鋼板・コンクリート合成床版の設計に関する解析的検討

法政大学　学生会員　大竹 雄　大矢 高志
法政大学　フェロー　山下 清明
石川島建材工業（株）正員　黒沢隆　阿部剛士

１．はじめに　近年の交通量の増大、車両の大型化・高速化などにより、各地で橋梁床版の損傷例が見られ、その設計法が重要視されている。検討対象とした合成床版は、床版下面のスキンプレート（薄鋼板）とコンクリートを、パイプ形ジベルを介して合成したものである。先に行われた疲労試験において、スキンプレートのジベル周辺にクラックの発生が認められ、ジベル周辺に応力集中が発生することが予想された。現在、パイプジベルの設計は、コンクリートとスキンプレートとの接合面に発生する水平せん断力とパイプジベルのせん断耐力によって行われている。スキンプレートの応力集中特性は、未だ明確につかめていないが、スキンプレートの設計時の引張許容応力度を低下させて設計がなされている。ここでは、FEM 解析によりパイプジベル周辺の応力特性を把握し、合成床版の設計に関する資料を得ることを目的とした。

２．数値解析　コンクリート材料の非線形性を考慮するため、コンクリート材料の応力－歪関係を導入し、接合面の非線形性を表現するため、コンクリートと鋼材を非線形バネ要素で結合させて解析を行った。床版の対称性、荷重の載荷状況を考慮して実験供試体の 1/8 を解析対象とした（図１斜線部）。

３.解析結果及び考察　解析結果と実験結果の歪値はよく一致し、解析モデルが供試体の非線形な挙動を示すのに適切であると考えた（図 2)。スキンプレート上縁の X 方向直応力をみるとジベル前面でピーク値を示し、ジベル周辺のスキンプレートにおける応力分布はジベルに作用するせん断力による付加応力と全体曲げ応力が合成された分布となると考えた。また、この付加部分を 2 次応力と呼ぶ（図 3)。ジベル前面ピーク値の特性を把握するため、ジベル間隔、ジベル厚などの構造要素寸法を変化させて、解析を行ったが、その中でジベル間隔に注目した。ジベルを等間隔に配置すると、各ジベルのピ

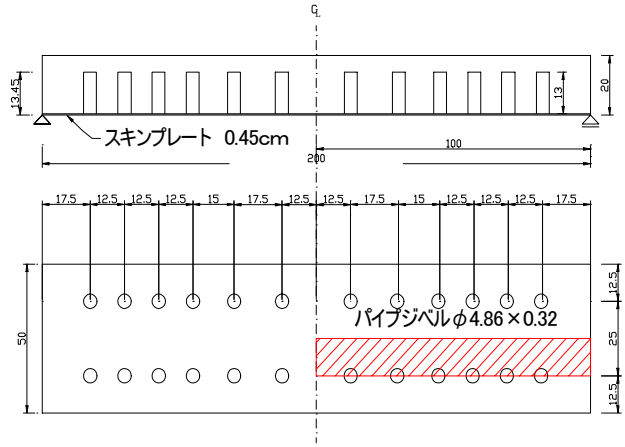


図１解析対象領域

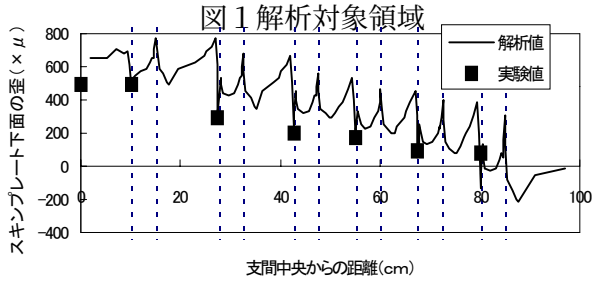


図２ 実験値と解析値の比較

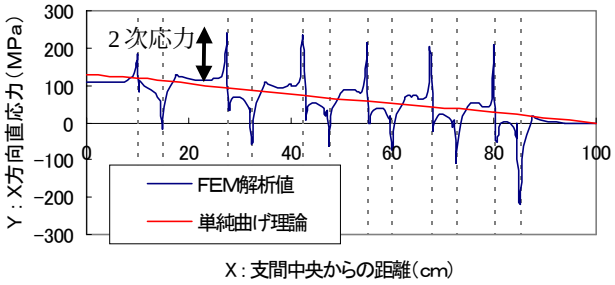


図３　スキンプレート上縁のＸ方向直応力

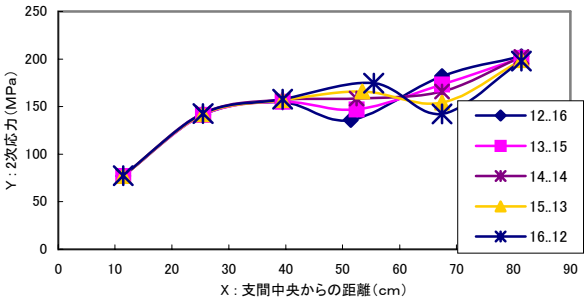


図４　４本目ジベルを移動させたときの影響

キーワード：合成床版、スキンプレート、パイプジベル、2 次応力
連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2 TEL 042-387-6293

ーク位置における２次応力は、ほぼ一定であった。さらに、４本目のジベルのみを前後に移動させると、載荷点側のジベル間隔の変化する４本目、５本目のみにその影響が生じ、その変化の割合は載荷点側のジベル間隔に比例していた（図 4)。よって、ジベルの受け持つせん断力が載荷点側のジベル間隔に依存していることが分かった。

ジベル前面の支圧力分布をみると複雑な分布をしているが（図 5)、載荷重が増加し、コンクリート材料が塑性状態に近づいても作用位置はほぼ一定であり、スキンプレート厚の中心から1.5ｃｍ程度であった(図 6)。

４.結論　以上より、完全合成を仮定した場合に、接合面に発生するせん断応力が載荷点側のジベル間隔分まとまって作用するとして、ジベル水平せん断力（Q_j）を算出し、作用位置（d=1.5cm）から２次的な曲げモーメント（M)、２次応力（σ_s）を算出し、基準応力と合成することでジベル前面のピーク値をほぼ推定することが出来る。誤差は、支点付近、載荷点付近を除けば安全側に１０%以内に収まる(図 7)。

$$\tau = \frac{Q}{I_c b} G_1$$

$$Q_j = JP \cdot b \cdot \tau$$

$$M = Q_j \cdot d$$

$$\sigma_s = \frac{\frac{M}{2}}{I_s} \cdot \frac{D_t}{2}$$

τ：接合部のせん断応力（完全合成の場合）
Q：鉛直せん断力
I_c：コンクリート換算断面２次モーメント
G_1：接合部から外側の断面１次モーメント
B：床版の奥行　　b＝B／2
Q_j：ジベルに作用する合力
JP：ジベル間隔（載荷点側）
σ_s：２次応力
I_s：スキンプレート断面２次モーメント
D_t：スキンプレート厚

5. まとめ　ジベル周辺のスキンプレートにおける応力分布は、床版全体に作用する曲げ応力とジベルせん断力による２次応力が合成されたもので、ジベル前面でピークを示すことが認められた。その応力ピーク値は、比較的単純な方法で推定可能であることが分かったため、従来の設計法に本解析の応力推定式を導入することで、パイプジベルを用いた鋼板・コンクリート合成床版を合理的に設計できると考えられる。

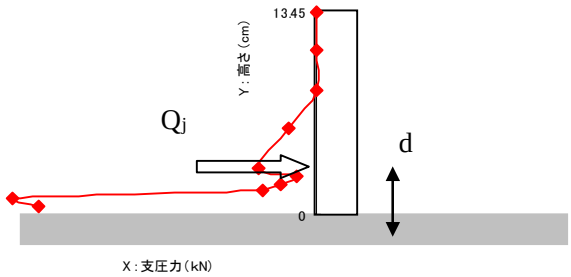


図５ 支圧力分布

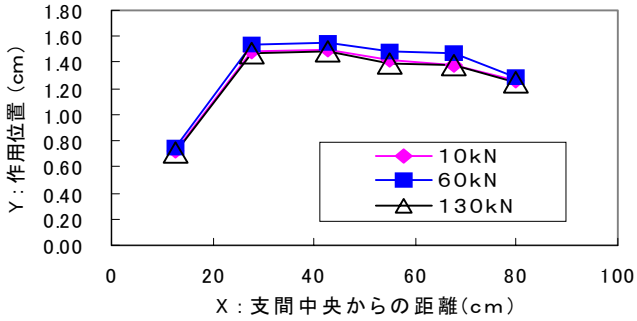
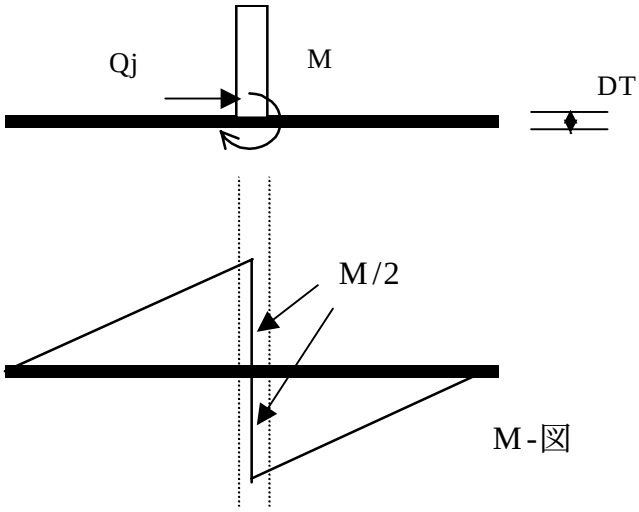


図６ Q_jの作用位置



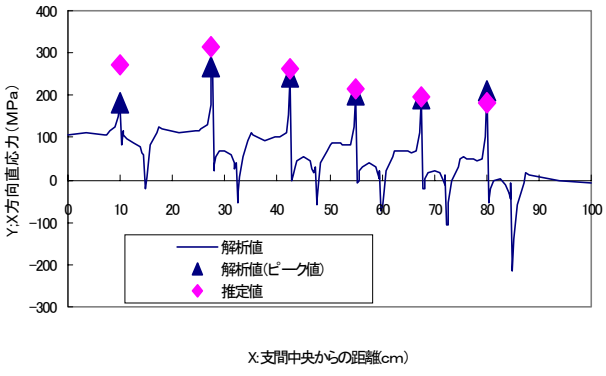


図７ 応力ピーク値の推定結果