

両端固定支持された鉄筋コンクリート梁部材のせん断耐力算定式の実験データベースを用いた再評価

維持管理工学研究室 中加夏実

1. はじめに

せん断破壊は脆性的であり、鉄筋コンクリート (RC) 構造物において回避すべき破壊モードである。土木分野では単純支持 RC 梁部材を対象とした設計式が、建築分野では両端固定支持 RC 梁部材を対象とした設計式が採用されている。しかし、鉄道高架橋などの土木構造物には両端固定支持条件を有する部材も多く、単純支持梁とは異なる耐荷機構を示すことが指摘されている。また、せん断耐力はせん断スパン比に依存して変化することが知られているが、両分野の算定式を横断的に整理した研究は存在するものの、その適用性を体系的に評価した研究は依然として限定的である。

そこで本研究では、両端固定支持 RC 梁部材の実験データベースを作成し、土木・建築両分野のせん断耐力算定式を比較・検証することで、より実用性の高い算定式の提案を目的とする。

2. 既往のせん断耐力算定式の概要

せん断耐力算定式の評価にあたり、本研究では7種類の既往の算定式を対象とする。なお、各算定式の詳細については参考文献を参照されたい。

2.1 単純支持部材 (土木) ¹⁾

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} \quad (1)$$

V_{cd} : せん断補強筋以外による設計せん断耐力、

V_{sd} : せん断補強筋による設計せん断耐力

2.2 単純支持部材 (土木) ¹⁾

$$V_{dd} = (\beta_d + \beta_w)\beta_p \cdot \beta_a \cdot \alpha \cdot f_{dd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \quad (2)$$

2.3 両端固定支持部材 (建築・平均) ²⁾

$$V_{mean} = \left\{ \frac{0.068(100p_t)^{0.23}(f'_c + 18)}{M/(Qd) + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w f_{wy}} \right\} b_w j \quad (3)$$

2.4 両端固定支持部材 (建築・下限) ²⁾

$$V_{min} = \left\{ \frac{0.053(100p_t)^{0.23}(f'_c + 18)}{M/(Qd) + 0.12} + 0.85\sqrt{p_w f_{wy}} \right\} b_w j \quad (4)$$

2.5 両端固定支持部材 (鉄道) ^{3),4)}

$$V_{asud} = V_{od} + V_{sd} \quad (5)$$

V_{od} : せん断補強筋以外による設計せん断耐力、

V_{sd} : せん断補強筋による設計せん断耐力

2.6 単純支持部材 (複数の算定式構成) ⁵⁾

$$V_{ud} = \max(V_{dd}, V_{yd}) \quad (6)$$

2.7 両端固定支持部材 (複数の算定式構成) ^{3),4)}

$$V_{ud} = \max(V_{asud}, V_{yd}) \quad (7)$$

3. 実験データベースの作成

本研究では、1980年から2023年までに発表された既往研究のうち、両端固定支持された矩形断面 RC 梁部材のせん断耐力に関する56編の実験研究を対象とした実験データベースを作成し、合計301体の試験体を収録した。ただし、算定式の適用に必要な情報が不十分な文献、軸力が作用する試験体、および補修・補強が施された試験体は検証対象から除外している。

実験データベースの特徴として、高強度材料を用いた試験体のデータが充実しており、主要なパラメータがいずれも広い範囲に分布している点が挙げられる。

4. せん断耐力算定式の精度検証

4.1 式の提案

本研究では、既往の算定式に加えて新たに提案した式(8)を含む、計8種類の算定式を対象として精度検証を行う。提案式(8)は、式(2)および式(5)による算定値を用いて構成されている。

$$V_{new} = \max(V_{dd}, V_{asud}) \quad (8)$$

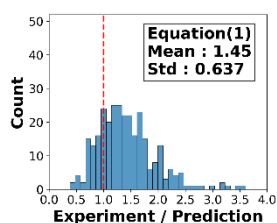
これらの算定式の評価には、せん断耐力の実験値を算定値で除した値(耐力比)を用い、その値が1.0に近いほど算定精度が高いと判断した。また、実験結果との整合性を直接比較するため、設計式に付加された安全率を除去した算定値を用いた。

4.2 実験データベースを用いた精度検証結果

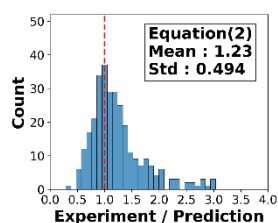
表-1 に各耐力比の詳細を、図-1 に各耐力比のヒストグラムを示す。

表-1 各耐力比の詳細

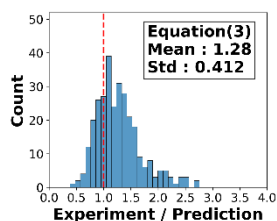
	平均	最大	最小	標準偏差	±20%以内
式(1)	1.45	6.04	0.43	0.637	27.6%
式(2)	1.23	3.00	0.36	0.494	43.5%
式(3)	1.28	2.74	0.47	0.412	38.9%
式(4)	1.48	2.99	0.54	0.453	26.9%
式(5)	1.03	2.03	0.35	0.304	56.1%
式(6)	1.04	2.09	0.36	0.304	55.5%
式(7)	1.03	2.03	0.35	0.304	56.1%
式(8)	0.97	2.03	0.35	0.278	54.8%



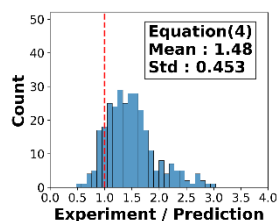
単純支持：式(1)



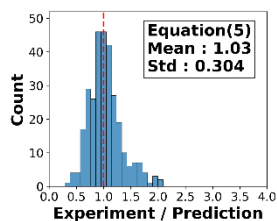
単純支持：式(2)



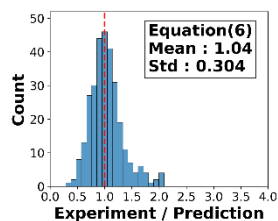
両端固定支持：式(3)



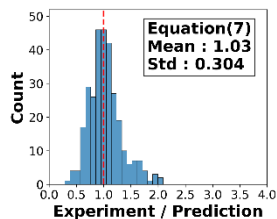
両端固定支持：式(4)



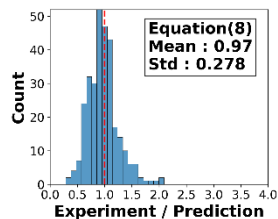
両端固定支持：式(5)



単純支持：式(6)



両端固定支持：式(7)



提案式：式(8)

図-1 各耐力比のヒストグラム

単一の算定式(1)~(5)を用いた場合には、適用条件によって実験値との乖離が大きくなる傾向が見られたのに対し、複数の算定式のうち最大値を採用する式(6)~(8)では、条件に依存した傾向が抑制され、実験結果との整合性が相対的に高いことが確認された。

一方、式(8)において採用される算定式の内訳を分析した結果、主要なパラメータが算定式の選択に及ぼす明確な影響は認められなかった。

5. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

(1) 本研究の提案式を含む 8 種類のせん断耐力算定式を比較・検証した結果、複数の算定式を組み合わせ合わせた構成が、単一の算定式に比べて高い算定精度を示すことが確認された。

(2) 両端固定支持部材に適用可能な提案式(8)は、耐力比の平均値が 0.97 であり、±20%以内に収まる試験体の割合が約 55%を占め、実験結果との整合性が高いことが示された。一方、単一パラメータのみでは式(8)による耐力比のばらつきを十分に説明できないことが明らかとなった。

以上より、両端固定支持 RC 梁部材のせん断耐力算定においては、単一の算定式・パラメータによる精度向上には限界があり、算定式の構成や組み合わせが重要であることが示された。今後は、複数因子の影響を統合的に考慮したモデル化を行うことでさらなる精度向上を目指す。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [設計編], 2022
- 2) 国土技術政策総合研究所他：建築物の構造関係技術基準解説書, 2025
- 3) 中田裕喜他：両端固定支持された RC はりのせん断耐力算定式の提案, 土木学会全国大会第 77 回 年次学術講演会, V-621, 2022
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物), 2023
- 5) 中田裕喜他：せん断スパン比に対する連続性を考慮した RC 棒部材の設計せん断耐力算定法, 土木学会論文集, Vol.69, No.4, pp.462-477, 2013