

輸送キャスク緩衝体用木材の高温圧潰特性を確認

背景

既存の放射性物質輸送容器(以下、キャスク)の緩衝体に使用される材料(以下、緩衝材)には、木材が使用されている。輸送規則に定められる落下試験要件においては、常温の緩衝材物性値を使用するが多い。しかし、木材の圧潰特性には温度依存性があり、高温時には緩衝材の強度が低下するため、衝撃荷重を受ける時の変形量が過大となり緩衝体としての機能が喪失する可能性がある。一方、高温時の緩衝材の物性値については、米国農務省のデータがあるものの、木材の種類は明らかにされておらず、設計に用いるデータとしては根拠が十分ではない。

目的

我が国で実績のあるキャスクに使用されている緩衝材用木材を対象として、その圧潰特性の温度とひずみ速度依存性を実験的に明らかにするとともに、それらの特性がキャスクの落下時の衝撃挙動に及ぼす影響を評価する。

主な成果

1. 緩衝材の圧縮試験

3種類の緩衝材用木材(オーク材、ファープライウッド材、バルサ材)を対象として、円柱試験体(直径 60mm、高さ 80mm)を恒温槽内において、一定温度(20~80℃)で所定の含水率(10%以下)となるまで養生した後、変位速度をパラメータ(0.1~1000mm/sec)とした材料試験に供し、圧縮時の応力-ひずみ曲線を取得した。

2. 緩衝材の吸収エネルギーの温度依存性

木材の変形による吸収エネルギーは、常温(20℃)の場合に比べ、材種や木目方向、試験体の変位速度によらず、50℃では80~90%まで、80℃では70~80%まで低下することが判明した。

3. 緩衝材のひずみ速度依存性

材料試験によって得られた応力-ひずみ曲線から、高温(80℃)においてもひずみ速度依存性があり、10/secで約1.2倍の強度上昇が見られた。これらの結果をもとに、木材毎に多直線近似の応力-ひずみ関係、および圧潰強度上昇倍率の定量化を行い、解析コードLS-DYNA入力用データとして明示した。

4. 既存のキャスクへの影響評価

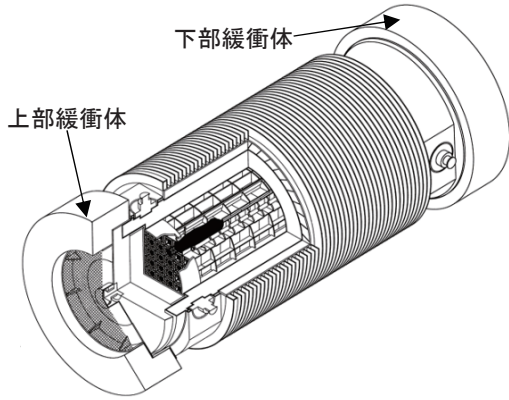
緩衝材の材料としてファープライウッドを適用した既存のキャスクを対象として、解析コードLS-DYNAにより緩衝体の温度をパラメータとした9m落下衝撃解析を実施した。その結果、ひずみ速度を考慮しない常温の材料特性を用いた解析結果に比べ、高温(80℃)による強度低下と落下時に想定されるひずみ速度(10/sec)における強度上昇を考慮した材料モデルを用いた場合には、緩衝体の変形や輸送容器の衝撃応答加速度に及ぼす影響は小さいことが判明した。

今後の展開

近年の木材の調達コストの増大を抑えるため、緩衝材に適用可能な木材以外の代替材料を選定し、輸送容器への適用性を確認する。

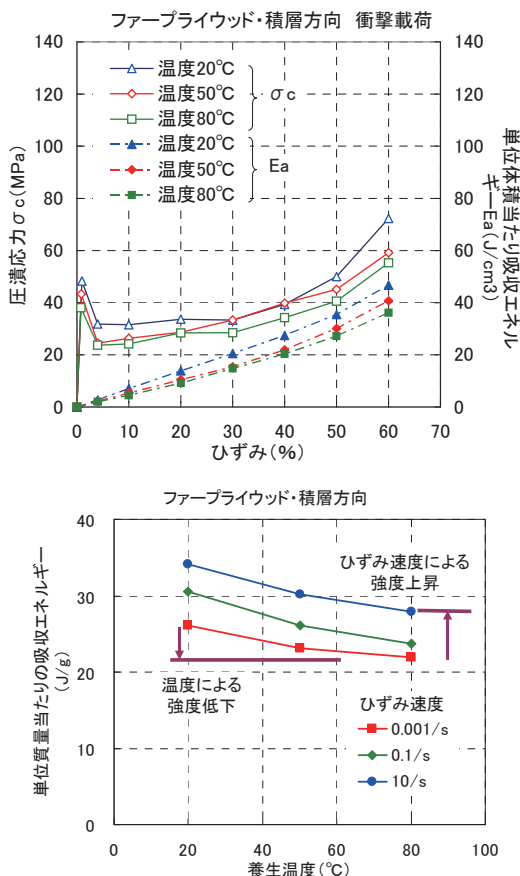
主 担 当 者 地球工学研究所 バックエンド研究センター 上席研究員 白井 孝治

関連報告書 「緩衝材用木材の圧潰特性評価－温度(80℃以下)とひずみ速度の影響－」電力中央研究所 報告:N08074(2009年)



輸送キャスクの緩衝材には木材が使用されており、落下事故時の衝撃特性評価においては常温の緩衝材物性値を使用する機会が多い。しかし、木材の圧潰特性には温度依存性があり、高温時には緩衝材の強度が低下し、衝撃荷重を受ける時の変形量が過大となり緩衝体としての機能が喪失する可能性がある。

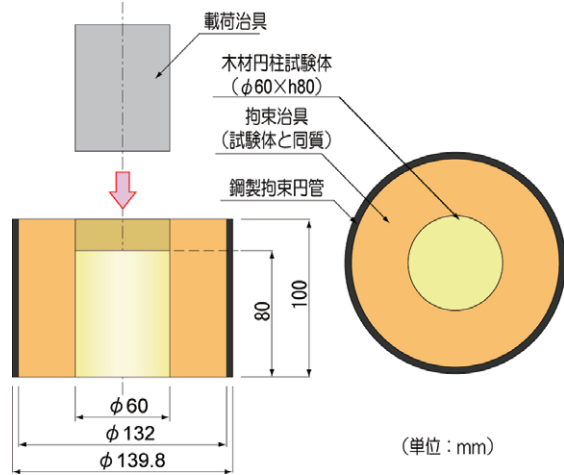
図1 輸送キャスクの例



変形による吸収エネルギーは、常温(20°C)の場合に比べ、材種や木目方向によらず高温環境下(50°C~80°C)では低下するが、ひずみ速度依存性があり、10/secで約1.2倍の強度上昇が見られた。

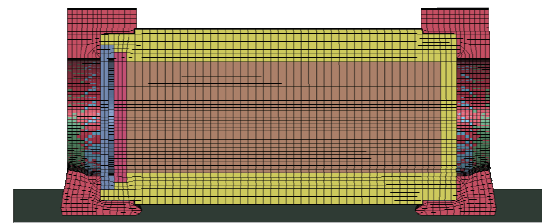
図3 緩衝材圧潰強度の温度・ひずみ速度依存性 (ファープライウッドの例)

材種	オーク・バルサ・ファープライウッド
木目方向	積層・積層垂直
試験片寸法	直径 60mm×高さ 80mm
含水率	10%以下
載荷速度	0.1, 10, 1000mm/sec(拘束条件)
試験温度	20°C, 50°C, 80°C

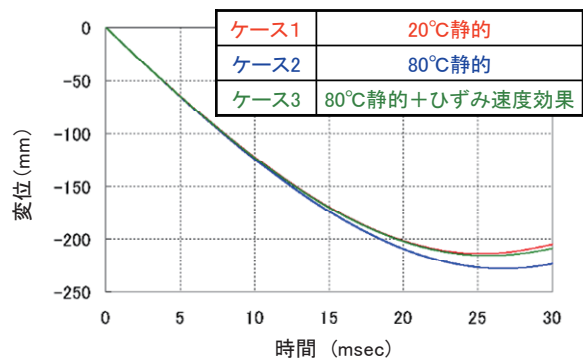


一定温度の恒温槽内で試験体を所定の含水率となるまで加熱養生した後、所定の載荷速度で強度試験に供し、圧潰時の応力-ひずみ曲線を取得した。

図2 緩衝材の圧縮試験の概要



(LS-DYNAによる輸送容器の9m水平落下解析例)



高温による強度低下とひずみ速度依存性を考慮した材料モデルを用いた場合には、緩衝体の変形や輸送容器の衝撃応答加速度に及ぼす影響は小さい。

図4 実機輸送キャスクへの影響解析 (輸送容器の9m水平落下)