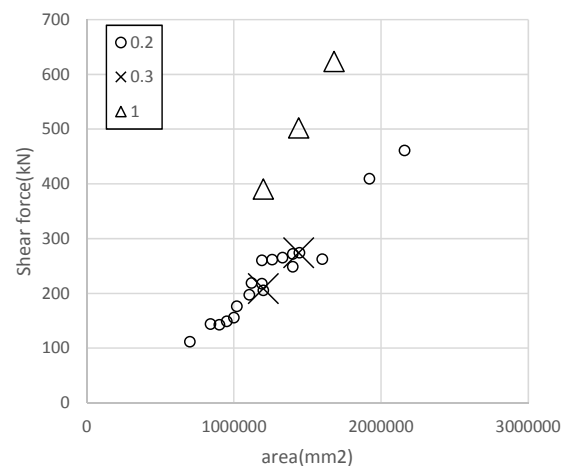


図7 軸力とクラック貫通荷重の関係