# 鋼角ストッパー埋込み部のコンクリートの形状寸法が破壊形態に及ぼす影響

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○笠倉亮太,轟俊太朗,岡本大(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 進藤良則,石井秀和,井上翔,下津達也

#### 1. はじめに

コンクリート鉄道高架橋の支承部のうち,鋼角スト ッパー(以下,ストッパー)は,移動制限装置および 落橋防止装置として用いられ,耐震設計において,復 旧性の観点から橋脚に損傷を先行させる設計となって いる.しかしながら,過去の地震において,橋脚が損 傷する前にストッパー埋込み部のコンクリートに損傷 が生じた事例が報告されている<sup>1)</sup>.本論文では,復旧性 を考慮したストッパーの設計手法の確立のため,これ までの実験結果<sup>2),3)</sup>を元に,FEM 解析を実施し,ストッ パーの埋込み長やストッパー前面から桁座端までの距 離がストッパー埋込み部のコンクリートの破壊形態に 与える影響について検討した.

### 2. 実験概要<sup>2),3)</sup>

実験は、これまでの実験結果2),3)を再構成したもので

試験体 No	d	a	補強鉄筋 規格 径 間隔	ストッパー 載荷方向 載荷直角 板厚	材料特性値		
					コンクリート f' <sub>ck</sub>	補強鉄筋 f <sub>y</sub>	備考
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	$(N/mm^2)$	(N/mm <sup>2</sup> )	
No. 1	100	300	SD345 D10 50	100 100 9	23. 3	413	既往の研究 <sup>2)</sup>
No. 2	100	100					
No. 3	350	300			23. 8	363	既往の研究 <sup>3)</sup>
No. 4	350	100					

ストッパー寸法 載荷直角方向

載荷方向

備考

表1 試験体諸元

表 2 解析ケース

規格

径

d

解析

а

ある. 試験体は,図1 に示す桁座を模したフーチング にストッパーを埋め込んだ 1/3 縮小試験体とし,写真1 に示すように,水平方向の単調載荷を実施した. 試験 変数は,ストッパーの埋込み長*a*,ストッパー前面から 桁座端までの距離*d*である.**表**1に試験体諸元を示す.

## 3. 解析条件

FEM 解析は、埋込み長 a、ストッパー前面から桁座 端までの距離 d が破壊性状に与える影響を検討するた め, a, dを変数とした9体に対して実施した.表2に 解析ケースを示す. 図2に示す解析モデルは、試験体 の直角方向を対象とした3次元1/2モデルとし、ストッ パーとフーチング間にインターフェイス要素を配置し, 接触時のみ剛とするノーテンションモデルとしている. また、ストッパー埋込み部のコンクリートの破壊性状 を検討するため、ストッパーは線形部材としている. 荷重および拘束条件を図2に示す.荷重は、載荷板を 介してx方向の強制変位を漸増させ、フーチング下端を 完全固定としている.図3にコンクリートと補強鉄筋 の材料構成則を示す. コンクリートと補強鉄筋の材料 特性値は,表1に示す値を用いて,鉄道構造物等設計 標準(コンクリート構造)<sup>4)</sup>(以下, RC 標準)により算出 した.

## 4. 実験および解析結果

4. 1破壊形態の比較



キーワード 鋼角ストッパー,桁座,支圧破壊,せん断破壊

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4に試験体 No.1~4の実験および解析の荷重-変位 関係,写真2に各試験体の破壊状況,図5に最大荷重 時の最大主ひずみと最小主応力の分布を示す.写真2 に示すよう, 試験体 No.1, 2 および 3 は, せん断ひび われの進展によるせん断破壊となった. せん断破壊は, コンクリートのせん断ひび割れ発生後も荷重を保持し, じん性的な破壊となっており,損傷個所によっては, 損傷後の復旧が容易であると考えられる.一方,試験 体 No.4 はストッパー埋込み部の圧壊による剥離が生じ ており、ストッパー前面が剥離した後に、ストッパー 背面が剥離する支圧破壊となった.支圧破壊は、急激 な耐力低下は生じないものの, コンクリートの破壊領 域が,ストッパー前面および背面へと進行するため, 損傷後の復旧が容易ではないと考えられる. 図5 に示 す最大主ひずみおよび最小主応力の分布は破壊形態を よく捉えており,ストッパーの埋込み長 a,ストッパー 前面から桁座端までの距離 d に応じ、せん断破壊、支 圧破壊が生じると考えられる. そこで、本論文では、 本解析モデルを使用して, a および d がストッパー埋込 み部のコンクリートの破壊形態に及ぼす影響について 検討した.

## 4. 2aおよび dが破壊形態に与える影響

図6に表2に示す解析ケースの最大荷重とd/aの関係 を示す.なお、図6に示す解析結果は、f'ck=24N/mm<sup>2</sup>、 fy=345N/mm<sup>2</sup>として解析した結果である.破壊形態は、 d350a100、d225a100が支圧破壊となり、残りの解析ケ ースはせん断破壊であった.d/aが小さくなると、破壊 形態がせん断破壊となった.RC標準<sup>4)</sup>に準拠したスト ッパーの設計において、支圧破壊の照査はストッパー 埋込み長 a により決定するケースが多いが、d/a=1.75 程度以下とすれば支圧破壊は生じないと考えられる.

## 5. おわりに

ストッパーをフーチングに埋め込んだ縮小試験体, それらを対象とした解析結果および*a*, *d*を変数とした 解析結果より得られた所見を以下に示す.

1)ストッパー埋込み部のコンクリートは, *a*, *d* に応じて, せん断破壊, 支圧破壊となる.

2)ストッパー埋込み部のせん断破壊は、ストッパー前面 に発生したせん断ひび割れが進展し破壊に至る、じん 性的な破壊であった.一方、支圧破壊は、コンクリー トの破壊領域がストッパー前面および背面に進展する 破壊となる.

3)d/a を小さくすることで、破壊形態が支圧破壊からせ





写真2 試験体の破壊状況



ん断破壊に移行し, d/a=1.75 程度以下であれば,支圧破 壊は生じないと考えられる.

#### 参考文献

1)東日本旅客鉄道:特集 東北地方太平洋沖地震と鉄道構造物,SED,No.37,pp47-55,2011

2)轟俊太朗他:鋼角ストッパー周辺のコンクリートのせん断破壊に関 する実験的検討,鉄道工学シンポジウム論文集,No.19,pp95-102,2015 3)笠倉亮太他:鋼角ストッパー埋込み部のコンクリートの破壊に関す る実験的検討コンクリート工学年次論文集,vol.38,投稿中

4)(公財)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,丸善,2004

5)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