

A STUDY ON IMPACT RESISTANT CAPACITY OF CONCRETE FILLED STEEL TUBULAR MEMBERS AGAINST TSUNAMI FLOTSAM COLLISION

コリ エフェンディ, マハムド

<https://doi.org/10.15017/1543920>

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : マハムドコリエフェンディ
Mahmud Kori Effendi

論 文 名 : A STUDY ON IMPACT RESISTANT CAPACITY OF CONCRETE
FILLED STEEL TUBULAR MEMBERS AGAINST TSUNAMI
FLOTSAM COLLISION
(津波漂流物の衝突に対するコンクリート充填鋼管部材の耐衝撃性能に
関する研究)

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震は、東日本の太平洋沿岸に津波による甚大な被害をもたらした。近年、1960年チリ地震、1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震、2004年スマトラ島沖地震など、津波が甚大な被害を及ぼす地震が連続して発生している。内閣府は南海トラフの三連動巨大地震の発生確率が高いこと、最悪の場合の死者は32万人余りで、中でも津波による犠牲者の割合が一番高いことなどを推定している。想定外の大津波への対応は人命の保全が第一であり、津波避難ビル等の設置は重要な対策の一つである。津波による建築物の損傷の原因は、津波の波力や浮力によるものと、津波で漂流する物体の衝突によるものがある。2011年11月に国土交通省は「津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針」を発表し、現在、これが日本の津波避難施設的设计規準になっている。そこでは、津波の波力や浮力の評価はほぼ確立されているのに対して、津波漂流物の衝突は未解明な点が残されているため設計も暫定的な取り扱いになっている。暫定指針には各種構造に対して津波避難ビルの設計例が示されているが、浸水高さを10mに想定した10階建て鋼構造避難ビルでは、柱材を浸水高さまでコンクリート充填鋼管(CFT)としている。これはCFT部材の耐衝撃性能に期待した措置と考えられるが、定量的な評価は行われていない。

本論文は、津波漂流物の衝突に対してCFT部材の挙動を解明し、耐衝撃性能ならびにその評価法を明らかにすることを目的とする。本論文は、序論と総括を含めて全6章で構成されている。

第1章は序論であり、本研究の背景と目的ならびに論文の構成について述べた。

第2章では、単純支持されたCFT部材の部材中央に衝撃荷重を作用する実験を行った。比較のために中空鋼管部材の実験も行った。CFT部材と中空鋼管部材はいずれも柱材として多用されている。衝撃荷重は逆振り子方式によって錘を落下させることで作用させた。落下速度は7m/secで、陸上での津波流速の最大値に相当する。この方式の実験装置は、振り子の腕の等価質量の評価に曖昧さを含むが、簡易なのが長所である。この実験は予備実験として位置付けられ、第一の目的はCFT部材が中空鋼管部材より耐衝撃性能が優れているかを確認することである。実験の結果、CFT部材の耐衝撃性能は圧倒的に優れており、本研究の意義が確認できた。予備実験としての第二の目的は、衝撃荷重や曲げ変形の測定技術、得られたデータの処理技術を獲得することである。この予備実験の経験に基づいて、第3章の本実験の加力装置と測定装置を設計した。

第 3 章では、重錘を垂直に落下させて試験体に衝突させる方式の装置を製作して実験を行った。この装置はやや複雑であるが、重錘の入力エネルギーや運動量が精確に評価できる。試験体は、円形 CFT と角形 CFT のほか、角形 CFT を 45 度回転させた菱形断面 CFT とした。比較のために中空鋼管部材も実験した。各部材は両端を単純支持して材中央に衝撃荷重を作用した。重錘の落下速度は 7m/sec を上限とし、重錘の質量、落下高さ、および衝突回数を様々に変化させた。実験結果から、CFT 部材の残留曲げ変形は、衝撃荷重の入力エネルギーによって決定されて衝撃荷重の各種条件には影響されないこと、ならびに衝撃荷重の入力エネルギーの 90%以上が試験体で吸収されることを明らかにした。つまり、CFT 部材の耐衝撃性能はいわゆるエネルギー吸収能力によって評価できる。荷重の作用が衝撃的な場合の影響を明らかにするために静的載荷実験を行って比較した。その結果、荷重の作用が衝撃的である方が部材の耐力が高く破断時曲げ変形も大きいことを明らかにした。つまり、静的荷重で得られた耐力やエネルギー吸収能力を用いて CFT 部材の耐衝撃性能を安全側に評価できることが明らかになった。

第 4 章では、CFT 部材と中空鋼管部材について、幾何非線形と材料非線形を考慮した有限要素法による静的解析を行った。第 3 章から明らかなように、静的解析は荷重が衝撃的に作用する場合の安全側評価を与える。解析モデルは、第 3 章の試験体を模したもので、衝突体である重錘と被衝突体である部材との接触、乖離を考慮している。CFT 部材の解析モデルでは、鋼管と充填コンクリートとの接触、乖離も考慮した。CFT 部材と中空鋼管部材のいずれの場合も、FEM 解析は 3 章の実験の荷重変形関係や曲げ変形および局部変形を精度よく再現した。中空鋼管部材に対しては、重錘先端の接触による鋼管の局部変形によって耐力が大幅に低下するが、FEM 解析では幅厚比や径厚比を解析変数とした調査を行い、これらが耐力の低下に大きく影響することを明らかにするとともに、円形、角形および菱形断面の各部材に対して解析結果に基づく耐力評価法を示した。

第 5 章では、CFT 部材について骨組解析による衝撃解析を行った。CFT 部材は局部変形しないため、梁柱要素の骨組解析プログラムが適用できる。解析モデルは断面を応力ファイバーで構成した柱梁要素を連結したものである。衝撃解析は、第 3 章の衝撃実験結果を精度よく再現した。柱材は軸力による P- Δ 効果によって不安定になるため、一定鉛直荷重下で材中央に水平衝撃荷重を受ける CFT 柱の応答を調べる数値実験を行った。これにより、CFT 柱が鉛直荷重支持能力を保持するための衝撃荷重の入力エネルギーの上限を明らかにした。さらに、塑性ヒンジモデルに仮想仕事の原理を適用して衝撃荷重の入力エネルギーの上限値の算定式を導出し、衝撃解析結果と比較することによって十分な精度があることを示した。これによって、CFT 部材の終局状態における耐衝撃性能の評価法を確立した。

第 6 章は総括であり、第 2 章から第 5 章までの各章の結論を要約した。