

スパイラル鉄筋がストッパー埋込み部の水平耐力に与える影響に関する一考察

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 田畑 勝幸

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 森 勇樹, 轟 俊太郎, 田所 敏弥

ジェイアール総研エンジニアリング 正会員 堂内 悠吾

1. はじめに

熊本地震等において、鋼棒ストッパー（以下、ストッパー）周辺のコンクリートである桁座、桁端に損傷が生じた。既往の研究¹⁾では、ストッパー周辺に配置されるスパイラル鉄筋により、ストッパー埋込み部の水平耐力が向上することが確認されている。しかし、スパイラル鉄筋がストッパー埋込み部の水平耐力に与える影響は必ずしも明確となっていない。そこで、ストッパー埋込み部の実験を模擬した FEM 解析モデルを用いて、スパイラル鉄筋の有無による FEM 解析を実施し、スパイラル鉄筋がストッパー埋込み部の水平耐力に与える影響について検討した。

2. 実験および解析概要

図-1に試験体の配筋図を示す。試験体は、ストッパー埋込み部である実大の桁端、桁座を模擬している。図-2に図-1の試験体を模擬した FEM 解析のモデル図を示す。解析モデルは、試験体中央を対象とした3次元1/2モデルである。解析モデルは既往の研究²⁾を参考に、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土木学会コンクリート標準示方書で算出し、圧縮破壊エネルギーは、中村らによる式により算出した。ひび割れモデルは固定ひび割れモデルとし、ひび割れ後のせん断剛性と圧縮強度、ポアソン比の低減は、ひび割れ直交方向のひずみに応じてせん断剛性を低減する Al-Mahaidi モデル、圧縮強度を低減する Vecchio and Collins モデル、ポアソン比を低減する Selby and Vecchio モデルで考慮した。また、Hsieh-Ting- Chen モデルを用いて横拘束によるコンクリートの圧縮強度の増加を考慮した。ストッパーは非線形とし、補強鉄筋の構成則は、完全弾塑性モデル、埋込み鉄筋要素でモデル化した。

表-1に FEM 解析の諸元を示す。No.1 は、図-1に示すスパイラル鉄筋を配置しない試験体の諸元であり、No.1 を対象とした FEM 解析を実施し、No.1 に対して解析上、スパイラル鉄筋を配置したものを No.2 とした。

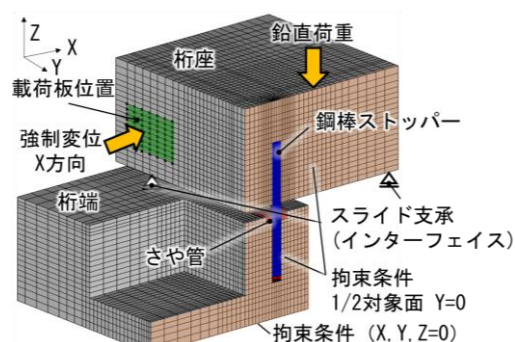


図-2 解析モデル

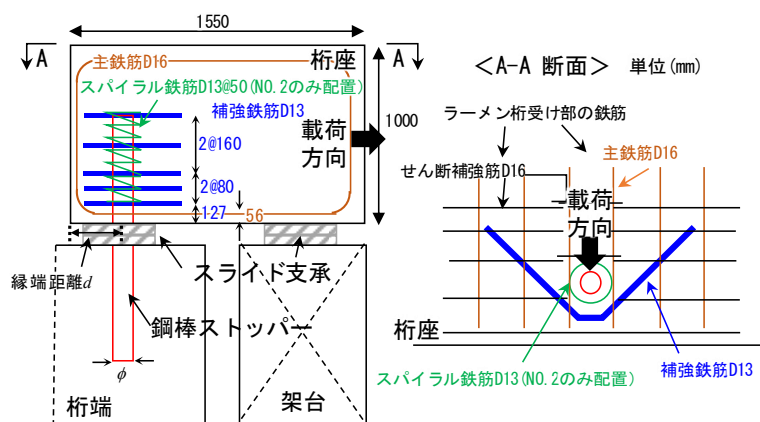


図-1 試験体の配筋

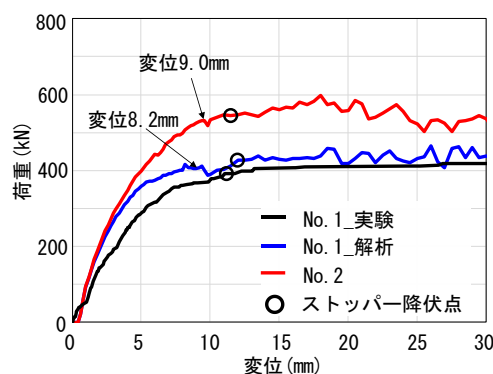


図-3 荷重と変位の関係

キーワード 鉄道橋りょう, 鋼棒ストッパー, スパイラル鉄筋, 水平耐力

連絡先 〒732-0827 広島市南区稲荷町 4-1 西日本旅客鉄道株式会社 Tel:082-263-4777

表－１ 試験体の諸元

No	実験	解析	スト ッパ ー径 ϕ	圧縮 強度 f_c'	縁端 距離 d	水平 耐力	ストッパー周りの鉄筋									
							補強鉄筋 (D13)			主鉄筋 (D16)			スパイラル鉄筋 (D13)			
							鉄筋 の断 面積 A_s	降伏強度 f_{sy}	θ_s	鉄筋 の断 面積 A_s	降伏強度 f_{sy}	θ_s	鉄筋 の断 面積 A_s	降伏強度 f_{sy}	θ_s	スパイラル 鉄筋の 外径
							(mm ²)	(N/mm ²)	(°)	(mm ²)	(N/mm ²)	(°)	(mm ²)	(N/mm ²)	(°)	(mm)
1	○	○	100	32.0	200	415 ^{※1}	126.7	366	45	198.6	376	0	—			
2	—	○				524 ^{※2}							126.7	366	45	198.6

※1 解析値, 変位 8.2mm 時, ※2 変位 9.0mm 時, ※3 参考文献 3)

3. スパイラル鉄筋がストッパー埋込み部の水平耐力に与える影響

図－3 に荷重と変位の関係を示す。No.1 と, No.2 を比較すると, スパイラル鉄筋の配置により耐力が向上している。また, No.1, 2 とともに剛性が低下した後, 荷重が急激に低下することなく, 変位が増加し, 荷重が概ね一定となり, 変位が増加する過程でストッパーが降伏した。既往の研究 2) から, ストッパー前面が水平破壊する破壊形態は, ストッパー前面のコンクリートが水平破壊し, 剛性が低下するが, より深くに配置したストッパー周りの鉄筋が荷重を負担するため, 荷重が急激に低下することがない。そして, ストッパー周りのコンクリートが損傷することでストッパーに生じる曲げモーメントが増加してストッパーが降伏する。No.1, 2 はこれと同様の損傷過程であることから, ストッパー埋込み部が水平破壊したものと考えられる。

図－4 に, 荷重の増加が概ね一定となった No.1 の変位 8.2mm, No.2 の変位 9.0mm の最大主ひずみを示す。No.1, 2 とともに桁座下面において, ストッパーから桁座縁端に向けての 45°方向の最大主ひずみおよびストッパーの埋込み長 2φ程度からの 45°方向の桁座正面に向かっての最大主ひずみが大きく, 両者の破壊面の大きさに差はない。図－5 に, No.1, 2 の鉄筋の応力を示す。No.1 は, 最大主ひずみの大きい破壊面を跨ぐ補強鉄筋と主鉄筋が降伏している。No.2 では, 補強鉄筋と主鉄筋に加えて破壊面に含まれるスパイラル鉄筋も降伏している。また, No.1 から No.2 での水平耐力の増加分(109kN)は, 降伏したスパイラル鉄筋の降伏耐力($97\text{kN}=f_{sy} \cdot A_s \cdot \cos\theta_s \cdot 4$, ※4 は破壊面を跨ぎ降伏したスパイラル鉄筋の本数)と概ね等しい。

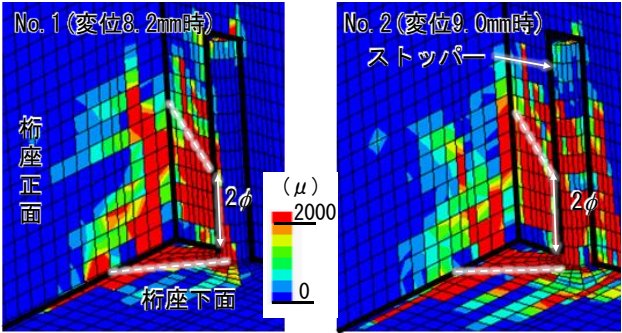
このことから, スパイラル鉄筋を配置することによって破壊面の大きさが変わることなく, 破壊面を跨ぐスパイラル鉄筋が降伏するまで水平力を受け持つことにより, 水平耐力が向上したと考えられる。

4. まとめ

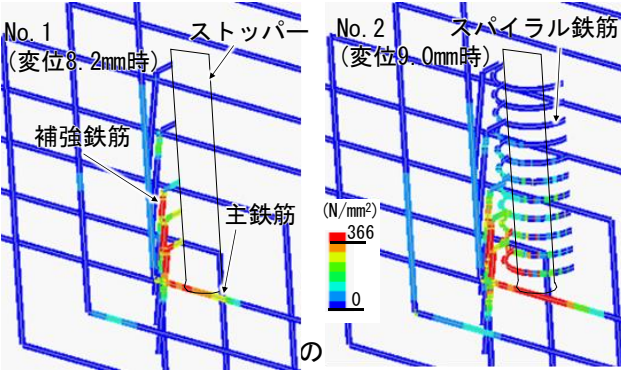
スパイラル鉄筋を配置することによりストッパー埋込み部の耐力は向上する。また, 破壊面を跨ぐスパイラル鉄筋が降伏する場合には, 破壊面を跨ぐスパイラル鉄筋の降伏耐力が, ストッパー埋込み部の水平耐力に影響することを明らかとした。

【参考文献】

1) 石橋忠良, 吉野伸一: 鋼棒ストッパーの設計, 構造物設計資料, No.73, pp.15-17, 1983
2) 田畑勝幸, 轟俊太郎, 堂内悠吾, 田所敏弥: 縁端距離と補強鉄筋量が鋼棒ストッパー埋込み部の損傷メカニズムに及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol1.68A, pp.702-710, 2022
3) 田畑勝幸, 轟俊太郎, 田所敏弥: 補強鉄筋の形状がストッパー周辺の桁端の耐力に及ぼす影響, 土木学会第 77 回年次学術講演会, V-625, 2022



図－4 最大主ひずみ



の