

コンクリート充填された鋼殻エレメントのせん断耐力に関する一考察

JR 東日本研究開発センター 正会員 ○森山 智明

JR 東日本研究開発センター 正会員 小林 薫

1. はじめに

小断面の鋼製エレメントを特殊な継手により連続して地盤中に貫入し線路下横断構造物を構築する工法¹⁾が開発されている。本工法では、鋼製エレメントにコンクリート充填される複合構造として供用されるため、その力学性状を明らかにし、設計法を確立する必要がある。既往の実験は、高さ 10～40cm 程度の縮小モデル試験体²⁾であり、この鋼とコンクリートの複合構造のせん断耐力は、無筋コンクリートのせん断耐力式が用いられており、鋼製エレメントの幅と高さの比(s/d)の影響等は設計値と合わないが指摘されている。

今回、コンクリート充填されたエレメントのせん断耐力を確認するため、実物大モデル（高さ 80cm）においてせん断試験を行ったので報告する。

2. 試験概要

試験体概要を図-1 に示す。エレメント高さ $h=80\text{cm}$ 、奥行き $B=20.5\text{cm}$ を一定としている。せん断耐力への継手の影響は、広沢らの実験³⁾により少ないと考えられることから継手を設けず、上下鋼板にせん断補強板の両端を溶接しエレメントを模擬している。鋼板厚さ $t=12\text{mm}$ (SM400) を基本とし、下側鋼板は曲げ降伏が先行しないように $t=25\text{mm}$ (SM490) を使用している。

使用材料諸元および試験結果を表-1 に示す。試験体は、2 種類のコンクリート強度（番号の N-と H-）であり、載荷点距離 a （せん断補強板ピッチ s と同じ）と有効高さ d の比 a/d を 0.6, 1.0, 1.5, 2.0（試験番号 1～4）をパラメータとしている。試験は、支間中央の 2 点集中荷重として静的に載荷を行った。

3. 試験結果

$a/d=1.5$ 以下のケースにおける荷重（載荷荷重/2）－変位曲線を図-2～4 に、試験終了後の試験体の写真-1, 2 に示す。

$a/d=0.6$ (N-1, H-1) は、載荷点と支点を結ぶせん断ひび割れが発生し、さらに載荷を行うと載荷点付近の圧縮側の鋼板が大きく座屈し耐力は低下している。 $a/d=1.0, 1.5$

(N-2, 3, H-2, 3) は、同様なせん断ひび割れの発生と同時に耐力が低下した。 $a/d=2.0$ (N-4, H-4) は、支点上部と外側の垂直鋼材が外側に膨らみだすと同時に支線上部に水平ひび割れが発生し耐力が低下している。（写真-2 参照）

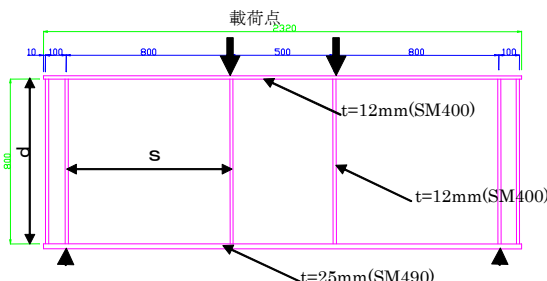
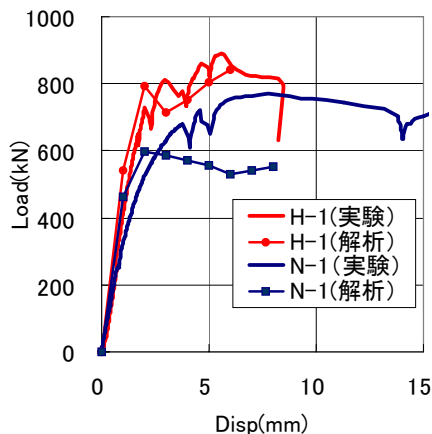
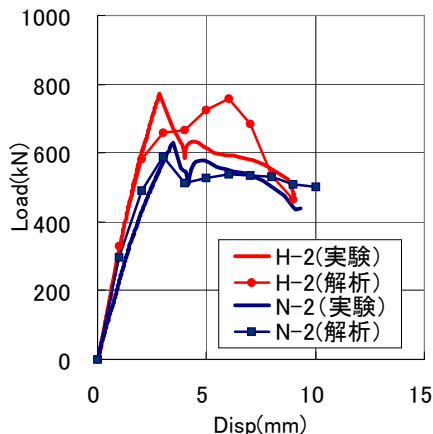
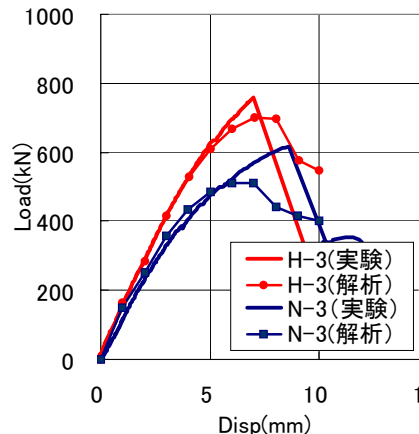
図-1 試験体概要($a/d=1.0$)

表-1 試験体諸元および試験結果

番号	a/d (s/d)	s (cm)	fc' (N/mm ²)	B (cm)	h (cm)	As (cm ²)	fsy (N/mm ²)	Aw (cm ²)	fwy (N/mm ²)	Vu,exp (kN)	Crack,exp (kN)		Vu1,cal 式(1)	exp/cal
N-1	0.6	50	32.4	20.5	80	32	478	24	348	770	675	725	997	0.77
N-2	1.0	80	32.4	20.5	80	32	478	24	348	634	←		887	0.71
N-3	1.5	120	32.4	20.5	80	32	478	24	348	616	←		693	0.89
N-4	2.0	160	32.4	20.5	80	32	478	24	362	427	←		427	1.00
H-1	0.6	50	51.0	20.5	80	32	478	24	348	889	735	855	1250	0.71
H-2	1.0	80	51.0	20.5	80	32	478	24	348	774	←		1113	0.69
H-3	1.5	120	51.0	20.5	80	32	478	24	348	759	←		870	0.87
H-4	2.0	160	51.0	20.5	80	32	478	24	362	551	←		535	1.03

キーワード 複合構造, 鋼製エレメント, せん断, 線路下横断構造物

連絡先 〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-0 JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所 TEL 048-651-2552

図-2 荷重-変位曲線($a/d=0.6$)図-3 荷重-変位曲線($a/d=1.0$)図-4 荷重-変位曲線($a/d=1.5$)

3. せん断耐力の評価

土木学会：「鋼コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案）」に基づき算出した計算結果を表-1に示す。同指針では、トラス機構と考えコンクリートの圧縮斜材としてのせん断耐力は、せん断補強のない鉄筋コンクリートのせん断耐力式を用いている。

実験値は、 a/d が大きくなると終局せん断耐力は、若干であるが小さくなる傾向となっている。しかし、 $a/d=1.0$ と 1.5 の比較では、最大耐力に差は見られず、設計式ほど a/d の影響がない。本実験の $a/d=1.5$ 以下のケースでは、実験値が計算値を下回っている。

4. FEM解析

今回の実験を2次元非線形FEM解析プログラム「WCOMD」⁴⁾を用いて解析を行った。N-2における終局時のひび割れの形状を図-5に示す。解析では、せん断ひび割れ発生状況をよく再現できている。コンクリートのせん断ひび割れが発生した $a/d=1.5$ 以下のケースにおける解析における荷重-変位曲線を図-2～4に示す。解析結果は、実験値と比較的よく合っており、解析においても最大耐力の a/d による影響が小さいことがわかる。

5. まとめ

コンクリート充填されたエレメントのせん断耐力は、本試験では a/d による耐力の差は顕著に表れなかった。また、計算値を下回ったことから、圧縮ストラットと受け持つ無筋コンクリートのせん断耐力は、鉄筋コンクリートのせん断耐力式では適用できないケースがあると考えられる。今後は、これらの検討を基にせん断耐力評価を行う予定である。

【参考文献】1)清水,森山他:鋼製エレメントを用いた線路下横断トンネルの設計法;第8回トンネル工学研究会,平成10年11月

2)森山他:鋼とコンクリートの複合構造のせん断実験土木学会題53回年次講演会,平成10年9月

3)広沢他:鋼製地中連続壁の水平方向合成構造梁の力学性状:土木学会題49回年次講演会,平成6年9月

4)岡村甫,前川宏一:鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則,技法堂出版,1991

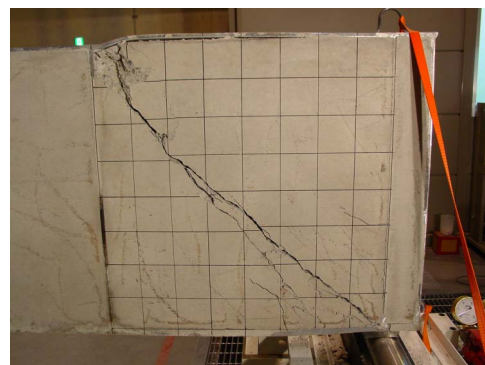


写真-1 試験終了後(N-2)

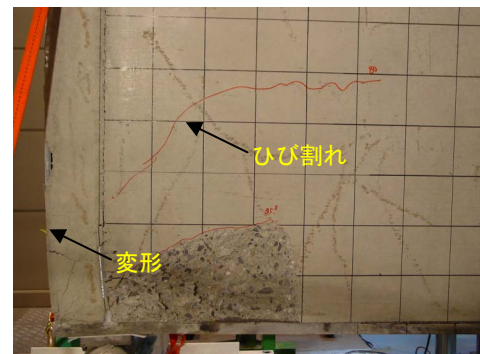


写真-2 試験終了後(N-4)

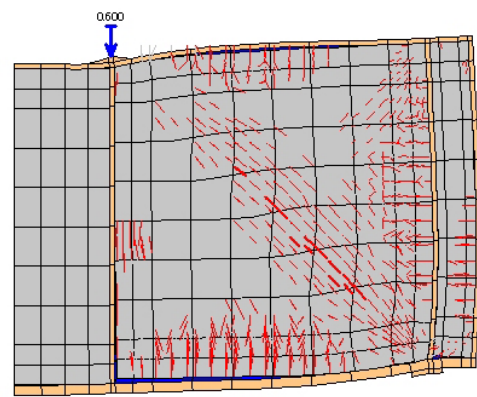


図-5 ひび割れ図(N-2)