

グースアスファルトの舗設熱がRC地覆部に及ぼす影響について

Crack Characteristics in RC-Curb Members Subjected to Thermal Effects of Asphalt-Mastic Surfacing

木舟 三雄
Mitsuo KIFUNE

川田工業(株)工事本部大阪工務部次長

小枝 芳樹
Yoshiki KOEDA

川田工業(株)技術開発本部技術研究室

宮地 真一
Shin-ichi MIYACHI

川田工業(株)技術開発本部技術研究室係長

This paper deals with crack characteristics in RC-curb members to the thermal effects of asphalt-mastic surfacing. Investigations were conducted, using several steel deck bridges to study the relationships between the thermal behavior of the steel deck and the crack characteristics in RC-curb members under asphalt-mastic surfacing. A practical method to prevent cracks in RC-curb members is also proposed.

Key words : asphalt-mastic surfacing, RC-curb, cracks, steel deck

1. まえがき

周知のように、橋梁上を渡る人や車両などの荷重は、鋼製やコンクリート製の床版で直接支持される。このうち、鋼製の床版（鋼床版）はコンクリート製の床版（コンクリート床版）と比較してやや高価であるものの、現場工期を短縮でき、かつ死荷重を大幅に軽減できるという利点を有する。また、兵庫県南部地震を契機に、鋼床版の死荷重を小さくできるという利点は耐震性からも注目されており、都市内の高架橋に対する鋼床版の適用は今後ますます増加して行くものと考えられる。

鋼床版を採用した橋梁（鋼床版桁橋）では、上面に舗装が施される。舗装は表層と基層から構成され、表層には耐流動性とすべり抵抗性に優れた密粒度アスファルトコンクリートが、基層には鋼床版のたわみに対する追従性や耐久性に優れ、かつ、不透水性を有するグースアスファルトが用いられることが多い。このうち、表層の密粒度アスファルトコンクリートは舗設温度が110℃～140℃程度であるのに対し、基層のグースアスファルトは舗設時におけるアスファルト温度が240℃程度にも達することから、橋体に及ぼす熱影響についての配慮が必要となる。また、実際、鋼床版の残留応力や残留たわみに関しては、従来より数多くの研究成果が報告されている。

ところで、鋼床版桁橋の地覆構造としては、これまで

鋼製やプレキャストコンクリートブロック等も用いられているものの、施工性や経済性から、鋼床版に異形鉄筋をスタッド溶接した後に現場でコンクリートを打設するRC製が最も多く採用されてきている。しかし種々の要因でこのRC地覆部の表面に多くのひび割れが発生する場合も少なくなく、ひび割れ幅が比較的大きい場合には、地覆自体の長期的な品質や美観への悪影響が懸念されることとなる。図1は、鋼床版桁橋の工事工程からRC地覆部表面のひび割れ発生要因として考えられる項目を表わしたものである。図1に示すように、RC地覆部のひび割れは、コンクリートの材料や配合、および養生方法などに密接に関連していると思われる。さらに前述したグースアスファルトの舗設熱による鋼床版の引張ひずみ（伸び変形）がRC地覆部に及ぼす影響についても無視できないものと考えられる。しかしながら、著者らの知る限り、グースアスファルトの舗設熱とRC地覆部におけるひび割れの関連性に関しては、今までのところ、実測データを踏まえた十分な議論がなされていない。

そこで、本研究では、実橋で実施したひび割れ調査結果をもとに、グースアスファルトの舗設熱による鋼床版の伸び変形とRC地覆部のひび割れ性状との関連性、および、ひび割れ対策の有効性について検討することとした。その結果、グースアスファルトの舗設熱によって鋼床版に発生する引張ひずみ（伸び変形）はRC地覆部の

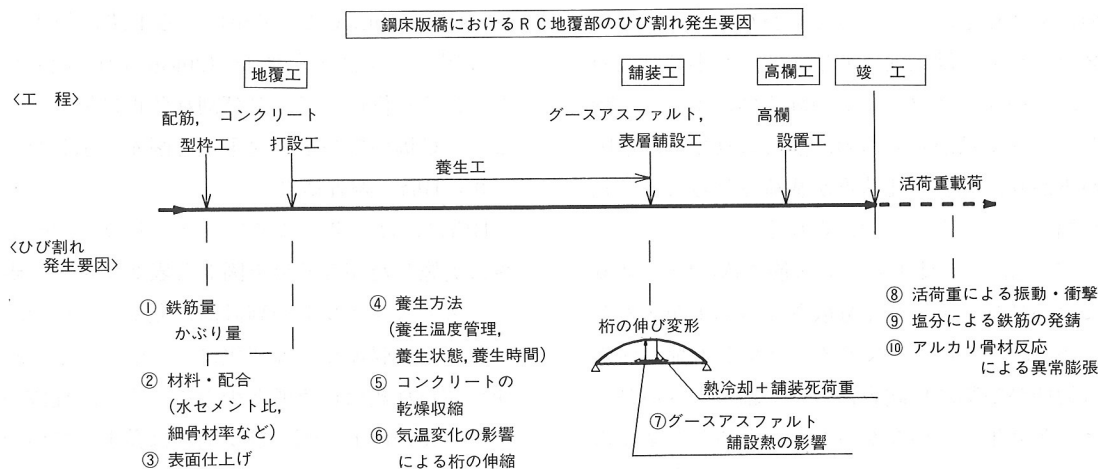


図1 ひび割れ発生要因

ひび割れ発生に大きく関与していること、また、グースアスファルトの舗設時のひび割れは鋼床版が熱せられている間の一時的なものであること、さらには、地覆部に適切な溶接金網（メッシュ筋）を設置して、適量の膨張材を混入すれば、ひび割れを分散化させるとともにひび割れ発生箇所数を大幅に減少できることなど、橋梁の現場工事に携わる実務技術者にとって有用な知見が得られたことから、ここにその結果を報告する。

2. 対策を施したRC地覆部表面のひび割れ調査

従来の鋼床版桁橋ではRC地覆部のひび割れ対策として、目地（Vカットや完全縁切り）を約10m間隔に設置する手法が最も一般的であったが、その効果は完全なものとは言えず、コンクリートの乾燥収縮や桁の伸縮等に起因するひび割れやグースアスファルト舗設時の熱影響と思われるひび割れの発生が実際に数多くの橋梁で認められている。そこで、表1に示すA, B, C橋を対象に、従来の目地を設ける手法に加え、溶接金網を設置する方法(写真1) および溶接金網と膨張材を併用する方法をそれぞれのRC地覆部に採用し、そのひび割れ性状とひび割れ対策の効果を調査することとした。具体的にはグースアスファルトの舗設前（熱影響を受ける前の状態）と表層舗設が完了してから約24時間経過した後（熱影響を受けてから十分に時間が経過した状態であり、これ以降は簡単に表層舗設後と記す）のそれぞれの状態で、RC地覆部のひび割れ幅（最大値）をクラックゲージで測定するとともにその発生数を調査したものである。なお、

表1 ひび割れ調査対象橋梁諸元

	橋梁形式	支間長 (m)	総幅員 (m)	地覆部のひび割れ対策		
				目的	溶接金網	膨張材
A橋	単純鋼床版桁橋	61.0	15.5	○	○	—
B橋	連続鋼床版桁橋	28.5+31.0+26.3	10.0	○	○	○
C橋	単純鋼床版桁橋	32.0	16.8	○	○	○

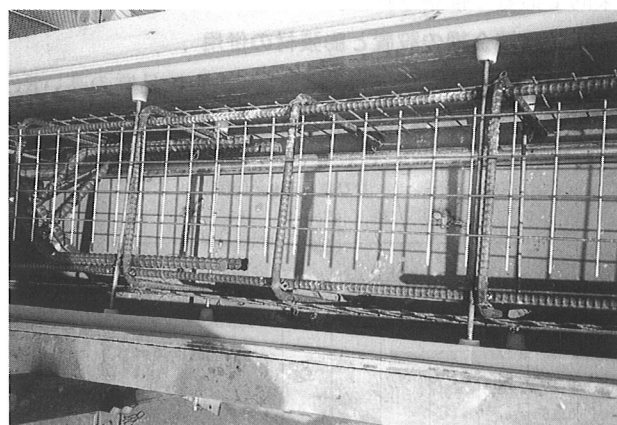


写真1 溶接金網の設置状況

これらの調査においてひび割れ幅と発生箇所数のみに着目したのは、ひび割れの9割以上が地覆の幅方向に沿ってほぼまっすぐ発生（ひび割れ長さ≒地覆幅）していたことによる。

(1) 溶接金網の設置

表1に示すA橋では、従来の目地（Vカット）を約10m間隔に設置する手法に加え、溶接金網（メッシュ筋： $\phi 3.2\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ ）を設置して、RC地覆部のひび割れ防止に努めている。そこで、グースアスファルトの舗設前と表層舗設後にRC地覆部のひび割れ発生状況を調査した。その調査結果を図2と表2に示す。

これらの結果から、グースアスファルトの舗設前におけるひび割れの発生は181カ所でそのひび割れ発生密度〔ひび割れ幅の総和（ひび割れ幅 $W \times$ 発生数 n の合計）を総地覆長で除した値、すなわち地覆1m当たりのひび割れ幅〕は0.09mm/m、表層舗設後のひび割れ発生数は204カ所でそのひび割れ発生密度は0.10mm/mとなっており、舗装前後におけるひび割れ性状にはほとんど変動がないと言える。また、発生しているひび割れの幅は、補修の必要がないとされる値（防水性から補修が必要とされる幅=0.20mm以上の幅のひび割れ）より小さい0.15mm

以下のものに分散化されていることもわかる。これは、グースアスファルトの舗設前に発生していた小さい幅のひび割れが、グースアスファルトの舗設熱によって一時的にいったん大きく広がるものの、熱せられていた鋼床版の温度が下がり、舗装の死荷重が載荷されることで元のひび割れ幅に戻ったものと考えられる。

したがって、溶接金網（メッシュ筋： $\phi 3.2\text{mm} \times 50\text{mm}$ ）にはひび割れを小さく分散させる効果があると言える。しかし、A橋のグースアスファルトの舗設前のひび割れ（初期ひび割れ）調査において幅の大きいひび割れはほとんど発生していなかったが、前述したように主にコンクリートの乾燥収縮に起因していると考えられる微小な幅の初期ひび割れに対しては膨張材の併用が効果的であると推察された。

(2) 溶接金網の設置と膨張材の併用

表1に示すB,C橋では、A橋よりさらに品質の高いRC地覆を施工するために、完全縁切り目地を設置（設置間

隔＝B橋：10m,C橋：6m）する手法に加え、溶接金網を設置する手法と膨張材（ 30kgf/m^3 ）を混入する手法をそれぞれ併用して、ひび割れ防止に努めている。なお、ここにC橋のひび割れ対策工を図4に示した。

a) B橋の調査結果

B橋におけるグースアスファルトの舗設前と表層舗設後に実施した調査結果を図3と表3に示す。表3より、グースアスファルトの舗設前に発生していた、コンクリートの乾燥収縮や気温変化による桁の伸縮に起因した初期ひびわれ数は18カ所と少なく、また、補修が必要とされる0.20mm以上の幅のひび割れは発生していないことがわかる。一方、表層舗設後におけるひび割れの発生は71カ所であり、グースアスファルトの舗設前と比較して幾分増加しているものの、ひび割れ幅はすべて補修を必要としない0.15mm以下（ひび割れの発生密度は、0.01mm/mから0.02mm/mと若干増加した程度）に分布していることがわかる。ここで舗装工前から表層舗設後の状態ま

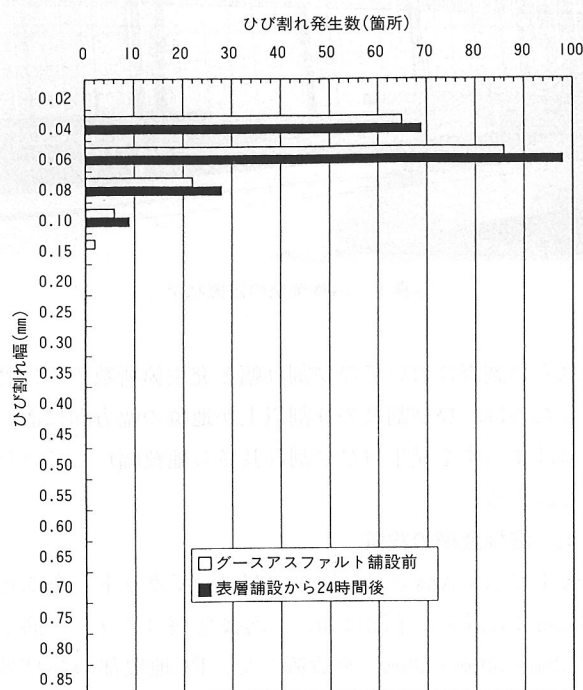


図2 A橋のひび割れ発生状況

表2 A橋のひび割れ調査結果

ひび割れ幅: W (mm)	グースアスファルト舗設前		表層舗設から24時間後	
	発生数n	$n \times W$	発生数n	$n \times W$
0.04	65	2.60	69	2.76
0.06	86	5.16	98	5.88
0.08	22	1.76	28	2.24
0.10	6	0.60	9	0.90
0.15	2	0.30	0	0.00
合計	181	10.42	204	11.78
発生密度	0.09		0.10	

(総地覆長=122m)

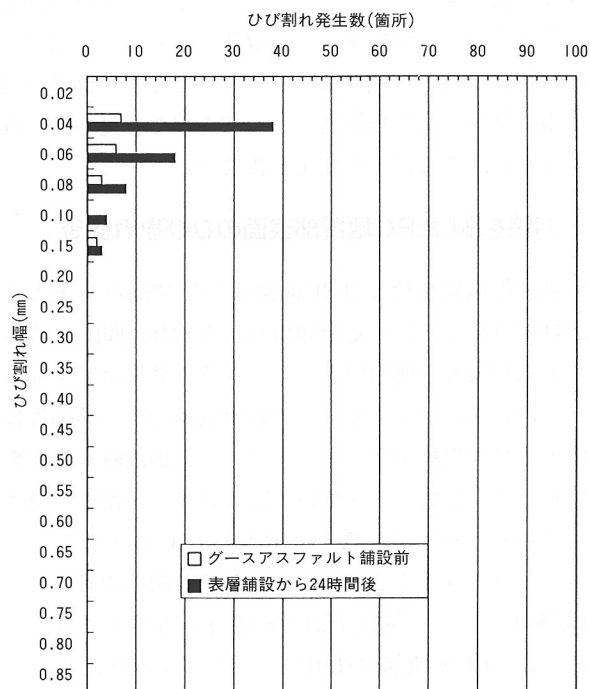


図3 B橋のひび割れ発生状況

表3 B橋のひび割れ調査結果

ひび割れ幅: W (mm)	グースアスファルト舗設前		表層舗設から24時間後	
	発生数n	$n \times W$	発生数n	$n \times W$
0.04	7	0.28	38	1.52
0.06	6	0.36	18	1.08
0.08	3	0.24	8	0.64
0.10	0	0.00	4	0.40
0.15	2	0.30	3	0.45
合計	18	1.18	71	4.09
発生密度	0.01		0.02	

(総地覆長=171.53m)

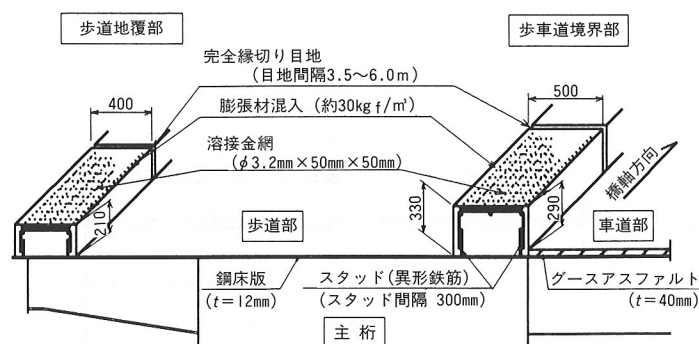


図4 C橋のひび割れ対策施工

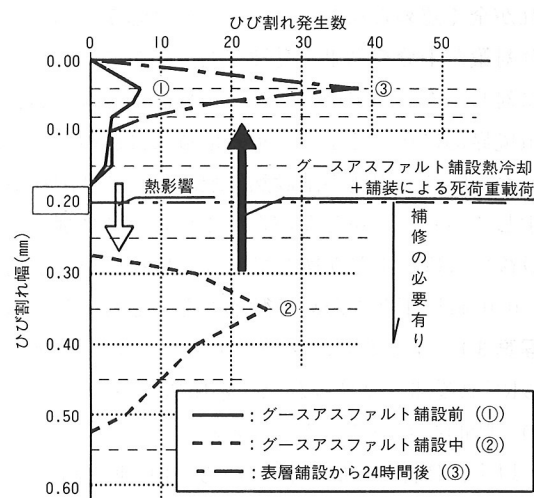


図5 B橋のひび割れ性状

でのひび割れ挙動を図5に示した。この図から、グースアスファルトの舗設前に発生していたひび割れは舗設中にはグースアスファルトの熱影響でひび割れ幅が0.30mmから0.50mmの範囲に拡大しているものの、それらのひび割れは一時的なものであり、表層舗設が完了して24時間が経過した状態では、ひび割れは閉じてその幅が0.15mm以下になったと判断できよう。

以上の結果より、地覆コンクリート部に溶接金網と膨張材を併用したB橋では、膨張材を混入していないA橋に比べ、初期ひび割れの発生箇所数が大幅に減少していることがわかる。すなわち、膨張材(30kgf/m³)の混入によってRC地覆部に若干のプレストレスが導入され、初期ひび割れに対して有効に作用していたものと言えよう。また、上記のひび割れ対策は、グースアスファルトの舗設熱による一時的なひび割れに対してもある程度有効に作用するものと考えられる。

b) C橋の調査結果

表4は、C橋のグースアスファルトの舗設前と舗設中および表層舗設後のそれぞれの状態における歩道地覆部と歩車道境界部のひび割れ発生状況を比較したものである。表4からわかるように、グースアスファルトの舗設前には、歩道地覆部と歩車道境界部にひび割

表4 C橋のひび割れ性状

	歩道地覆部	歩車道境界部
グースアスファルト舗設前	ひび割れ無し	ひび割れ無し
グースアスファルト舗設中	ひび割れ発生箇所数(箇所) vs ひび割れ幅(mm)	ひび割れ発生箇所数(箇所) vs ひび割れ幅(mm)
表層舗設後	ひび割れ発生箇所数(箇所) vs ひび割れ幅(mm)	ひび割れ発生箇所数(箇所) vs ひび割れ幅(mm)

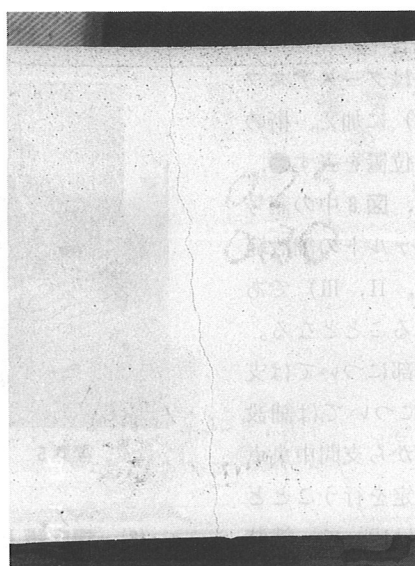


写真2 グースアスファルト舗設中のひび割れ状況

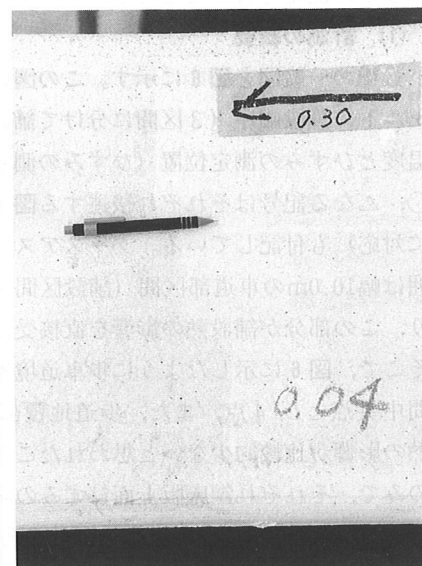


写真3 表層舗設後のひび割れ状況

れが全く認められていない。これは図3に示したひび割れ対策が十分な効果を発揮したためと考えられる。これに対し、グースアスファルトの舗設中は断面形状が歩車道境界部に比べて小さい歩道地覆部において、幅が0.08mmから0.30mm程度の舗設熱に起因したひび割れが多数発生している。しかしながら、これらのひび割れは表層舗設後にはほとんどが閉じており、残存したひび割れも幅が0.04mm以下ときわめて微細なものであった(写真2, 写真3)。すなわち、グースアスファルトの舗設熱によるRC地覆部のひび割れは、鋼床版が熱せられている間の一時的なものであると言える。

以上、B橋とC橋の結果から、RC地覆部に対し、完全縁切り目地、溶接金網、膨張材を併用することによってグースアスファルトの舗設前に発生するひび割れ(主にコンクリートの乾燥収縮に起因した初期ひび割れ)を最小限に抑えることができると言える。また、それらの対策は、グースアスファルトの舗設熱により発生するひび割れに対しても、ある程度有効に作用するものと考えられる。なお、基層にグースアスファルトを用いなかった歩道橋において、コンクリートの乾燥収縮の影響を受けやすい小さい断面の地覆部に対して同様なひび割れ対策を行った結果、ひび割れの発生が全く認められなかったことを付記しておく。

3. グースアスファルトの舗設時に発生する鋼床版上面の引張りひずみ

実橋においてグースアスファルト舗設時の熱影響による鋼床版上面の引張りひずみ(伸び変形)に着目した例はきわめて少ないのが現状である。そこで、表1に示す単純鋼床版桁橋であるC橋を対象として、グースアスファルトの舗設に伴う伸び変形を把握する目的で鋼床版部のひずみ測定を行うこととした。

(1) 計測の概要

C橋の一般図を図6に示す。この図にはグースアスファルトの舗設順序(3区間に分けて舗設)に加え、桁の温度とひずみの測定位置(ひずみの測定位置を表す●, ○, △なる記号はそれぞれ後述する図7, 図8中の記号に対応)も付記している。グースアスファルトの舗設範囲は幅10.0mの車道部区間(舗設区間I, II, III)であり、この部分が舗設熱の影響を直接受けることとなる。そこで、図6に示したように歩車道境界部については支間中央点とL/4点、また、歩道地覆部については舗設熱の影響が比較的少ないと思われることから支間中央点のみで、それぞれ鋼床版上面ひずみの測定を行うこととした(写真4)。なお、C橋の鋼床版厚は12mmで、舗装の基層部には40mmのグースアスファルトを、表層部には厚さ40mmの密粒度アスファルトコンクリートを使用した。

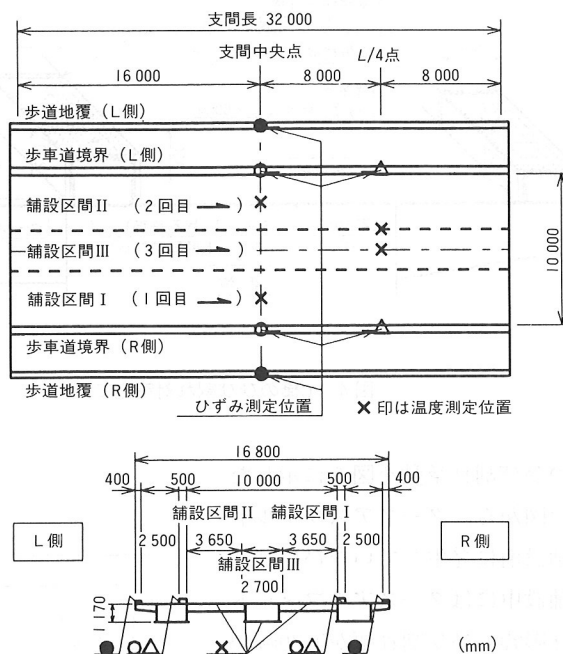


図6 C橋の一般図と測定位置

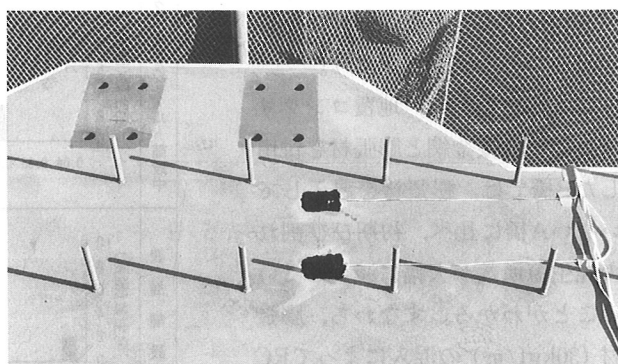


写真4 鋼床版上面のひずみゲージ貼付状況



写真5 グースアスファルト舗設状況

(2) 鋼床版上面に発生する引張りひずみの測定結果

グースアスファルトの舗設温度(実測値)は約240℃であり、舗設直下の鋼床版下面(舗装面の反対側)と下

フランジ下面の温度差は最大で95℃にも達していた。グースアスファルト舗設中の鋼床版上面ひずみの測定結果を図7と図8に示す。図7からわかるように、舗設区間Iに隣接したR側歩車道境界部のひずみは、アスファルトフィニッシャー（グースアスファルトを敷きならす施工機械であり、この前方にはグースアスファルトを加熱・混合するためのクッカー車が配置される、写真5）の移動に起因した若干の時間的ずれは存在するものの、支間中央点（○記号）とL/4点（△記号）ではほぼ一致する結果となっている。また、舗設熱の影響が比較的少ないと思われた歩道地覆部の支間中央点ひずみ（●記号）は、歩車道境界部の結果（○記号と△記号）を幾分か下回らず、グースアスファルトの熱影響は舗設を行わない歩道地覆部にまで大きく及んでいることがわかる。さらに、図8から、舗設区間IIに近いL側の鋼床版上面ひずみについても、R側の結果と同様に、歩車道境界部のひずみは支間中央点（○記号）とL/4点（△記号）ではほぼ一致していることと、歩道地覆部における引張ひずみは歩道境界部よりも幾分か下回っていないことがそれぞれわかる。すなわち、グースアスファルトの舗設熱による鋼床版の引張ひずみは、舗設時の熱影響を直接受けない部分も含め、桁全長にわたる広範囲においてほぼ均等に現れるものと考えられる。なお、今回C橋で計測された引張ひずみの最大値である400 μ は、地覆1m当たりの伸び量に換算すると0.4mmとかなり大きな伸び変形に相当し、グースアスファルト舗設時においてRC地覆部がひび割れる大きな要因になっていると推察された。

4. まとめ

本研究は、グースアスファルトの舗設熱によって発生するRC地覆部のひび割れ性状とその対策について検討したものである。本研究で得られた主な結果を以下にま

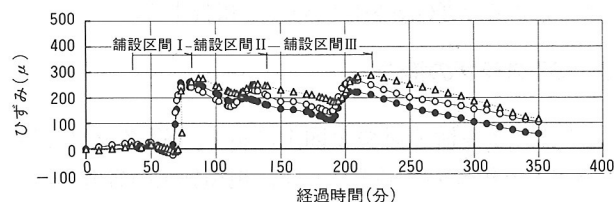


図7 R側鋼床版上面のひずみ

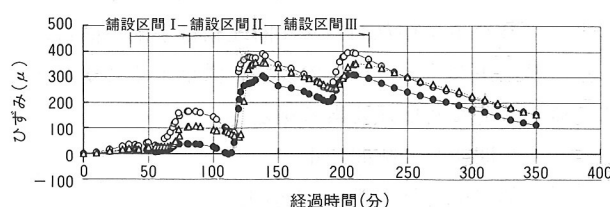


図8 L側鋼床版上面のひずみ

とめる。

- ① RC地覆部に溶接金網を設置すれば、ひび割れは幅が小さく分散され、補修を必要とするような大きな幅のひび割れの発生を防ぐことができる。
- ② RC地覆部に溶接金網と膨張材を併用すれば、グースアスファルトの舗設熱に起因したひび割れのみならず、乾燥収縮や温度変化による桁の伸縮によって発生する初期ひび割れの発生箇所数やその幅をも小さくできる。
- ③ グースアスファルトの舗設熱による鋼床版の引張ひずみは、舗設時の熱影響を直接受けない部分も含め、桁全長にわたる広範囲においてほぼ均等に現れるものと考えられる。なお、今回C橋で計測された引張ひずみの最大値は400 μ で、地覆1m当たり0.4mmとかなり大きな伸び変形に相当するものであった。
- ④ グースアスファルトの舗設熱によるRC地覆部のひび割れは、鋼床版が熱せられている間の一時的なものであると言える。

5. あとがき

本研究により、RC地覆部に及ぼすグースアスファルトの熱影響について新たなデータを蓄積できたと考えている。しかしながら、RC地覆部のひび割れは、コンクリートの材料や配合、コンクリートの施工や養生の方法などにも密接に関係している。それゆえ、今後はこれらの要因も含めた詳細な検討を実施していく所存である。本論文が、橋梁の現場施工に携わる技術者にとって有用な資料になれば幸いである。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひびわれ調査、補修・補強指針，pp.65～80，1987年2月。
- 2) 日本道路協会：鋼道路橋設計便覧，pp.54～58，1980年8月。
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書。
- 4) 木舟三雄・米田昌弘・小枝芳樹・宮地真一：グースアスファルトの舗設熱によって発生するRC地覆部のひび割れ性状について，構造工学論文集，Vol.43A, pp.967～974，1997年3月。
- 5) 小枝芳樹・米田昌弘・宮地真一・瀬戸内秀規：グースアスファルトの舗設熱がRC地覆部に及ぼす影響について，土木学会年次学術講演会講演概要集，1997年9月。