

プレキャスト部材に用いる鉄筋継ぎ手法の実証実験

Demonstration Experiment of Rebar Joint Method for Precast Members

(株)砂子組 ○正 員 古川 大輔 (Daisuke Furukawa)
(株)砂子組 正 員 西村 友宏 (Tomohiro Nishimura)
(株)砂子組 正 員 長谷川 雅樹 (Masaki Hasegawa)
(株)砂子組 正 員 近藤 里史 (Satoshi Kondo)
(株)砂子組 正 員 田尻 太郎 (Taro Tajiri)

1. はじめに

昨今、国交省では働き方改革により建設業の生産性向上の改善に向けた取り組みとして、コンクリート工のプレキャスト化の導入を推進している。その一方で、プレキャスト製品の採用は、コスト増・設計と現場条件の不一致・重量により運搬が困難等の理由により、採用への課題が多い現状にあり、現場打ちコンクリート工の採用が主流となっている。

また、建設業界においては労働者の高齢化が進む一方、将来を担う生産労働人口は減少の一途をたどっており、労働者の減少を生産性の向上により補う必要がある。

以上の背景から、生産性向上を目的とした「新形式鋼合成プレキャスト部材を用いたボックスカルバートの開発」を試みた。その内、本論文では側壁部の鉄筋重ね継手結束において、現場労働力の省力化や施工手間の簡略化を図るため、結束の省略を目的とした実証実験を試み、その必要性や有効性について記述したものである。

2. 実験概要

2-1. 試験機の解析

実験に先立ち、本開発に係わる各供試体の破断（または圧壊）荷重を試算し、その最大載荷荷重に耐えうる試験機の解析を行い、形状を決定する。



写真-1～2 試験機

写真-1～2 に試験機を示す。試験機は、山留材 H400 で門型に架台を組立て、油圧ジャッキ（1000～3000kN、ストローク 220mm）とロードセル（1000～3000kN）を用いて、供試体上面に荷重を載荷させる計画として解析を行った。

解析モデルとして、最大載荷荷重は 2000kN と大きいことから、門型部の架台は奥行方向に 2 連として 1000kN ずつを作用させる構造とする。次に、図-1 に示すとおり、山留材の連結はボルト構造、さらに作用力が上方向であることから、連結部の引張力負担低減として、火打梁（剛体要素）構造とする。

解析の結果、山留材サイズは H400、連結部のボルトは M22 高力ボルトを使用する。なお、門型部の支間中央曲げモーメントとボルトへの作用力が大きいことから、山留材は 2 段構造とした。解析結果を表-1 に示す。

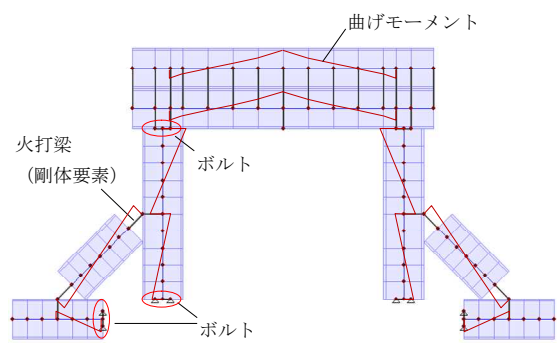


図-1 解析モデル図

表-1 解析結果一覧（門型部）

照査項目	解析結果(N/mm2またはkN)		備考
	応力度	許容応力度	
曲げ引張応力度	38	140	支柱接合部
曲げ圧縮応力度	38	138	〃
局部座屈応力度	34	140	〃
軸引張応力度	27	140	梁中央部
軸圧縮応力度	17	140	〃
せん断応力度	12	140	〃
ボルト接合部の最大作用力	496	900	M22(F10T)×4本

2-2. 試験機の製作と計測概要

試験時は、供試体の両側に支点を設け、支間中央部に鋼製載荷板を持たせて荷重を鉛直載荷させる。これにより、コンクリート破壊形態の確認と変位・ひずみを計測し、データ収集を行う。

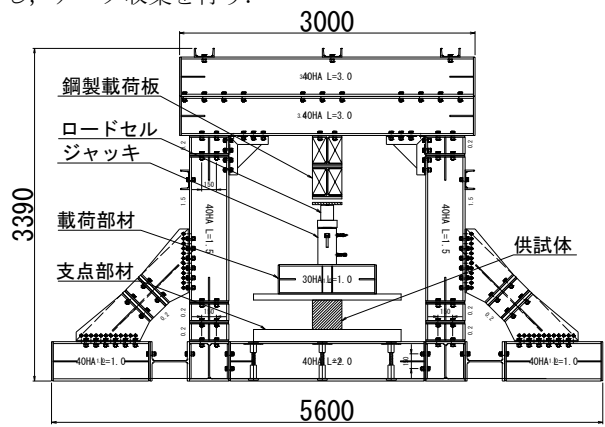


図-2 試験機断面図

3. 実験ケース

表-2 に実験ケースと図-3 に供試体形状図を示す。供試体は全 4 ケースあり、CASE-1 は重ね継手を結束、CASE2～3 は重ね継手を未結束、CASE-4 は重ね継手をしない鉄筋コンクリート供試体となる。

また、重ね継手未結束については、重ね継手端部が支間中央位置のケースと、支間中央位置を外したケースとしている。なお、コンクリート設計基準強度は本開発条件の $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ (弾性係数 $2.8\times 10^4\text{N/mm}^2$)、鉄筋は SD345 (弾性係数 $2.0\times 10^5\text{N/mm}^2$) を使用している。

表-2 実験ケース

実験ケース	ひずみゲージ(点)		
	荷重計・変位計	コンクリート	鉄筋
CASE-1:重ね継手結束	1+5	4	12
CASE-2:重ね継手未結束①	1+5	4	12
CASE-3:重ね継手未結束②	1+5	4	12
CASE-4:重ね継手無し	1+5	4	6

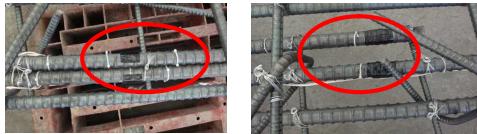
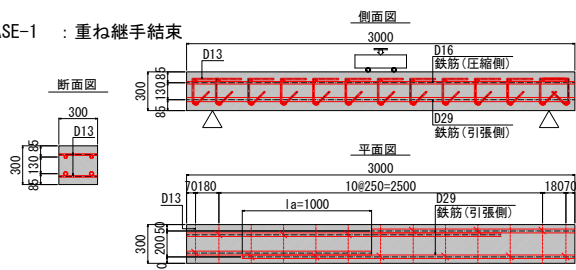
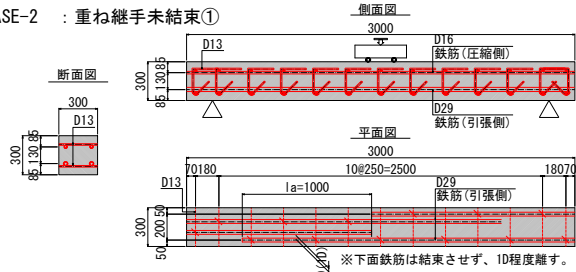


写真-3～4 重ね継手結束 (左) と未結束 (右)

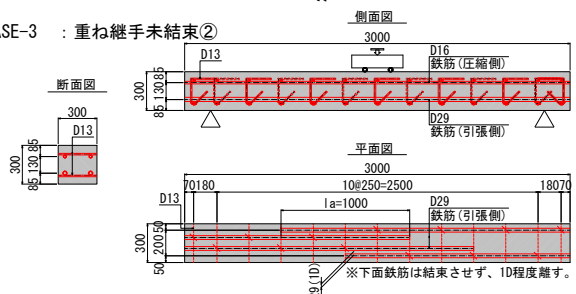
CASE-1 : 重ね継手結束



CASE-2 : 重ね継手未結束①



CASE-3 : 重ね継手未結束②



CASE-4 : 重ね継手無し

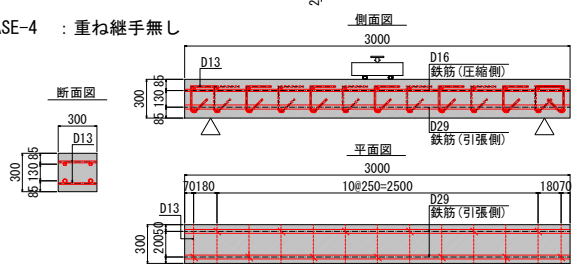


図-3 供試体詳細図

4. 実験結果

4.1. 計算値の算出

実験に先立ち、鉄筋コンクリート部材の断面計算を行い、部材の弾性域や鉄筋の降伏荷重値を把握した。表-3 に計算結果を示す。

表-3 断面計算結果

実験ケース	弾性域計算値			鉄筋降伏荷重 (kN)
	載荷荷重(kN)	応力度	許容応力度	
CASE-1	40	$\sigma_c=9.3\text{N/mm}^2$	$\sigma_{ca}=10.0\text{N/mm}^2$	130
CASE-2		$\sigma_s=131\text{N/mm}^2$	$\sigma_{sa}=160\text{N/mm}^2$	
CASE-3		$\tau=0.14\text{N/mm}^2$	$\tau_a=0.53\text{N/mm}^2$	
CASE-4				

4.2. 実験結果

図-4～7 に各ケースの試験結果と、表-4 に破壊形態、耐荷重、および最大変位をまとめる。

各ケースの試験結果は、ゲージ設置図・クラック図・載荷荷重に対する鉄筋ひずみをグラフ化した。

表-4 各ケースの実験結果

実験ケース	破壊形態	耐荷重(kN)	最大変位(mm)
CASE-1:重ね継手結束	曲げ破壊	226.0	16.9
CASE-2:重ね継手未結束①	曲げ破壊	220.7	15.3
CASE-3:重ね継手未結束②	曲げ引張破壊	206.3	12.8
CASE-4:重ね継手無し	せん断破壊	186.0	12.2

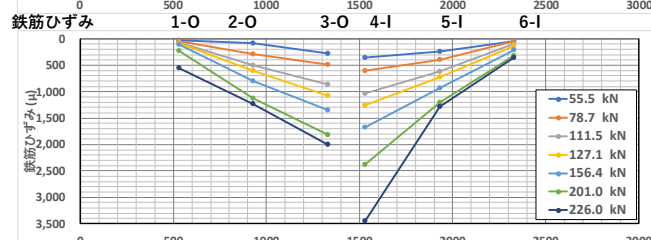
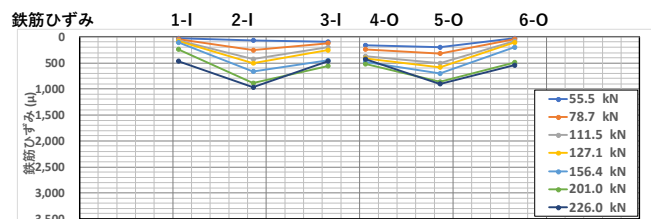
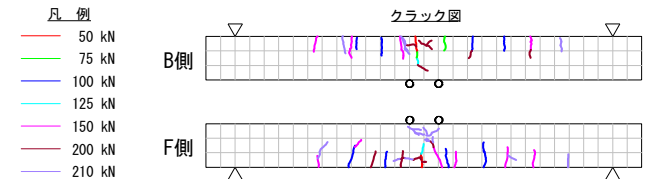
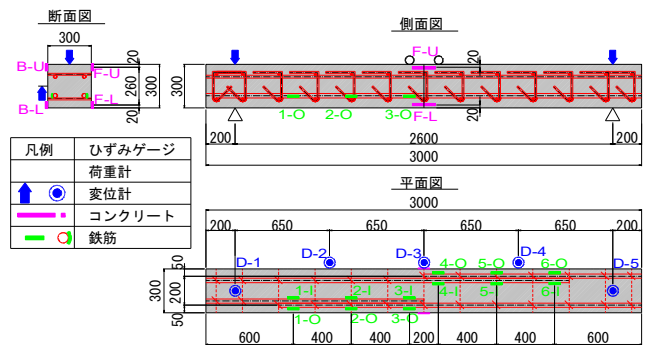


図-4 試験結果 (CASE-1 : 重ね継手結束)

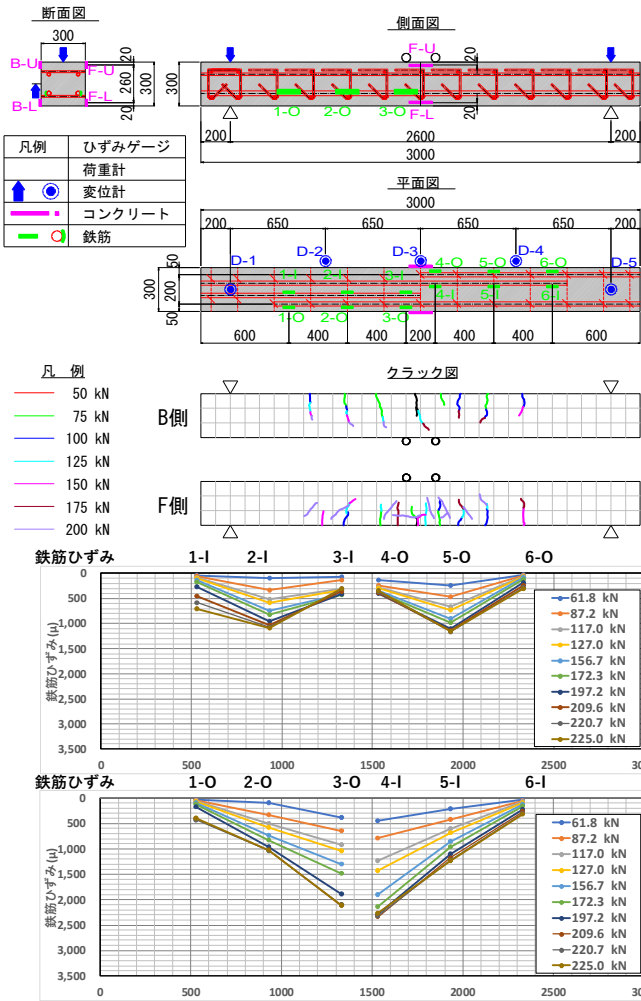


図-5 試験結果 (CASE-2: 重ね継手未結束①)

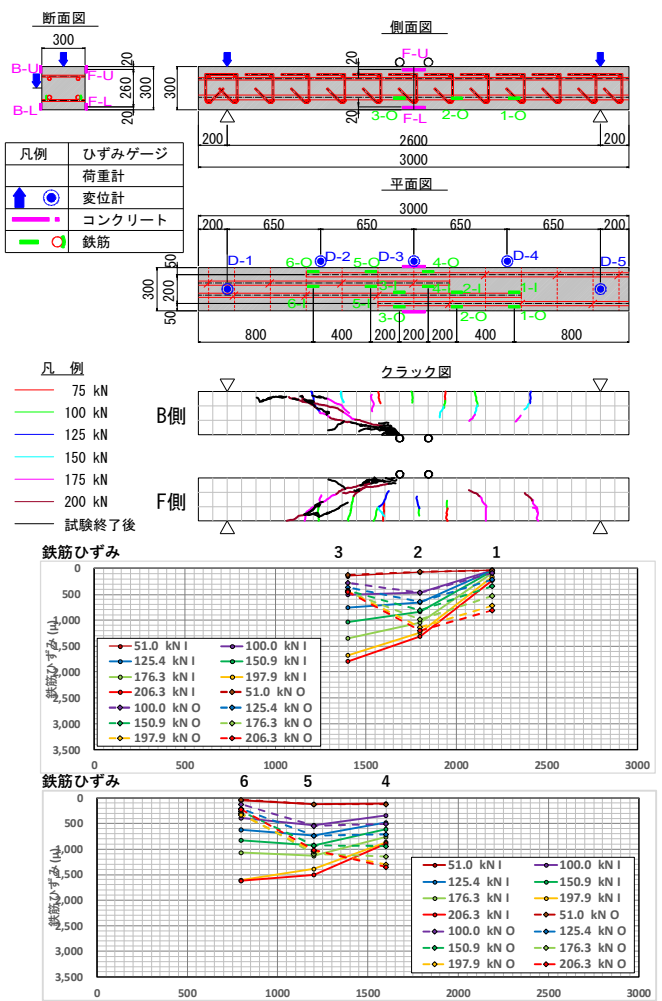


図-6 試験結果 (CASE-3: 重ね継手未結束②)

5. 考察

5-1. 計算値と実験値の重ね継手長検証

実験で使用した供試体の重ね継手長 l_a は 1000mm であり、これを重ね継手長の算出式¹⁾に当てはめ、鉄筋の引張応力をひずみに換算する。

$$I_a = \sigma_{sa} / 4\tau_{oa} \cdot \varphi$$

ここで, l_a : 重ね継手長(1000mm)

 σ_{sa} : 鉄筋の引張応力度(N/mm²) τ_{0a} : コンクリートの付着応力度(1.8N/mm²)

φ : 鉄筋の直径(29mm)

$\sigma_{sa}=1000 \div 29 \times 4 \times 1.8=248 \text{ N/mm}^2$ となり、これを鉄筋の弾性係数 ($2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$) で除すると、計算ひずみは $248 \text{ N/mm}^2 \div 2.0 \times 10^5 = 1240 \mu$ となる。次に、各ケースの重ね継手位置の最大ひずみを抽出し、計算ひずみとの比較を行う。

以上を踏まえ、図-8 に計算値と実験値(CASE-1 と CASE-2)との重ね継手長の検証をグラフ化した。

重ね継手長 $la=1000\text{mm}$ の計算ひずみに対して、各ケースの最大ひずみ値は同様に推移している。鉄筋降伏域において、CASE-2 では計算ひずみ以上の点(計算ひずみ 1240μ に対し実験値 1436μ)があるが、重ね継手範囲で平均化すると、計算ひずみを下回る($1436+680+91/3=\text{平}$

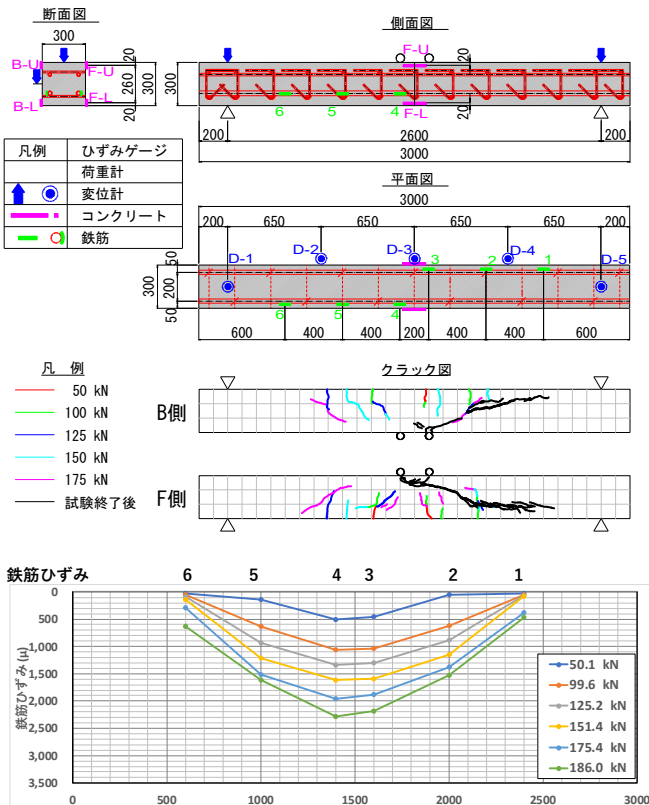


図-7 試験結果 (CASE-4: 重ね継手無し)

均 736μ)。よって、各ケースの重ね継手長は十分に確保されていることが検証できた。

なお、重ね継手長の算出式はコンクリートの付着応力度より求められるため、実験値による最小重ね継手長の検討までは行わないものとする。

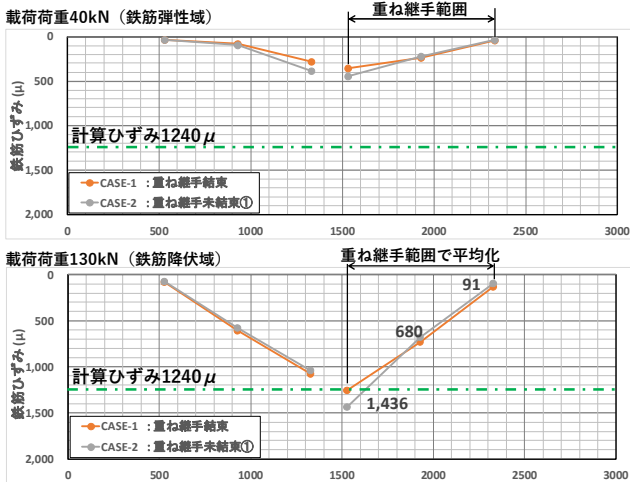


図-8 計算値と実験値の重ね継手長検証

5-2. 鉄筋ひずみの検証

鉄筋ひずみの検証は、各ゲージ位置の供試体幅当たりの引張鉄筋本数に対するひずみを算出し、図-9 に示すとおり載荷荷重 50kN 毎に全ケースをグラフ化した。

各ケースにおいて、鉄筋ひずみに大きな差はなく、ひずみ傾向も一致している。但し、CASE-3 については左右の重ね継手が支間中央に集中しているため (3-I, 3-O, 4-I, 4-O)、載荷による鉄筋ひずみが小さい値になったと推察される。

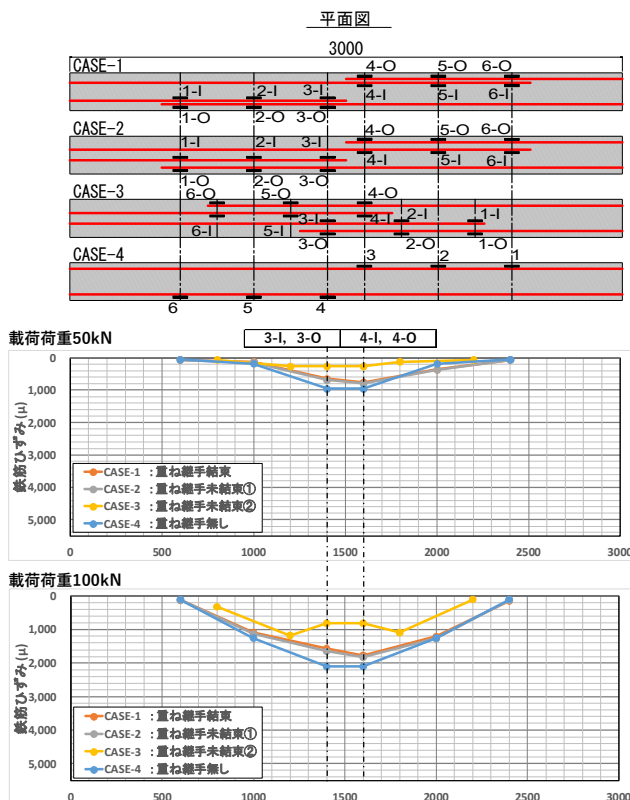


図-9 鉄筋ひずみの検証

5-3. 計算値と実験値のひずみ検証

表-3 より、鉄筋弾性域の載荷荷重 40kN、鉄筋降伏の載荷荷重は 130kN であった。この時の応力度をひずみに換算すると、鉄筋弾性域ひずみ 655μ 、鉄筋降伏ひずみ 1725μ となる。表-5～6 に、この計算値と実験値(重ね継手した鉄筋 1 本あたり)のひずみ検証をまとめた。

鉄筋弾性域ひずみと鉄筋降伏ひずみに対して、各ケースの実験値は小さい値で推移している。また、実験値の傾向は 5-2 と同様に CASE-3 のひずみが小さい値となっていることから、その妥当性が検証できた。

表-5 ひずみ検証 (鉄筋弾性域)

載荷荷重 40kN (鉄筋弾性域)

実験ケース	最大ひずみ (μ)	
	計算値	実験値
CASE-1: 重ね継手結束	655	260
CASE-2: 重ね継手未結束①		290
CASE-3: 重ね継手未結束②		142
CASE-4: 重ね継手無し		503

表-6 ひずみ検証 (鉄筋降伏域)

載荷荷重 130kN (鉄筋降伏域)

実験ケース	最大ひずみ (μ)	
	計算値	実験値
CASE-1: 重ね継手結束	1725	833
CASE-2: 重ね継手未結束①		867
CASE-3: 重ね継手未結束②		739
CASE-4: 重ね継手無し		1335

6. まとめ

- ・実験で使用した供試体の重ね継手長は、計算ひずみと比べても、十分に確保されている結果となった。
- ・重ね継手結束 (CASE-1) と未結束 (CASE-2) の鉄筋ひずみの傾向は一致しており、重ね継手未結束においても継手性能は確保できている。また、計算値と実験値のひずみ検証からも、その妥当性が検証できた。
- ・本開発の実用に向けて、今後は鉄筋重ね継手未結束を含めた、設計および施工指針の策定が課題となる。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋・コンクリート部材編 平成 29 年 11 月 日本道路協会