

津波来襲時における流出危険物の挙動に関する水理実験

清水建設(株)技術研究所 正会員 今津 雄吾
 清水建設(株)技術研究所 吉田 絢
 清水建設(株)技術研究所 正会員 Pham Van Phuc
 清水建設(株)技術研究所 正会員 長谷部 雅伸

1. 研究の目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波では、浸水被害に加えて津波火災による被害も目立った。津波直後に発生する火災では、瓦礫や浸水のために消火活動や2次避難が困難となり、実際に多くの人が一時的避難した公共ビルなども火災の危険に晒された。ことから、今後は避難ビル等の津波火災対策も大きな課題である。津波火災は津波浸水域で多数発生しているが、危険物(重油・ガソリン等)の大量流出が発生した気仙沼湾では、海上で瓦礫が長時間延焼する現象(海上火炎帯)が発生し、広範囲での多発的な建物・山林火災となった²⁾。このように危険物の大量流出が発生した場合には、通常と大きく様相が異なるため、その流出・拡散防止対策が重要であるが、津波時における流出油の挙動に関しては観測データが乏しく、現象が十分解明されていない。これに対し、筆者らは近年急速に発展しているCFDが有効な予測技術になると考え、3次元VOF法による多層流解析(空気・水・油)モデルの開発を行っている。本論では、モデル開発に先立ち実施した油流出時を想定した水理模型実験の結果より、防油堤と流出油の拡散挙動についての考察結果を示す。

2. 実験方法

防油堤内に大量の重油が流出した事象を想定して、図-1に示すゲート式造波水路を用い、ゲートから2.3mの位置に油(比重:0.9)を入れた防油堤の模型(縮尺 1/100)を設置した。ゲート急開により段波津波(最大浸水深約8cm)を作用させ、防油堤に衝突する水と、流入した水によって拡散する油の挙動を高速度カメラで記録した。

3. 実験結果の考察

防油堤形状と油の量を組み合わせた9ケースの実験を行った。実験ケースを表-1に示す。油の量は、いずれのケースも防油堤の壁高の半分の高さまで貯油した状態に設定した。なお、本実験では、最大浸水深と最大流速から算定されるフルード数はおよそ2であった。

代表的な実験結果事例として、図-2にケース9(防油堤幅0.4m、壁高0.08m)における津波の防油堤への衝突から油の流出の過程を示す。防油堤幅が広い場合、①のように防油堤衝突

表-1 実験ケース

	防油堤幅(m)	壁高(m)
ケース1	0.1	0.02
ケース2	0.1	0.04
ケース3	0.1	0.08
ケース4	0.2	0.02
ケース5	0.2	0.04
ケース6	0.2	0.08
ケース7	0.4	0.02
ケース8	0.4	0.04
ケース9	0.4	0.08

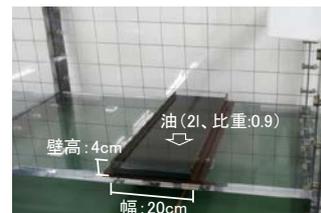
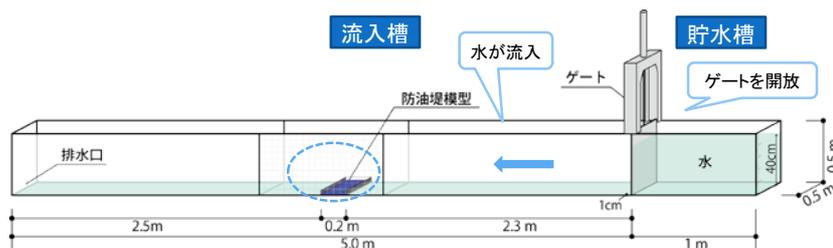


図-1 実験装置の概略と防油堤模型の写真

キーワード 津波, 津波火災, 危険物流出, 水理実験, 多層流

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島三丁目 4-17 清水建設(株)技術研究所 TEL03-3820-5500

後に跳ね上げられた水が防油堤内に着水する。その際に、油との界面に内部波が発生していることが分かる。また、前面側防油堤の背後には空気溜まりが形成されており、この時点では油の流出はほとんど発生していない。その後内部波は後方に伝播し(②)、前面側防油堤の背後に衝突して大きく跳ね上がる(③)。壁高よりも高く跳ね上がった油が高濃度で大量に流出する状況が確認できた。

図-3は、ケース1(防油堤幅0.1m, 壁高0.02m)における油の拡散過程である。このケースでは、相対的に壁高が小さくなるため、津波の跳ね上げがほとんど無く油層の上に空気層を残したまま防油堤を通過し、後方の防油堤のさらに先に着水している。この時点では空気溜まりが蓋をしているため、油の流出は発生していない(①)。しかし、津波は着水点(澱み点)で前後に二分され、戻る方向に分岐した流れが防油堤を背後から防油堤内に着水することで、空気層を破壊し油面に擾乱を起こす(②)。空気層がなくなると、後方の防油堤で分離された流れが、防油堤内で反時計回りの循環流を発生させ、前方の防油堤側から油が断続的に流出する状況が確認された(③)。

他のケースの実験結果は割愛するが、いずれも油面に水が着水して内部波で油を押し出す現象と、分流に伴い発生する反時計回りの循環流で断続的に堤外に流出する現象のどちらか(または両方)が確認された。どちらの場合も、前面側の防油堤背後から油が流出するため、危険物の流出防止の観点からは、その部分に蓋を設けるなどの対策が考えられる。ただし、本結果は水路実験によるものであり、実際には3次元性を有することや、タンク本体の影響などもあり、この実験だけで対策を議論することはできない。著者らは本実験のデータを基に3次元VOF法による3層流モデルの開発を行っており、今後はCFDを用いて様々な課題解決への対応を期待している。解析モデルの結果については、海岸工学講演会にて報告する予定である。

参考文献

- 1) 西野智研・北後明彦, 映像記録の観察を中心とした津波避難ビル周辺で発生する火災の事例研究, 平成25年4月, 日本火災学会論文集, 第63巻第1号
- 2) 2011年東日本大震災火災等調査報告書【概要版】, 2015年3月, 公益社団法人日本火災学会

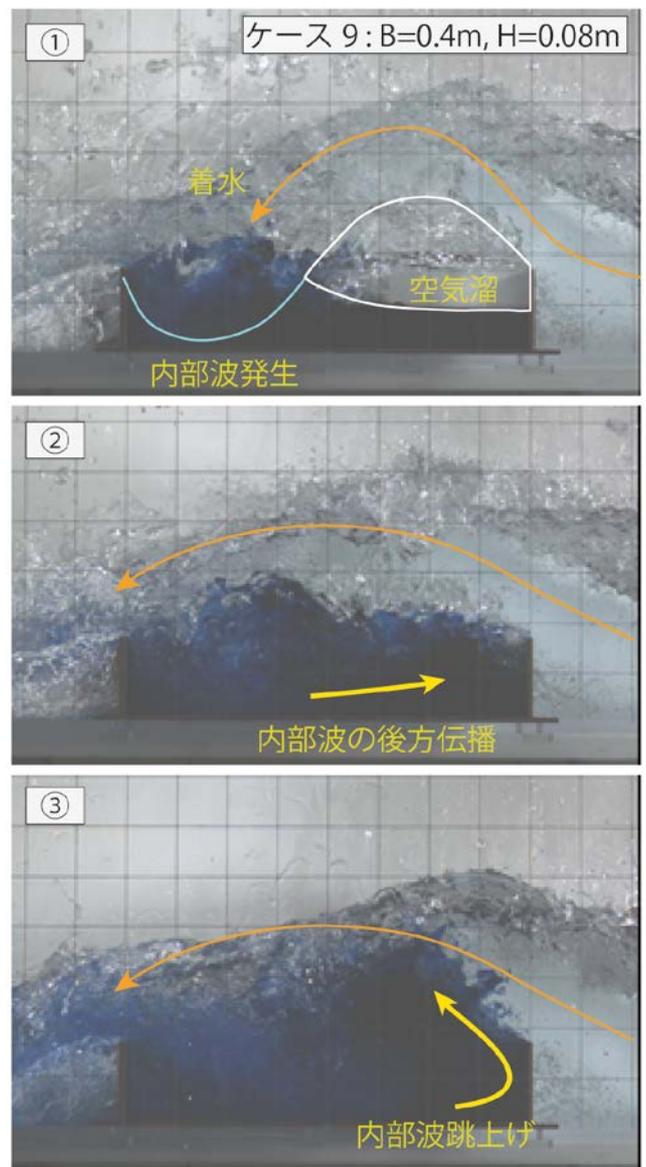


図-2 実験結果(ケース 9)

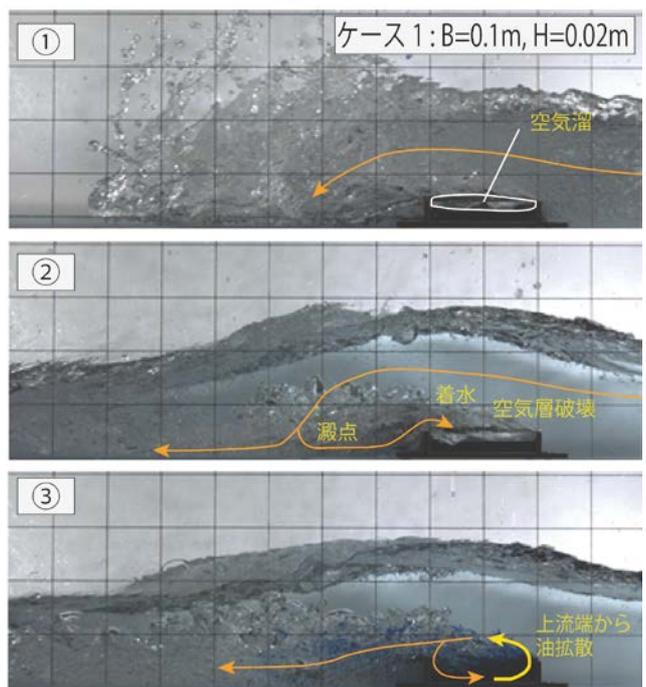


図-3 実験結果(ケース 1)