

鉄道に用いるプレキャストボックスカルバートのせん断耐力に関する実験的検討

JR 東日本 正会員 ○養毛 詩織
JR 東日本 正会員 池本 宏文
JR 東日本 正会員 小泉 秀之
JR 東日本 正会員 高橋 泰之

1. はじめに

鉄道構造物等設計標準により設計されるプレキャストボックスカルバート（以下、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り、鋼製型枠を新規に製作する必要が生じている。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。そこで、本検討ではキーら¹⁾に引き続き、現在のせん断耐力式（式(1)）を構成する係数 β_d に着目した。 β_d とは寸法効果を示す係数で、これを定めた当初、試験結果が少なかった薄肉部材については上限1.5としている。今回、Pca-box のような薄肉部材の β_d をあらためて評価するために、梁部材の載荷試験を行った。

2. 試験概要

今回実施した 22 体の試験体の断面諸元については表-1 の通りである。試験体断面諸元の検討においては曲げ先行破壊しやすい薄肉部材で確実にせん断破壊を先行できるように、曲げ終局時のせん断力 V_{mu} が式(1)で計算されるせん断耐力 $V_{c(cal)}$ の 1.5～2.0 倍以上となるよう鉄筋を選定した。その他、有効高さ、コンクリート強度(プレキャスト部材を想定した 35 N/mm² 及び高強度 60N/mm²)、引張鉄筋比、せん断スパン比をパラメータで実験を行った。試験の方法についてはキーら¹⁾に準ずる。なお、図-1 には試験体 No.1-1 の概要図を示す。

3. 試験結果

いずれのケースにおいても曲げ破壊が先行したものはなく、載荷開始後に載荷点間に曲げひび割れが発生し、次

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 Φ	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	【実験結果】 せん断破壊 V _{c(expt)} (kN)	【実験結果】 最大荷重 (kN)	【実験結果】 破壊形態
No.1-1	250	130	84	294	3. 5	35	D22	930	774. 2	0. 037	55. 0	77. 1	斜め引張破壊
No.1-2	250	130	84	294	3. 5	35	D22	930	774. 2	0. 037	55. 0	83. 1	せん断圧縮破壊
No.1-3	250	130	84	294	2. 5	35	D22	930	774. 2	0. 037	65. 0	129. 4	せん断圧縮破壊
No.1-4	250	130	84	294	2. 5	35	D22	930	774. 2	0. 037	75. 0	119. 6	せん断圧縮破壊
No.3-1	250	160	114	285	2. 5	35	D22	930	774. 2	0. 027	57. 3	81. 5	せん断圧縮破壊
No.3-2	250	180	133	331	2. 5	35	D22	930	1013. 4	0. 031	67. 8	73. 3	せん断圧縮破壊
No.4-1	250	130	86	214	2. 5	35	D19	490	573. 0	0. 027	104. 0	110. 1	せん断圧縮破壊
No.4-2	250	160	116	289	2. 5	35	D19	490	573. 0	0. 020	86. 0	91. 7	斜め引張破壊
No.4-3	250	180	136	339	2. 5	35	D19	490	573. 0	0. 017	125. 0	144. 3	せん断圧縮破壊
No.4-4	250	220	176	439	2. 5	35	D19	490	573. 0	0. 013	74. 0	77. 6	斜め引張破壊
No.5-1	250	130	86	214	2. 5	60	D19	490	573. 0	0. 027	141. 0	149. 2	斜め引張破壊
No.5-2	250	160	116	289	2. 5	60	D19	490	573. 0	0. 020	123. 0	122. 8	斜め引張破壊
No.5-3	250	180	136	339	2. 5	60	D19	490	573. 0	0. 017	82. 0	89. 3	斜め引張破壊
No.5-4	250	220	176	439	2. 5	60	D19	490	573. 0	0. 013	83. 0	87. 8	斜め引張破壊
No.6-1	250	160	114	285	2. 5	35	D22	930	774. 2	0. 027	75. 0	143. 3	せん断圧縮破壊
No.6-2	250	180	133	331	2. 5	35	D25	930	1013. 4	0. 031	79. 5	149. 5	せん断圧縮破壊
No.6-3	250	220	209	523	2. 5	35	D32	930	1588. 4	0. 030	117. 8	225. 0	せん断圧縮破壊
No.7-1	250	160	114	285	2. 5	60	D22	930	774. 2	0. 027	100. 0	160. 1	せん断圧縮破壊
No.7-2	250	180	133	331	2. 5	60	D25	930	1013. 4	0. 031	89. 3	189. 8	せん断圧縮破壊
No.7-3	250	220	209	523	2. 5	60	D32	930	1588. 4	0. 030	108. 0	151. 4	せん断圧縮破壊
No.8-1	250	130	86	171	2. 0	35	D19	490	573. 0	0. 027	150. 1	175. 9	せん断圧縮破壊
No.8-3	250	260	214	428	2. 0	60	D22	930	774. 2	0. 030	185. 0	185. 1	斜め引張破壊

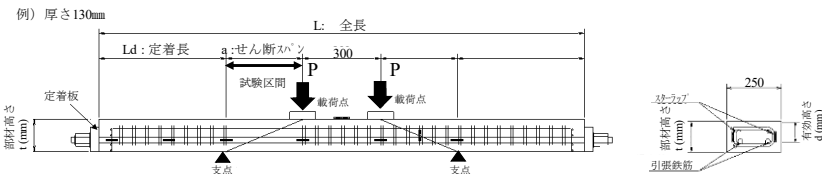


図-1 試験体諸元

キーワード 薄肉部材，せん断耐力， β_d

連絡先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 3 丁目 5 番 8 号 JR 目黒 MARC ビル 東日本旅客鉄道株式会社
Email:shiori-tanabe@jreast.co.jp

に支点から斜めひび割れが発生し、最終的には載荷点と支点を結ぶ斜めひび割れが貫通し載荷荷重が低下する破壊形態（斜め引張破壊）もしくは、載荷点間のコンクリートが圧壊し載荷荷重が低下する破壊形態（せん断圧縮破壊）となった。図-2は部材厚 160 mm で、せん断圧縮破壊となった No.3-1 と、斜め引張破壊となった No.4-2 の荷重と変位の関係を比較したものである。ここで、載荷点と支点を結ぶ斜めひび割れが貫通する時をせん断破壊と定義すると、斜め引張破壊となった No.4-2 ではせん断破壊の直後に載荷荷重が低下するが、せん断圧縮破壊となった No.3-1 はせん断破壊後も荷重が増加する。せん断破壊後の荷重の伸びについては田所ら²⁾が分析している骨材のかみ合わせやダウエル力等のように様々な要因が想定されるため、今回の整理では安全側にせん断破壊時の荷重を実験値 $V_{c(exp)}$ として整理した。

図-3 は実験値 $V_{c(exp)}$ を用いて式(2)で算出される $\beta_{d(exp)}$ と有効高さ d の関係を示したものである。この結果より $\beta_{d(exp)}$ は既往の β_d の式 ($d^{-1/4}$) よりも大きい値となっており、 a/d が小さいほどその差が大きいことも分かった。これは式(1)は a/d が考慮されていない式であることが影響している。

そこで、二羽ら³⁾の提案する係数 $\beta a = (0.75 + 1.4d/a)$ の考え方を取り入れた式(3)のせん断耐力式をもとに算出できる $\hat{\beta}_{d(exp)}$ (式(4)) と有効高さ d の結果を図-4 に示した。この結果より、 a/d の影響を考慮した場合でも $\hat{\beta}_{d(exp)}$ が既往の β_d の式 ($d^{-1/4}$) 以上の値となっていることが分かった。

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

$$\beta_{d(exp)} = V_{c(exp)} / (\beta_p \cdot 0.2 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d) \quad \text{式(2) (式(1)より)}$$

$$V_{c(cal)} = \beta a \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot 0.2 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \quad \text{式(3)}$$

$$\hat{\beta}_{d(exp)} = V_{c(exp)} / (\beta a \cdot \beta_p \cdot 0.2 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d) \quad \text{式(4) (式(3)より)}$$

4. まとめ

今回、Pca-box のような薄肉部材の β_d をあらためて評価するために、梁部材の載荷試験を行った。その結果、薄肉部材における $\hat{\beta}_{d(exp)}$ は、破壊形態にかかわらず、既往の β_d の式 ($d^{-1/4}$) よりも大きい値となることを実験的に確認した。

5. 参考文献

- 1) キーチョンイエン：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，第76回土木学会年次講演会，III-207，2021
- 2) 田所敏弥：斜めひび割れ面のせん断伝達機構と鉄筋コンクリート棒部材の斜め引張破壊，土木学会論文集 No. 739，V-60，P195-211，2003
- 3) 二羽淳一郎他：せん断補強鉄筋を用いない RC 梁のせん断強度式の再評価，土木学会論文集 No. 372，V-5，P167-176，1986

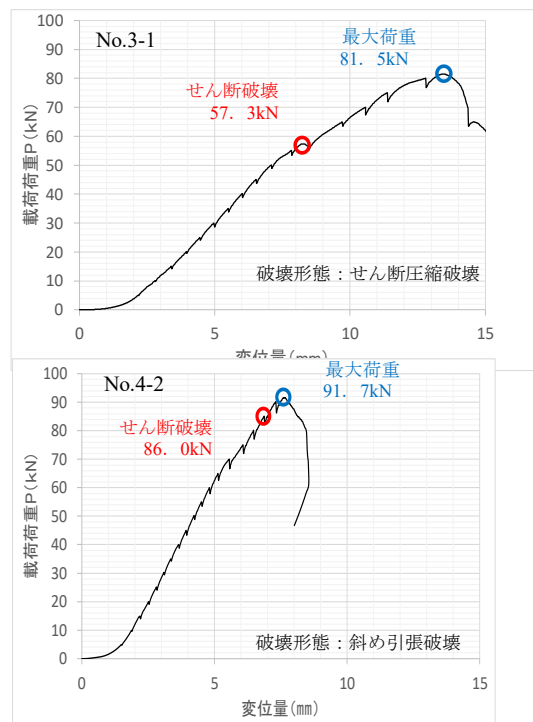


図-2 荷重と変位の関係

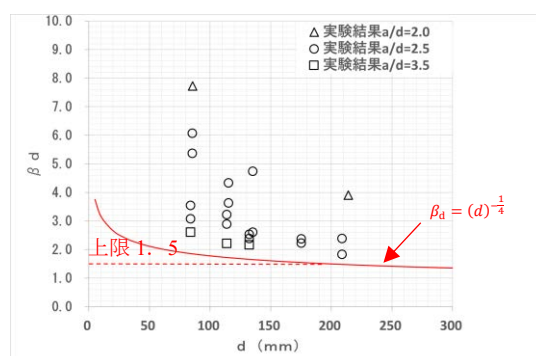


図-3 $\beta_{d(exp)}$ と d の関係

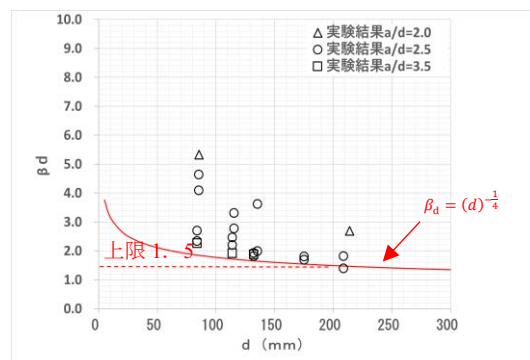


図-4 $\hat{\beta}_{d(exp)}$ と d の関係