

RC 壁式橋脚のせん断耐荷機構に及ぼす載荷板幅と側方鉄筋の影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○中田 裕喜, 渡辺 健, 田所 敏弥
(株) コムスエンジニアリング 土屋 智史 北武コンサルタント (株) 渡邊 忠朋

1. はじめに

RC 壁式橋脚の橋軸直角方向はディープビーム的な構造となることが多い。また支持条件が片持ち支持であり、側方鉄筋が多く配置されるといった特徴を有している¹⁾。本研究では、RC 壁式橋脚の橋軸直角方向に対し、有限要素解析によりせん断耐荷機構に及ぼす載荷板幅と側方鉄筋の影響を検証した。

2. 解析概要

解析は、非直交多方向固定/分散ひび割れモデルを用いた有限要素解析である。文献²⁾で示された方法と同様であるため、構成則等の詳細は本稿では割愛する。表-1 に、解析ケースの一覧を示す。解析対象のベースは文献¹⁾における No.4, 5, 10 であり、文献²⁾において解析の精度が確認されている。本検討では、No.4 および No.5 (いずれも載荷板幅 $r=150\text{mm}$) に対し、 r のみを 300, 520mm に変化させた解析を、No.5 および No.10 に対し、側方鉄筋の量を 50%, 0%と変化させた解析を実施することで、 r および側方鉄筋の効果を検証する。なお、ケース 2, 3 において曲げ降伏が生じたため、軸方向鉄筋の降伏強度 f_y を 785N/mm^2 まで増加させた (実験では $f_y=381.7\text{N/mm}^2$)。

3. 解析結果

(1) 載荷板幅の効果の検証: 図-1 にせん断力と水平変位の関係の例を、図-2 に r/d と、 $r/d=0.19$ の解析に対するせん断力の最大値 V_{uana} の比の関係を示す。なお、図-2 にはせん断圧縮破壊耐力 $V_d^3)$ における r/d の効果 $(1+3.33\ r/d) / (1+3.33 \times 0.19)$ を併記した。 r/d が 0.19 から 0.38, 0.65 に増加すると、ケース 1 ($p_w=0\%$) における V_{uana} は 10% 程度増加するものの、ケース 2 ($p_w=1.64\%$) においては、 V_{uana} は r/d に依存しない結果となった。また、 V_d における r/d の効果と比較して、解析ではその効果が非常に小さいことがわかる。図-3 にケース 2 における V_{uana} 時の最小主ひずみ分布を、図-4 にコンクリートの水平方向応力 σ_{cx} を f_c で除した値 σ_{cx}/f_c の高さ方向の分布³⁾を示す。 r/d を変化させても、最小主ひずみおよび σ_{cx}/f_c に違いはほとんど見られない。図-5, 6 にはせん断補強鉄筋および鉛直方向鉄筋の応力分布を示しているが、これらも r/d に依存しないことがわかる。これは、実験¹⁾と同様に、橋脚基部の圧縮縁においてコンクリートの損傷が卓越し、また V_{uana} 時に図-1 に示した平均化損傷指標 $\overline{W_n}$ の最大値が 0.002 程度に達していることから、橋脚基部位置での破壊のために載荷点における r の影響を受けなかったと考えられる。なお、図-4 (ケース 2) において、 $\sigma_{cx}/f_c=0.1$ のときの高さ方向の分布幅は 650mm 程度であり、ケース 1 では 350mm 程度であった。せん断補強鉄筋の配置により、圧縮ストラット幅が増加することを確認した。

(2) 側方鉄筋の効果の検証: 図-7 にケース 3 におけるせん断力と水平変位の関係の例を、図-8 に側方鉄筋比 p_s と $p_s=0$ の解析に対する V_{uana} の比の関係を示す。 $p_s=0.71\%$ の V_{uana} は $p_s=0\%$ の 1.2 倍程度であるが、 $p_s=1.42\%$ の V_{uana} は $p_s=0.71\%$ の 1.05 倍程度であり、 V_{uana} の増加割合が小さくなった。図-9~12 にケース 3 における V_{uana} 時の最小主ひずみ、 σ_{cx}/f_c 、せん断補強鉄筋の分布を示す。 $p_s=0.71, 1.42\%$ は、 $p_s=0\%$ に比較して、圧縮ストラット幅が若干

表-1 解析ケースと諸元一覧

ケース	文献 No	a_v/d	b_w (mm)	d (mm)	f'_c (N/mm ²)	p_w (%)	p_s (%)	r (mm)	r/d	備考
1	4	1.0	350	800	27.9	0.00	1.42	150,300,520	0.19, 0.38, 0.65	載荷板幅の影響
2	5	1.0	350	800	24.5	1.64	1.42			
3	5	1.0	350	800	24.5	1.64	0, 0.71, 1.42	150	0.19	側方鉄筋の影響
4	10	1.0	350	800	23.6	0.12	0, 0.71, 1.42	150	0.19	

a_v : 支持部前面から載荷点までの距離, b_w : 断面幅, d : 有効高さ, f'_c : コンクリートの圧縮強度, p_w : せん断補強鉄筋比, p_s : 側方鉄筋比 ($=A_{side}/(b_w \cdot d)$, A_{side} : 側方鉄筋総断面積, r : 載荷板幅

キーワード: RC 壁式橋脚, せん断耐荷機構, せん断耐力, 片持ち支持, 載荷板幅, 側方鉄筋
連絡先: 〒185-8540 国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL 042-573-7281

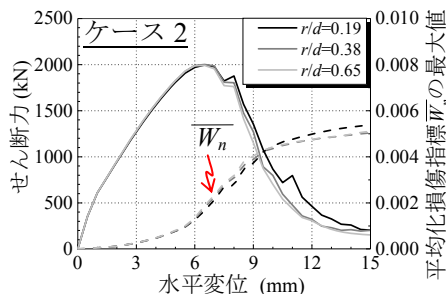


図-1 せん断力と水平変位の関係 (載荷板の効果)

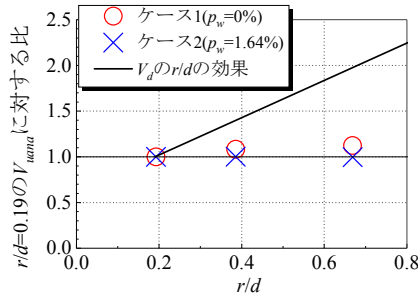


図-2 r/d と $r/d=0.19$ の解析の V_{uana} に対する比

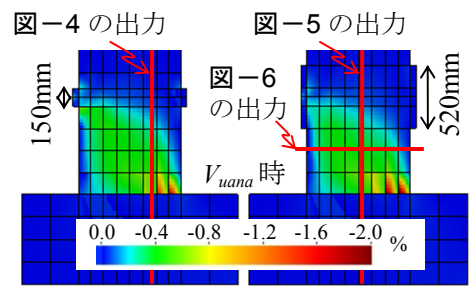


図-3 最小主ひずみ分布 (ケース 2)

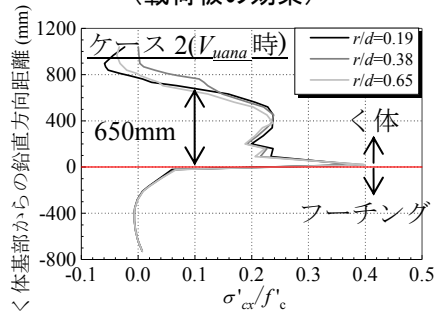


図-4 σ'_{cx}/f'_c の分布

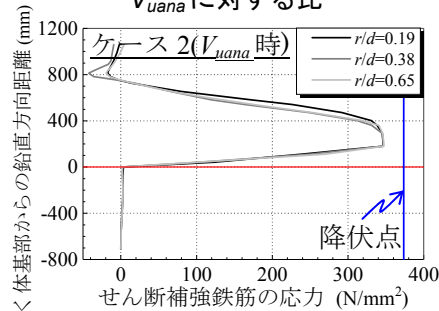


図-5 せん断補強鉄筋応力分布

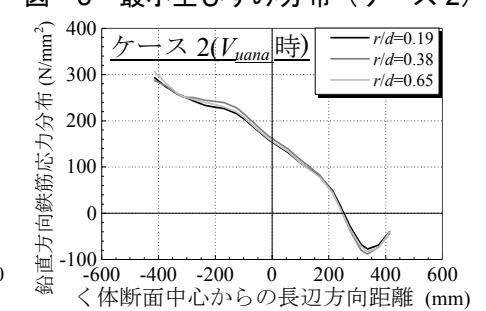


図-6 鉛直方向鉄筋応力分布

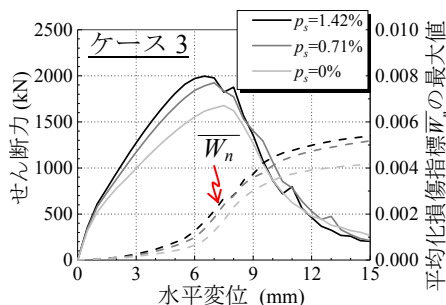


図-7 せん断力と水平変位の関係 (側方鉄筋の効果)

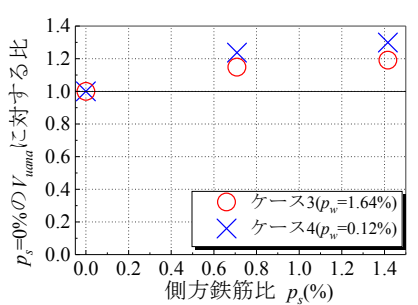


図-8 p_s と $p_s=0$ の解析の V_{uana} に対する比

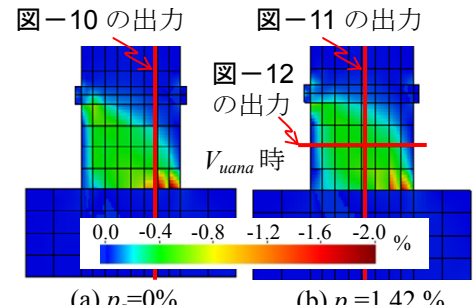


図-9 最小主ひずみ分布 (ケース 3)

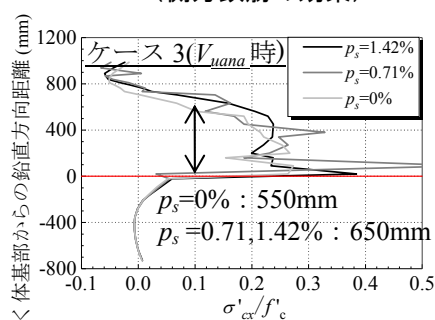


図-10 σ'_{cx}/f'_c の分布

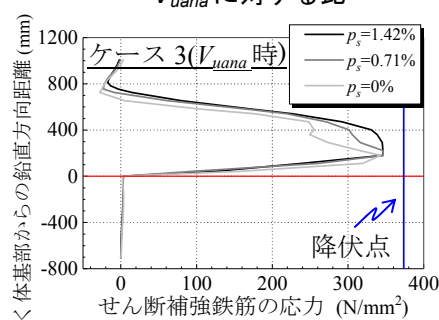


図-11 せん断補強鉄筋応力分布

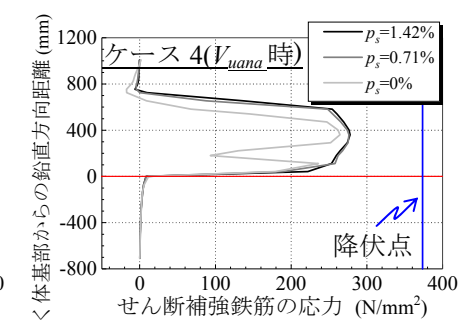


図-12 せん断補強鉄筋応力分布

増加する傾向にある。一方、 $p_s=0.71\%$ と 1.42% を比較すると、圧縮ストラット幅に顕著な差は無く、せん断補強鉄筋の応力の増分も小さいため、 V_{uana} に大きな差が生じなかったと考えられる。なお、 $p_s=0\%$ に対する $p_s=1.42\%$ の V_{uana} の増加量は、ケース3($p_w=1.64\%$)では321kN、ケース4($p_w=0.12\%$)では267kNであった。 p_s が増加すると、せん断補強鉄筋の応力も増加する(図-11, 12)ことを踏まえると、鉛直方向鉄筋とせん断補強鉄筋の貢献度は相互に影響すると考えられる。

4. おわりに

RC 壁式橋脚においては、橋脚基部で破壊が発生することに起因して、圧縮ストラット幅およびせん断耐力は載荷点における載荷板幅 r に依存しないことがわかった。また、側方鉄筋を配置すると、圧縮ストラット幅が若干増加することでせん断耐力は増加するとともに、せん断補強鉄筋の貢献度と相互に影響することがわかった。

参考文献: 1)石橋ら:鉄筋コンクリート壁式橋脚のせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文集 E, Vol.65, No.3, pp.300-310, 2009.7., 2)土屋ら:非線形有限要素解析による RC 面部材の損傷指標と耐力評価, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.68, No.3, pp.209-22, 2012., 3)二羽:FEM 解析に基づくディービームのせん断耐荷力算定式, 第2回 RC 構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集, pp.119-128, 1983.10.