

論文 鉄道開削トンネル内空における曲げひび割れ幅の算定に関する検討

藤岡 慶祐^{*1}・仁平 達也^{*2}・仲山 貴司^{*3}・岡本 大^{*2}

要旨: 鉄道で用いられる曲げひび割れ幅の算定式におけるコンクリートの収縮およびクリープの影響等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値 (ϵ'_{csd}) は、T形桁や箱形桁といった地上構造物に関する検討を基としており、開削トンネル内空への適用を前提としたものではない。そこで本研究では、開削トンネル内空に特有の環境条件、寸法形状、および施工条件等を考慮して ϵ'_{csd} を算出する手法を提案し、算出した曲げひび割れ幅と調査から得た実際の曲げひび割れ幅と比較した。その結果、地上構造物よりも ϵ'_{csd} を小さく設定することで測定したひび割れを精度よく評価できることがわかった。

キーワード: 曲げひび割れ, ひび割れ幅, 乾燥収縮, 開削トンネル

1. はじめに

現行の「鉄道構造物等設計標準 コンクリート構造物¹⁾」(以下、RC標準)の曲げひび割れ幅算定式は、角田らの最大ひび割れ間隔の式²⁾を基本とした曲げひび割れの最大間隔の評価式に、作用により生じる鉄筋のひずみと収縮やクリープ等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値 (ϵ'_{csd}) の和を乗じる式であり、最大ひび割れ幅を想定した算定式となっている。

一般に、乾燥の影響を受ける環境下においては、コンクリート表面の曲げひび割れ幅は、乾燥収縮により増大し、その影響はかなり大きい^{3),4)}ことが知られており、石橋ら⁵⁾がPRCまたはRC構造のT形桁および箱形桁を対象とした実構造物における計測、ならびに供試体を用いた暴露試験の結果を基に ϵ'_{csd} を提案している。RC標準はその成果を取り込み、また、土木学会の「コンクリート標準示方書⁶⁾」は、これに加えて、乾湿繰返し環境や常時湿潤環境を考慮した研究成果⁷⁾を基に、環境状況に応じて低減する数値を提案している。

さて、コンクリート構造物である開削トンネルは、地上構造物同様に、埋戻し土等の上載荷重により発生した曲げひび割れが、その後の乾燥収縮等の原因により拡大し、耐久性、使用性といった所要の性能を損なうおそれがある。しかしながら、現行の「鉄道構造物等設計標準 開削トンネル⁸⁾」(以下、開削トンネル標準)においては、 ϵ'_{csd} の数値はRC標準を準用している。これは、地上構造物を対象とした検討結果を反映した数値である。一方、開削トンネルの内空については、日射、降雨、および外気の直接的な影響を受けない等の特有の条件下にあり、これらを考慮することでより適切な ϵ'_{csd} の数値を設定できる可能性がある。

そこで本研究では、石橋らの提案した手法⁵⁾を参考に

し、開削トンネル内空に特有の環境条件、寸法形状、および施工段階等を考慮して ϵ'_{csd} を算出する手法を提案した。さらに、算出した曲げひび割れ幅と、開削トンネル上床版のひび割れ幅の測定結果を比較することで、その妥当性について検討した。

2. 地上構造物における曲げひび割れ幅の算定方法

2.1 曲げひび割れ幅算定式

RC標準における設計曲げひび割れ幅 w_d の算定式を式(1)に示す。

$$w_d = 1.1 k_1 k_2 k_3 k_4 \{4c + 0.7(c_s - \varphi)\} \left(\frac{\sigma_{sc}}{E_s} + \epsilon'_{csd} \right) \quad (1)$$

ここに、

k_1 : 鋼材の表面形状がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数で、一般に、異形鉄筋の場合に1.0、普通丸鋼およびPC鋼材の場合には1.3とする。

k_2 : コンクリートの品質がひび割れ幅に及ぼす影響を表す係数で、式(2)による。

$$k_2 = \frac{15}{f'_c + 20} + 0.7 \quad (2)$$

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²),

一般に、設計圧縮強度 f'_{cd} を用いる。

k_3 : 引張鋼材の段数の影響を表す係数で、式(3)による。

$$k_3 = \frac{5(n+2)}{7n+8} \quad (3)$$

n : 引張鋼材の段数

k_4 : 曲げひび割れの変動を考慮する係数 (一般に0.85)

c_s : 鋼材の中心間隔 (mm)

c : 引張鋼材のかぶり (mm)

*1 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 (正会員)

*2 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 博 (工) (正会員)

*3 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 トンネル 博 (工)

φ : 鋼材径 (mm)

ε'_{csd} : コンクリートの収縮およびクリープの影響等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値
 σ_{se} : 鋼材位置のコンクリートの応力度が 0 の状態からの応力度の増加量 (N/mm²)

式(1)における ε'_{csd} は、表-1 に示す値を用いる。なお、現行の開削トンネルの設計においては、脱型後に曲げひび割れが発生することを想定し、材齢 30 日程度で行われると仮定して、 $\varepsilon'_{csd} = 450\mu$ が用いられている。

2.2 ε'_{csd} 設定時の考え方

図-1 に、ひび割れ発生前後の乾燥収縮モデルを示す。これは、部材全体として進行する乾燥収縮 (A 曲線) から、曲げひび割れの発生に伴い、ひび割れにより分割された小部材としての乾燥収縮 (B 曲線) に移行するモデルである。この小部材の乾燥収縮量が曲げひび割れ幅の増加に寄与することから、ひび割れ発生材齢後に生じる乾燥収縮ひずみ、図中の ε'_{sh2} が ε'_{csd} に相当すると考えられる。 ε'_{sh2} は乾燥収縮ひずみの予測式により得られた B 曲線の値と、ひび割れ発生時の A 曲線の値との差より求める。それぞれの値は、式(4),(5)に示す阪田らの式⁹⁾で算出する。

$$\varepsilon'_{sh}(t, t_0) = [1 - \exp\{-0.108(t - t_0)^{0.56}\}] \cdot \varepsilon'_{sh\infty} \quad (4)$$

$$\varepsilon'_{sh\infty} = -60 + 78[1 - \exp(RH/100)] + 38 \log_e W - 5[\log_e(V/S/10)]^2 + 4 \log_e t_0 \quad (5)$$

ここに、

$\varepsilon'_{sh}(t, t_0)$: 乾燥収縮予測値, $\varepsilon'_{sh\infty}$: 乾燥収縮最終値

RH : 環境湿度(%), W : 単位水量(kg/m³)

S : 乾燥収縮で考慮する表面積(mm²)

V : 小部材の体積(mm³)

t_0 : 乾燥開始時材齢(日)

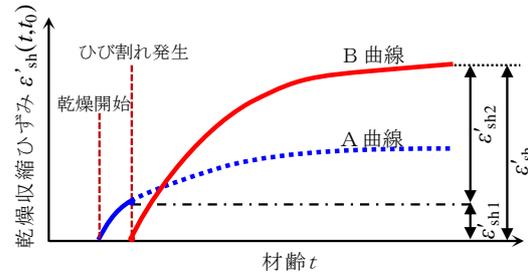
$t_0 \geq 28$ のとき $t_0 = 28$, $t_0 \leq 7$ のとき $t_0 = 7$

t : 乾燥期間(日)

図-2(a)に T 形桁, (b)に箱形桁における曲げひび割れ発生例および乾燥収縮を考慮する小部材の表面積の設定方法^{5),10)}を示す。T 形桁については、既往の構造物におけるひび割れ事例調査から得た知見に基づき、ひび割れにより分割された小部材の高さを、部材高さ H の 1/5、または、フランジ高さの大きい方として、小部材の底面、側面、ひび割れ面の 5 面の表面積が乾燥収縮に寄与するものとしている。一方、ひび割れが中空面まで貫通する箱形桁は、小部材の中空面を含めた 6 面乾燥としているが、中空面は外面と環境条件が異なると考え、乾燥収縮ひずみの予測式における S の算定時には表面積の 0.5 倍を考慮している。文献 5), 10)においては、この手法によ

表-1 RC 標準における ε'_{csd} の数値

ひび割れ発生材齢	ε'_{csd}	備 考
30 日	450	部材自重により曲げひび割れが発生する場合 (RC 構造の桁または梁等)
100 日	350	永久作用により曲げひび割れが発生する場合 (外ケーブル方式による PRC 構造の桁, スラブ等)
200 日以上	300	永久作用および変動作用により曲げひび割れが発生する場合 (内ケーブル方式による PRC 構造の桁, ラーメン高架橋の柱部材等)



A 曲線 : 部材全体として進行する乾燥収縮
 B 曲線 : 分割された小部材として進行する乾燥収縮
 ε'_{sh1} = ひび割れ発生までに生じる乾燥収縮ひずみ
 ε'_{sh2} = ひび割れ発生材齢後に生じる乾燥収縮ひずみ

図-1 ひび割れ発生前後の乾燥収縮モデル¹⁰⁾

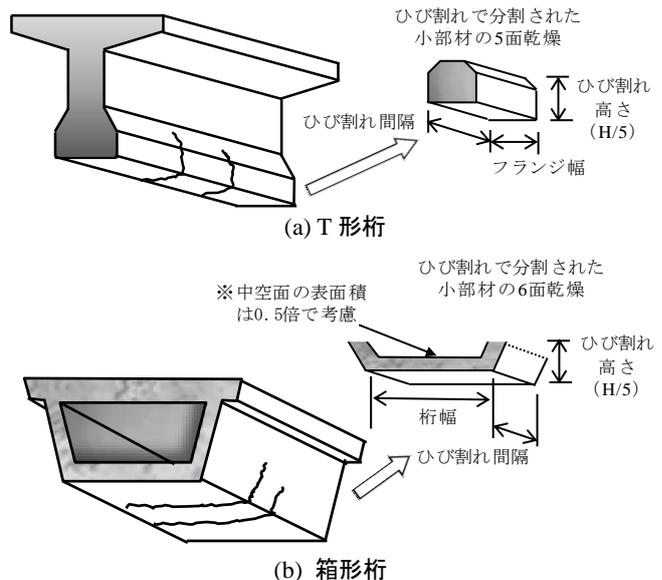


図-2 T 形桁, 箱形桁における曲げひび割れ発生例および小部材の表面積の設定方法^{5),10)}

り実構造物のひび割れ幅を比較し、実測値と概ね妥当な結果が得られたことが確認されている。

3. 開削トンネル内空における曲げひび割れ幅の算定方法の検討概要

3.1 実構造物の部材寸法

乾燥収縮量は体積表面積比 (V/S) の影響を受けることから、開削トンネルにおける傾向を把握することを目的として、近年施工された開削トンネルにおける部材厚の

分布について調査を実施した。図-3に調査結果を示す。上床版や側壁については概ね500mm以上であり、駅部等においては、部材厚1000mmを超える場合も数多く存在する。

3.2 開削トンネル内空における乾燥収縮の考え方

図-4に、本検討で想定する開削トンネル内空の乾燥収縮モデルを示す。型枠脱型後、埋戻し等により曲げひび割れが発生するまでの期間は、(a)に示すような上床版部材全体としての乾燥収縮を想定している。このとき、乾燥面は、上下2面、側面2面、施工ブロック両端2面の計6面であり、その表面積の1.0倍を V/S 算定時の S として考慮した。次に、埋戻し等により曲げひび割れが発生した時点で、(b)に示すような曲げひび割れ間隔で分割された小部材としての乾燥収縮挙動に移行するものとした。図-5に、曲げひび割れ発生後における小部材としての表面積の設定方法を示す。供用状態を想定すると、曲げひび割れの検討においては、開削トンネル上床版と桁構造で大きな相違は無いと考え、文献5)、10)に準拠した方法を用いた。なお、上床版の上面については、埋戻しに伴い湿潤状態となると考えられることから、乾燥面は、下面、ひび割れ面2面、施工ブロック両端2面の計5面とした。ここで、埋戻しに伴い、これら5面は内空面にあり、開削トンネル内空特有の環境内にあると考えられる。そこで、開削トンネル内空面の環境は箱形桁中空と同様と考え、石橋らによる箱形桁中空面における S の考慮方法¹⁰⁾を準用した。すなわち、その表面積の0.5倍を V/S 算定時の S として考慮するものとした。

図-6に、開削トンネルのひび割れ発生後の小部材としての V/S と部材厚の関係を示す。図は、標準的なRCボックスラーメン構造の開削トンネルの上床版を想定し、曲げひび割れと直交する方向の鉄筋として、D22が125mm間隔で配置され、曲げひび割れで検討する鉄筋のかぶりは50、60、70mm、施工ブロック長は10mと設定している。併せて標準的なRC構造のT形桁の V/S (図-2(a)の考え方による)との比較を示す。T形桁は部材厚の影響が小さく、概ね $V/S=50\sim 100$ (mm)の範囲である。それに対して、開削トンネルはT形桁と比較して V/S が大きく、さらに部材厚が大きいほど増加する傾向がある。これは、ひび割れ面および側面の表面積の増加よりも、体積の増加による影響が大きいためである。

以上のように、開削トンネルは、その施工する部材厚の範囲において、部材厚の増加に伴い V/S の値が大きくなり、乾燥収縮ひずみを算出する阪田らの式(4),(5)から得られる値が小さくなる。そこで、上床版の現地調査における最大曲げひび割れ幅の計測結果から式(1)を用いて逆算した ε'_{csd} (以下、測定値)と、前述の考え方を基本として V/S を設定し、阪田らの式(式(4),(5))を用いて

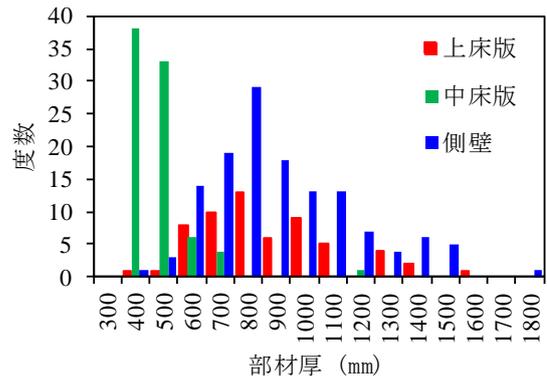


図-3 近年の開削トンネル施工事例における部材厚分布

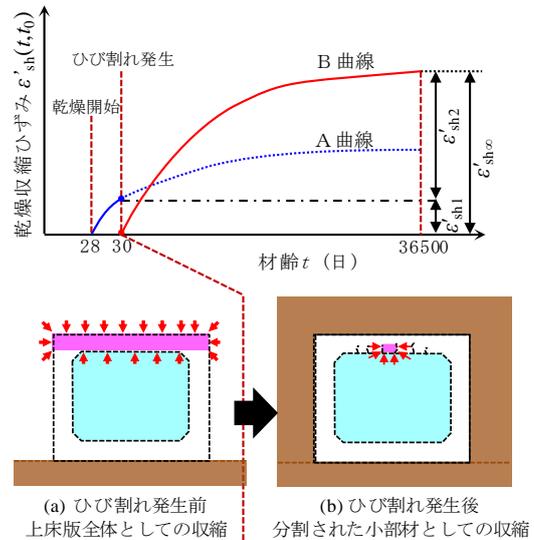


図-4 開削トンネルにおける乾燥収縮モデル

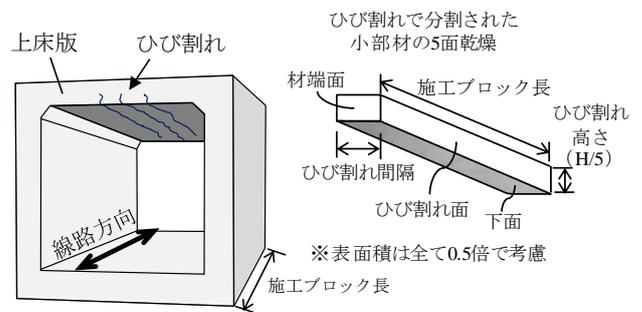


図-5 曲げひび割れ発生後における小部材としての表面積の設定方法

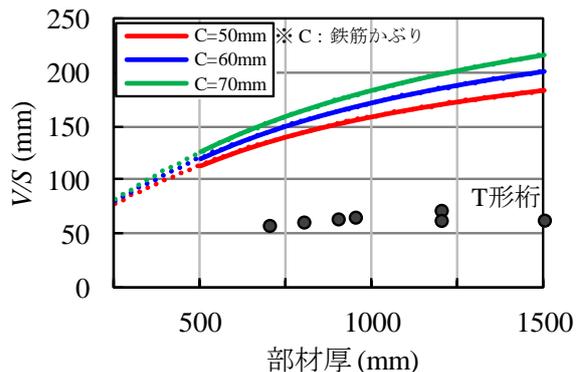


図-6 開削トンネルにおける V/S と部材厚の関係

算出した ε'_{sh2} , すなわち ε'_{csd} と比較検討することとした。

表-2 に、本検討において用いたパラメータを示す。環境湿度については既往の研究^{6),9)}を参考に 70% とし、単位水量 W は、開削トンネルの施工実績から 150~170kg/m³ の範囲とし、型枠脱型時、すなわち乾燥開始時材齢は $t_0=28$ 日とした。また、埋戻しを 30 日時点と仮定し、 ε'_{sh1} の算出時は $t=30$ 日とした。また、ひび割れ発生後の小部材としての最終的な乾燥収縮 $\varepsilon'_{sh\infty}$ の算出時は、一般的な設計耐用期間である 100 年を想定し、 $t=36,500$ 日とした。

3.3 検討に用いた構造物

表-3 に、検討対象構造物^{11),12)}を示す。全部で 10 構造物である。A, B は丸鋼が使用されており、建設が 1957 年~1960 年, C は 1967 年である。これら 3 つの調査は 1997 年に実施されている。D~J は 1994 年の建設であり、調査は 2005 年に実施されている。いずれの構造物も、漏水等環境を原因とするひび割れが比較的少なく、曲げひび割れを識別しやすい構造物を選定している。なお、表中の鉄筋応力 σ_{sc} は、永久作用として自重, 上載荷重, および側壁が受ける土圧による影響等を考慮した値であり、設計計算書等から引用した。

図-7 に、曲げひび割れ幅の測定位置を示す。曲げひび割れ幅の測定は、耐久性、使用性が問題となる上床版とし、作用荷重に対する応力が最も大きいと想定される、上床版中央付近において実施した。石橋らの手法⁵⁾と同様に対象断面を選定後、設計資料から鉄筋応力等の諸条件を読み取り、最大ひび割れ幅と併せて曲げひび割れ幅算定式に代入することで、 ε'_{csd} の測定値を求めた。なお、調査結果から確認できたひび割れ間隔は 500mm 以上と計算値より大きかったが、ひび割れ幅 0.1mm 未満につい

表-2 検討に用いたパラメータ

パラメータ	値	備考
RH	70 (%)	文献 5)による
W	150~170 (kg/m ³)	開削トンネルの実績による
t_0	28 (日)	型枠脱型後埋戻しを想定 (式 (4) 「 $t_0 \geq 28$ のとき $t_0=28$ 」より 28 日で入力)
ε'_{sh1} 算出時に用いる t	30 (日)	型枠脱型後、埋戻し時点でのひび割れ発生を想定
$\varepsilon'_{sh\infty}$ 算出時に用いる t	36500 (日)	設計耐用期間 100 年を想定

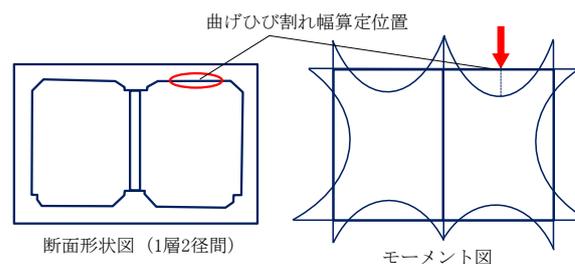


図-7 曲げひび割れ幅測定位置

ては記録が少ないこと等から、既往の研究との整合性を考慮し、計算値により評価することとした。また、式(1)の k_4 は文献 5)と同様に、1.0 で検討した。なお、 $k_4=1.0$ とすることで、文献 6)に示された式と同一になる。

図-8 に、上床版におけるひび割れ展開図と、取得した最大ひび割れ幅の例を示す。図に赤線で示すように、上床版のスパン中央付近における線路方向のひび割れを曲げ応力によるひび割れと判断し、このうち最大のものを最大ひび割れ幅としている。なお、線路直角方向に幅の大きなひび割れが散見されるが、これは温度応力や乾燥収縮に起因したひび割れであると考えられる。これら

表-3 検討に用いた構造物の諸元および ε'_{csd} 測定値

構造物	建設年	上床版厚(mm)	スパン長(mm)	設計圧縮強度 f'_{cd} (N/mm ²)	鉄筋	かぶり C (mm)	ひび割れ間隔 l^{*1}	鉄筋応力 σ_{sc} (N/mm ²)	最大ひび割れ幅(mm)	ε'_{csd} 測定値
A	1957	370	3.99×10^3	24	$\phi 16@125$	42.0	244.3	92.0	0.30	365
B	1960	600	4.58×10^3	24	$\phi 19@125$	60.5	316.2	54.9	0.30	363
C	1967	800	1.00×10^4	24	D22@125	60.0	312.1	72.0	0.20	200
D	1994	1000	1.00×10^4	21	D22@125	59.0	308.1	89.0	0.20	109
E	1994	1400	1.00×10^4	21	D29@125	55.5	289.2	172.2	0.30	24
F	1994	1400	1.03×10^4	21	D29@125	55.7	290.3	172.2	0.20	※ ² 0
G	1994	900	1.09×10^4	21	D19@125	60.5	316.1	81.3	0.20	133
H	1994	1000	1.16×10^4	21	D22@125	58.9	307.6	89.0	0.10	※ ² 0
I	1994	800	9.60×10^3	24	D29@125	55.7	290.3	162.6	0.25	※ ² 0
J	1994	700	5.89×10^3	24	D19@125	55.7	316.1	163.4	0.30	12

※1: $l=4c+0.7(c_s-\phi)$ による計算値 ※2: $\varepsilon'_{csd}<0$

のひび割れについては、温度応力解析等により検討することから、本検討においては対象外としている。

4. 結果および考察

4.1 ϵ'_{csd} に関する検討

表-3 に現地調査結果から得られた ϵ'_{csd} の測定値を示す。この測定値は、図-1 の ϵ'_{sh2} と等価なものである。図-9 に式(4)から得られた ϵ'_{csd} を示す。 ϵ'_{csd} の計算においては、図-6 と同様に、開削トンネルの上床版の一般的な条件である、D22 鉄筋を 125mm 間隔、かぶり 60mm での配置を想定した。単位水量は $W=170, 160, 150\text{kg/m}^3$ の 3 ケースとした。図には、式(4)の値が数年で収束することを考慮し、現地調査結果から得られた ϵ'_{csd} の測定値も示している。なお、F、H および I においては、 ϵ'_{csd} の測定値が 0 を下回る結果となった。これは、乾燥収縮を考慮しない状態で設計曲げひび割れ幅が測定した最大ひび割れ幅を上回ったためであり、作用する永久荷重が設計段階における想定と比べて小さかったことが考えられる。これらの要素を除いた場合、部材厚さが増加するにつれて、 V/S が増加することに起因し、 ϵ'_{csd} が小さくなることわかる。参考として、図-10 に T 形桁の考え方、すなわち、 S に考慮する表面積を 1.0 倍とした場合の ϵ'_{csd} を示す。図より、現地調査による ϵ'_{csd} の測定値の傾向と同様に、部材厚が大きくなるにつれて ϵ'_{sh2} の値が小さくなること、図-10 と比較して、図-9 は算定式による予測値が測定値をより精度良く評価できていることがわかった。すなわち、開削トンネルにおいては、 V/S 算定時に表面積を 0.5 倍として考慮する手法を用いることで、実測のひび割れ幅に近い算定値が得られることがわかった。ただし、乾燥収縮を考慮しない荷重作用によるひび割れ幅を設計において過大評価している可能性について、今後検討する必要がある。

図-3 に示した通り、近年の鉄道における開削トンネルの部材厚は、上下床版や側壁は概ね 500mm 以上であることから、図-9 より、 ϵ'_{csd} を約 350μ とすることで、概ね安全側に評価できる可能性がある。なお、部材厚 800mm (構造物 C) で測定値が 200μ 、部材厚 1000mm (構造物 D) で測定値が 109μ と、部材厚の増加に伴い、 ϵ'_{csd} が減少する傾向がみられた。このことから、部材厚の影響を考慮することでさらに実態に近い評価ができる可能性が考えられる。

4.2 曲げひび割れ幅の算定精度

図-11 に、本検討における開削トンネル内空の曲げひび割れ幅の算定精度を示す。 ϵ'_{csd} は、桁において標準的に使用される 450μ 、本研究で部材厚 500mm 程度の場合の値と考えられる 350μ 、さらに参考として平成 4 年版の RC 標準¹³⁾に記載されていた 150μ の 3 段階で最大曲げひ

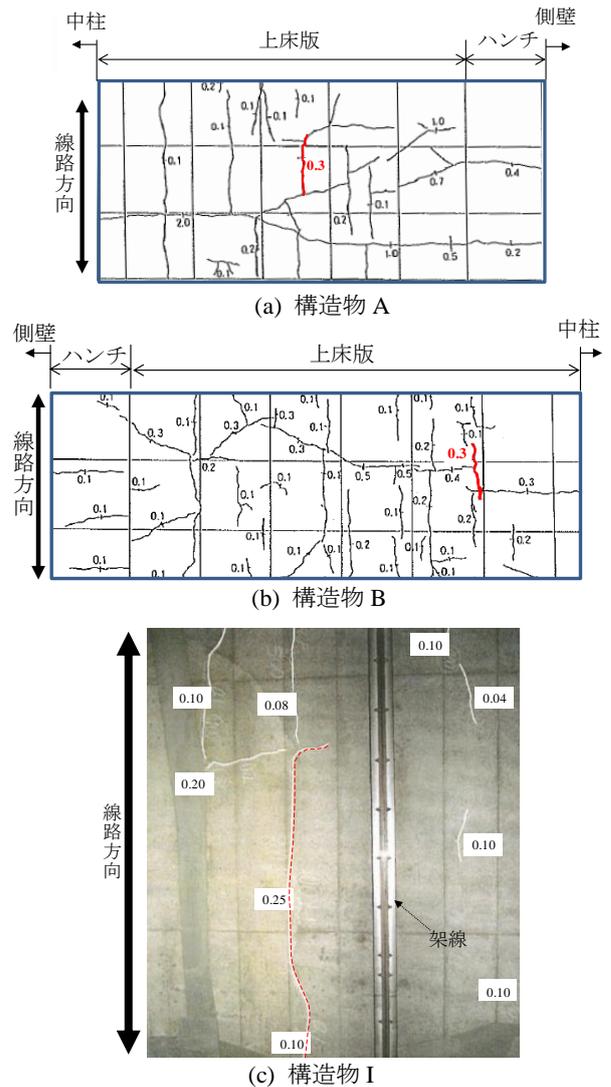


図-8 上床版におけるひび割れ展開図の例

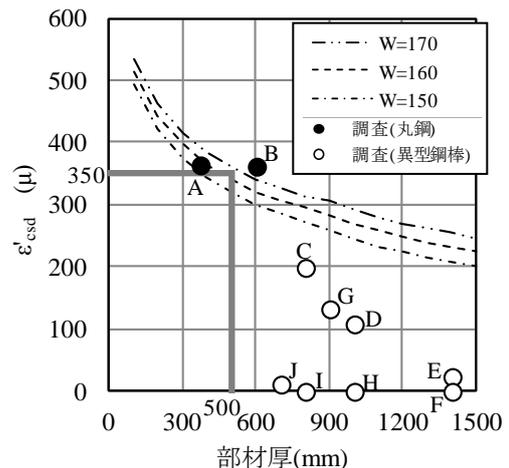


図-9 部材厚と ϵ'_{csd} の関係
(S を考慮する表面積 0.5 倍)

び割れ幅を計算し、測定値で除した値を示した。その結果、計算値/測定値は 450μ の場合、平均値が 1.63、最小値が 1.10、 350μ の場合、平均値が 1.41、最小値が 0.98、 150μ の場合平均値が 1.21、最小値が 0.73 となった。

では部材厚が小さい範囲で危険側の評価となり、現在用いられている 450 μ では、やや安全側となる結果が得られた。部材厚が大きい範囲においては、さらに乾燥収縮の影響が低下する傾向があることから、今後の検討によりさらに実態に近い評価ができる可能性が考えられる。

5. まとめ

開削トンネルにおける曲げひび割れ幅に対する乾燥収縮の影響について、開削トンネル上床版の現地調査における最大曲げひび割れ幅の測定結果から、コンクリートの収縮およびクリープの影響等によるひび割れ幅の増加を考慮するための数値 (ϵ'_{csd}) を逆算することにより、現行の評価式の妥当性を検証した。本検討における仮定の範囲内で得られた知見を以下に示す。

- (1) 開削トンネル上床版における最大曲げひび割れ幅から逆算した ϵ'_{csd} の測定値を、阪田らの乾燥収縮ひずみ予測式と比較した結果、地上構造物と比較して ϵ'_{csd} が小さくなる傾向がみられた。
- (2) 乾燥収縮ひずみの予測式における V/S 算出時の S について表面積の 0.5 倍として考慮することで、開削トンネルにおける乾燥収縮の影響を評価できる可能性がある。
- (3) 鉄道開削トンネルの一般的な部材厚である、部材厚 500mm 以上の範囲については、 $\epsilon'_{csd}=350\mu$ とすることで、実測された最大ひび割れ幅を評価できると考えられる。また、部材厚が大きくなるに伴い乾燥収縮の影響は低減する傾向がみられたことから、部材厚が大きいほど ϵ'_{csd} を低減した評価ができる可能性がある。

参考文献

- 1) 財団法人鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），2004.4
- 2) 角田與史雄：鉄筋コンクリートの最大ひび割れ幅，コンクリートジャーナル，Vol.8，No.9，pp.1-10，1970.9.
- 3) 関友則，櫻井哲哉，下村匠：鉄筋コンクリートのひび割れ幅の経時変化における乾燥収縮の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.32，No.2，2010
- 4) 谷内田昌熙，石橋忠良，佐藤勉：鉄筋コンクリート橋梁のひびわれと鉄筋腐食に関する調査・研究，土木学会論文集，1987.2
- 5) 石橋忠良，津吉毅：コンクリート桁の表面の曲げひび割れ幅の算定法に関する研究，土木学会論文集，No.484，V-22，pp.33-40，1994.2
- 6) 土木学会：コンクリート標準示方書〔設計編〕，2012
- 7) 大塚歩，三浦知佳子，浅本晋吾，睦好宏史：屋外暴露されたコンクリートの収縮性状に対する日射および降雨の影響，コンクリート工学年次論文集，

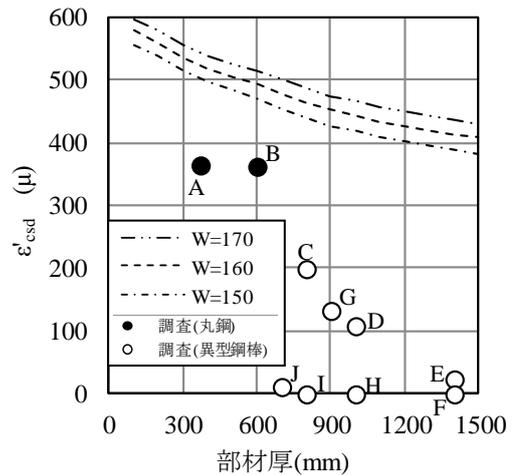


図-10 部材厚と ϵ'_{csd} の関係
(S を考慮する表面積 1.0 倍)

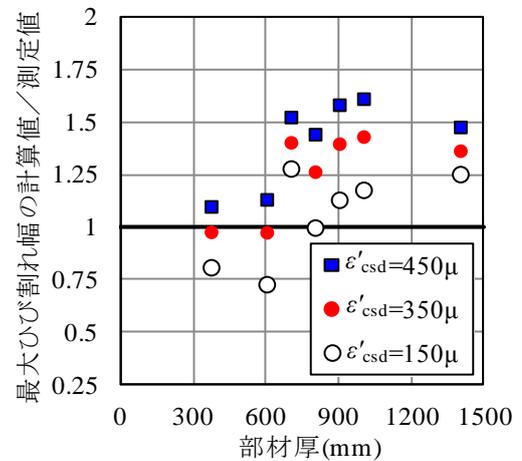


図-11 曲げひび割れ幅の算定精度

Vol.30, No.1, pp.501-506, 2008

- 8) 財団法人鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（開削トンネル），2001
- 9) 阪田憲次，綾野克紀：コンクリートの乾燥収縮ひずみ予測式の提案，セメント・コンクリート論文集，No.43，pp.244-249，1989
- 10) 石橋忠良，館石和雄，津吉毅：PRC 桁のひびわれ幅に関する一考察，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.12，No.2，pp.167-172，1990.7
- 11) 田辺将樹，大石敬司，山本努，本間実，松川俊介：開削トンネルの形状寸法および荷重条件と曲げひび割れの発生状況に関する一考察，トンネル工学報告集第16巻，pp.455-460，2006.11
- 12) 新井泰，杜世開，山本努，渡辺忠朋：非線形挙動を考慮した開削トンネルのひび割れ調査シミュレーション，トンネル工学論文集第15巻，pp.173-181，2005.12
- 13) 財団法人鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），1992.10