

合成床版（パワースラブ）のコンクリート内部ひび割れの検討

(株)横河ブリッジ 正会員 ○結城 洋一 正会員 水越 秀和 正会員 春日井 俊博 正会員 高田 和彦

1. 目的

合成床版（以下、パワースラブという）の終局状態を確認する目的で、平成16年度に実施した輪荷重走行試験機を用いたくり返し載荷実験の結果、床版厚の最も薄い供試体においてコンクリート部分に孔あき鋼板リブ頂部を連絡するような水平ひび割れが発生することが確認された¹⁾。

本検討では、パワースラブの床版支間中央部分を橋軸方向に取りだした梁状の供試体を対象として、実験によりパワースラブのコンクリート部の破壊原因となるひび割れの発生箇所を確認することを目的とする。さらに、境界非線形と材料非線形を考慮した非線形FEM解析²⁾と実験を比較することで、パワースラブの内部応力度の評価に適用することが可能な解析手法の検討を行った。

2. 実験方法および実験供試体の概要

供試体は単純支持された構造諸元の異なる3タイプの梁状供試体（NP-0, NP-1, NP-2）とした。そして、各供試体に3つの載荷位置（荷重ケースA, 荷重ケースB, 荷重ケースC）を設定し、合計9体の静的載荷試験を行った。以下本論ではNP-1の検討結果を述べる。供試体概要を図-1, 材料諸元を表-1, 荷重載荷状況を図-2に示す。なお、本検討で版形式の供試体を用いなかった理由は、版形式ではコンクリート内部のひび割れ発生状況を載荷中に確認できないこと、また後述する非線形FEM解析の計算規模が非常に大きくなり、計算を実行することが困難であると判断したためである。

3. 本検討で用いた非線形FEM解析手法の概要²⁾

有限要素に、鋼板とコンクリートを4節点1次平面応力要素、鉄筋を梁要素とした。材料非線形の条件として、鋼板、鉄筋、コンクリート（圧縮側）に対しVon-Misesの降伏条件、構成則はバイリニアの完全弾塑性を定義した。また、コンクリートの引張側の構成則には最大主応力をモニタリングしたバイリニアを定義し、2次勾配を負とすることでコンクリートの軟化³⁾を考慮した。そして、境界非線形の条件として、コンクリートと鋼板の間には接触を考慮した。接触の適用箇所を図-3に示す。

表-1 材料諸元 (NP-1)

(a) 鋼材				
	底鋼板	リブ	主鉄筋 (D19)	配鉄筋 (D16)
材質	SS400	SS400	SD345	SD345
降伏点(N/mm ²)	361	336	392	391
引張強さ(N/mm ²)	446	452	559	593

(b) コンクリート			
材齢	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)
38日 (載荷前)	45.4	3.0	29.4

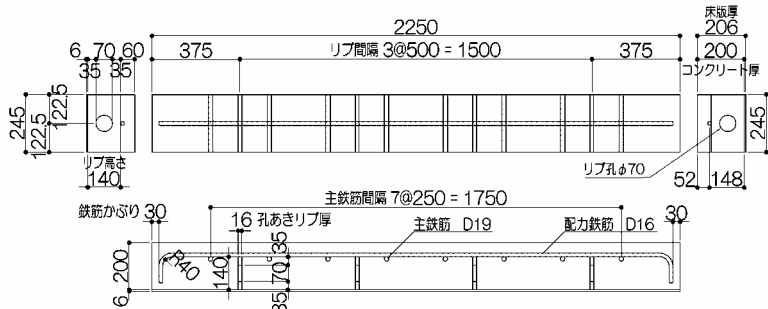


図-1 供試体構造寸法 (NP-1)

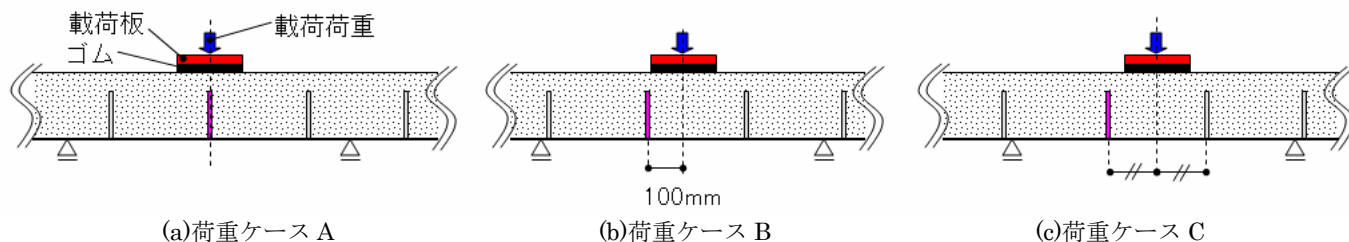


図-2 荷重載荷状況 (NP-1)

キーワード 合成床版, 破壊性状, 孔あき鋼板ジベル, コンクリートのひび割れ, 非線形FEM解析

連絡先 〒273-0026 千葉県船橋市山野町27番地 TEL:047-435-6161 FAX:047-435-6160

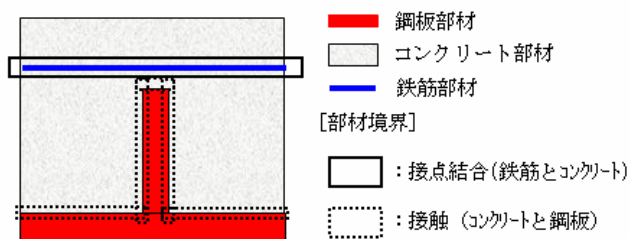


図-3 面接触の適用箇所

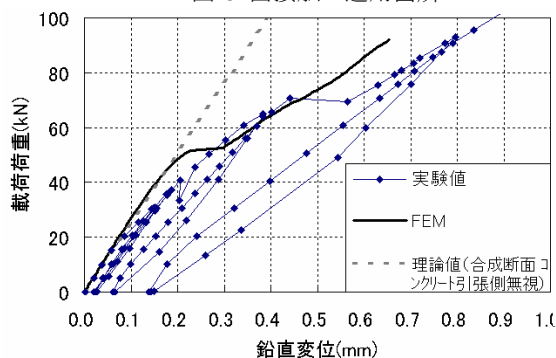


図-5 荷重-鉛直変位関係 (NP-1, 荷重ケース C)

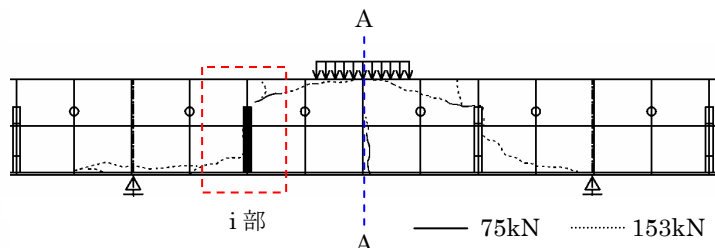


図-4 ひび割れ状況図 (NP-1, 荷重ケース C)

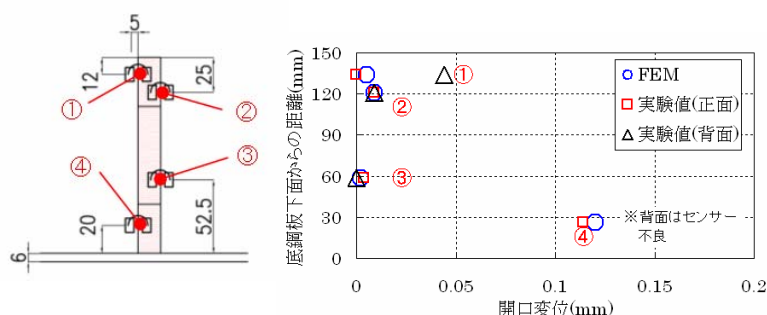


図-6 開口変位 (NP-1, 荷重ケース C, 載荷荷重 92kN 時)

4. 実験結果およびFEM解析結果との比較

NP-1 の荷重ケース C のひび割れ発生状況を図-4 に示す。本供試体の破壊性状は、コンクリート部に発生したひび割れが載荷荷重端と支点部を結ぶせん断破壊型であった。そして、初期のひび割れはリブ頂部から発生していることが確認できた。次に、支間中央部の荷重-鉛直変位関係を図-5 に示す。ここで、終局荷重は 153kN であったが、解析結果と比較しやすくするためにレンジを調整している。これより、鉛直変位量は実験値と解析値で最大 20%程度

の差があるが、曲げ剛性の変化は解析値と近似していることが分かる。また、着目リブ（図-4 の i 部）側面とコンクリート間の水平方向の開口変位、リブ間中央断面（図-4 の A 断面）の水平方向のひずみ分布を図-6、図-7 に示す。図-6 では、載荷荷重 92kN 時には着目リブ左側のみに開口変位が出ている（④の開き量が③より明らかに大きい）。このため、鋼板部とコンクリート部は合成梁から重ね梁的挙動に移行し、さらにリブはコンクリート部の水平方向のずれに抵抗している（②と③の開き量がほとんどない）ことが分かる。一方、図-7 からは載荷荷重 30kN 時にはコンクリート部と鋼板部が合成梁として平面保持が成立したが、載荷荷重 90kN 時には成立していないことが分かる。

以上より、本検討で適用した材料非線形と境界非線形を考慮した非線形 FEM 解析は、リブ頂部にひび割れが発生した載荷荷重（75kN、図-4 を参照）までは、実験の挙動を再現できていると考える。

5. まとめと今後の課題

本検討により、パワースラブのコンクリートが静的載荷荷重によって破壊する際にはリブ頂部からひび割れが発生すること、適用した非線形 FEM 解析手法が有用であることが分かった。但し、今回の検討では梁状供試体であり床版との境界条件が大きく異なる。したがって、パワースラブの内部応力度評価へ適用を拡張していくには版モデルへの拡張に際する FEM のモデル化の工夫が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 春日井他: 帯鋼ジベルを用いた新しい合成床版の疲労耐久性と破壊性状, 土木学会第 60 回年次学術講演会, pp. 349-350, 2005. 9
- 2) 結城他: 帯鋼ジベルを用いた合成床版の破壊性状に関する解析的検討, 土木学会第 62 回年次学術講演会, pp. 427-428, 2006. 9
- 3) MSC. Marc : Volume A, Theory and User Information, 2007