

ECCを用いた新しいPC高架橋のノージョイント化工法の開発

| | | | |
|---------------|--------|-----|-------|
| 鹿島建設株式会社 | 土木設計本部 | 正会員 | ○藤代 勝 |
| 鹿島建設株式会社 | 東京支店 | | 須田久美子 |
| 首都高速道路株式会社 | 西東京管理局 | | 永田 佳文 |
| カジマ・リノベイト株式会社 | 技術部 | 正会員 | 山内 明夫 |

1. はじめに

PC 高架橋における車輛走行性は、舗装および遊間に設置される伸縮ジョイントの影響を大きく受ける。特に、都市部や高規格道路などの重交通部では、大型車の走行により、伸縮ジョイント部に段差が生じ、振動や騒音が発生し問題になっている。また、伸縮ジョイント部に生じる段差は、伸縮装置の早期劣化や損傷、車輛走行性の更なる悪化を引き起こし、過積載車輛の混入が問題を深刻にしている。

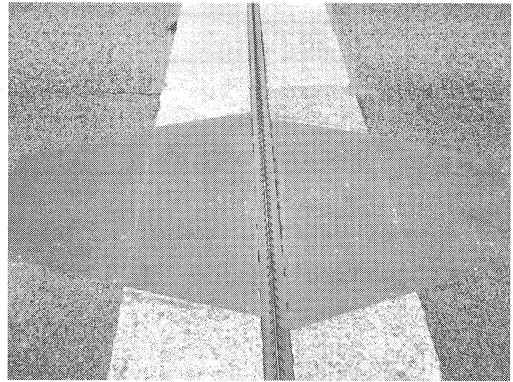


図-1 伸縮装置部に生じた段差補修例

これに対し、道路管理者は短期的な措置として、図-1に示すような段差補修や伸縮装置そのものの交換などの補修工事を実施している。しかし重交通部では補修工事の頻度が高く、維持管理コストの増大を招いており、抜本的な対策を迫られている。

既設 PC 高架橋の桁端遊間部は、日温度変化、季節温度変化や活荷重による桁のたわみによって変位が生じる。これらを改善する方策として、舗装路面を連続化させる各種ノージョイント化工法が採用されている。筆者らは、伸び性能を有する高靱性セメント複合材料（以下、ECC）を用いたノージョイント用連結板（以下、ウルトラジョイント）を用いて桁端遊間部を連結して舗装を一体化し、かつ短時間で施工可能なノージョイント化工法を開発した。本稿では ECC の材料特性、工法の概要、構造性能確認実験、施工事例のほか、今後の展開について報告するものである。

2. ECCの材料特性

ECC (Engineered Cementitious Composite) は、一軸引張応力下において、極めて高いひび割れ分散性能と引張伸び性能を有する高靱性繊維補強セメント複合材料である。作用する引張力の増加に伴い、幅の小さなひび割れが次々に生じ大きく引張変形する。ひび割れ幅は最大でも 0.2mm以下であり、発生したひび割れは、ひび割れ発生後も繊維の架橋効果により引張力を伝達してひび割れ幅を拘束する。一軸引張試験では、数パーセントのひずみが生じて引張力を保持できる材料である。その材料特性を生かした ECC の変形状を図-2に示す。

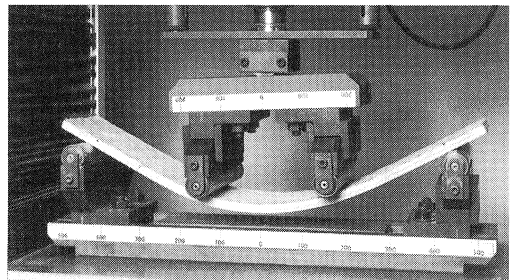
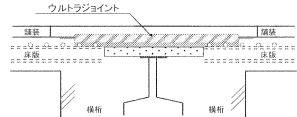
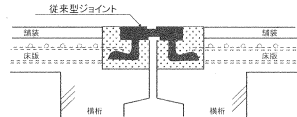
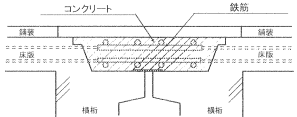


図-2 ECCの変形状

3. ウルトラジョイント工法の概要

ノージョイント化工法の相対比較を表-1に示す。従来の埋設ジョイントは、伸縮の変形を吸収する特殊弾性材が用いられているが、輪過重の繰り返し载荷により塑性変形することで、舗装のひび割れ、ポットホ

表-1 工法比較概要

| | 開発した新技術 | 従来技術 | |
|-------|---|---|--|
| | ウルトラジョイント工法 | ジョイント交換工法 | 床版連結工法 |
| 工法概要 | 伸縮ジョイントの代替として、プレキャスト部材のECC連結版により床版を連続化する。 | 既設ジョイントを撤去し、新規ジョイントを設置、周辺部に間詰めコンクリートを打設する。 | 既設ジョイントを撤去し、鉄筋を溶接して場所打ちコンクリートを施工して床版の連続化を行う。 |
| 概略図 |  |  |  |
| 走行性 | ○ (舗装を連続化) | △ (舗装に段差が生じる) | ○ (舗装を連続化) |
| 経済性 | ○ (ジョイント交換より耐久性あり) | △ (頻繁な補修が必要) | ○ (10年以上の耐久性) |
| 工程・工期 | ○ (一夜間施工が可能) | ○ (一夜間施工が可能) | △ (施工時間が長い) |
| 総合評価 | ◎ | △ | ○ |
| 備考 | 遊間変位量の確認が必要 | 特になし | 構造系変化に対する検討が必要 |

ールあるいは流動を発生させるなど、耐久性に問題を有していた。また、床版連結工法は、既設床版をはつり、上下鉄筋を連結させるため、施工時間が長く昼夜にわたる交通規制を必要とする。また連結することにより構造系が変化して橋脚などへの応力分担が変化するため、小規模な補修以外への適用は困難であった。

ウルトラジョイント工法は、埋設ジョイントにおける特殊弾性材の代替として ECC を用い、遊間変位に対する追従性と、輪荷重に対する剛性および耐久性を備え、構造系を変化させることなく短時間で施工できる埋設型ノージョイント化工法である。本工法の概要図を図-3に示す。

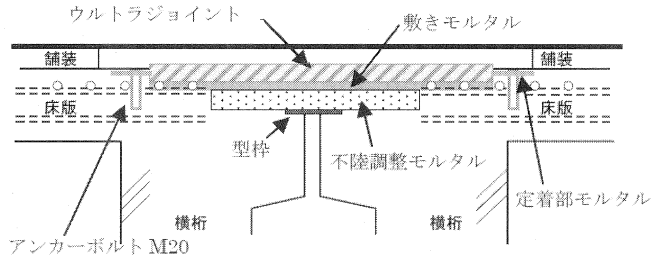


図-3 ウルトラジョイント工法の概要

4. 構造性能確認実験

ウルトラジョイントの性能を確認するため、実物を模擬した試験体を作成し、遊間部に強制変位を与える構造性能確認実験を実施した (図-4 参照)。

載荷方法は、ジョイント間の変位を想定した変位制御とし、載荷ステップごとの変位量は、ECC の設計引張ひずみ (0.5%)、設計圧縮ひずみ (1/3 圧縮応力時のひずみ 0.065%)、最大圧縮ひずみ 0.4% の 1/3 (0.13%) をもとに、ウルトラジョイントの自由長 (1050mm) の長さを考慮して、表-2 のように設定した。

実験の結果、STEP1~STEP4 においては、ECC 連結板、定着部のいずれにも破壊は生じなかった。

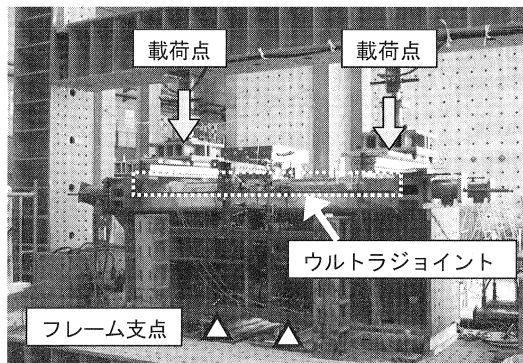


図-4 構造確認実験

表-2 載荷方法

| STEP | 載荷内容 |
|------|--|
| 1 | 残留変位⇔遊間変位+5.3mm×10回 ¹⁾ |
| 2 | 遊間変位0⇔遊間変位+5.3mm×10回 ¹⁾ |
| 3 | 遊間変位-0.7mm⇔遊間変位+5.3mm×5回 ²⁾ |
| 4 | 遊間変位-1.4mm⇔遊間変位+5.3mm×5回 ³⁾ |

- 1) ECC の設計引張ひずみ 0.5% から 5.3mm を算出
- 2) ECC の設計圧縮ひずみ (1/3 圧縮応力時のひずみ) 0.065% から 0.7mm を算出
- 3) ECC の最大圧縮応力時ひずみの 1/3 である 0.13% から 1.4mm を算出

引張載荷については、ECCの設計引張ひずみ 0.5%の繰返しに対して十分な伸び性能を有していることが確認された。圧縮側については、ECCの圧縮ひずみ 0.13%の繰返し (少

なくとも5回以上) に対して変状が生じないことが確認された。最終的に水平荷重 667kN、遊間変位 -2.95mm (圧縮ひずみ 0.28%) でECC上面が座屈して破壊した。定着部近傍にひび割れは生じたが、定着部の破壊は生じなかった。この時、ECC連結板に作用した圧縮応力は 25N/mm² であり、実験時の材料試験値 36N/mm² よりも小さいことから、一軸圧縮破壊ではなく、座屈による破壊であると考えられた。

5. 施工事例

都市高速道路高架橋のPC単純桁伸縮部において、ウルトラジョイント工法を適用した。図-5に適用した橋梁構造一般図を示す。また、工事に適用したウルトラジョイントの構造図を図-6に示す。PC桁の遊間伸縮ひずみを吸収するために必要な自由長、車線幅員、引張応力を床版に伝達させる両端固定部等の条件より、1枚当り橋軸方向寸法 1400mm、板厚 30mm、幅 1694mm とし、1レーンに (1車線) 2枚設置した。自由長部分が伸縮変形できるように、既設床版との境界面にセルロイド板を貼付け、縁切り構造を設けている。

施工フローおよび各工程の実施時間を図-7に、ウルトラジョイント設置完了図を図-8に示す。本工事の施工実績から、ウルトラジョイントを用いたノージョイント化工法は12時間以内で施工できる見通しが得られたが、目標とした施工時間 (8時間以内、規制設置、撤去および舗装工を除く) を満足していない。原因としては、床版はつき、補強鉄筋の配筋作業および不陸調整材の打設作業が増加したことによる。今後の対策として、施工時間の短縮のために床版はつき範囲の明確化や充填材料の選定または定着構造の検討を行うことで目標時間内に施工が可能と考えられる。

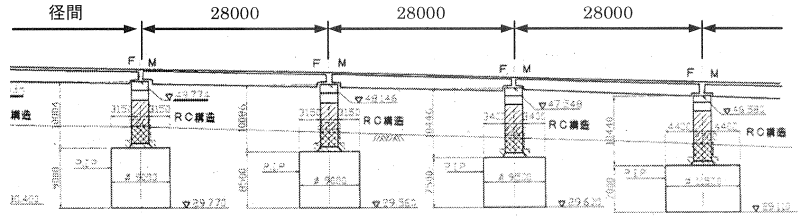


図-5 適用した構造概要

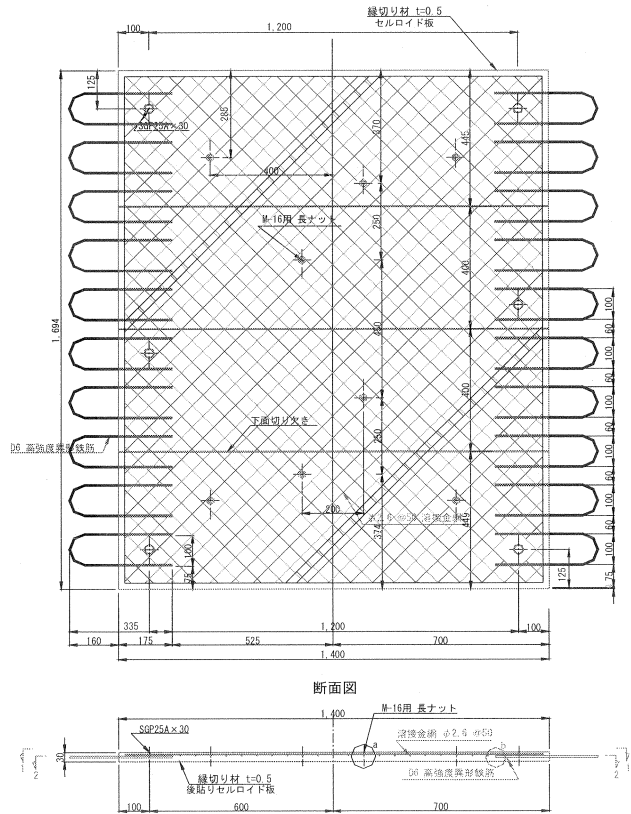


図-6 ウルトラジョイント構造図

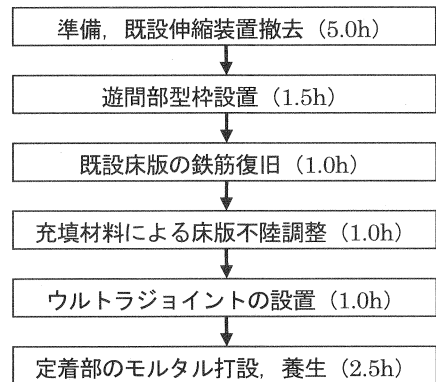


図-7 施工フロー

6. 今後の展開

これまで、既設橋の伸縮装置の不具合を対象として検討および開発を行ってきた。しかし、走行性向上の面から、新規に建設される PC 高架橋についてもクリープや乾燥収縮による桁の短縮を考慮してウルトラジョイントの適用が可能である。

近年、都市部や高速道路の新設橋梁工事では、走行性や周辺環境への配慮により桁の連続化が採用されているが、下部構造を含めて構造が複雑になることや、連続桁の場合には支承部に後ひずみ調整が必要であることから全体コストが増加する傾向にある。本工法を新設橋に適用することで、特に走行性を考慮して多径間を連続化した構造よりも、単径間でノージョイント化した場合のほうが、構造的にシンプルになり、後ひずみ調整なども不要になるため有利な場合も考えられる。施工面では、従来の伸縮装置を省略し、遊間部に必要な性能を満足した上で、工程やコストが低減できる。具体的には、桁端切欠き部が大幅に小さくできることや、あらかじめ定着部にアンカーを施工しておけば、現場の設置工程が大幅に簡素化できる。さらに、ウルトラジョイントは軽量であるため、設置には重機なども必要としない。

適用イメージとして図-9に示すような海上橋の場合には、環境作用による伸縮装置部の劣化の恐れがなくなり、メンテナンスコストの低減も期待できる。プレキャスト桁による施工の場合は、桁の架設までの間にクリープや乾燥収縮が進み、桁の架設後に発生する短縮量が小さく考えられるため、スパンの大きな PC 高架橋にも適用が可能になる。また、海外などの温暖な気候の地域においては、温度変化が小さいため、同様にスパンの大きな PC 橋梁にも適用が可能であると考えられる。

7. おわりに

ウルトラジョイントを用いたノージョイント化工法は、構造性能実験、試験施工を行い、その実用性が確認できた。現在のところ本工法の適用可否は、ウルトラジョイントの圧縮ひずみ量がクリティカルとなっているため、冬季に桁が縮み遊間が開いている場合には、夏季に遊間が狭くなるため適用できるスパンに限界がある。ウルトラジョイントは、材料性能の引張りひずみ性能に対して十分な余裕があるため、プレひずみの導入などによって、圧縮ひずみを発生させないような構造の検討を行うことで適用範囲の拡大が可能であると考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会：複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料設計・施工指針（案），土木学会コンクリートライブラリー126，2007.3
- 2) 六郷恵哲，藤元安弘：ひび割れが細かく引張力を分担できる繊維補強モルタルの構造利用，第15回プレストレストコンクリートシンポジウム特別講演，pp.9-18，2006

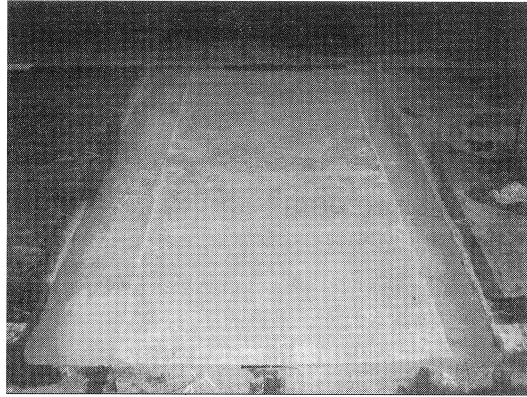


図-8 ウルトラジョイント設置完了

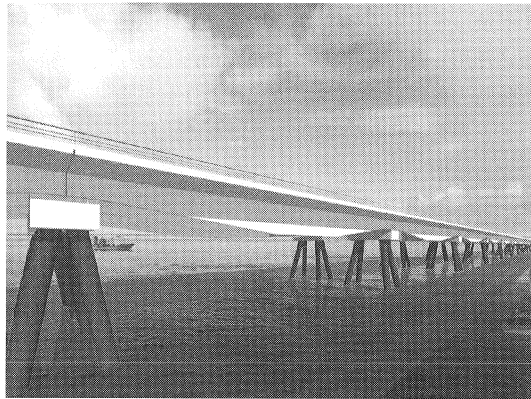


図-9 適用イメージ