

剛飛翔体衝突を受ける RC 版の損傷評価法に関する検討

Study on Damage Evaluation Method of RC Slab Subjected to Rigid Missile Impact

*南波 宏介¹, 白井 孝治¹, 丹羽 一邦², 竹越 邦夫², 高橋 達朗²

¹電中研, ²テラバイト

飛来物衝突を受ける鉄筋コンクリート（以下、RC）版の貫通、裏面剥離を推定可能な損傷評価法として、せん断ひずみ、圧力を基に RC 要素を消去することで RC 版の損傷を模擬する有限要素解析を実施した。その結果、既往の衝突実験で見られた裏面剥離や貫通の応答性状が確認され、評価法の適用可能性が得られた。

キーワード：コンクリート版, 剛飛来物衝突, 有限要素解析

1. 目的：原子力発電所では、竜巻飛来物衝突を考慮し構造健全性評価を実施する必要がある。これまで貫通、裏面剥離の貫通限界厚さを既往の評価式より算出し、評価対象の部材厚と比較することで構造健全性を評価してきたが、形状が複雑な構造物を対象とする場合には、より合理的な評価手法が必要となる。本稿では、既往の衝突実験を対象に有限要素解析による構造健全性評価を行い、その評価手法の適用性を確認する。

2. 衝突試験：RC 版に対する剛飛来物の衝突実験は、水平姿勢の RC 版に高圧ガスを推力とした模擬飛来物を衝突させ実施した^[1]。対象とした RC 版は寸法 1.5m×1.5m×厚さ 0.2m である。飛来物は衝突部直径が 98mm の密実な円柱体であり、質量は 70kg である。実験は衝突速度を 16~42m/s として 6 回実施した。図 1 に衝突実験結果と既往評価式例を示す。衝突速度が増加するに従い RC 版の損傷は貫入、裏面剥離、貫通と変化した。

3. 数値解析

3-1. 解析条件：既往の衝突実験を対象に、衝撃応答解析コード LS-DYNA (Ver.R7.1.2) を用いて有限要素解析を実施した。解析モデルは衝突実験の支持台、RC 版、飛来物を 1/2 モデルで忠実に再現した。材料モデルは、RC 版の鉄筋に等方弾塑性体モデル、コンクリートにひずみ軟化を考慮した弾塑性体モデルを適用した。材料物性値は材料試験結果^[1]を適用した。面外衝突荷重を受ける RC 版には、衝突時に裏面コンクリートの剥離や衝突部から斜め方向の押し抜きせん断破壊が見られる。そのため、数値解析では損傷を模擬する要素削除の設定値として、コンクリート要素に最大せん断ひずみ（設定値 0.5）、裏面のかぶりコンクリートに最小引張圧力（同 0.703MPa）を仮定した。また、相当塑性ひずみが 5%に達した時点で鉄筋要素を消去した。解析は、衝突速度 20、40m/s（以下 V20、V40）の 2 ケースについて実施した。

3-2. 数値解析結果：V20 のケースでは、飛来物衝突によりコンクリートに裏面剥離が生じたが、衝突部のせん断ひずみによる損傷は発生していない（図 2(a)）。V40 のケースでは、裏面剥離が生じた後に、衝突部からせん断ひび割れが進展し、裏面に達した後にコンクリートが抜け落ち貫通した（図 2(b)）。これらの結果は衝突速度が同程度の実験結果と一致している。

4. 結論：剛飛翔体衝突を受ける RC 版を対象に、損傷部を模擬する要素削除を考慮した有限要素解析を実施した。解析で確認された損傷モードは実験結果と一致しており、本評価法により構造健全性評価が可能であると考えられる。今後、要素削除の設定値や要素寸法の影響を検討する。

参考文献：[1] 伊藤他, 土木学会論文集 No.507, I-30, 1995, [2]大沼他, コンクリート工学年次論文報告集, Vol20, No.3, 1998

*K. Namba¹, K. Shirai¹, K. Niwa², K. Takekoshi² and T. Takahashi², ¹CRIEPI, ²Terrabyte

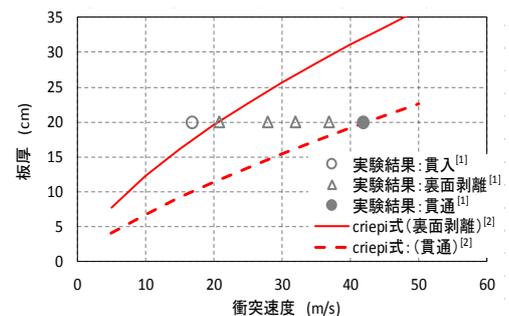
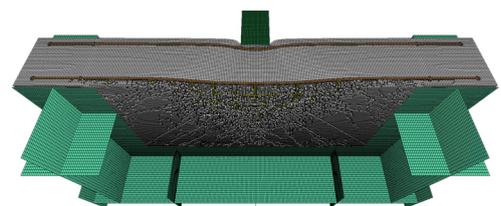
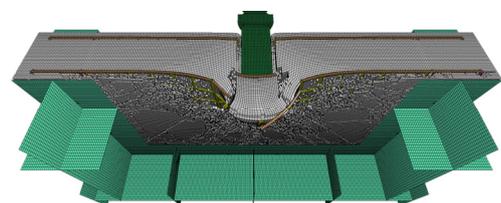


図 1 衝突実験の結果^{[1][2]}



(a) ケース V20 : 最大変形時



(b) ケース V40 : 貫通時

図 2 RC 版の変形状況