

鉄道に用いるプレキャストボックスカルバートの薄肉化に関する検討

JR 東日本 正会員 ○キーチョンイエン
JR 東日本 正会員 池本 宏文
JR 東日本 正会員 蓑毛 詩織

1. はじめに

一般に JIS 規格のプレキャストボックスカルバート（以下、Pca-box とする）は、あらかじめ定められた設計条件下で部材寸法、および配筋が規格化されており、せん断補強筋は不要とされている。一方で、鉄道構造物等設計標準¹⁾（以下、鉄道標準とする）により設計される Pca-box の部材厚は、せん断補強筋を配置することから、JIS 規格品よりも厚くなる。そのため、鋼製型枠を新規に製作することとなり、工事費増加の一因となっている。JIS 規格の鋼製型枠を鉄道標準で設計した Pca-box の製作時に使用することができれば、鋼製型枠の新規製作が不要となり工事費の低減が期待できる。

本検討では、せん断補強筋を不要とするために、薄肉部材のせん断耐力に着目した。鉄道標準におけるせん断耐力の算定式²⁾は既往の実験をもとに定められているが、有効高さの影響を表す係数 β_d は、有効高さ d が 200mm 程度よりも小さいものに対しては、係数に上限値を設定しており、薄肉部材においてはせん断耐力が過小評価されていることが考えられる。そこで、本検討では、薄肉部材のせん断耐力を確認するために、Pca-box の部材を想定した梁の試験体を用いて静的曲げ載荷試験を実施し、せん断耐力式における β_d の効果を検証したから、その内容について報告する。

2. 試験概要

鉄道に用いる Pca-box を想定し、各試験ケースの諸条件を表-1 のように設定した。図-1 に試験体 Case1 の概要図を示す。試験体の部材幅は 250mm、せん断スパン比 a/d は 2.5 とし、部材厚さは JIS 規格における Pca-box の呼び寸法 1500×1500、2000×2000、2500×2500 の側壁厚さとなる 160mm、180mm、220mm と設定した。また、コンクリートの目標強度は 35N/mm²、および 60N/mm²とした。引張鉄筋は D19（SD490）を 2 本配置し、試験体の両端部に鉄板を設置して、ボルトにより固定した。また、試験区間を左側に限定して斜めひび割れを誘引する目的で、片側のせん断スパンおよび支点外側にはせん断補強筋 D10（SD295A）を 50mm の間隔で配置した。なお、支点の外側

表-1 試験ケースと試験体諸元

	部材幅 b (mm)	部材高さ t (mm)	有効高さ d (mm)	せん断 スパン a (mm)	せん断 スパン比 a/d	コンクリート 目標強度 f_c (N/mm ²)	引張鉄筋	引張鉄筋 降伏強度 (N/mm ²)	鉄筋断面積 A_s (mm ²)	引張鉄筋比 ρ_c
Case1	250	160	116	289	2.5	60	D19	490	573.0	0.020
Case2	250	180	136	339	2.5	60	D19	490	573.0	0.017
Case3	250	220	176	439	2.5	60	D19	490	573.0	0.013
Case4	250	160	116	289	2.5	35	D19	490	573.0	0.020
Case5	250	220	176	439	2.5	35	D19	490	573.0	0.013

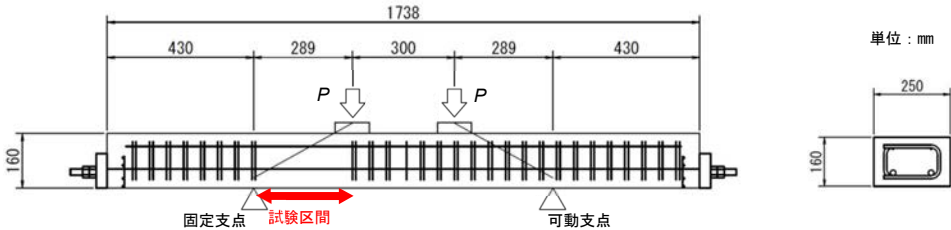


図-1 試験体概要図（Case1）

キーワード プレキャストボックスカルバート，薄肉部材，せん断補強筋，せん断耐力， β_d

連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目 2 番 6 号 JR 新宿ビル T E L 03-3378-7147

は、引張鉄筋の定着を確保するため 20φの長さを確保した。計測機器は、支間中央に変位計を設置し、試験体の鉛直変位を計測した。また、荷重方法は 2 点による荷重とし、荷重速度 0.5kN/s により行い、荷重 5kN ごとに荷重を止め、ひび割れ状況の観察を行った。



※試験後にクレーンで吊り上げた状態で撮影

図-2 荷重試験後におけるひび割れ状況（Case1）

3. 試験結果

図-2 は、Case1 の荷重終了後における試験体のひび割れ状況を示したものである。いずれのケースにおいても荷重開始後に荷重点間に曲げひび割れが発生し、その後、図-2 に示すように荷重点と支点を結ぶ斜めひび割れが発生し、最終的には斜め引張の形態で破壊に至った。図-3 は荷重試験における荷重変位関係であるが、いずれのケースにおいても最大荷重に達したのちに、急激に荷重低下していることが分かる。表-2 は荷重試験結果、およびせん断耐力式の計算結果を示したものである。表中の $V_{c(exp)}$ は、図-3 の荷重変位関係における最大荷重を試験におけるせん断耐力と評価して示している。また、 $V_{c(cal)}$ は、鉄道標準の「せん断補強鋼材を用いない棒部材の設計せん断耐力式」をもとに、式(1)から求めており、 β_d は上限値の 1.5 としている。表-2 から、 $V_{c(exp)}$ は $V_{c(cal)}$ よりも大きく、その比 $V_{c(exp)}/V_{c(cal)}$ は、1.5～2.5 程度であり、試験によるせん断耐力は計算値よりも大きな数値を示している。

$$V_{c(cal)} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot 0.2 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad \text{式(1)}$$

また、表-2 の $\beta_{d(exp)}$ は荷重試験から得られたせん断耐力 $V_{c(exp)}$ を用いて、式(2)から求めた実験における β_d を評価したものであり、いずれのケースにおいても、設計式の上限值である 1.5 を上回っている。

$$\beta_{d(cal)} = V_{c(exp)} / \beta_p \cdot 0.2 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d \quad \text{式(2)}$$

図-4 は、 $\beta_{d(exp)}$ と有効高さ d の関係を示したものである。同図には β_d の設計式を併せて示しており、上限値の 1.5、および有効高さ d が 200 mm 程度を下回る場合の算定式（赤線）を記載している。 $\beta_{d(exp)}$ は、有効高さ d が小さくなるに従って、その数値は大きくなる傾向が確認できる。また、それは有効高さ d が 200 mm 程度を下回る赤線の算定式よりも大きな数値となっている。以上の結果から、薄肉部材において、鉄道標準のせん断耐力式における β_d を高く評価できる可能性があることが確認された。

4. まとめ

本検討では、薄肉部材のせん断耐力を確認するために、Pca-box の部材を想定した梁の試験体を用いて静的曲げ荷重試験を実施し、今回の試験の条件において以下の知見が得られた

- ・ 鉄道標準のせん断耐力式から求めたせん断耐力よりも試験によるせん断耐力は高くなる傾向となった。
- ・ 薄肉部材において、せん断耐力式における β_d を高く評価できる可能性が示唆された。

参考文献

1) 国土交通省鉄道局監修，鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物設計標準・同解説 コンクリート構造物，丸善，2004.

表-2 試験結果

	β_d	β_p	圧縮試験結果 $f'_c(\text{N/mm}^2)$	$V_{c(exp)}$ (kN)	$V_{c(cal)}$ (kN)	$V_{c(exp)}/V_{c(cal)}$	$\beta_{d(exp)}$
Case1	1.715	1.257	60.1	122.8	42.6	2.52	4.32
Case2	1.648	1.191	60.5	89.3	47.5	1.71	2.82
Case3	1.545	1.093	60.3	87.8	56.4	1.51	2.33
Case4	1.715	1.257	34.7	91.7	35.5	2.26	3.87
Case5	1.545	1.093	37.2	77.6	48.0	1.57	2.42

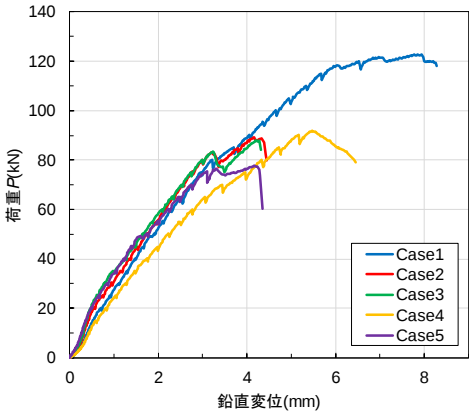


図-3 荷重・変位関係

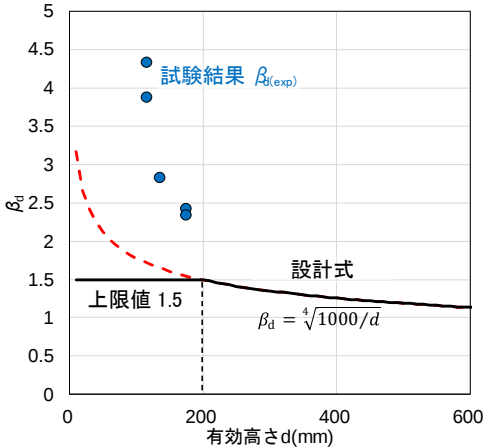


図-4 有効高さ d と β_d の関係