

## JES 部材の補強に関する実験的検討

土井 至朗\*1・安保 知紀\*2・栗栖 基彰\*3

## 概 要

JES 工法で構築される部材は、鋼板とコンクリートの合成度が低い鋼コンクリートサンドイッチ部材となっている。本検討では、部材断面内に補強鋼材を配置した場合の部材の耐力や変形量及び破壊性状を確認するため、補強鋼材の種類、量をパラメータとして曲げ載荷試験を行った。これより、補強鋼材として高強度のものを使用すると非常に脆性的な破壊となることがわかった。また、平面保持の仮定のもと算出した荷重値と実験結果との比較を行ったところ、下側鋼板の降伏荷重は比較的精度良く評価できるが、補強鋼材の降伏荷重と最大荷重は過大評価となり、高強度の補強鋼材を用いた場合はその傾向が大きくなることがわかった。

キーワード：鋼コンクリートサンドイッチ部材，JES 工法，鋼材補強

## EXPERIMENTAL STUDY OF REINFORCEMENT OF JES COMPONENTS

Shiro DOI \*1, Tomonori ABO \*2, Motoaki KURISU \*3

## Abstract

The member formed by a JES method is sandwiched between other members and weakly composed of two materials-steel plate and concrete. In this study, a bending load test was conducted using different kinds of stiffeners and amounts as parameters, in order to verify the amount of deformation and destructiveness of the members which include steel stiffeners in their cross-section. The results of the test revealed that the member using high strength steel as a stiffener exhibits a highly brittle fracture. In addition, comparison was made between a calculated load value while presuming a certain flatness and experimental results, and from this, it was found that the yielding load of the steel plate underside can be evaluated with relatively good precision, but the yielding load and maximum load are prone to be overestimated, significantly when using high strength steel stiffener.

Keywords: steel-concrete sandwiched member, JES method, steel stiffener

---

\*1 Foundation / Structure Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

\*2 Manager, Foundation / Structure Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

\*3 President and Representative Director, J-TEC CORPORATION

## JES 部材の補強に関する実験的検討

土井 至朗\*1・安保 知紀\*2・栗栖 基彰\*3

## 1. はじめに

鉄道や道路の下に非開削でボックスカルバート等の構造物を構築する工法として JES(Jointed Element Structure)工法が開発された<sup>1)</sup>。この工法では、**図-1**に示すように鋼製エレメントを噛み合わせ継ぎ手で繋ぎ合わせ、エレメント内にコンクリートを充填して部材を構築する。近年、地下構造物の大型化や大深度化に伴い、設計断面力に対して曲げ耐力が不足する場合がみられる。部材の耐力を向上させるためには、JES 継手の強度を高くする必要があるが、新たな継手の開発には多大な労力と時間が必要となる。そこで、簡便な補強方法として JES 部材の断面内に補強鋼材を配置し、補強効果を確認する実験を実施した<sup>2)</sup>。今回、新たに試験体を追加して同様の実験を行ったので、その結果を報告する。

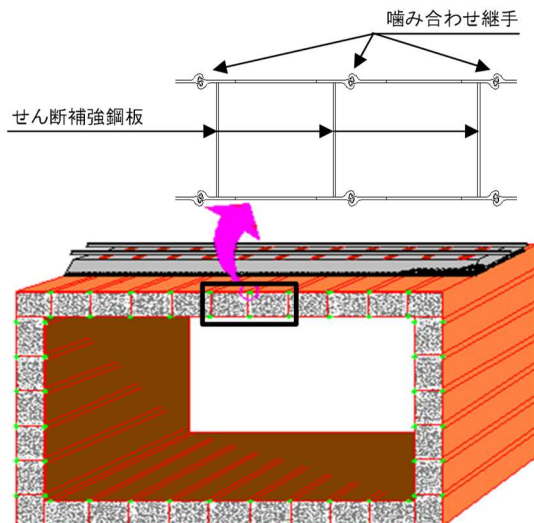


図-1 JES 工法の概要

## 2. 曲げ載荷試験

## 2.1 試験概要

実物の約 1/2 の縮小試験体を用いて部材断面内に補強鋼材を配置し、耐力と変形性能、破壊形態の確認を行った。載荷方法は**図-2**に示すように載荷点と支点間を 1,480mm とする 4 点曲げ載荷とした。試験体は部材高さを 480mm、部材幅を 310mm とし、部材軸方向にせん断補強鋼板を 585mm 間隔で配置した。使用した鋼板は全て板厚 9mm の SM400 材とし、鋼板の接合部は溶接で堅固に固定した。補強鋼材は、部材下縁から 64mm の位置に配置し、せん断補強鋼板を貫通して端部をナットで定着した。

## 2.2 試験ケース

試験ケースを**表-1**に示す。試験体のパラメータはコンクリートと補強鋼材の付着及び補強量とし、既報告<sup>2)</sup>の No.A~No.C(本稿では No.1~No.3 と記載)に、今回新たに No.4~No.8 の 5 体を追加した。なお、No.5 と No.6 については、実際の施工を想定して補強鋼材同士を機械式継手で接続した。この機械式継手の位置がひび割れの発生や耐力に与える影響の有無を確認することとした。

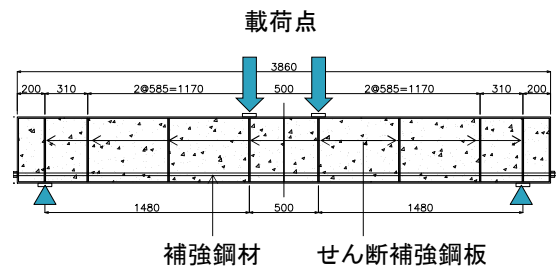


図-2 試験概要

\*1 建設技術総合センター 研究開発センター 基礎・構造グループ

\*2 建設技術総合センター 研究開発センター 基礎・構造グループ グループリーダー

\*3 株式会社ジェイテック 代表取締役社長

表－1 試験ケース

試験体 No.	試験体寸法	せん断スパン	補強鋼材		コンクリートとの付着	備考
			種類	本数		
1	L3860× B310× H480mm	1480mm	なし	－	－	文献 <sup>2)</sup>
2			D16 SD345	5	あり	文献 <sup>2)</sup>
3			Φ19 SR235	5	なし	文献 <sup>2)</sup>
4			Φ19 PC 鋼棒 C 種 1 号	5	なし	
5			D16 SD345(機械式継手で接続)	3	あり	
6			D16 SD345(機械式継手で接続)	3	あり	
7			D16 SD345	3	あり	
8			D16 SD345	1	あり	

表－2 材料強度一覧

		降伏強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	適用
t9	SM400	306	199	442	No.1～4エレメント
D16	SD345	383	184	567	No.2補強鋼材
Φ19	SR235	313	203	460	No.3補強鋼材
Φ19	C種1号	1181	197	1290	No.4補強鋼材
t9	SM400	350	214	492	No.5～8エレメント
D16	SD345	396	189	562	No.5～8補強鋼材

配合	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	割裂 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )	適用
19.5-18-20H	27.1	24.1	2.56	No.1
	26.5	26.6	－	No.2
	27.5	28.0	－	No.3
	27.3	27.9	－	No.4
21-18-20H	31.8	25.3	2.72	No.5, No.7
	32.9	28.4	－	No.6
	33.1	25.8	3.08	No.8

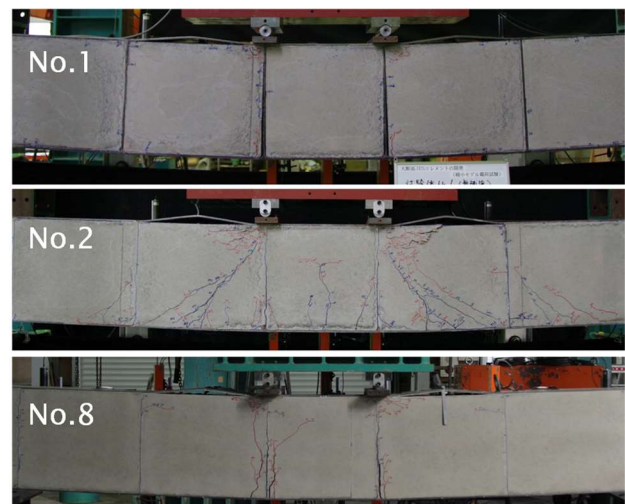
## 2.3 試験結果

### (1) 材料強度

各試験体に使用した材料の物性値一覧を表－2に示す。試験体 No.1～No.4 と No.5～No.8 では試験体の製作時期が異なるため、鋼材のロットやコンクリート配合が異なっている。

### (2) 破壊状況

載荷点変位 50mm 時の試験体の損傷例を写真－1に示す。いずれの試験体も下側鋼板の降伏前後に上側鋼板のはらみ出しがみられ、その後補強鋼材が降伏し、最終的には試験体上部コンクリートの圧壊で載荷を終了した。補強鋼材を配置していない No.1 では、コンクリートには圧壊が発生するまで目立ったひび割れ、損傷はなく、コンクリートと鋼板の間の目開きが拡大することで変形が進んだ。コンクリートと補強鋼材の付着がない No.3, No.4 及び補強量の少ない No.8 では曲げひび割れの分散はあまりみられなかった。その他の試験体については一般的な RC 部材と同様、複数の曲げひび割れが



写真－1 載荷点変位 50mm 時の損傷状況

発生した後、斜めひび割れが発生している。

### (3) 補強鋼材の量による影響

配置した補強鋼材の量に着目し、試験ケース No.1 と No.2, No.7, No.8 の荷重と載荷点変位の関係を図－3に示す。補強鋼材は全て D16(SD345)で、配置した本数はそれぞれ 0 本, 5 本, 3 本, 1 本である。補強鋼材を配置するこ

とで、初期剛性及び耐力が向上することが確認できた。補強鋼材を3本配置した No.7 に比べ、5本配置した No.2 の剛性と耐力の向上の程度が小さいが、これは表-2 に示すように No.2 に使用した鋼板、補強鋼材ともに、降伏強度、弾性係数が低かったためと思われる。

**(4) 補強鋼材の強度による影響**

補強鋼材の強度に着目し、試験ケース No.1 と No.3, No.4 の荷重と載荷点変位の関係を図-4 に示す。補強鋼材として普通丸鋼を使用した No.3 と PC 鋼棒を使用した No.4 では、鋼材が降伏するまでの曲げ剛性にほとんど違いはみられなかった。No.4 では最大荷重は No.3 よりも向上したものの、最大荷重到達後、コンクリートの圧壊が発生し急激に荷重が低下した。

**(5) 機械式継手の影響**

図-5 に試験ケース No.7 と補強鋼材を機械式継手で接続した No.5, No.6 の荷重と載荷点変位の関係を示す。機械式継手の配置は図-6 に示すように試験体のせん断補強鋼板の内側と外側とした。機械式継手の有無及び位置によるひび割れ発生状況や耐力等への影響はほとんどみられなかった。

**3. 計算値との比較**

本実験から得られた下側鋼板降伏荷重、補強鋼材降伏荷重、最大荷重と計算値の比較を表-3 に示す。計算値は平面保持の仮定のもと、下記の条件で算出した。

- ・ 上側鋼板は圧縮力を受け持つものとした
- ・ 最大荷重は試験体最上縁の圧縮ひずみが 0.0035 となる時点の荷重とした
- ・ 材料強度は各試験体の材料強度試験結果の値を用いた

補強鋼材に異形鉄筋を用いた試験体（試験ケース No.2, No.5~No.8）では、下側鋼板降伏荷重の実験値は、計算値とほぼ同等か若干上回る結果となり、比較的精度良く荷重を算出することができた。しかし、補強鋼材の降伏荷重と最大荷重は計算では若干過大に評価する結果と

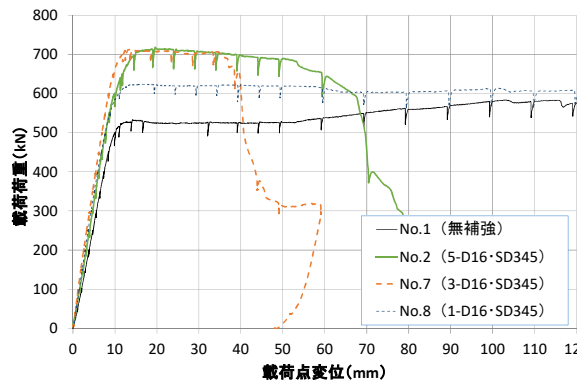


図-3 補強鋼材の量による影響

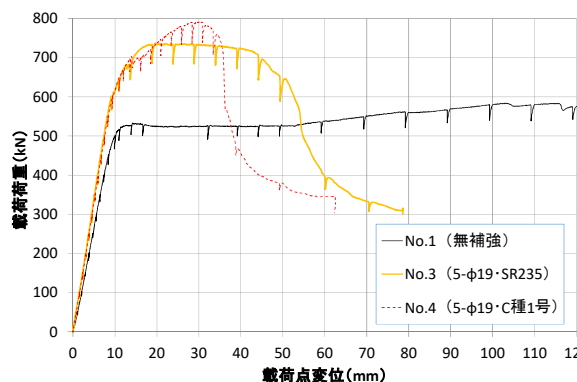


図-4 補強鋼材の強度による影響

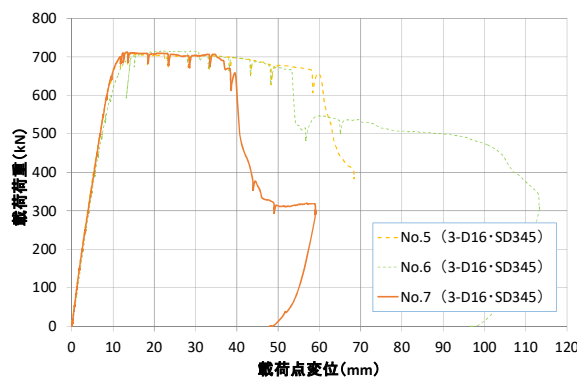


図-5 機械式継手の影響

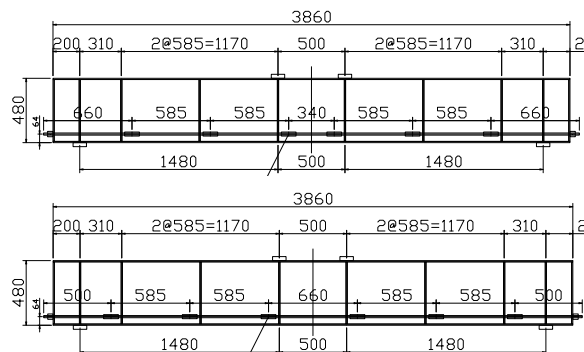


図-6 機械式継手の配置

表-3 試験値と計算値の比較

	補強鋼材	下側鋼板降伏荷重		補強鋼材降伏荷重		最大荷重	
		上段:実験値 下段:計算値	実験値/計算値	上段:実験値 下段:計算値	実験値/計算値	上段:実験値 下段:計算値	実験値/計算値
No.1	-	523kN	1.01	-	-	587kN	1.08
		516kN		-		543kN	
No.2	5-D16(SD345)	695kN	1.11	698kN	0.97	718kN	0.97
		625kN		718kN		741kN	
No.3	5-Φ19(SR235)	662kN	0.97	720kN	0.97	737kN	0.95
		685kN		740kN		772kN	
No.4	5-Φ19(C種1号)	682kN	1.00	-	-	793kN	0.75
		679kN		-		1051kN	
No.5	3-D16(SD345) カプラーあり	687kN	1.04	699kN	0.97	709kN	0.95
		661kN		718kN		750kN	
No.6	3-D16(SD345) カプラーあり	681kN	1.03	702kN	0.98	716kN	0.95
		661kN		718kN		750kN	
No.7	3-D16(SD345)	697kN	1.05	700kN	0.97	713kN	0.95
		661kN		718kN		750kN	
No.8	1-D16(SD345)	614kN	1.00	621kN	0.97	624kN	0.94
		613kN		638kN		665kN	

なった。実験でみられた上側鋼板のはらみ出しを適切に評価する必要があると思われる。

耐力や変形性能、ひび割れの発生状況の違いは確認できなかった。

#### 4. まとめ

今回の一連の実験及び検討により、以下の知見が得られた。

- ・補強鋼材を配置しない場合は、コンクリートに目立った損傷は発生せず、コンクリートと鋼板の間の目開きが拡大していくことで変形が進んだ。
- ・平面保持を仮定した断面計算で、下側鋼板の降伏荷重は比較的精度良く評価できるが、補強鋼材の降伏荷重と最大荷重は実際よりも若干過大な評価となった。
- ・補強鋼材とコンクリート間の付着の有無は、荷重-変位関係にはほとんど影響がないが、ひび割れの分散状況は異なった。
- ・補強鋼材として高強度のものを使用すると、非常に脆性的な破壊となった。
- ・補強鋼材を機械式継手で接続することによる

#### 参考文献

- 1) 森山智明, 桑原清, 茂木聡, 三島大輔: 鋼製エレメントを用いた新しい線路下横断工法の開発, 第4回複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, pp.263-268, 1999.11
- 2) 安保知紀, 栗栖基彰, 土井至朗, 桑原清: 鋼コンクリートサンドイッチ部材の補強に関する基礎的研究, 土木学会第72回年次学術講演会, CS5-004, pp.7-8, 2017.9