合成タイドアーチ橋のコンクリート打ち込み順序に関する検討

東日本高速道路㈱　正会員　○中村健志*　片山ストラテック㈱　正会員　岸　雅之**
大阪工業大学工学部　正会員　大山　理***　大阪工業大学工学部　正会員　栗田章光***

1. はじめに

近年，わが国において，連続桁橋を合成桁として設計されることが多くなっている．ところが，アーチ橋においては，構造上，常時引張力がコンクリート床版に作用するため，コンクリート床版は抵抗断面として見なされず，非合成として設計が行われているのが現状である．しかしながら，現実には，スラブアンカーなどで鋼桁とコンクリート床版が結合され合成挙動を呈しているため，コンクリート床版にひび割れが発生するといった問題が生じている．

写真-1　合成アーチ橋の構造概要

一方，ヨーロッパでは，連続桁橋だけではなく，アーチ橋においても合成設計が行われており，コンクリート床版に作用する引張力が適切に評価されている．ここで，ドイツにおける合成アーチ橋の床組構造の一例を**写真-1** に示す．**写真-1** より，ドイツにおける合成アーチ橋の床組構造は，横桁のみでコンクリート床版を支持する構造となっており，縦桁，横桁などを格子状に組み合せているわが国におけるアーチ橋の床組構造と比較し，簡易な構造となっていることがわかる．床組構造の簡略化などから，著者らの試設計 [1)]によると，合成アーチ橋は，非合成アーチ橋と比較し鋼重が約 5～10%低減されることがわかっており，経済性に優れていると言える．このことから，今後，わが国においても合成アーチ橋が施工されると考えられる．

ここで，合成アーチ橋の施工段階において，コンクリート床版には，引張力が作用するため，ひび割れが発生する危険性がある．そこで，本文では，合成タイドアーチ橋を対象に，コンクリート床版の打ち込み順序に関する検討を行った結果について報告する．

2. 対象橋梁の概要

コンクリート床版の打ち込み順序の検討に用いた橋梁は，支間長 100m，格間長 10m，アーチライズ 16m，幅員 8.4m の下路式タイドアーチ橋である．また，横桁間隔は 3.3m とし，その間隔と現行の道路橋示方書 [2)]を考慮し, コンクリート床版厚を 330mm とした．

3. コンクリート床版の打ち込み順序の決定

コンクリート床版の打ち込み順序は，対象橋梁のタイ材に作用する軸力の影響線から**図-1** に示すとおり，まず，アーチ支間の中央，その後，左右対称にコンクリートを打ち込む施工順序を採用した．ここで，1 日の打ち込み区間長は，わが国において，一般的な 1 日あたりのコンクリート打ち込み量が 100～150m^3 であることから 40m とし，養生期間を 1 週間とした．また， Step-4 は地覆，アスファルト舗装などの合成後死荷重を考慮したものである．

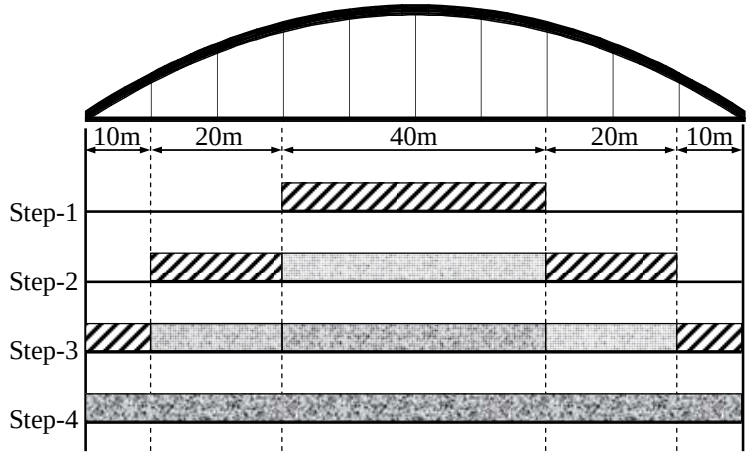

図-1　コンクリートの打ち込み順序

Key word：合成タイドアーチ橋，コンクリートの打ち込み順序，乾燥収縮
*　〒263-0001　千葉県千葉市稲毛区長沼原町 177　TEL：(043)259-5221，FAX：(043)259-3722
**　〒551-0021　大阪市大正区南恩加島 6 丁目 2 番 21 号　TEL：(06)6552-1235，FAX：(06)6551-5648
***　〒535-8585　大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号　TEL：(06)6954-4109，FAX：(06)6957-2131

4. アーチリブの拘束を考慮した乾燥収縮解析法

通常，合成桁において乾燥収縮に伴う変化応力度の値は，コンクリートの自由収縮と鋼桁の圧縮変形により算出している．しかし，アーチ橋においては，タイ材の圧縮変形はアーチリブにより拘束される．したがって，乾燥収縮に伴う変化応力度を算出する際，アーチリブの拘束の影響を考慮する必要があり，

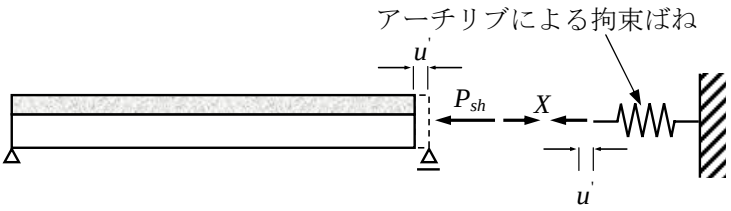

図-2　アーチリブの拘束を考慮した乾燥収縮モデル

図-2 に示すとおりアーチリブによる拘束をばねに置き換えた解析モデルとした．ここで，P_{sh} は，コンクリートの乾燥収縮により鋼材に作用する軸力，u' は鋼桁の圧縮変形量を示している．算出方法は，タイ材の圧縮変形の拘束力をばねによる内的不静定力 X とし，合成断面に作用させることにより変化応力度を算出するものである．式(1)にアーチリブの拘束を考慮した乾燥収縮によるコンクリートの変化応力度の算出式を示す．ここで，第 1 項目はタイ材の圧縮変形による応力，第 2 項目はアーチリブの拘束による応力，第 3 項目は自由収縮による応力を示している．なお，式中の符号は，正は引張，負は圧縮を示している．

$$\sigma_c = \left\{ -\frac{1}{n_{c,t}} \left(\frac{P_{sh}}{A_v} + \frac{M_v}{I_v} z_c \right) \right\} + \left\{ \frac{X}{n_{c,t} A_v} \right\} + \left\{ E_{c,t} \varepsilon_{s,t} \right\} \tag{1}$$

数値計算の結果，アーチリブの拘束を考慮した場合，乾燥収縮終了時においてコンクリート床版に作用する引張応力度は 0.52N/mm^2 となった．一方，拘束を考慮しない場合でも引張応力度は 0.52N/mm^2 となった．したがって，アーチリブによる拘束が乾燥収縮に及ぼす影響はなく，設計上無視できることがわかった．

5. 検討結果

各ステップにおけるコンクリートの打ち込みによる死荷重応力度ならびに乾燥収縮に伴う変化応力度の合計値を図-3 に示す．図-3 より，引張応力度の合計値は，各ステップにおけるコンクリートの許容引張応力度以下であった．したがって，対象橋梁においては施工段階ならびに最終系においてコンクリート床版に死荷重状態でのひび割れは発生しないという結果が得られた. なお, 施工段階(Step-1～Step-3)において，引張応力度の合計値のうち，乾燥収縮の占める割合は 10%程度，最終系(Step-4)においては，30%程度であった．

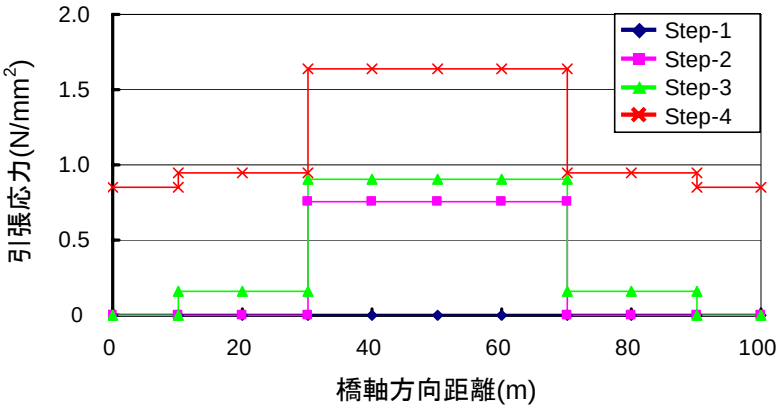

図-3　各ステップにおける引張応力

6. まとめ

検討結果より，以下に示す知見が得られた．

(1) 乾燥収縮に伴う変化応力度を算出する際，ライズ比が 1/6 以上であれば，設計上アーチリブによる拘束の影響は無視することができる．

(2) 対象橋梁においては，初回のコンクリートの打ち込みをアーチ支間中央にすることで，コンクリート床版に作用する引張応力を低減することができる．

(3) 今回の打ち込み順序を採用した場合，死荷重と乾燥収縮の組み合わせのもとでは，施工段階ならびに最終系においてコンクリート床版にひび割れは発生しない．

【参考文献】

1) 中村健志，古川哲嗣，大山　理，栗田章光，坂本純男：合成アーチ橋の試設計，土木学会第 61 回年次学術講演会講演概要集，共通セッション，pp.141～142，2006 年 9 月．

2) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説　Ⅰ：共通編，Ⅱ：鋼橋編，丸善㈱，2002 年 3 月．