

合成床版の底鋼板とコンクリートの付着について

CONSIDERATION TO BOND FRACTURE BETWEEN STEEL PLATE AND CONCRETE FOR COMPOSITE SLAB

中本啓介¹⁾，橋 肇²⁾，高瀬和男¹⁾

Keisuke Nakamoto, Hajime Tachibana, Kazuo Takase

鋼コンクリート合成床版は、大きな耐荷力と高い耐久性などの特徴を有しており、安全性や施工性に優れていることから実橋への適用が増えている。現在までに損傷事例は報告されていないが、合成床版はコンクリート床版下面が底鋼板により覆われていることよりコンクリートの充填性に対する懸念、損傷や劣化を直接目視確認できないなどの課題が挙げられている。近年の施工実績では、打音検査結果で底鋼板とコンクリートが付着切れをしている現象が報告されている。パイプスラブでは鋼板パネルとコンクリートの付着力を期待しないため、付着切れについては要求性能として問題ないが、品質管理上、製品の状態を認識しておく必要がある。本報告では、施工時の品質管理に關係する合成床版の要求性能について示し、当社で扱っている検査方法について報告する。

キーワード：鋼コンクリート合成床版，輪荷重走行試験，充填性，横波振動法

1. はじめに

鋼コンクリート合成床版（以下、合成床版）は、大きな耐荷力と高い耐久性などの特徴を有しており、安全性や施工性に優れていることから実橋への適用が増えている。その中で、合成床版はコンクリート床版下面が底鋼板により覆われていることよりコンクリート面が直接目視できないことから、コンクリートの充填性に対する懸念、損傷や劣化を確認できないなどの課題が挙げられている。よって、合成床版の優れた耐久性を保証する上では製作、施工時の適切な品質管理、維持管理体系が明確であることが要求¹⁾されている。施工時の品質管理項目の一つとしてコンクリートの充填性がある。施工時における充填性の確認法として、床版下面側からハンマーを用いた打音変化によって確認する打音検査法などが用いられる。近年の施工実績からでは、打音検査結果で、底鋼板とコンクリートが、付着切れをしている現象が報告されている。パイプスラブでは鋼板パネルとコンクリートの付着力を期待しない。そのため、付着切れは要求性能としては問題ないが、現場施工時においては合成床版の製品の品質状態として認識しておく必要がある。本報告では、前述の内容に関連した合成床版の要求性能について示すとともに当社で扱っている検査手法について報告する。

2. 合成床版における要求性能と付着切れ

2.1 合成床版におけるずれ止めの付着力

合成床版は、構造部材としての鋼板パネルとコンクリートとを一体化した合成構造である。コンクリートとのずれ止めにはスタッド、孔明き鋼板ジベルなど機械的に接合²⁾する方法が用いられている。一般的に、ずれ止めにも前述の機械的に接合する方法を採用した場合、鋼板とコンクリートの付着力を考慮した設計は行われない。図-1に示す当社所有のパイプスラブにおいても、鋼板リブに設けた長孔にパイプを配置する鋼管ジベル³⁾により、鋼板パネルとコンクリートを機械的

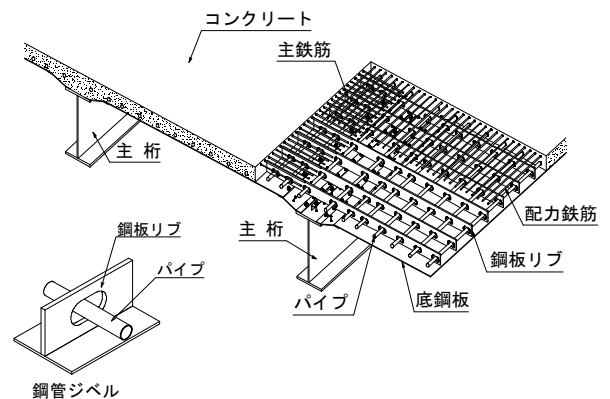


図-1 鋼管ジベルとパイプスラブの構造概要

1) 技術グループ 技術研究室

2) 技術グループ 橋梁設計部 東京設計課

Phase	参考:RC床版		鋼・コンクリート合成床版			
	損傷過程		損傷過程		床版の挙動の変化	顕在化する現象
		・初期段階		・初期段階	—	—
①		・乾燥収縮ひび割れ		・付着切れ	 たわみは安定状態	打音試験を行えば音の変化はみられる
②		・一方向ひび割れ (活荷重ひび割れ)		・一方向ひび割れ (活荷重ひび割れ)		
③		・二方向ひび割れ ・開閉およびこすり合わせ始まる		・二方向ひび割れ ・開閉は底鋼板で拘束		
③~④		・ひび割れ網細化		・ひび割れ網細化 ・ずれ止め損傷・水平ひび割れ発生が始まる	損傷部のたわみ(弾性・残留)増加が始まる	局所的な錆染の異常
④~⑤		・貫通ひび割れ ・開閉およびこすり合わせによる劣化の加速・梁状化		・楕円置角方向の貫通ひび割れ ・梁状化 ・ずれ止め損傷・水平ひび割れ進展	損傷部のたわみ(弾性・残留)が増加	床版下面からの漏水の発生 (モニタリング孔・各種センサーによる確認)
⑤		・せん断抵抗の減少		・せん断抵抗の減少	損傷部のたわみ(弾性・残留)が急増	錆汁・遊離石灰
⑦		・押し抜きせん断破壊		・押し抜きせん断破壊	局所的な陥没	路面の段差

設計性能
(設計断面が保持できる状態)

供用性の確保

安全性の確保

図-2 ガイドライン⁴⁾における要求性能

に接合する構造としており、付着力を期待しない設計を行っている。

2.2 道路橋示方書における合成床版の要求性能

合成床版の付着切れについては、国総研よりガイドライン⁴⁾として示されている。ガイドラインでは合成床版に関わる道路橋示方書⁵⁾の要求性能が整理され、目標とする状態と損傷過程の関係、および性能照査例が示されている。図-2に示すように付着切れについては設計性能を保持する範囲内となっている。

2.3 要求性能と性能確認試験における付着力

パイプスラブの要求性能は開発時に実施した各種の性能確認試験、解析により検証・確認している。代表的な試験内容より底鋼板とコンクリートの付着力の扱いについて示す。

鋼管ジベルの許容せん断力は、押し抜き試験により

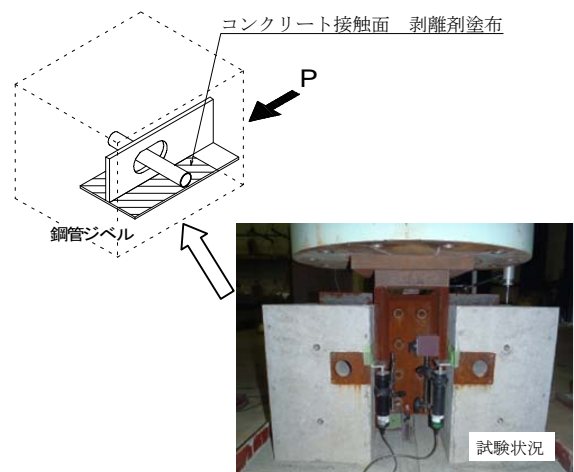


図-3 鋼管ジベルの押し抜き試験

確認している。試験は、標準化されている JSSC の頭付きスタッドの押し抜き試験方法⁶⁾に準じた。鋼ブロックとコンクリートブロックの付着による影響を排除するため、試験体は図-3に示すように剥離剤(グリー



写真-1 パイプスラブ輪荷重走行試験状況

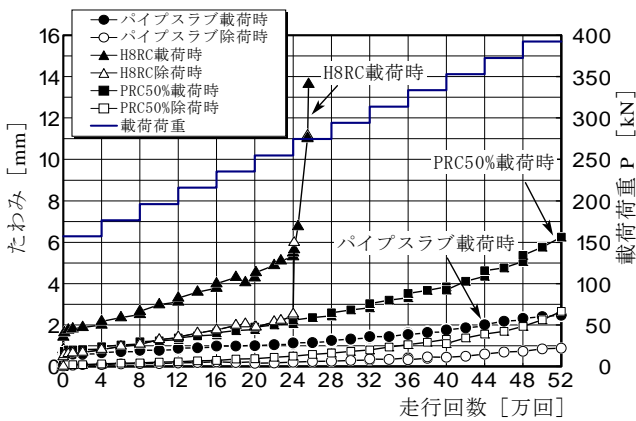


図-4 輪荷重走行試験 たわみー走行回数

ス)を塗布して試験を実施した。鋼管ジベルの許容せん断力は試験結果から決定しており、付着力を期待しない値を設計値として採用している。

合成床版の鋼板パネルは、適切なずれ止めによりコンクリートと一体化され終局状態に至るまで分離しない構造⁷⁾であることが要求性能の一つとして挙げられる。これについては、パイプスラブでは写真-1に示す独立行政法人土木研究所所有の輪荷重走行試験機を用いて耐久性の検証⁸⁾を行っている。図-4に示すように試験は最大荷重を392kNとする階段載荷方式である。試験途中においては、底鋼板とコンクリートの付着切れを打音検査にて確認した。比較的早期段階よりコンクリートと底鋼板の付着切れが確認されたが走行回数52万回まで鋼板パネルとコンクリートの一体と挙動し、たわみやひずみの急激な変化はなく未破壊であった。底鋼板部の付着切れが生じても平面保持、耐荷力が損なわれないことがわかる。

その他各種の検証結果より、底鋼板とコンクリートの付着が切れた状態となっても設計上は、鋼部材とコンクリートの一体性が保持されていると判断している。

3. 施工現場での検査方法について

パイプスラブのコンクリート充填性については、実

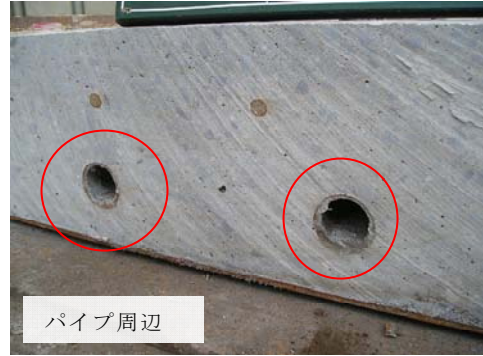


写真-2(a) 充填性確認試験 パイプ周り

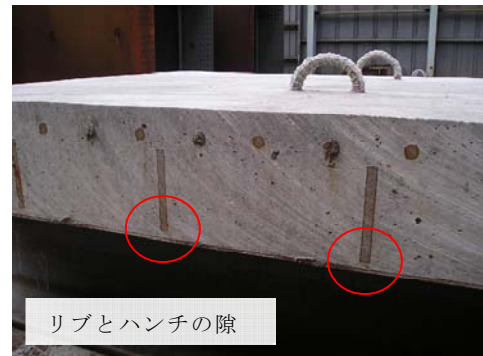


写真-2(b) 充填性確認試験 ハンチ近傍



写真-3 横波振動法測定器と測定状況

大試験体による充填確認試験を実施し切断試験により確認⁹⁾を行っている。写真-2(a), (b)には、切断試験結果よりパイプ周り、ハンチ近傍のリブと底鋼板部のコンクリートの充填状況を示す。パイプ周りなど全ての切断面においてコンクリートは確実に充填されていることを確認している。

実橋施工においては、底鋼板下面側からの充填性の確認としてハンマーによる打音試験などの非破壊検査を用いている。ただし、ハンマーによる打音時の音の変化では、不測時に生じる空隙、滞水などの「異常あり」状態と鋼板とコンクリート間の付着、付着切れの「異常なし」状態の判別は点検者の経験による技量が必要とされ非常に困難である。そこで当社では、付着

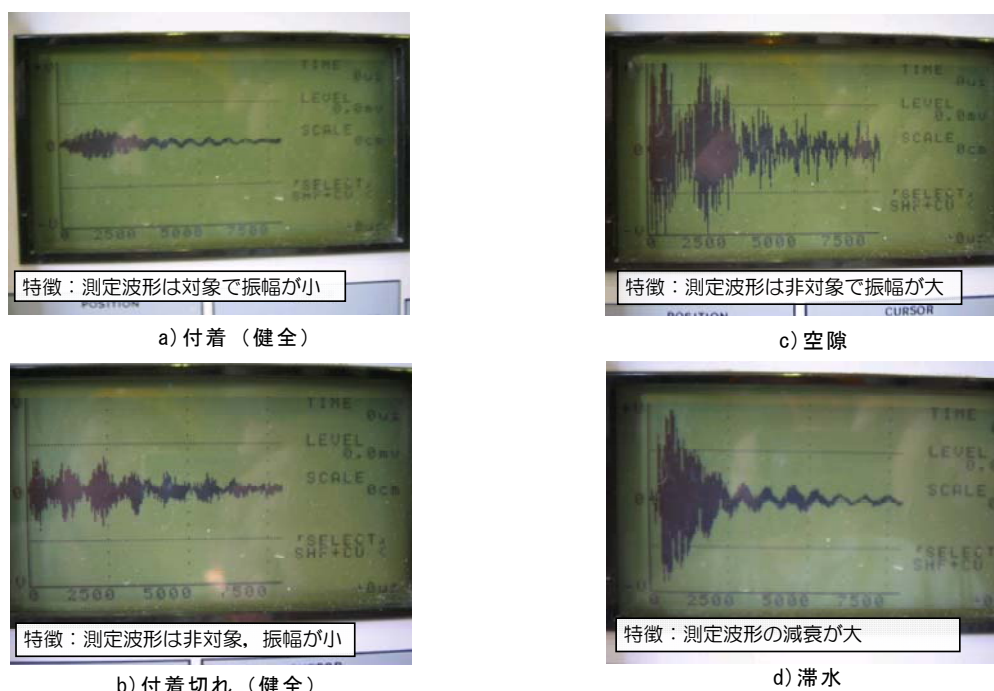


写真-4 横波振動法による測定画面例

切れと空隙を区別するコンクリート充填性を確認する非破壊検査手法（横波振動法¹⁰⁾）について研究開発を行っている。この検査手法では、弾性波を用いて視覚的に底鋼板とコンクリート間の状態を測定波形と周波数分析の結果で判別することができる。写真-3に測定器と測定状況を示す。写真-4には、試験体を対象として底鋼板上のコンクリートに模擬的に損傷（空隙厚0.5mmの乾燥、滞水）を再現した状態と健全（付着、乾燥収縮による自然付着切れ）状態の測定波形例を示す。コンクリート打込み時では打音試験との組合せにより充填性の確認が効率的におこなえるため実橋施工において実績をあげてきている。

なお、付着切れに関する過去の事例では、コンクリート厚が変化するハンチ部、打込み時の打継目付近で初期の段階から付着切れが生じやすいことを確認している。これらの原因は、コンクリートの乾燥収縮などが関係しているものと推測している。

4. おわりに

本報告ではパイプスラブ施工時の品質管理項目におけるコンクリートの充填性に関連した要求性能と施工時での検査方法について示した。本報告の内容が、合成床版の施工の品質管理に役立つことができれば幸いである。

参考文献

1)例えば、日本橋梁建設協会：鋼・コンクリート合成

- 床版 維持管理の計画資料，2007.3
- 2)2009年制定複合構造標準示方書，土木学会，2009.10
- 3)中本啓介，橋 肇：鋼・コンクリート合成床版「パイプスラブの開発」（第3報），駒井技報，Vol.24，pp.19-27，2005.3
- 4)国土交通省国土技術政策総合研究所：道路橋の技術評価手法に関する研究－新技術評価のガイドライン（案）－，国総研資料第609号，p229，2010.9
- 5)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ，2012.3
- 6)日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押し抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究現状，JSSCテクニカルレポート，No35，1996.11
- 7)国土交通省 関東地方整備局：平成16年度鋼コンクリート合成床版施工技術検討会 設計のガイドライン（案），2005.3
- 8)中本啓介，田中正明，大久保宣人：鋼管ジベルを用いた鋼・コンクリート合成床版の輪荷重走行試験，第四回道路橋床版シンポジウム講演論文集，pp.197-202，2004.10
- 9)石本圭一，中村隆志，中本啓介，橋肇，山本将士，大久保宣人：鋼管ジベルを用いた鋼・コンクリート合成床版の充填性確認試験，土木学会第64回年次学術講演会，pp.389-390，2009.8
- 10)中本啓介，山本将士，茨田匠，橋肇，大久保宣人，高瀬和男：横波振動法を用いた合成床版の非破壊検査法に関する検討，第七回道路橋床版シンポジウム論文報告集，pp.119-124，2012.6