

性能照査型設計法に基づく鋼管ジベルの設計せん断耐力式の検討

片山ストラテック(株)

(株)駒井ハルテック

(株)IHI インフラシステム

正会員 ○山本将士

正会員 中本啓介

河原美和

正会員 大久保宣人

正会員 橘 肇

中村隆志

1. はじめに

近年の合理化橋梁の普及に伴い、鋼コンクリート複合構造が増えており、橋梁床版では鋼コンクリート合成床版の適用が増えている。また、土木構造物に対して性能照査型設計法への構築に向けた活動が活発となってきている。性能照査型設計法では、安全性、使用性、復旧性等の要求性能を明示し、それを満足する照査を行う必要がある。著者らは、図-1に示すような鋼管を用いた合成床版（以下、パイプスラブ）を開発し、鋼とコンクリートとの結合材として、長孔を設けた鋼板リブに鋼管を貫通させ、たづね止め（以下、鋼管ジベル）を採用している。このたづね止めは、長孔に充填されたコンクリートと鋼管がたづね止めとして機能することにより、剛なたづね止め性能と高いじん性を有した構造である¹⁾。

本稿では、たづね止めの照査に着目し、将来的な性能照査型設計法への移行を視野に入れた鋼管ジベルのせん断耐力算定式を検討する。

2. 既往の実験結果

鋼管ジベルは、鋼板リブの孔形状、鋼管の有無および材質等をパラメータとして押し抜き試験による静的強度の確認および定点押し抜き疲労試験より、高い疲労耐久性が確認されており、たづね止めとしての十分な性能を有している¹⁾²⁾。既往の実験結果を抜粋したものを表-1に示す。開発当初は、たづね止めの長孔形状およびパイプ断面は、床版厚に応じて、鋼板リブの長孔φ85×150mmにφ60.5mmの鋼管を配置したものと長孔φ70×125mmにφ48.6mmの鋼管を配置したものとがあり、許容せん断耐力の算出根拠となる実験結果がCase1である。その後、合理的な鋼管ジベルの設計および施工性の向上を配慮し、鋼管ジベルの鋼管をφ48.6mm（板厚1.8mm）に統一している。この実験結果がCase2、Case3であり、現在の鋼管ジベルの許容せん断耐力の算出根拠となっている。鋼管ジベルのせん断耐力式は図-2に示すように、既往のせん断耐力式³⁾をもとに提案しており、長孔形状および鋼管断面をパラメータとした回帰式は実験値と概ね一致することを確認している。

鋼管ジベルのせん断耐力の算出根拠となる実験結果がCase1である。その後、合理的な鋼管ジベルの設計および施工性の向上を配慮し、鋼管ジベルの鋼管をφ48.6mm（板厚1.8mm）に統一している。この実験結果がCase2、Case3であり、現在の鋼管ジベルの許容せん断耐力の算出根拠となっている。鋼管ジベルのせん断耐力式は図-2に示すように、既往のせん断耐力式³⁾をもとに提案しており、長孔形状および鋼管断面をパラメータとした回帰式は実験値と概ね一致することを確認している。

3. 設計せん断耐力式の算定

(1) 静的強度

既往のせん断耐力式を基にした提案式を式(1)、試験結果の下限值に補正した回帰式を式(2)に示す。

キーワード：鋼コンクリート合成床版、性能照査型設計法、鋼管ジベル、設計せん断耐力

連絡先：〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島6丁目2番21号 TEL:(06)6552-1235, FAX:(06)6551-5648

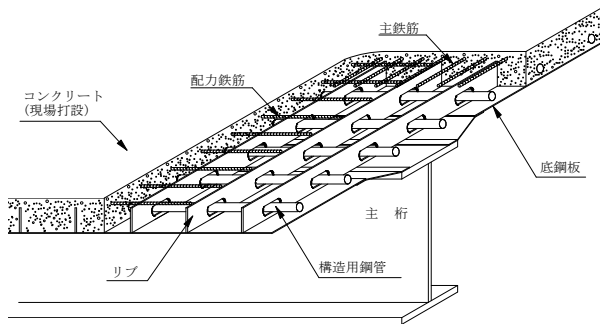


図-1 パイプスラブの概要図

表-1 既往の実験ケースおよび実験結果

試験ケース	長孔形状	鋼管の種類	孔径 d [mm]	鋼管径 φ1 [mm]	鋼管径 φ2 [mm]	圧縮強度 fcu [N/mm ²]	実験値 [kN/孔]
Case1	① φ70×125	φ48.6×2.3 (STK400)	70	48.6	20.6	38.5	467.8
Case2	① φ70×125	φ48.6×1.8 (STK700相当)	70	48.6	18.4	41.1	685.0
	② φ70×125	φ48.6×1.8 (STK700相当)	70	48.6	18.4	41.1	735.9
	③ φ70×125	φ48.6×1.8 (STK700相当)	70	48.6	18.4	41.1	735.7
Case3	① φ85×150	φ48.6×1.8 (STK700相当)	85	48.6	18.4	41.1	694.5
	② φ85×150	φ48.6×1.8 (STK700相当)	85	48.6	18.4	41.1	625.3
	③ φ85×150	φ48.6×1.8 (STK700相当)	85	48.6	18.4	41.1	712.9

$$Q_u = 1.45k_1k_2 \{ (d^2 - \phi_1^2) \cdot f'_{cu} + \phi_2^2 \cdot f_{st} \} - 26.1 \times 10^3 \quad (1)$$

$$Q_u = 1.75 \{ (d^2 - \phi_1^2) \cdot f'_{cu} + \phi_2^2 \cdot f_{st} \} - 79.6 \times 10^3 \quad (2)$$

ここに,

Q_u : 孔 1 個当たりのせん断耐力 (N)

f'_{cu} : コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm²)

d : 載荷方向に直行する長孔の短径 (mm)

ϕ_1 : 鋼管の外径 (mm)

ϕ_2 : 鋼管を鉄筋断面と同等に換算した直径 (mm)

f_{st} : 鋼管の引張強度 (N/mm²)

k_1 : 鋼管ジベルの $Q_{10\text{mm}}/Q_{\text{max}}$ (=1.1)

k_2 : 実験値の回帰式の傾き/既往のせん断耐力式の傾き (=1.1)

式(2)および表-1より, 長孔形状別におけるコンクリートの設計圧縮強度とせん断耐力との関係式を誘導した. 長孔形状 $\phi 85 \times 150\text{mm}$ の場合における設計せん断耐力式の誘導を以下に示す.

$$Q_u = 1.75 \{ (85^2 - 48.6^2) f'_{cu} + 18.4^2 \times 700 \} - 79.6 \times 10^3 = 8510 f'_{cu} + 335136$$

ここで, 設計せん断耐力式の単位を kN とし, ずれ止めの部材係数を考慮すると式(3)が得られる.

$$Q_u = (8.51 f'_{cu} + 335.1) / \gamma_b \quad (3)$$

ここに,

Q_u : 鋼管ジベルの設計せん断耐力 (kN)

f'_{cu} : コンクリートの設計圧縮強度 (N/mm²)

γ_b : ずれ止めの部材係数 (=1.3)

同様に長孔形状が $\phi 70 \times 125\text{mm}$ の場合の設計せん断耐力式を誘導すると式(4)が得られる.

$$Q_u = (4.44 f'_{cu} + 335.1) / \gamma_b \quad (4)$$

なお, 実験結果より, 鋼管径は $\phi 48.6$ (板厚 $t=1.8 \sim 2.3\text{mm}$), コンクリートの設計圧縮強度は $30 \sim 40\text{N/mm}^2$ を適用範囲とした.

(2) 疲労強度

定点押し抜き疲労試験結果を図-3に示す. 疲労を考慮する場合のせん断耐力式は試験結果より, 下限値を用いて回帰分析により算出した. 試験結果より算出した疲労強度式を式(5)に示す.

$$R/Q_u = -3.649 \log N + 106 \quad (5)$$

ここに, R : 疲労を考慮する場合の設計せん断耐力 (kN)

N : 繰り返し回数 (回)

4. まとめ

押し抜きせん断試験および定点疲労試験結果より鋼管ジベルの設計せん断耐力式を検討した. その結果, 将来的な性能照査型設計法への移行を視野に入れた鋼管ジベルの設計せん断耐算定式を提案することができた.

参考文献

- 1) 大久保宣人, 中本啓介, 田中正明, 松井繁之: 鋼管ジベルを用いた鋼・コンクリート合成床版に関する実験的研究, 第3回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.97-102, 2003.6.
- 2) 山本将士, 大久保宣人, 中本啓介, 橘肇, 高林和生, 中村隆志: 鋼管ジベルを用いたずれ止め押し抜き試験, 第9回複合構造の活用に関するシンポジウム, pp.251-pp.256, 2011.11.
- 3) 保坂鐵矢, 光木香, 平城弘一, 牛島祥貴, 橘吉宏, 渡辺滉: 孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1593-1604, 2000.3.

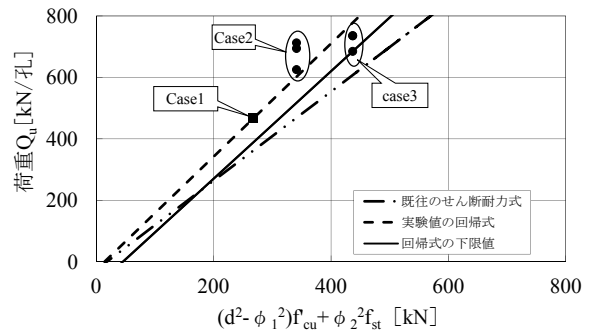


図-2 せん断耐力の回帰式

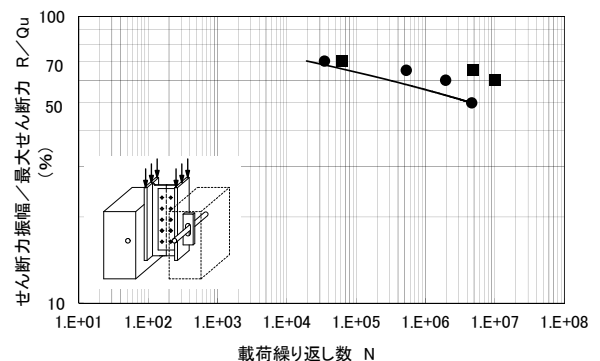


図-3 定点押し抜き疲労試験結果