

剥落コンクリート衝突時の危険度判定に関する実験的研究

東京工業大学大学院 学生会員 ○ 西脇 雅裕
 東京工業大学大学院 正会員 千々和 伸浩
 東京工業大学大学院 正会員 岩波 光保

1. はじめに

コンクリートの剥落は、中性化や塩害による鉄筋腐食に起因するものが半数近くを占めており、経年劣化による剥落の発生は免れない。一方、土木構造物の高経年化は顕著であり、供用 50 年を経過する構造物の割合は年々増加している。したがって、経年劣化による剥落の発生数は将来的に増加し、剥落コンクリートが人・モノに衝突する事象が現在よりも頻繁に発生することが予測される。しかし、剥落コンクリートが人・モノに衝突した際の危険度（例えば、軽傷、重傷といった被害の大きさ）に関するリスク評価を行った研究はほとんど報告されていない。

本研究では、剥落コンクリート衝突時の危険度判定を行うため、コンクリート落下実験によって衝突時の衝撃荷重を計測し、危険度判定を行った。質量、衝突面の表面積（形状）に差異のある供試体を種々の高さから落下させ、最大衝撃荷重との関係性を考察した。また、得られた最大衝撃荷重を Nahum により提案された人体耐性指標²⁾と比較し、危険度を判定した。

2. 衝撃荷重・最大衝撃荷重について

一般に衝撃荷重 F は、衝突前後の力積を考慮し、かつ物体は自由落下し衝突直後の速度がゼロ（跳ね返りなし）と仮定した場合、(1)式で表すことができる。

$$F = M \cdot \frac{\sqrt{2gH}}{\Delta t} \quad (1)$$

ここで、 M ：衝突する物体の質量、 Δt ：衝突時間、 H ：落下高さを表す。(1)式から衝撃荷重は質量に比例し、落下高さの 1/2 乗に比例することがわかる。

衝突時に計測される衝撃荷重の経時変化例を図-1に示す。衝撃荷重 F は衝突時の計測で得られた衝撃荷重を時間 Δt で平均化したものである。一方、最大衝撃荷重 F_{max} は計測における衝撃荷重の最大の点である。本研究では、骨折などの損傷に被害を及ぼしやすいと考えられる最大衝撃荷重 F_{max} に着目し、以降論じる。

3. 実験概要

図-2に示す装置を用い実験を行った。ロードセル上部の鉄板に供試体が衝突し、衝突時に発生した衝撃荷重をロードセルが計測する仕組みとなっている。

$\Phi 50 \times 100 \text{ mm}$ の円柱供試体、 $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$ の角柱供試体を用い実験を行った。表-1に各供試体の詳細を示す。M-100 以外の「M」シリーズの供試体は $\Phi 50 \times 100 \text{ mm}$ の円柱供試体を切断し作製した。

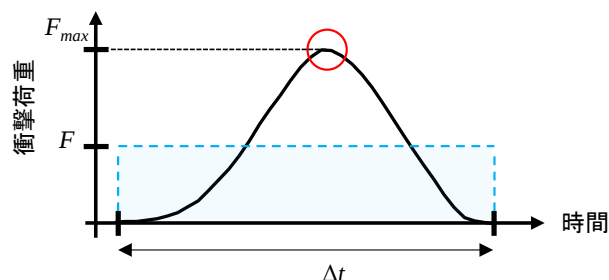


図-1. 衝撃荷重の測定例

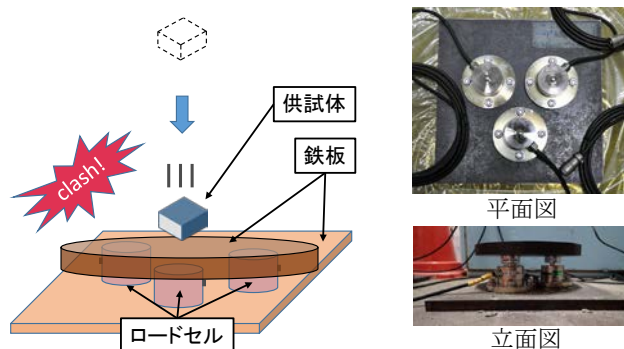


図-2. 実験方法・実験器具概要

表-1. 供試体の寸法・名称・質量

	供試体寸法(mm)	供試体名称	質量(g)
円柱供試体	$\Phi 50 \times 100$	M-100	398.4
	$\Phi 50 \times 67$	M-67	264.1
	$\Phi 50 \times 50$	M-50	197.3
	$\Phi 50 \times 33$	M-33	126.2
	$\Phi 50 \times 100$	H	399.7
角柱供試体	$40 \times 40 \times 160$	S	398.4

キーワード コンクリート, 剥落, 衝撃荷重, リスク評価, 人体耐性指標

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 東京工業大学 TEL 03-5734-3194

「M・H・S」シリーズはそれぞれ「供試体質量・落下高さ・衝突面の表面積」が最大衝撃荷重にどのように影響を与えるかについて分析するために使用された供試体の名称である。各シリーズの衝突面を図-3の斜線で表す。「M・H」シリーズは1面、「S」シリーズは2面を衝突面とする。

4. 実験結果

各シリーズの衝突試験から得られた結果を図-4～6に示す。各供試体につき3～8回衝突試験を行い、プロット点は各供試体の最大衝撃荷重の平均値、バーはばらつきの範囲を示している。また、得られたグラフとNahumにより提案された頭頂骨崩壊衝撃荷重(以降、Nahum崩壊衝撃荷重と呼ぶ(2.45kN))と比較した。

4-1. 最大衝撃荷重—質量関係

「M」シリーズ供試体を1mの高さから落下させ、衝撃荷重を計測した。図-4から、供試体質量と最大衝撃荷重は、上述した衝撃荷重 F と同様におおよそ比例関係が成立していることがわかった。

4-2. 最大衝撃荷重—落下高さ関係

「H」シリーズ供試体を0.25、0.50、1.00mの高さから落下させ、衝撃荷重を計測した。図-5から、落下高さの1/2乗と最大衝撃荷重は、衝撃荷重 F と同様におおよそ比例関係が成立していることがわかった。

4-3. 最大衝撃荷重—衝突面の表面積関係

「S」シリーズ供試体を図-3中の(1)面、(2)面を衝突面として0.25mの高さから落下させ、衝撃荷重を計測した。図-6から、供試体の衝突面の表面積が大きくなるほど最大衝撃荷重は低下した。

5. まとめ

- 落下コンクリート衝突時の最大衝撃荷重のオーダーを明らかにした。最大衝撃荷重は、衝撃荷重と同様に質量、落下高さの1/2乗に比例し、衝突面の表面積が大きくなるほど低下することがわかり、危険度を判定するための基礎的な知見を得た。
- Nahum崩壊衝撃荷重による危険度を判定する考え方を提案した。

6. 今後の展望

剥落コンクリート衝突による被害リスクは「衝突確率」と「危険度」を掛けあわせ評価できる。本研究では「危険度」に焦点を当て、剥落コンクリートの質量、落下高さ、衝突面の形状による危険度を判定した。今後は「衝突確率」を加味し、被害リスクを評価し、そ

のリスクを貨幣価値換算することで合理的な構造物設計、維持管理手法を目指す。

参考文献

- 1) 石橋ら：高架橋等からのコンクリート片剥落に関する調査研究、土木学会論文集、No.711、V-56、pp.125-134、2002.8
- 2) 内田ら：人体耐性指標を用いた天井材の安全性評価に関する基礎的研究 その1 人体耐性指標、日本建築学会大会学術講演梗概集 A-1、pp.1081-1082、2009.7

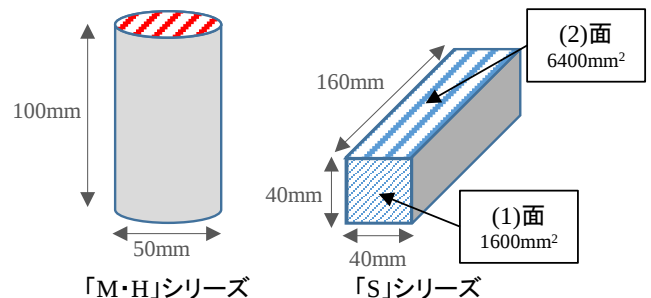


図-3. 各シリーズの衝突面(斜線部)

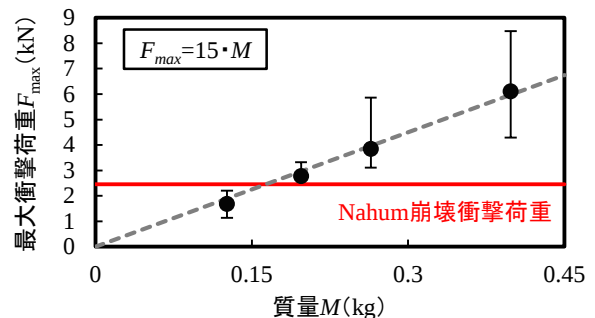


図-4. 最大衝撃荷重—質量関係

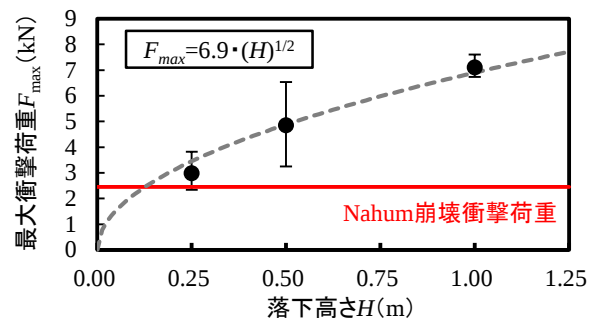


図-5. 最大衝撃荷重—落下高さ関係

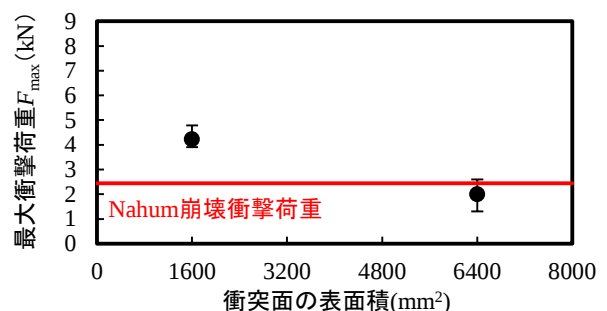


図-6. 最大衝撃荷重—衝突面の表面積関係