

高荷重が作用する床版部材の押し抜きせん断耐力に関する一考察

ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 ○益田 悠貴
 正会員 木全 伯光
 正会員 佐藤 僚生

1. はじめに

押し抜きせん断破壊が懸念される部材としては、一般的に床版上に作用する積載荷重によるものが多くを占めるが、橋脚を支持するケーソン基礎の頂版やフラットスラブ高架橋の床版、地下函体の上下床版など、非常に大きな荷重を受ける構造物も存在する。近年、柱の長スパン化や高強度化により柱部材そのもののスリム化が加速しているが、その反面それを受けている床版部材に関しては、押し抜きせん断破壊に対するリスクが高まり、安全性の検証においてその評価方法が難しい。本稿では、高荷重が作用する床版部材を対象に破壊シミュレーションによる解析を実施し、解析結果と現行の土木学会式との比較を行い、高荷重領域における押し抜きせん断耐力式の適用性を検討する。

2. 検討条件

非線形2次元有限要素法(解析ツール:UC-Win/WCOMD Ver.2)を用いてシミュレーションを実施し、床版部材に対する破壊メカニズムの解析を行った(以下、シミュレーションと称す)。

照査用の限界指標として、ひび割れ発生と破壊の基準を設定し、基準に達した際の載荷荷重をそれぞれひび割れ発生時荷重、破壊荷重とする。使用性はひび割れ発生時荷重、安全性は破壊荷重で照査を行うものとする。

ひび割れ発生の基準は、引張ひずみ ϵ_t が $\epsilon_t=0.1\%$ に達したときとする。破壊の基準は、ひび割れ面における ϵ_t 、圧縮ひずみ ϵ_c 、せん断ひずみ ϵ_{sh} がそれぞれ $\epsilon_t=3\%$ 、 $\epsilon_c=1\%$ 、 $\epsilon_{sh}=2\%$ に達したときとする¹⁾。

シミュレーションにおける部材の非線形特性の構成則は、岡村ら²⁾の研究による。上記非線形特性を用いて角田ら³⁾による実験結果をシミュレートしたところ、破壊荷重が実験結果とほぼ同様となったことより、本手法を用いて検討を行うこととする。

検討モデルは、**図-1**に示す形状を基本とする。コンクリートの圧縮強度 f_c は 40N/mm^2 とし、床版幅は 10.0m とする。境界条件は、相対2辺固定支持とする。また、載荷荷重は正方形の載荷板を通して作用させるものとする。今回は $10,000\text{kN}$ 以上を高荷重領域と考え、コンクリート標準示方書記載の押し抜きせん断耐力式(以下、土木学会式と称す)の算定値が高荷重となるモデルについてパラメトリックスタディを実施する。土木学会式を参考に、載荷面幅 D 、せん断引張鋼材比 p_w 、床版の有効高さ d を押し抜きせん断破壊の主要因と考え、**表-1**に示す36のモデルについて検討を実施した。

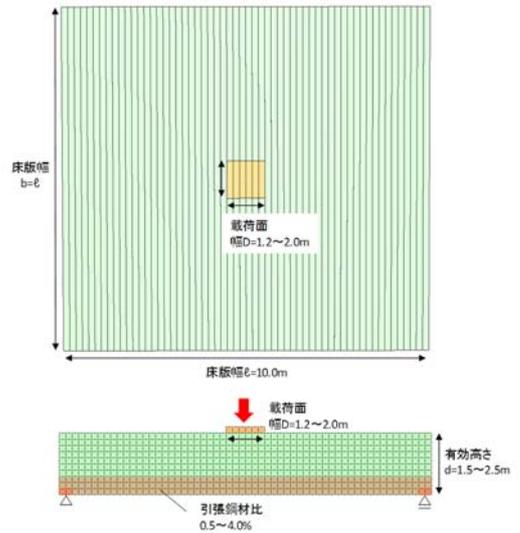


図 - 1 検討モデル

表 - 1 検討条件一覧

有効高さ d(mm)	引張鋼材 比	載荷面	ケース数
		幅D(mm)	
1500	0.5	1200, 1600, 2000	3
	1.0	1200, 1600, 2000	3
	2.0	1200, 1600, 2000	3
	4.0	1200, 1600, 2000	3
2000	0.5	1200, 1600, 2000	3
	1.0	1200, 1600, 2000	3
	2.0	1200, 1600, 2000	3
	4.0	1200, 1600, 2000	3
2500	0.5	1200, 1600, 2000	3
	1.0	1200, 1600, 2000	3
	2.0	1200, 1600, 2000	3
	4.0	1200, 1600, 2000	3
計			36

キーワード 押し抜きせん断破壊, 破壊シミュレーション, 版部材, 有限要素法

連絡先 〒108-0075 東京都港区港南 2-4-15 ジェイアール東海コンサルタンツ(株) TEL 03-6433-3070

3. 検討結果

高荷重領域における、各モデルのシミュレーション結果と土木学会式の比較を行った。

(1)安全性について

破壊荷重と土木学会式の比較を図-2 に示す。破壊荷重は土木学会式に精度良く当てはまっており、また、概ね破壊荷重が土木学会式を満足していることが確認できる。したがって、土木学会式は安全性に対する照査式として十分適用可能であると考えられる。

ただし、せん断引張鋼材比 p_w については、 p_w が小さい場合にシミュレーション結果が土木学会式を下回る結果となった(図-2 の赤色のケース)。これは、図-3 を見てもわかるように、特に p_w が 1.0%未満の場合にシミュレーション結果が土木学会式に比べ著しく耐力が低下していることによるものである。

(2)使用性について

ひび割れ発生時荷重と土木学会式の比較を図-4 に示す。すべての検討モデルにおいてひび割れ発生時荷重が土木学会式を下回っていることが確認できる。しかし、高荷重を受ける構造物は一般に死荷重が支配的で常時状態の使用性で決定する場合も多く、押し抜きせん断に対し破壊に対する耐力式を適用することが適切であるとは限らない。

今回のシミュレーション結果においては、土木学会式に 0.5 の係数を乗じることにより、大半のモデルにおいてひび割れ発生が満足できる結果となった。

上記方法により、土木学会式を適用して使用性に対する照査を簡便に行えることが確認できた。

4. まとめ

- (1) せん断引張鋼材比が小さい場合、シミュレーションの耐力に対する低下率が、土木学会式に比べ大きいことを確認した。特に p_w が 1.0%未満の場合においては、シミュレーション結果が土木学会式を下回る傾向にあるため注意が必要である。
- (2)高荷重領域においても、土木学会式は安全性に対する照査式として十分適用可能であることが確認できた。また、使用性に関しても簡便的に検討可能であることが確認できた。

参考文献

- 1)Swanky, A. and Maekawa, K.: Nonlinear response of underground RC structures under shear, *Journal of Materials, Concrete Structures and Pavements*, JSCE, No.538/V-31, pp.195-206, 1996.
- 2)岡村甫,前川宏一: 鉄筋コンクリートの非線形解析と構成則, 技報堂出版, 1997.1
- 3)角田与史雄, 井藤昭夫, 藤田嘉夫: 鉄筋コンクリートスラブの押し抜きせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文報告集 Vol.229, pp.105-115, 1974.

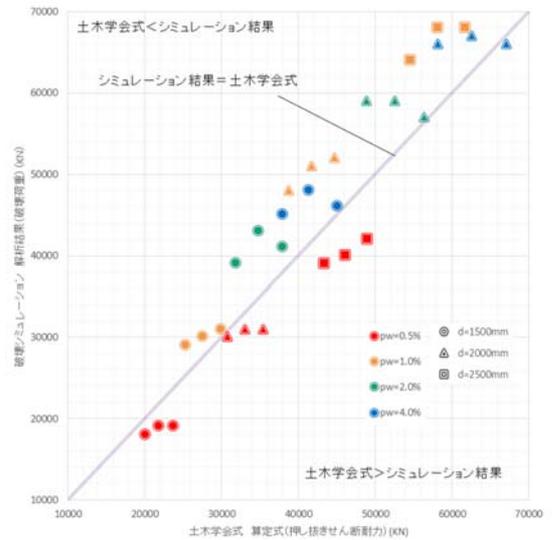


図-2 比較結果
(破壊荷重-土木学会式)

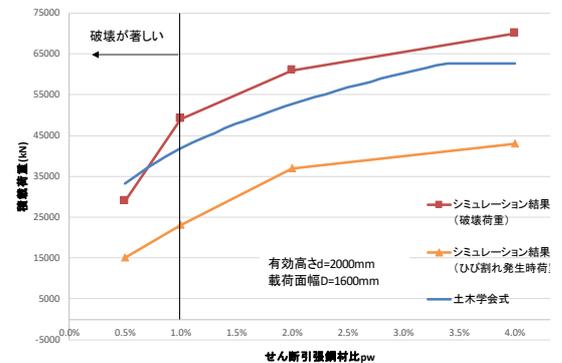


図-3 p_w と耐力との関係

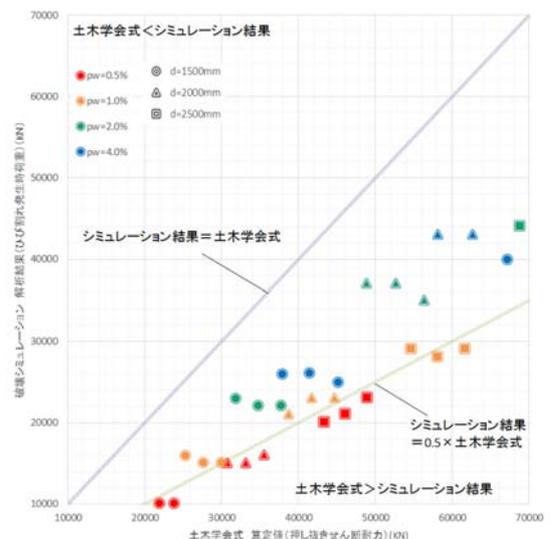


図-4 比較結果
(ひび割れ発生時荷重-土木学会式)