プレビーム合成桁の分割工法ブロック端部のひび割れ原因と対策に関する研究

川田工業株式会社　正会員　○藤林　博明
川田工業株式会社　正会員　　水野　浩
大阪大学名誉教授　フェロー　松井　繁之

１．はじめに

プレビーム合成桁（以下，プレビーム）は，プレストレスが導入された下フランジコンクリートをもつ鋼桁と床版コンクリートを合成させる合成構造である．プレビームをプレファブ化するため，工場で応力導入を行った主桁を短く分割して架設現場に輸送し，連結して架設を行う工法がある．近年の長支間化に伴い，導入プレストレスの大きな位置で分割する場合も少なからずある．しかし，導入プレストレスが大きい位置で分割した場合，分割部のコンクリート端部に局部ひび割れが発生する事例があった．本研究では，ひび割れ原因を解明し，新たなひび割れ対策を行うことで，更なる長支間化への対応と品質向上を図るための研究を行った．

２．ひび割れ発生状況と従来の対策

プレストレスが大きい区間で分割した場合，下フランジ幅の中央付近にブロック端部から 50cm 程度の区間に写真１のひび割れが発生するケースがある．ひび割れ幅は，0.05mm～0.2mm 程度である．

従来の対策は，鋼桁フランジ幅方向のポアソン比ひずみを吸収するため，鋼桁フランジコバ面にひずみ吸収用のブチルゴムを貼付している．また，下フランジコンクリート端部に横締めプレストレスを一時的に導入する対策を行っている．

しかし，上記の対策を採用した場合でも導入プレストレスが 28N/mm² を超える程度からひび割れが発生するケースがある．そのため，部材の分割位置を設計計画的に制限する対応を取ってきた．

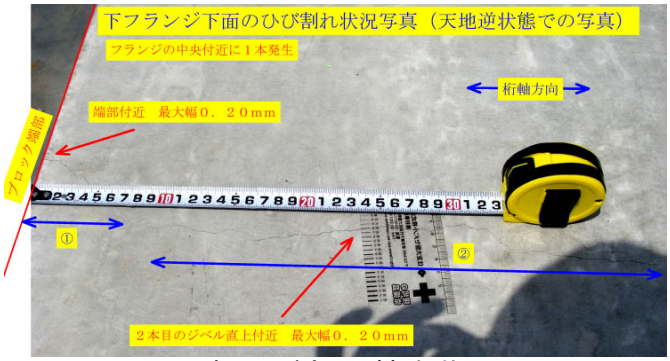
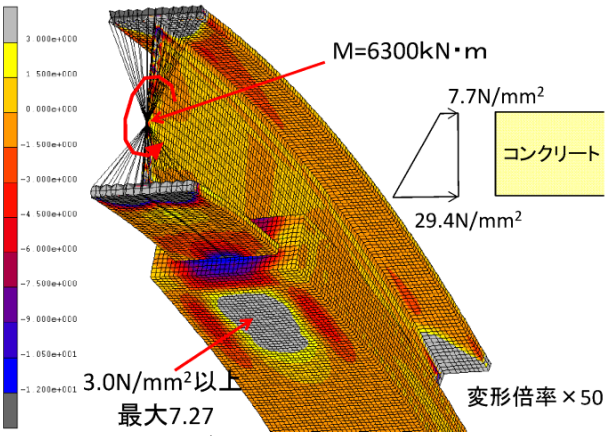


写真-1　端部ひび割れ状況

３．ひび割れ原因の推定

ＦＥＭ解析によるブロック端部コンクリート表面の引張応力の状況を図-１に示す．ブロック端部でひび割れが発生する位置付近に軸直角方向の引張応力が確認できる．ＦＥＭ解析を分析した結果，ひび割れ原因は下記のように推定される．



図－１　ブロック端部FEM解析結果

①鋼桁のポアソン比ひずみによる鋼桁からの支圧力．
②端部ジベルから作用する過大な支圧応力．
③局部支圧によるコンクリート表面の隆起変形．

従来の対策は，原因①に関する対策のみであり，原因②，③に対する局部的なコンクリートのひずみ変形に対する対策を追加する必要ある．

原因②の対策．ブロックジベルで支圧される応力はフランジ中央部に集中しており，尚且つ端部ブロックジベルが負担する水平せん断力が過大となっている．そのため，コンクリート端部付近では，コンクリートが不均一に圧縮されるため，局部的な応力集中を発生させている．この対策として，１列目のジベルをフランジ中央から偏心させた位置に分割配置し，端部からの支圧力を分散させる工夫がある．

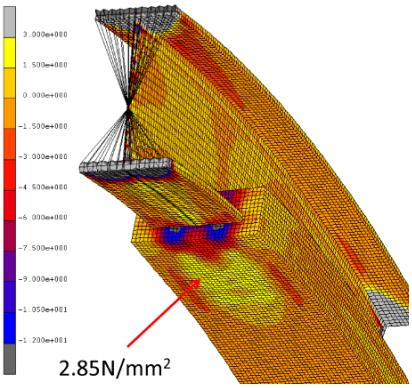
原因③の対策．コンクリートの圧縮応力が均一でない区間では，ブロックジベルによって厚さ方向で

キーワード　プレビーム，合成桁，分割工法，ひび割れ対策
連絡先　　〒550-0014　大阪府大阪市西区北堀江 1-22-19　川田工業株式会社　大阪支社　鋼構造事業部　技術部

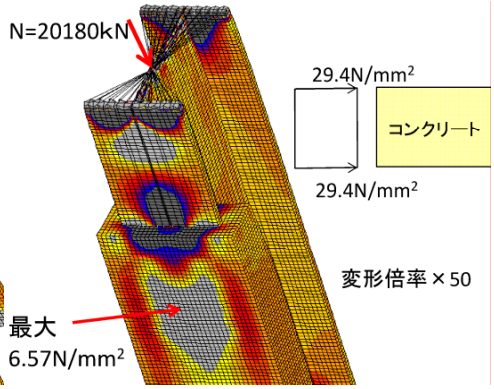
偏心支圧されるため，表面に局部的な隆起変形が発生する．そのため，鋼桁フランジからの剥がれ変形を抑えるために頭付スタッドジベルを追加し，アンカー効果により隆起を防止する必要がある．これらの対策を行ったFEM 解析結果を表-１に示す．端部分割ジベルと頭付スタッドジベルを追加した場合の応力分布を図-２に示す．コンクリート表面の引張応力は，３N/mm²以下となり 60%以上低減する結果となった．

表－１ FEM結果集計

ひび割れ対策	最大引張応力 (N/mm²)	比率
対策なし	7.27	1.00
分割ジベル	6.54	0.90
頭付スタッド	3.07	0.42
分割ジベル＋頭付スタッド	2.85	0.39



図－２ ひび割れ対策後FEM結果



図－３ 軸力モデル引張応力

４．載荷試験

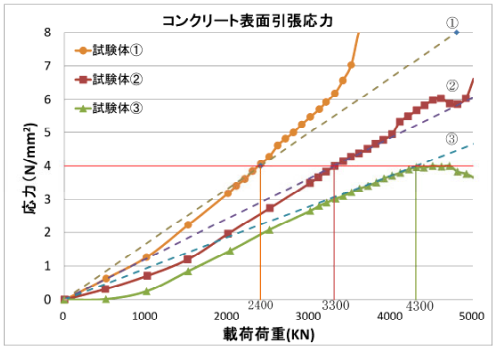
分割ブロックジベルと頭付スタッドジベルの効果を確認するための載荷試験を実施した．実構造と同じ曲げモーメントによるプレストレス導入の場合，実物大の梁試験体が必要となるためブロック端部をモデル化した圧縮試験体（写真-２）にてひび割れ対策の効果を確認した．軸力によるプレストレス導入のＦＥＭ結果を図-３に示す．コンクリート表面の引張応力は曲げモーメントによる導入(図-2)に比べ 2.3 倍程度大きくなるが，引張応力の分布傾向は同様である．圧縮試験体は，表-２に示す５タイプを各２体製作し，合計１０体の載荷試験を実施した．頭付スタッドジベルは配置および長さの違いによる効果にも着目している．

表－２ 試験体タイプ

試験体	ブロックジベル配置	スタッドジベル配置	ジベル長さ	FEMひび割れ荷重
①	標準	なし	—	2,318KN
②	標準	3本	50mm	3,180KN
③	分割	3本	50mm	4,441KN
④	分割	5本	50mm	4,356KN
⑤	分割	3本	70mm	3,769KN

(3N/mm²)

写真－２ 圧縮試験状況



図－４ コンクリート表面引張応力

５．計測結果

図-４に試験体①～③のコンクリート中央表面引張応力の荷重-応力曲線を示す．点線は引張応力が４N/mm²となる交点の割線を示している．各試験体とも４～５N/mm²付近で曲線の勾配が変化しているのは，ひび割れ発生によりひずみゲージ周辺の応力状態が変化したためである． ４N/mm²となる載荷荷重を耐荷力とした場合，試験体②は試験体①に比べ 37%，試験体③は 79%の耐荷力が増加する改善効果が見られた．

６．おわりに

今回の圧縮載荷試験体によるひび割れ対策効果の確認結果から実モデルの改善効果を評価する．ひび割れ時の荷試験体のプレストレスは 13.9 N/mm² である．曲げプレストレスと軸力プレストレスの FEM 解析結果の差が 2.3 倍であるため，圧縮応力が 32.0 N/mm² の場合でも，コンクリートの表面引張応力が４N/mm²以下になると算定できる．これは，プレビームの下フランジコンクリート σ_{ck}＝55N/mm²使用時の最大設計圧縮応力に相当する．そのため，設計最大応力の区間において分割した場合でもひび割れ発生を抑制できる効果があると評価できる．

参考文献

1) 土木開発技術研究センター：プレビーム合成げた橋設計施工指針第３版, H9.7