

I - 653

高速載荷に対するRC板の動的押抜きせん断耐力

防衛大学校土木工学科 学生員 ○ 佐々木 晃・北川 真
 防衛大学校土木工学科 正 員 大野 友則・内田 孝
 竹中工務店技術研究所 正 員 上田 眞稔・上林 厚志

1. はじめに RC構造物に高速飛来物が衝突する場合、貫通及び裏面剥離などの局部破壊がきわめて重要な破壊現象となる。著者らは、とくに貫通に対するRC部材の破壊機構や衝撃抵抗性を評価するための基礎段階として、RC板の動的押抜きせん断破壊(ハンチング破壊ともいう)に着目した高速載荷実験を行い、載荷速度やせん断スパン比(せん断スパン/有効高さ: L_g/d)がRC板の破壊性状や終局限界性能(耐荷力、エネルギー吸収容量)に及ぼす影響について調べた。¹⁾

本研究では、前報告¹⁾で用いた試験体と異なる板厚、配筋を有するRC板に対して高速載荷実験を行い、載荷速度やコンクリートの種類(普通、高強度および軽量)がRC板の衝撃抵抗性(動的押抜きせん断耐力)に及ぼす影響について調べている。さらに、前報告および本実験結果に基づいてRC板の動的押抜きせん断耐力の算定式を定式化している。

2. 実験概要 (1) 試験体: 試験体は、寸法60×60cm、厚さ7, 9および11cmの正方形複鉄筋コンクリート板(コンクリート静的圧縮強度: $f_c' = 321 \text{ kgf/cm}^2$)を使用した。なお、板厚9cmについては高強度($f_c' = 654 \text{ kgf/cm}^2$)および軽量コンクリート($f_c' = 361 \text{ kgf/cm}^2$)を使用した試験体をそれぞれ作製した。試験体の寸法・配筋を図-1に示す。

(2) 載荷方法: 実験装置は、高速変形負荷装置を用いた。載荷体は円柱載荷体(直径φ=3.5cm、鋼製)とし、載荷速度は静的($4 \times 10^{-5} \text{ m/sec}$ 程度)および高速($2 \sim 3 \text{ m/sec}$ 程度)の2種類とした。中央部に円形開口部(支持スパン: $L=30 \text{ cm}$)を有する鋼製支持板上に試験体を載せ、周辺単純支持とした。

(3) 実験計測

計測は、載荷荷重、試験体の変位(載荷位置)について行った。荷重の計測には、載荷体に取り付けた50tロードセルを用いた。また、試験体の変位量は載荷装置の加圧ピストンの移動量と等価とみなし、渦電流式非接触変位計(最大測定容量: 50mm, 応答周波数: 50kHz)および光学式変位計(応答周波数: 500kHz)を併用して計測を行った。

3. 実験結果および考察 (1) せん断応力度: 本考察では、押抜きせん断耐力 P をせん断応力度 τ によって表す方法を用いる。すなわち、

$$\tau = P / (b \cdot d) \quad \dots \dots (1)$$

ここに、 P : 押抜きせん断耐力(kgf)、 b : 仮定する載荷断面(設計断面)の周長(cm)、 d : 有効高さ(cm)である。

なお、 b の値は、土木学会標準施工書²⁾に示されている設計断面、すなわち、載荷縁から $d/2$ 離れた位置(限界断面)における周長を与えている(図-2(a))。ただし、せん断スパン比($L_g = (L-D)/2$)が非常に小さく($L_g/d < 1$)、載荷縁から $d/2$ 離れた位置に破壊面が設定できない場合には載荷縁より $L_g/2$ 離れた位置、すなわち実際の破壊面の中央部における周長として与えている(図-2(b))。

(2) 押抜きせん断耐力: 図-3は、縦軸に τ/f_c' 、横軸に L_g/d (せん断スパン比) をとり、前報告¹⁾ および本実験結果を整理したものである(f_c' はコンクリートの静的圧縮強度)。横軸の L_g/d を対数表示(片対数表示)したところ、 τ/f_c' と L_g/d の間に図に示す線形的な関係が認められた。図より、載荷速度に関わらず、せん断スパン比が小さく

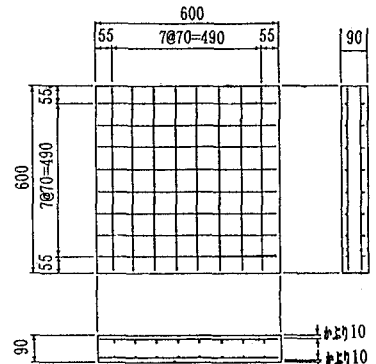


図-1 RC試験体の寸法・配筋
(厚さ: 9cmの時)

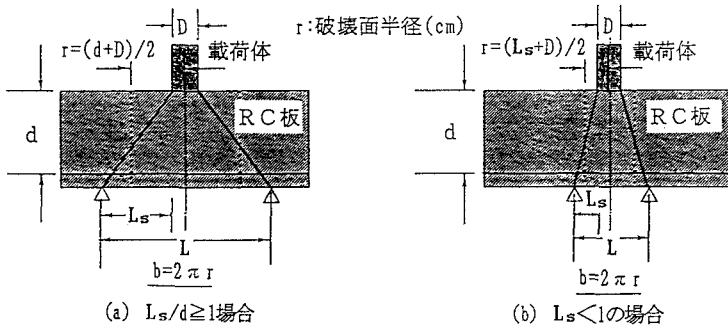


図-2 破壊面周長 b の決定

なるにつれて τ/f_c' はほぼ直線的に増加する傾向が認められる。また、軽量 (⊕, +印) および高強度 (⊗, *印) コンクリートについても普通コンクリート (■, □印) とほぼ同様の値を示している。

図-6において、それぞれ高速、静的荷重の場合について最小二乗法により τ/f_c' を $\log(L_s/d)$ の1次式として求め、さらに式(1)を用いて押抜きせん断耐力を求める式に直すと次式が得られる。すなわち、

〈高速荷重時〉

$$P = (-0.55 \log(L_s/d) + 0.30) \cdot f_c' \cdot b \cdot d \quad \dots \dots (2)$$

($0.15 \leq L_s/d \leq 2.51$, 相関係数: -0.97)

〈静的荷重時〉

$$P = (-0.49 \log(L_s/d) + 0.20) \cdot f_c' \cdot b \cdot d \quad \dots \dots (3)$$

($0.15 \leq L_s/d \leq 2.51$, 相関係数: -0.96)

である。

式(2), (3)より、高速荷重に対する押抜きせん断耐力は L_s/d の大きさによって異なるが、静的荷重に比べて約25%~150%上昇することがわかる。

4. 結論 以上、本実験結果を整理すると次のようになる。すなわち、(1) せん断かん比は、高速荷重に対してもRC板の押抜きせん断耐力に影響を及ぼす重要な因子の一つとなる。すなわち、せん断かん比が小さくなるほど押抜きせん断耐力は増大する。また、静的荷重に対して動的押抜きせん断耐力は、例えば $L_s/d = 1$ のとき、約50%上昇する。(2) 本実験結果に基づいて、せん断かん比とコンクリートの静的圧縮強度に関する動的押抜きせん断耐力算定式（実験式）を提案した。また、本算定式は、高強度コンクリートや軽量コンクリートなどについてもそのまま適用し得るものと考えられる。

[参考文献]

- 1) 北川、大野、内田：高速集中荷重を受けるRC板の押抜きせん断破壊に関する実験的研究、土木学会第20回関東支部技術研究発表会概要集
- 2) 土木学会：昭和61年制定コンクリート標準示方書（設計編）、昭和61.10.

