

補強鉄筋の配置がストッパー周辺の桁端の耐力に及ぼす影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○平野 悠輔, 轟 俊太郎, 田所 敏弥

1. はじめに

鉄道橋りょうの設計では、橋脚を他の部材より先行して損傷させることが一般的だが、熊本地震等では、橋脚の損傷前に鋼角ストッパー（以下、ストッパー）周辺の桁端コンクリートに損傷が生じた。既往の研究¹⁾では、解析を用いて、ストッパー周辺の桁端に配置した補強鉄筋が耐力に及ぼす各諸元について明らかにしている。そこで本研究では、解析を用いて補強鉄筋の配置がストッパー周辺の桁端の耐力に及ぼす影響を検討した。

2. 解析概要

図1に供試体諸元、図2に解析モデルを示す。解析モデルは、供試体中央を対称とした3次元1/4モデルである。コンクリートの構成則は、引張側はHordijkモデル、圧縮側はParabolicモデルとした。コンクリートの引張強度と引張破壊エネルギーは、鉄道構造物等設計標準・同解説²⁾で算出し、圧縮破壊エネルギーは、中村らによる式³⁾により算出した。ひび割れモデルは固定ひび割れモデル、ひび割れ後のせん断剛性と圧縮強度の低減は、Al-MahaidiモデルとVecchio and Collinsモデルを用いた。補強鉄筋の構成則は、完全弾塑性モデルとし、埋込み鉄筋要素でモデル化した。ストッパーは、実験終了後まで弾性であったため線形とした。解析ソフトはDIANA(ver10.2)を用いた。

図1に示すストッパーから補強鉄筋までの荷重方向距離 l_d と荷重方向直交距離 l_h の比である l_d/l_h および圧縮強度 f_c をパラメータとして解析を行った。解析パラメータは、 $l_d=75, 150, 225\text{mm}$, $l_d/l_h=0\sim 5.0$, $f_c=20, 27, 40\text{N/mm}^2$ の範囲で設定した。なお、補強鉄筋の降伏強度は 345N/mm^2 、補強鉄筋の径はD16、ストッパー前面からフーチング上面までの距離(d)、ストッパーの埋込み長(e)およびストッパーの幅(c)は 300mm とした。

3. 補強鉄筋の配置による損傷への影響

図3に $l_d=150\text{mm}$, $f_c=40\text{N/mm}^2$ の荷重変位関係を示す。 l_d が一定の場合、 l_d/l_h が大きくなるよう荷重方向と平行の補強鉄筋をストッパーに近づけて配置すると、最大荷重が増加し、最大荷重後の荷重の低下が緩やかになることがわかる。図4に損傷イメージ、図5に $f_c=40\text{N/mm}^2$, $l_d/l_h=1.5, 5.0$ の最大荷重時と最大荷重後（変位 9mm ）の補強鉄筋の応力コンターおよび最大主ひずみを示す。最大荷重時では、 $l_d/l_h=1.5, 5.0$ のどちらも、ストッパー周辺に配置した荷重方向と平行の補強鉄筋が全て降伏している。これは、図4に示すように、荷重方向と平行の補強鉄筋がせん断破壊面と交差したためと考えられる。なお、せん断破壊面の角度は、実験および解析から約 70° であった。しかし、変位が進むにつれて、荷重方向と平行の補強鉄筋がせん断破壊面と交差しない浅い角度のひび割れが支配的となるため、 $l_d/l_h=1.5$ の最大荷重後では、荷重方向と平行の補強鉄筋が荷重を負担せず、 $l_d/l_h=5.0$ と比較して最大荷重後に荷重が急激に低下すると考えられる。一方、 $l_d/l_h=5.0$ の最大荷重後では、荷重方向部の補強鉄筋の応力やせん断破壊面 70° でのひずみが低下していないことから、最大荷重後も荷重方向と平行の補強鉄筋が荷重を負担し、荷重の低下が緩やかになったと考えられる。

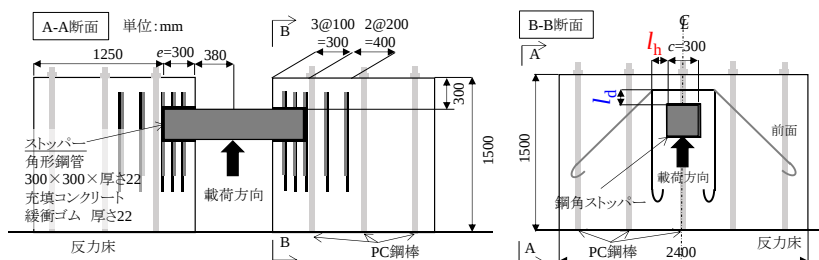


図1 供試体諸元

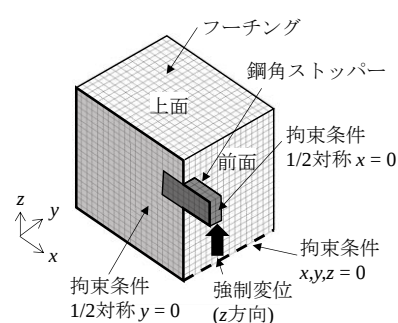


図2 解析モデル

キーワード 鉄道橋りょう, 鋼角ストッパー, 桁端, 補強鉄筋, 耐力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 Tel : 042-573-7281

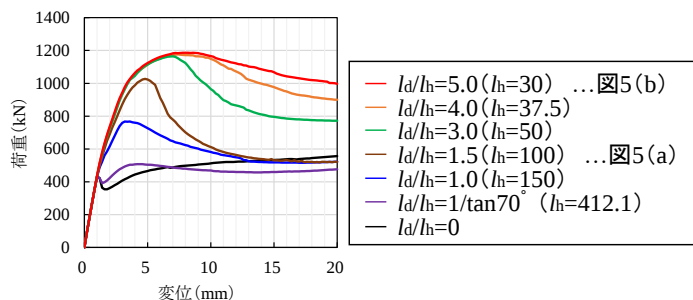
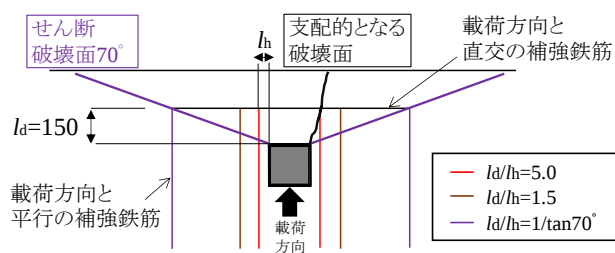
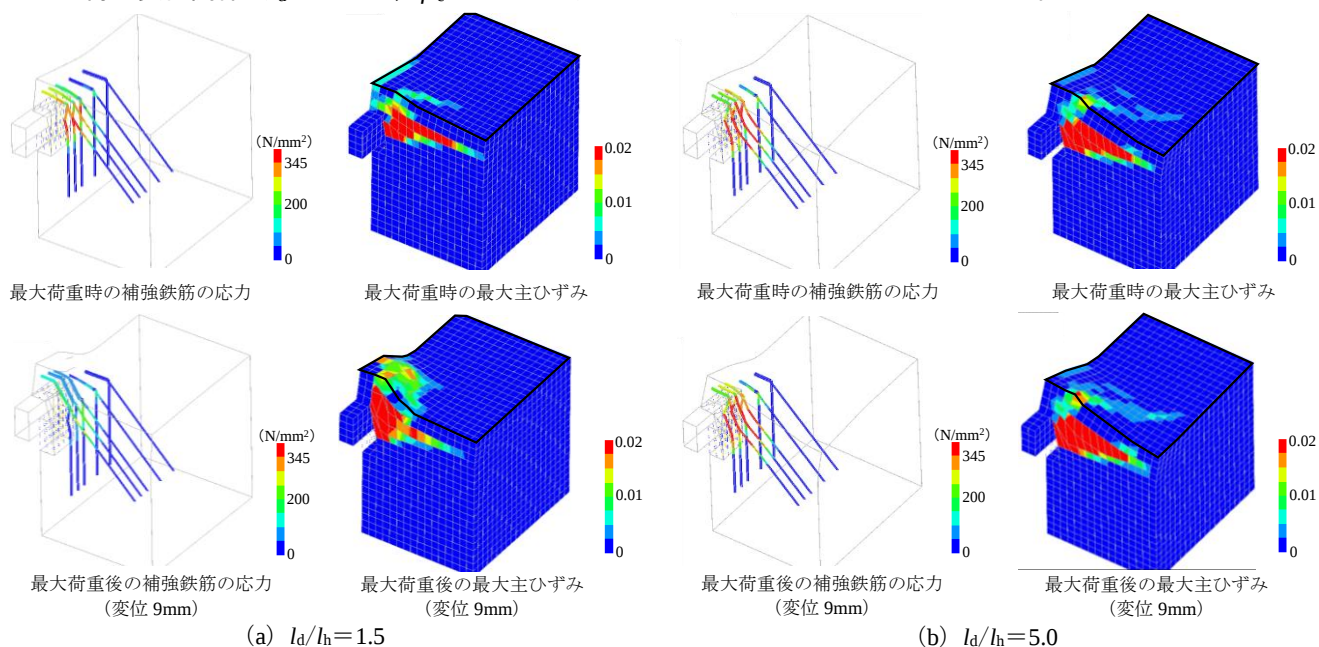
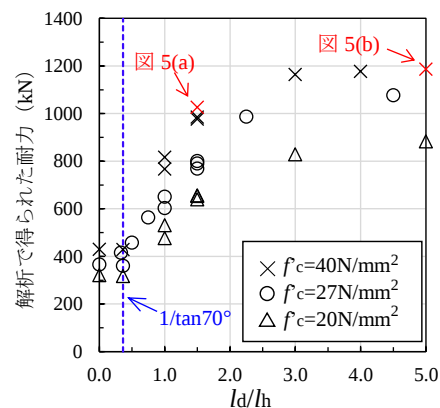
図3 荷重変位関係 ($l_d=150\text{mm}$, $f_c=40\text{N/mm}^2$)図4 損傷イメージ ($l_d=150\text{mm}$)

図5 補強鉄筋の応力と最大主ひずみ (変形倍率 40 倍)

4. 補強鉄筋の配置による耐力への関係

最大荷重を解析で得られた耐力として、図6に l_d/h および f_c と耐力の関係を示す。 l_d/h が $1/\tan 70^\circ$ 以下（荷重方向と平行の補強鉄筋がせん断破壊面 70° と交差しない）の場合、耐力が小さく概ね一定となる。これは、荷重方向と平行の補強鉄筋が荷重を負担せず、コンクリートのみで荷重を負担するためと考えられる。荷重方向と平行の補強鉄筋を h が小さくなるよう配置すると、荷重方向と平行の補強鉄筋がせん断破壊面と交差するようになるため、 l_d/h が大きくなるにつれて耐力が向上する。しかし、変位が進むにつれ、荷重方向と平行の補強鉄筋がせん断破壊面と交差しない浅い角度のひび割れが支配的となり、荷重方向と平行の補強鉄筋が降伏する前に最大荷重に至る場合がある。 l_d/h がある程度以上となると、荷重方向と平行の補強鉄筋が降伏し、最大荷重後においても補強鉄筋が荷重を負担するため、耐力が概ね一定となる。また、 f_c を増加すると耐力が向上することがわかる。

図6 l_d/h および f_c 耐力の関係

5. おわりに

l_d/h を大きくするように荷重方向と平行の補強鉄筋をストッパーに近づけて配置することで、荷重方向と平行の補強鉄筋がせん断破壊面と交差し、補強鉄筋が降伏するまで荷重を負担するため、耐力が増加することがわかった。

【参考文献】

- 岡本ら：ストッパー周りに配置した補強鉄筋が受け持つせん断耐力に及ぼす各諸元の影響，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，vol74，v-591，2019
- (財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説コンクリート構造物，平成16年4月
- Hikaru NAKAMURA：Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Modeling of Inelastic Behavior of RC Structures under Seismic Loads, ASCE, pp.471-487, 2001