デジタルヒューマンを用いた 津波避難用シェルターの乗り込みと船内での姿勢の評価

○ 廣川敬康, 藤井優矢, 野田淳二, 藤田浩司 (近畿大生物理工学部)

Analysis on Boarding Tsunami Evacuation Shelter and Attitude on Board by using Digital Human Software

Noriyasu HIROKAWA, Yuya FUJII, Junji NODA, Koji FUJITA (Kindai University)

1. はじめに

日本では、近い将来、東海・東南海・南海地震が発生し、沿岸に津波が到達することが予想されている。津波避難用シェルターは、津波到来時に緊急避難的に乗り込むことを想定したシェルターであり、迅速かつ安全に乗り込めることが必須である。また、救助を待つ間、乗員ができるだけ船内で楽な姿勢で待機できることが求められる。

本研究では、デジタルヒューマンDhaibaWorks (産総研) を用いてシェルター乗り込み時の姿勢を再現して静的力学的負荷解析を行うとともに船内での待機姿勢を分析してシェルター設計を行う。

2. 津波避難用シェルターの設計方法

2.1 津波避難用シェルターと設計方針

図1に、本研究で設計対象とする津波避難用シェルターを示す。このシェルターは直径2,000mmの球体とし、開口部の直径は615mmの円形とする。また、シェルター内部には地面から300mmの高さに床面を設置して約1m²の水平な床面を確保する。定員は4名とする。

このシェルターに地面から直接乗り込むために開口部を斜め下方に向けて設置すると、無理な姿勢で乗り込む必要があり、さらに、床面が斜めとなって乗り込みにくい。そこで、図1(a)に示すように、開口部は地面に平行に設置し、開口部の高さに合わせて外部に高さ700mmの踏み台を設置する。さらに、開口部からの床面までの段差を小さくするために、図1(b)に示すように、床面から300mmの高さの位置にステップを設ける。

2.2 設計方法

本研究では、① 踏み台から開口部への乗り込み動作の再現実験を行うために、図2に示すシェルター開口部の擬似装置を作製する。② 擬似装置を用いて実際の乗り込み動作の再現実験を行い、シェルターと接触する位置で身体にかかる力を計測する。③ デジタルヒューマン DhaibaWorks を

(a) シェルター外観 (b) 床面とステップ

図1 津波避難用シェルター

(a) 側面図 (b) 正面図

図2 シェルター開口部の擬似装置

用いて乗り込み姿勢を再現し、②で計測した力に基づいて人体モデルに外力を付与して力学的解析を行い、身体的負荷を評価する。④ 乗り込んだ後の船内での待機姿勢を評価する。

3. 解析結果と考察

3.1 シェルターへの乗り込み動作の解析

図3に、シェルター開口部への乗り込み動作における姿勢①～⑬を示す。同図(a)は乗り込み動作の再現実験であり、同図(b)はDhaibaWorksを用いた姿勢再現の結果である。

また、図4(a), (b)に、左右の下肢各関節(足関節・膝関節・股関節)における力とトルクの変化を示す。それぞれ、横軸は姿勢①～⑬、縦軸は力またはトルクである。同図(a)より、姿勢③、④で左脚の足関節・膝関節・股関節に大きな

(a) 擬似装置を用いた乗り込み動作の再現

(b) DhaibaWorks を用いた乗り込み姿勢の再現

図3 シェルター開口部への乗り込み動作

力が作用していることがわかる。また、同図 (b) より、姿勢③と④において左脚の膝関節と股関節に大きなトルクが作用していることがわかる。これは、姿勢③と④では左脚のみで立脚しており、左脚にのみ体重がかかっているためである。

さらに、同図 (a), (b) より、姿勢③と⑦において右脚の股関節に大きなトルクが作用しており、姿勢⑨において左脚の股関節に大きなトルクが作用していることがわかる。これは、姿勢③と⑦では右脚が宙に浮いており、姿勢⑨では左脚が宙に浮いているためである。

3.2 津波避難用シェルターでの待機姿勢の解析

図5(a), (b) に、椅子をシェルターの内壁面に設置した外椅子と、椅子をシェルターの中心部に設置した内椅子での待機姿勢を示す。同図 (a) の外椅子では湾曲した壁であっても背中を伸ばすことができ、中心部の足を置く位置のスペースに比較的余裕があることがわかる (同図中、青の空間)。これに対し、同図 (b) の内椅子では隣の人と腕が接触し、足も床面に下ろせなくなるために窮屈であることがわかる (同図中、赤の空間)。

(a) 左右下肢に働く力 (b) 左右下肢に働くトルク
図4 シェルター乗り込み時の静的力学負荷解析

(a) 外椅子の場合 (b) 内椅子の場合

図5 船内での待機姿勢

4. まとめ

本研究では、デジタルヒューマン DhaibaWorks を用いて、津波避難用シェルターの乗り込み時の静的力学負荷解析と船内での待機姿勢の分析を行った。シェルター乗り込み時には、外部の踏み台からシェルターのステップに移る際に、片脚での立脚状態において負荷が大きくなることが確認できた。また、船内に取り付ける椅子はシェルターの内壁に設置し、シェルターの中心に向かって座る外椅子とすることで、空間的余裕を確保できることがわかった。