

(4)情報提供

1)新形状のPCaボックスカルバート「角丸カルバート」

新形状のPCaボックスカルバート「角丸（かくまる）カルバート」を開発
～コスト削減でトンネル工事のPCa化を推進～

2020.11.24

清水建設（株）＜社長 井上和幸＞はこのほど、トンネル工事のPCa（プレキャスト）化推進の一環として、コスト削減に寄与する新形状のPCaボックスカルバート「角丸カルバート」を部材メーカーの千葉窯業（株）と共同開発しました。このボックスカルバートの特徴は、隅角部の形状を直角から円弧状にすることで内部に局所的に作用している負荷を低減し、鉄筋コンクリート量を削減することです。開発にあたっては、当社が形状や配筋方法の検討、性能確認、千葉窯業（株）が製造を担当しました。

国土交通省は、建設現場における生産性向上の切り札として「i-Construction」を推進しています。その重点施策の一つが土木構造物のPCa化ですが、コスト削減が課題となっています。新形状のPCaボックスカルバートの開発はこうしたニーズに対応したものです。

ボックスカルバートは、断面が矩形（四角）のトンネルを構築するための口の字型の構造体です。従来の直角の隅角部には、下図のように土圧によってL字をV字に変形させるような大きな負荷が局所的に作用していますが、隅角部を円弧状にすることで負荷が分散されるので、局所的に作用していた負荷を30%低減できます。また、隅角部内側（入隅）と外側（出隅）の円弧の中心位置を変えることで、側壁と頂版・底版の厚さを任意に設定できます。この結果、従来のPCa部材に比べ、最大で鉄筋量を40%、コンクリート量を10%、結果として製作費を約15%削減でき、経済的に優れた製品が製造可能となっています。なお、実物大1/2スケールの試験体を使用した実証実験により、角丸カルバートが従来のボックスカルバートと同等の性能を発揮することを確認しています。

「角丸カルバート」は来秋に、当社JVが施工中の新東名高速道路川西工事の開削トンネルへの適用を予定しています。トンネルの全長は98m、PCa部材1体の外寸はタテ7.95m、ヨコ9.7m、幅1mで、重量は54t、使用数は98体です。搬送トレーラーの最大積載荷重を考慮して、PCa部材を4ピースに分けて工場製作します。現場では4ピースを鉄筋の継手とモルタルで接合・一体化した後、所定の場所に据え付け連結・延伸します。

当社は引き続き、土木構造物のPCa化に伴うコスト増大を抑制する技術開発に取り組み、PCa化を推進することで建設現場の生産性を一層向上させていく考えです。

以上

《参考》

新東名高速道路 川西工事

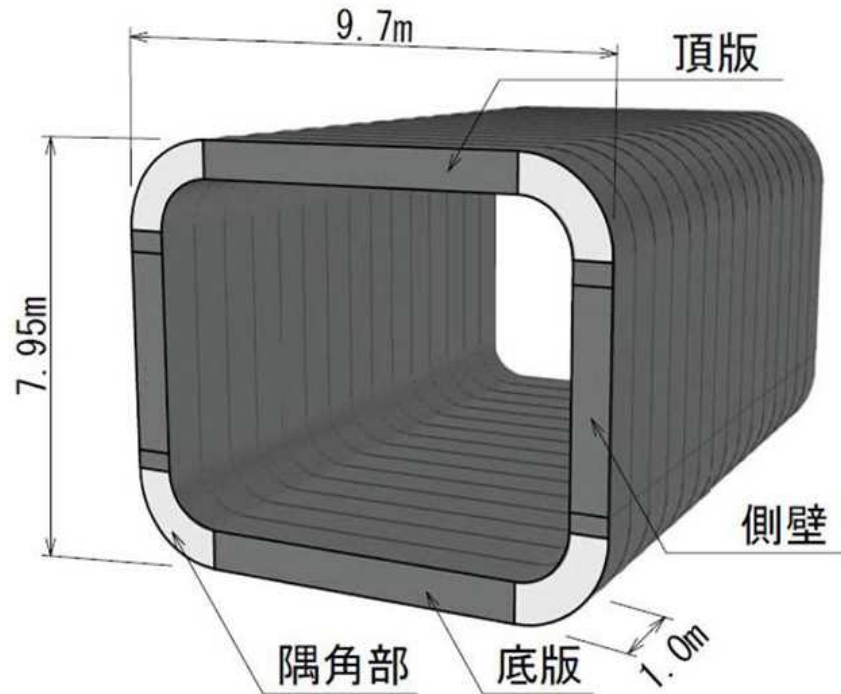
工事場所 神奈川県足柄上郡山北町向原～静岡県駿東郡小山町生土

発注者 中日本高速道路（株）東京支社

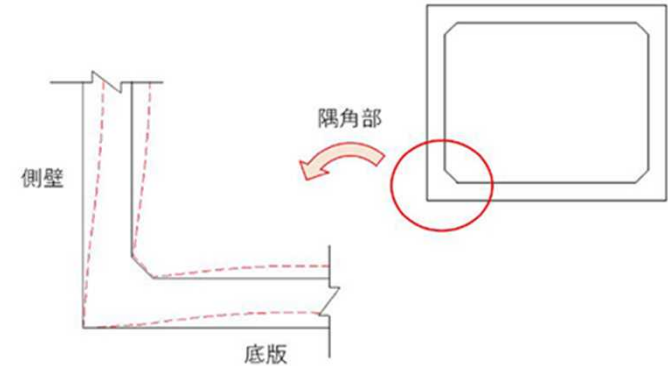
施工者 清水建設（株）・岩田地崎建設（株）特定建設工事共同企業体

工期 平成28年7月22日～令和4年4月21日

新東名高速道路 川西工事に適用する角丸カルバートのイメージ



隅角部の変形イメージ（黒線：L字→赤線：V字）



試作製品の写真



清水建設株式会社・千葉窯業株式会社

円弧状隅角部を有するプレキャストボックス カルバート（角丸カルバート）の開発

清水建設株式会社・千葉窯業株式会社

1. イントロダクション

i-Construction : 建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組み

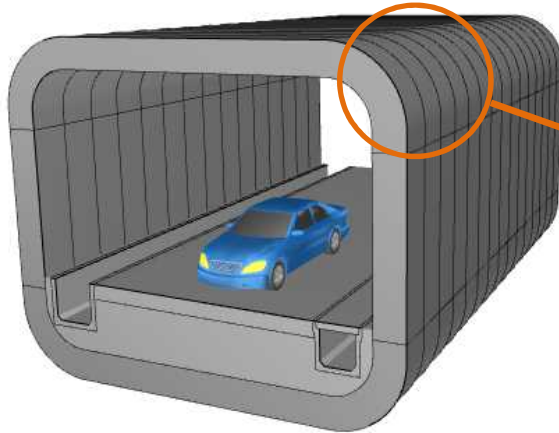
ICT土工

コンクリート工の
規格の標準化

施工時期の
標準化

↓
コンクリート構造物のプレキャスト化

→ 現場打ちコンクリートよりも**コスト増**



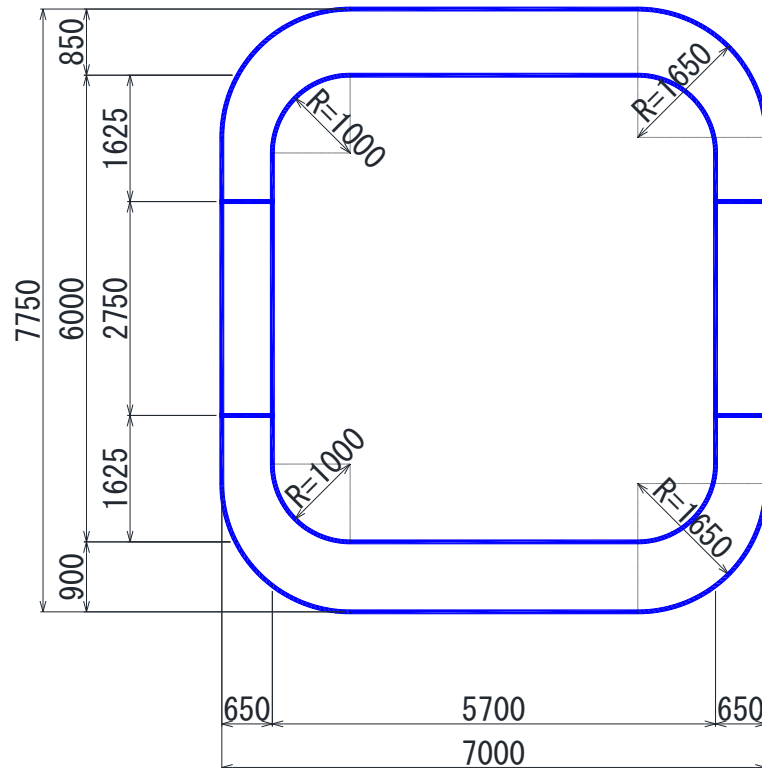
◎隅角部を円弧状にしたプレキャスト
ボックスカルバートを開発

⇒ 矩形よりコンクリート量、鉄筋量を削減

⇒ プレキャストのコスト削減！

1. イントロダクション

試設計の条件



土被り : 9.8m

内空 : B=5.7m, H=6m

荷重 : 自重、鉛直土圧、
(常時) 水平土圧、活荷重

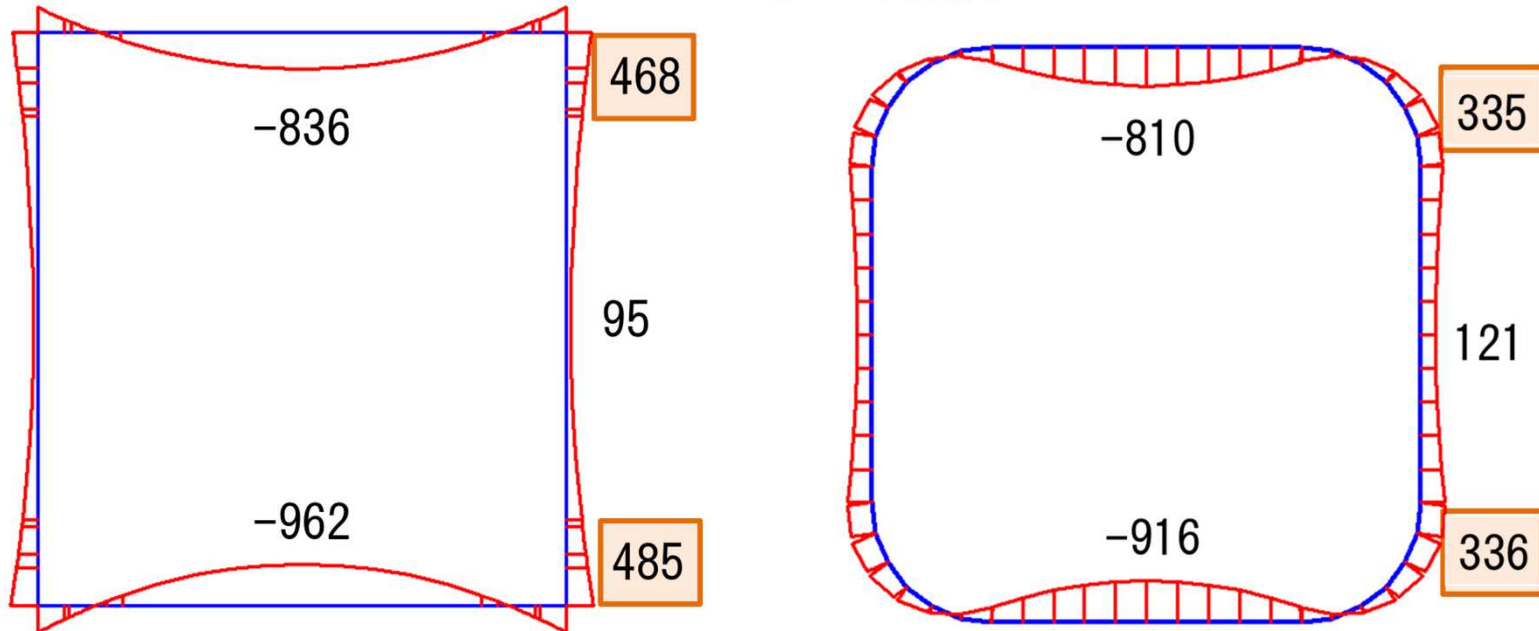
円弧半径 : 内側1000mm
外側1650mm

分割数 : 4 (4.5t~19t)

1. イントロダクション

課題 隅角部の鉄筋量大 → コスト・製造過程に負荷

○ 隅角部に発生する曲げモーメントを比較



隅角部を円弧状にすることにより

隅角部の外側に発生する曲げモーメント：最大30%減

→ (常時) コンクリート量：10% 鉄筋量：7% 削減！

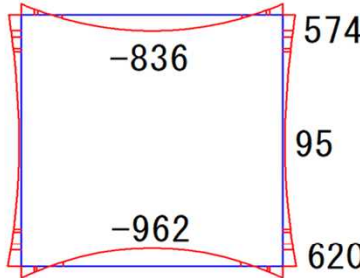
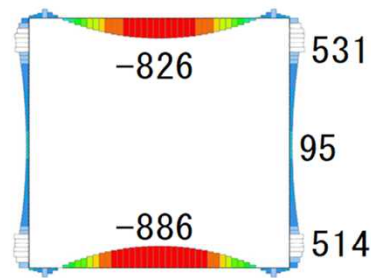
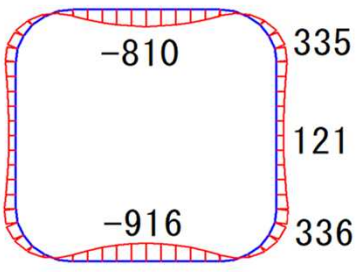
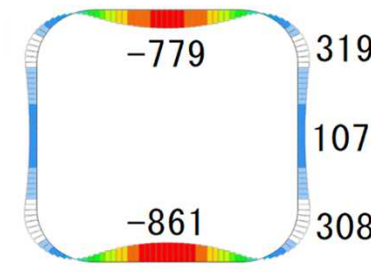
→ (地震時) コンクリート量：10% 鉄筋量：40% 削減！ ※最大ケース

2. 設計方法の検討

課題 平面骨組解析による設計を円弧状部材にも適用可能か？

○一般的な解析手法：平面骨組解析

→ 断面力値をFEM弾性解析と比較することにより妥当性を確認（常時）

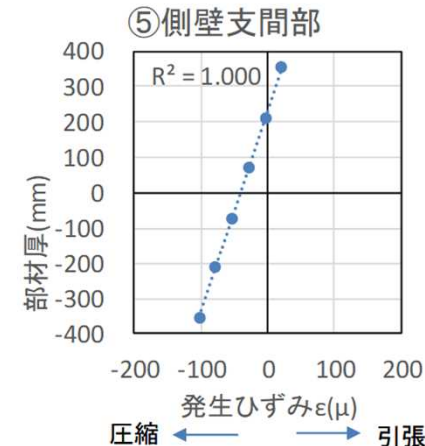
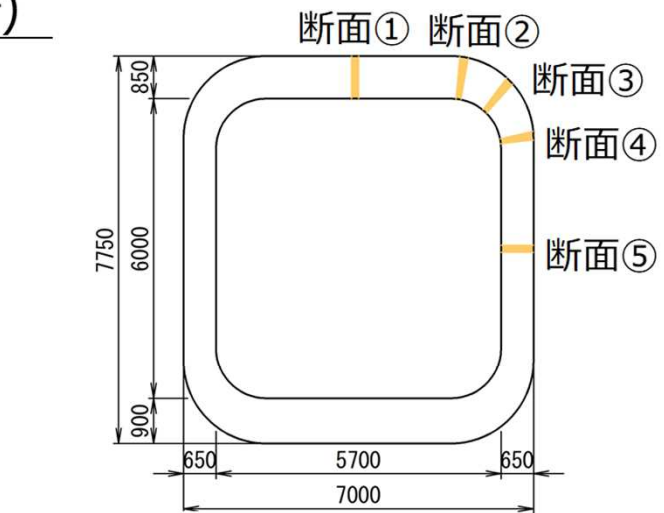
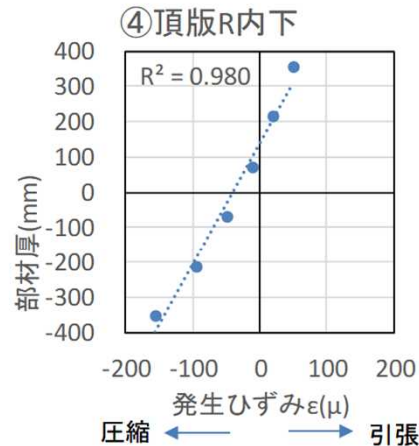
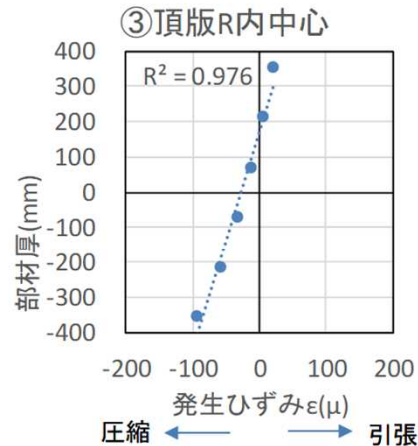
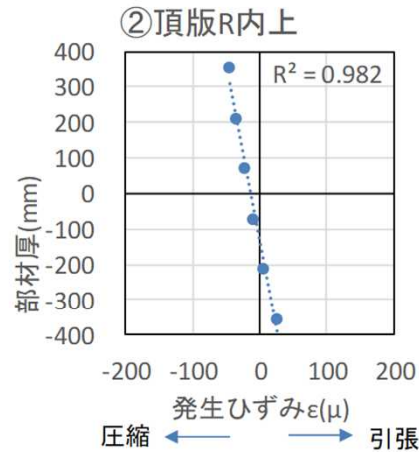
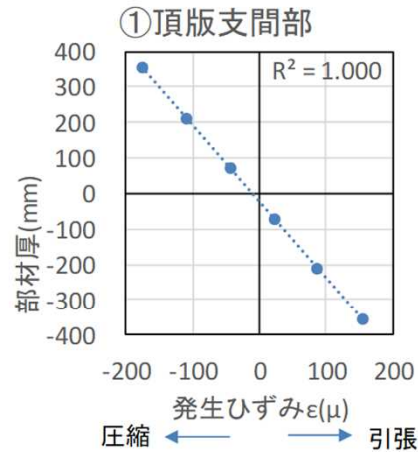
	二次元骨組解析 曲げモーメント図	FEM弾性解析 曲げモーメント図
矩形	 <p>-836 574 95 -962 620</p>	 <p>-826 531 95 -886 514</p>
隅角部円弧状	 <p>-810 335 121 -916 336</p>	 <p>-779 319 107 -861 308</p>

断面力値の差は矩形と同様に10%程度

→ 平面骨組解析の妥当性 ○

2. 設計方法の検討

○ 部材厚方向のひずみ分布 (FEM弾性解析)



平面保持の仮定が保たれている

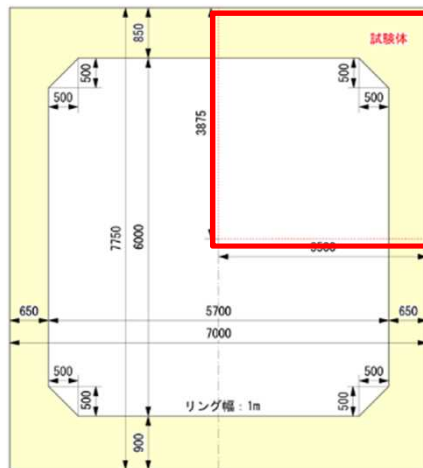
→ 矩形と同様のRC断面計算が可能

3. 円弧状隅角部の構造性能の確認

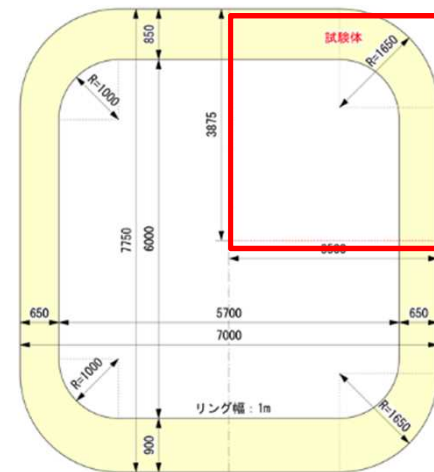
性能確認試験

目的： 地震時において繰返し荷重が作用した時の耐荷性能を確認する

手法： ボックスの隅角部を含む1/4部分をモデル化する
1/2サイズの大型試験体を作成し、載荷試験を行う



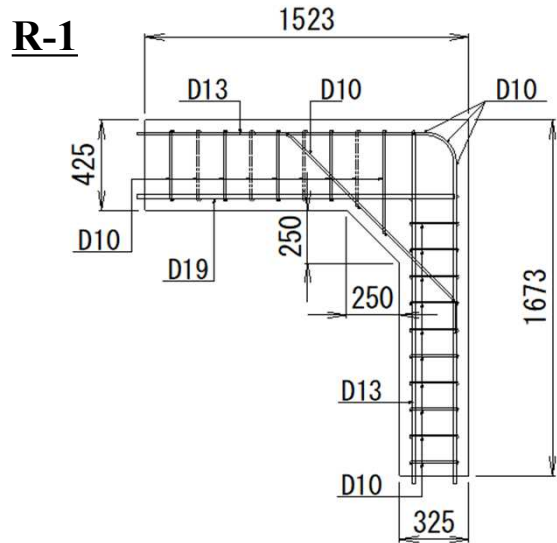
矩形



円弧状

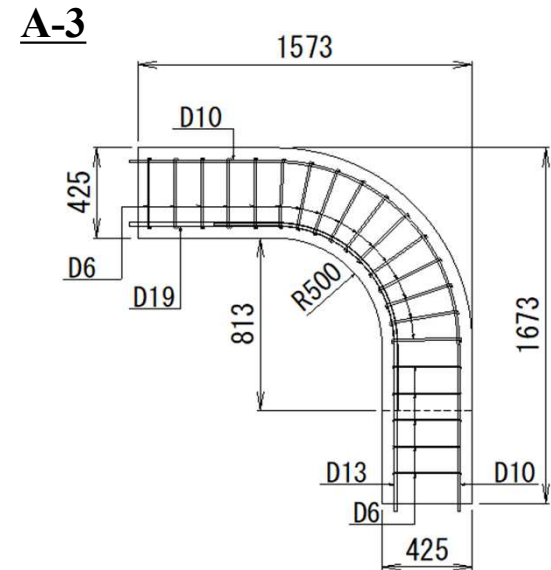
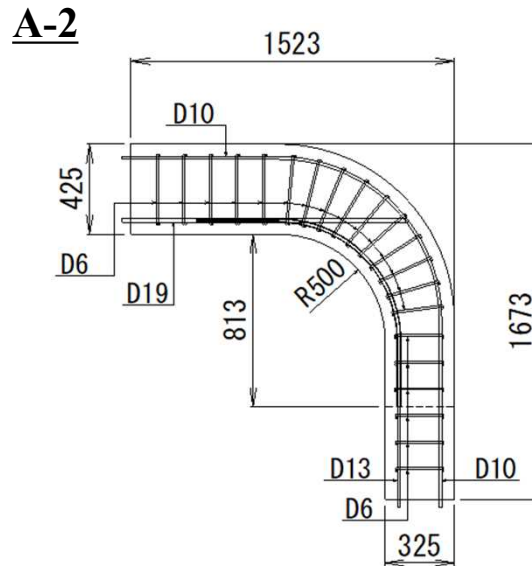
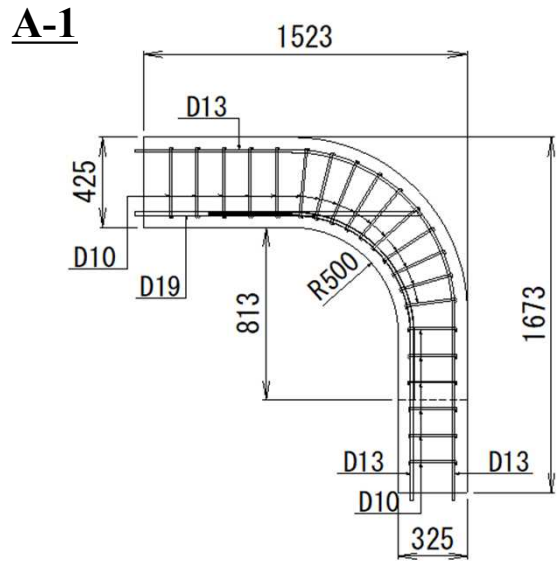
対象とするボックスカルバート

3. 円弧状隅角部の構造性能の確認

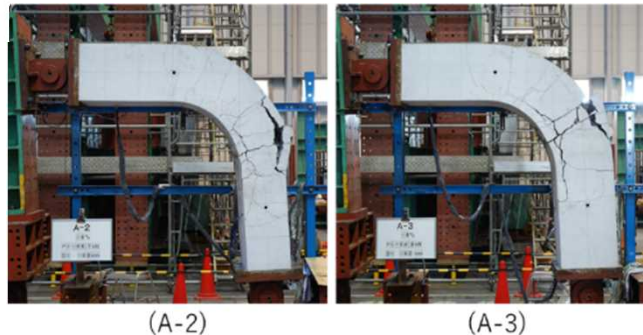
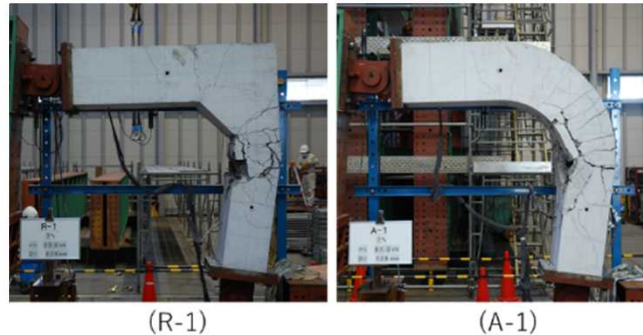
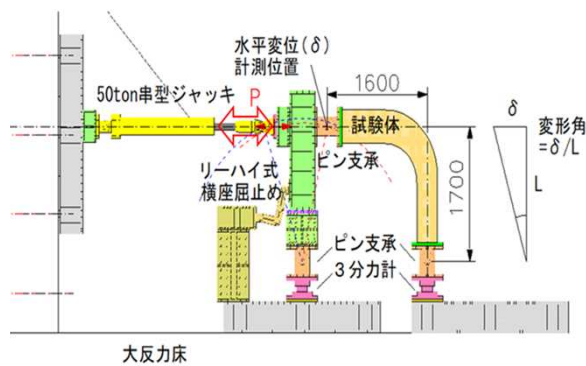


試験体一覧 (mm)

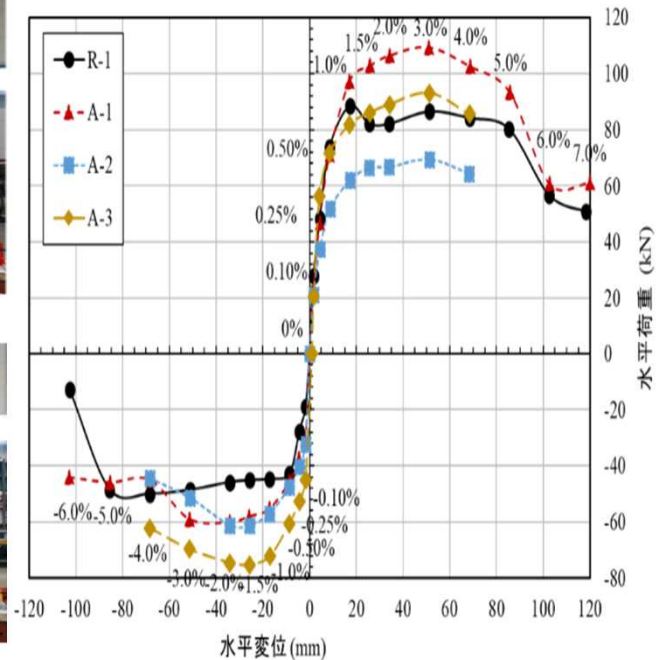
試験体名	隅角部の形状	鉄筋量・部材厚
R-1	矩形	矩形として設計した鉄筋量
A-1	円弧状	矩形と同程度の鉄筋量 (R-1との比較)
A-2		円弧状として設計した鉄筋量
A-3		A-2と同等の鉄筋量 頂版と側壁の部材厚を同一とした



3. 円弧状隅角部の構造性能の確認



破壊状況写真



荷重-変位包絡線の比較図

- 正負交番荷重（3回の繰り返しサイクル）として行った
- ジャッキによる水平荷重により、地震時隅角部の開閉状態を再現した

• 荷重中の試験体挙動は、各試験体ともに、降伏時設計水平耐力を超える耐荷性能を示した。

- 同一の配筋条件であれば、円弧状隅角部が矩形よりも高い耐荷性能を示す。（R-1, A-1の比較）
- 部材厚は厚い方が水平耐力は高くなる。（A-2, A-3の比較）
- 各試験体ともに一般的な許容層間変形角（1～3%）の範囲内において、著しい荷重低下は見られなかった。

4. まとめ

- 円弧状隅角部を有するプレキャストボックスカルバート（角丸カルバート）を開発した。試設計により、コンクリート量を10%、鉄筋量を40%削減し、約15%のコスト削減となった。
- 平面骨組み解析とFEM解析との比較を行い、円弧状隅角部を有するプレキャストにおいて骨組み解析による設計の妥当性を確認した。
- 地震時（繰り返し荷重）に対する性能確認試験を行い、降伏時水平耐力算定値を上回る耐荷性能と、十分な変形性能を有していることの確認を行った。

The END

5. 今後の展望

2020/9 実物大の試験体による、試験施工を実施済み

2021/9 新東名川西工事にて実施工を開始予定



試験施工時写真

6. QA

ご質問	回答
どのような基準を用いているか。	今回はNEXCO設計要領、道路橋示方書に準拠しました。
ブロック分割、組み合わせ接合の考え方	運搬可能な重量(25t)を元に分割サイズを決定しています。
「プレキャストの機械式継手ガイドライン」の利用はあるか。	機械式継手のあきについて、左記に準拠しています。
地震時の評価	地震時の設計はボックスカルバートに一般的に用いられる応答変位法および部材照査の方法により行っています。なお、性能確認試験にて、耐荷性能、変形性能を確認しています。
採用に関する比較	工程短縮のためプレキャスト化を前提として、コスト削減のために形状変更を行いました。
今後の見込み。	現場への適用予定です。
道路プレキャスト協会の性能評価は取得するか。	今後の検討としたいと思います。

2)近畿地方整備局プレキャスト化推進検討会

○目的

建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す取り組みであるi-Constructionの一環としての全体最適(コンクリート工の規格の標準化等)の推進を図り、直轄工事のプレキャスト化を推進するためのガイドラインを策定するため、本検討会を設置。

○検討体制(案)

学識者	宮川 豊章(京都大学) 井上 晋(大阪工業大学) 鶴田 浩章(関西大学) (※敬称略)
関係団体	日本建設業連合会関西支部 建設コンサルタンツ協会近畿支部
発注機関	近畿地方整備局 (企画部、道路部、河川部、近畿技術事務所、出張所長・監督官連絡会)

○検討項目

令和3年度より検討会を立ち上げることとし、その準備と内容整理を実施するものとして、令和2年度から関係団体と発注機関で勉強会(R3よりワーキング)を設置し、準備を進めているところ。

令和2年度

- ・プレキャスト標準化の現状と課題の整理
- ・対象構造物候補の整理
- ・選定における新たな評価指標の整理

令和3年度

- ・プレキャスト標準化の検討
- ・選定における新たな評価指標の検討
- ・設計時、施工時及び維持管理時の留意点の整理
- ・プレキャスト高度化のための技術動向の整理

○検討スケジュール

