

論文

道路橋床版の上面増厚補強における継手部の構造検討

長島和輝\*, 上阪康雄\*\*, 松田浩\*\*\*

\*長崎大学学生, 大学院工学研究科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

\*\*長崎大学産学官連携研究員, 大学院工学研究科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

\*\*\* 工博, 長崎大学教授, 大学院工学研究科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

道路橋床版の補修・補強対策工法として, 上面増厚工法はよく採用される床版対策工法である. しかし, 交通規制および施工上の理由から, 増厚部のコンクリートには床版継手が設けられるのが一般的である. そこで, そうした床版継手, 特に橋軸方向の床版継手が補強後の構造特性に与える影響を立体 FEM 解析によって検証する. また, 施工性を考慮した耐久性に優れた増厚部床版継手を提案する.

キーワード: 上面増厚補強, 床版継手, 合成桁床版, 床版防水, FEM 解析

1. はじめに

道路橋の路面にひび割れなどの劣化が見られ, 床版下面に遊離石灰を伴う 2 方向のひび割れが顕著である場合 (いわゆる床版損傷の加速期<sup>1)</sup>) の床版補修対策として, また元々の床版厚さが小さい場合の補強対策として, 上面増厚補強工法が採用されている. しかし, 交通規制および施工上の理由から, 増厚部のコンクリートには床版継手部が設けられるのが一般的である. そこで, そうした床版継手部, 特に橋軸方向の床版継手部が補強後の構造特性に与える影響を立体 FEM 解析によって検証するのが本論文の第一のテーマである. 第二のテーマは, 構造的弱点である継手部について, 床版防水を含む耐久性向上と弱点を補う構造ディテールの提案である.

用しており, この程度であれば解析結果に与える影響は少ないと考えられる. 増厚部は上下線での分割施工とするため, 橋軸方向に解析上の分離目地 (継手部が分離した状態) を設けるケースと目地無しの場合を検討した. なお, 旧床版は施工継手部の下で貫通ひび割れが生じていると仮定した. なお, コンクリート床版はブロック要素, 鋼桁などはシェル要素を用いた. FEM 解析プログラムとしては, ドイツの汎用ソフトである SOFISTIK-FEA を使用した. FEM モデルを図-1, 図-2 に示す.

表-1 解析に使用した材料と特性値

使用材料	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
旧床版コンクリート	22000	24.5
増厚コンクリート	33000	24.5
舗装	9000	22.5
鋼 SS40	200000	77

2. 構造モデルの作成と FEM 解析

検討モデルとしては, 長さ 30m 程度かつ有効幅員 7m の道路橋 (A 橋, 4 主鋼桁, 桁高 1.75m) を選定した. 増厚前の床版厚さは 16cm を基本に, 増厚補修時の舗装撤去・コンクリート切削 1cm を考慮して 15cm としている. なお, 鋼桁の上フランジは, コンクリート床版の構造特性を判断しやすいよう, 合成桁並みの厚さとした. また, 横方向の勾配は 2% とした.

FEM 解析にあたっては, 旧床版コンクリートの材料として設計基準強度 18 N/mm<sup>2</sup> 相当の, 増厚コンクリートとしては, 一般に設計基準強度 50 N/mm<sup>2</sup> 相当のコンクリートが使用されていることから, 50 N/mm<sup>2</sup> 相当のヤング係数を用いた. 採用した使用材料の特性値を表-1 に示す. なお, 舗装の剛性は, 春秋時の一般的なものを採

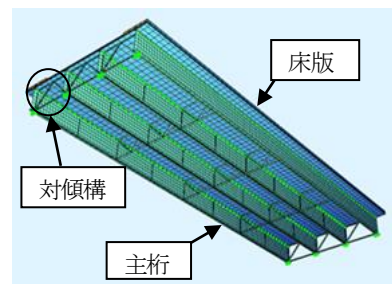


図-1 全体 FEM モデル



図-2 FEM 支点部断面

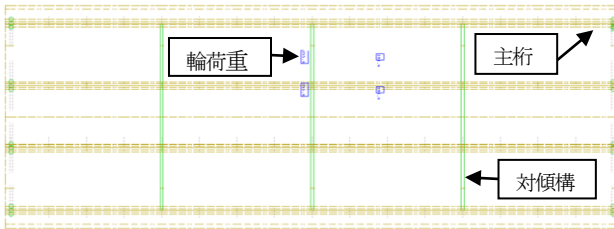


図-3 縁石寄り載荷状態

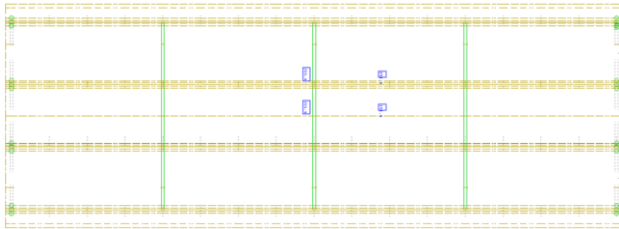


図-4 中央継手部寄り載荷状態

表-2 解析結果

	Case1 補強前	Case2 補強後目地有	Case3 補強後目地無
応力(N/mm <sup>2</sup> )			
下フランジ T荷重	21.7	9.5	9.3
下フランジ T+G2荷重	30.1	20.7	19.9
床版上 T荷重	-2.6	-1.3	-1.3
床版下 T荷重	2.5	0.6	0.6
床版上 T+G2荷重	-3	-1.9	-1.9
床版下 T+G2荷重	2.2	0.3	0.4
たわみ(mm)			
T荷重	9.1	2.4	2.3
T+G2荷重	12.9	6.6	5.9

T 荷重：トラック荷重，G2 荷重：後死荷重

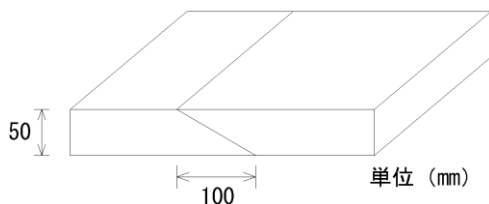


図-5 床版継手部の提案

### 3. FEM 解析の結果

解析用の荷重としては、2 軸の 200kN、支間中央の縁石寄り（図-3）、もしくは中央継手部寄り（図-4）に載荷した。また、後死荷重として増厚コンクリート厚 5cm と舗装厚 4cm を考慮した。ここで、後死荷重は、増厚床版自重+地覆荷重+舗装である。以下の表-2 に図-4 の場合の、増厚前の結果（Case1, 舗装厚 7cm）、増厚後目地有りの結果（Case2）、および増厚後目地無しの結果（Case3）を示す。なお、表中のたわみは、主桁作用+床版作用のたわみを指す。

FEM 解析の結果は、床版上面増厚補強の効果をはっきりと示している。後死荷重を考慮した場合の最大たわみは、およそ半分の値となっている。また、鋼桁下フラン

ジの応力もおおよそ 2/3 に減っていることから、効果は明白である。

一方、Case2(目地有)と Case3 (目地無) の比較をした場合、Case3 の鋼桁下フランジの応力の減少はわずかであるが、最大たわみの減少は 17% となっている。また、主桁下フランジの応力にはやや差がみられるが、床版の上下縁応力の差は、ほとんどないとみなせる。

### 4. 増厚部継手の検討

これまでの解析で示した結果は、分離目地が構造的に不利であることを示しており、また耐久性の面からも目地は水漏れの起点・弱点であることが知られており、設計・施工の配慮によって分離目地を生じさせない工夫が必要である。最善の方法は目地を設けずに施工することであるが、現実としては構造一体性かつ耐久性を有する計画的な目地（施工継手）を設けることが求められる。

そこで筆者らは施工的に無理のない方法として、図-5 に示す床版継手部を提案する。図中左側が先行部分である。施工継手を鉛直でなく斜めにすることで、水が通りにくくなるとともに接続部の接着面積が増えることにもなる。但し、接着面は平滑というよりは適度な粗さを持つことが望ましい。

耐久性を確実なものとするには、増厚部の上面に防水層の設置が必要であり、そのためには先行部分の防水層上に後施工部分の防水層が適切に重ねられるよう（重ね継手）施工するとともに、滞水部が生じないように文献 2 の第 6 章既設床版の床版防水システムに留意されたい。また舗装打ち継目は、増厚部施工継手より 70-100mm 程度左にずらすか、打ち継目無しが望ましい。今後は、提案する継手部を用いて、透水性確認試験および曲げ強度試験などを予定している。

### 5. まとめ

上面増厚補強における施工継手部は、構造的にも耐久性の面でも弱点部であることが明白である。そこで、設計・施工に当たっては、綿密な計画と丁寧な施工が望まれることは言うまでもない。筆者らはこの問題に対して、より施工が容易で耐久性のよい増厚材料および継手部の研究に取り組んでおり、次の機会に示せることを願うものである。

### 参考文献

- 1) 松井繁之, 大田孝二, 西川和廣: RC 床版とその損傷, 橋梁と基礎 98-5, pp.49-53, 1998.5.
- 2) 道路橋床版防水システムガイドライン (案), 土木学会, 2012.6