

放射性廃棄物を保管対象とした鉄筋コンクリート製容器の落下実験

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○大場 啓汰
 (株)太平洋コンサルタント 正会員 前堀 伸平
 室蘭工業大学大学院 正会員 栗橋 祐介

太平洋セメント(株) 正会員 多田 克彦
 (株)構研エンジニアリング フェロー 川瀬 良司

1. はじめに

東日本大震災で発生した膨大な量の放射性廃棄物を安全に運搬・保管する目的で、各社・各団体から様々な仕様の鉄筋コンクリート(RC)製容器が提案されている。RC製容器の要求性能としては、遮蔽性、耐久性および安全性が挙げられる。特に、安全性に関しては、輸送時における荷台からの落下に対する抵抗性も考慮しなければならない。文部科学省では、「放射性同位元素等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示」において、容器の落下試験を行い、内容物の漏洩がないことを検証することを定めている。しかしながら、このことを実証実験等により評価検討した事例は報告されていないのが現状である。このような背景により、本研究では、所要の落下抵抗性を有するRC製容器の開発を目的に、トラックの荷台からの落下を模擬した実験を行った。

2. 実験概要

試験体は、放射性廃棄物の焼却灰を模擬した粉体を格納した2種類(タイプI, II)のRC製容器である。タイプIは、日本道路協会による「道路土工-カルバート工指針」に準拠して設計している。一方、タイプIIは、タイプIに関する3次元弾塑性有限要素法(FEM)による衝撃応答解析を行い、その結果に基づいて配筋および蓋部-本体の締結ボルトの仕様を変更した容器である。

図1には、タイプIおよびタイプIIの容器の概要を示している。容器の外寸は、平面寸法1.5m四方、高さ(蓋部を含む)1.2mである。容器の厚さは、蓋部、側面および底面において、それぞれ100, 100~125および100mmである。鉄筋はタイプIにおいては、D10およびD13(SD295A)を85~200mm間隔で格子状に配置している。タイプIIには、D10, D16(SD345)を85~150mmで格子状に配置している。また、本体と蓋部の締結は、タイプIにおいてはネジ部呼び径M16のボルトを、タイプIIにおいてはM20のボルトを用いている。表1には、実験時におけるコンクリートおよび鉄筋の材料特性値の一覧を示している。なお、コンクリートに関しては圧縮試験結果である。

2.1 実験方法

写真1には実験状況を示している。本実験では、コンクリート床(厚さ200mm)に固定した鋼製架台の上面にRC製容器を900mm程度せり出した状態でセットした。

本検討では、輸送物の種類がIP-2型輸送物(放射能濃度が低いもの)である場合を対象としており、文部科学省の「放

キーワード：落下抵抗性, RC製容器, 放射性廃棄物

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228

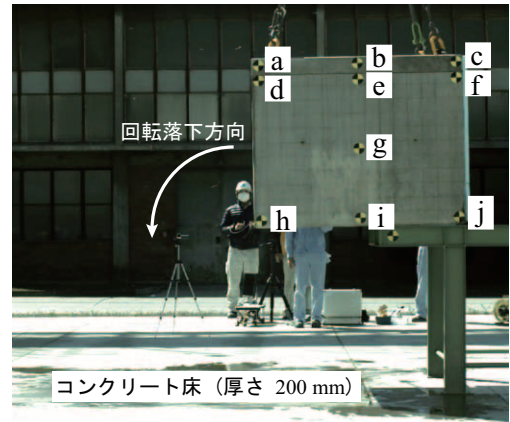


写真1 実験状況

表1 材料特性値

材料	密度	圧縮/引張強度	弾性係数	ポアソン比
コンクリート	2.35	58.3/5.83	20.0	0.167
鉄筋	7.85	345	206	0.3

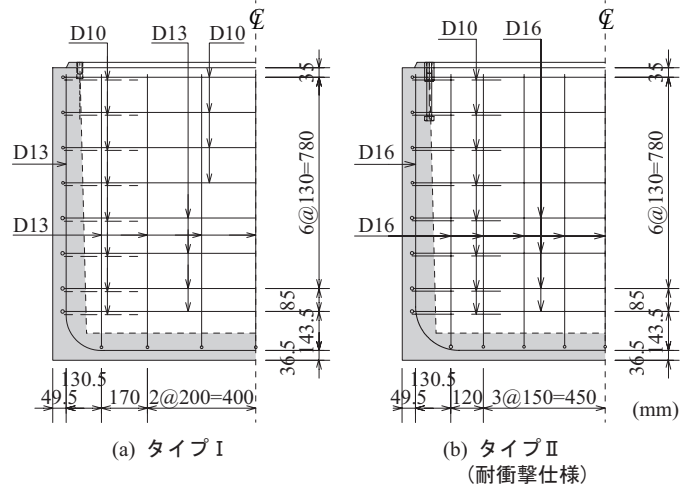


図1 容器の形状寸法および配筋図

射性同位元素等の工場又は事業所の外における運搬に関する技術上の基準に係る細目等を定める告示」における「1.2mの高さから、最大の破壊を及ぼすように落下させること」に準拠して、落下高さを1.2mと設定した。

3. 実験結果

3.1 落下状況

写真2には、タイプIおよびIIに関する落下実験の高速度カメラ写真を時刻毎に示している。写真には、容器のコンクリート床衝突時をt=0sとして、衝突後の状況を示している。写真より、タイプIの場合には、t=0sにおいてh点側が衝突した後、t=0.012sに蓋部が落下回転方向にずれてい

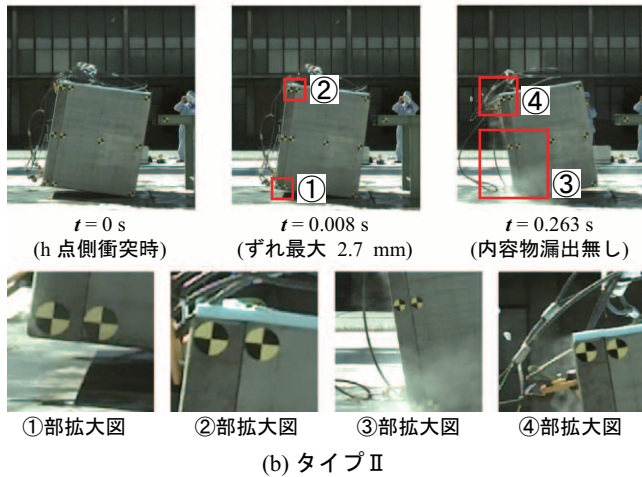
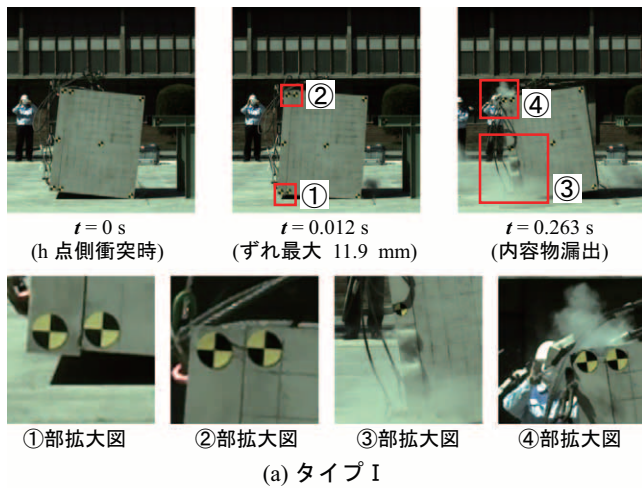


写真2 落下時の状況

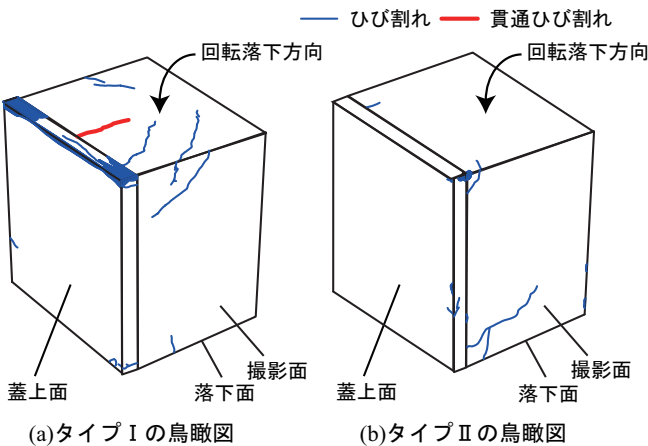


図2 実験後のひび割れ状況

ることが分かる。その後、 $t = 0.263$ s に蓋部 c 点近傍のコンクリートが剥離し、上方に飛散しているとともに内容物の粉体が漏出していることが分かる。

一方、タイプ II の場合には、 $t = 0$ s の h 点側衝突後においても蓋部のずれは生じておらず、その後における内容物の漏出も認められない。これは、前述のように、タイプ II の場合には、耐衝撃性向上のために蓋部と本体の締結ボルトの径を大きくすることにより、ずれが抑制されたものと考えられる。

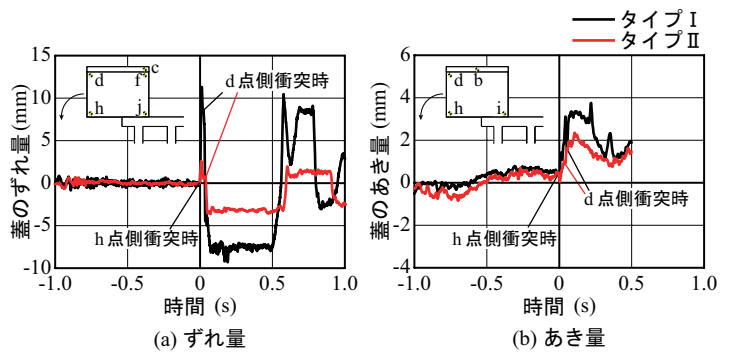


図3 蓋部のずれ量とあき量の時刻歴波形

3.2 ひび割れ性状

図2には、実験終了後における格納容器のひび割れ性状に関する鳥瞰図を示している。図中の青色の細線は容器外面に確認されたひび割れを示している。また、赤色の太線は容器外面から内部に貫通しているひび割れを示している。

タイプ I の鳥瞰図より、蓋部が大きく損傷していることが分かる。また、蓋部の損傷部近傍に近接した容器本体には貫通ひび割れが発生している。これは、本体の配置鉄筋がひび割れの開口を抑制できなかったことによるものと考えられる。

一方、タイプ II の場合には、蓋部の著しい損傷は見られず、外面にはひび割れが多少生じているものの、貫通ひび割れは発生していないことが分かる。このことから、タイプ II の場合には、ボルト径および配置鉄筋量を増加させたことにより損傷が抑制されたものと考えられる。

3.3 蓋部のずれ量とあき量

図3には、蓋部のずれ量とあき量に関する時刻歴波形を示している。図3(a)より、蓋部のずれ量は、タイプ I, II ともに h 点側衝突時に急激に大きくなっていることが分かる。ただし、タイプ I の場合には、12 mm 程度ずれているのに対し、タイプ II の場合には 2.5 mm 程度である。その後、容器の揺動によって蓋部のずれが正側・負側へ繰り返している。以上のことから、タイプ II のずれ量はタイプ I の場合よりも全般的に小さいことが分かる。これは、タイプ II の場合には、ボルト呼び径を M16 から M20 に変更したため、ずれに対する抵抗性が改善されたことによるものと考えられる。

図3(b)より、蓋部のあき量は、h 点側衝突時に増大し、d 点側衝突後にさらに急増していることが分かる。これは、内容物が蓋部を押し出していることによるものと推察される。また、その大きさはタイプ II の方がタイプ I よりも小さい。これは、タイプ II の場合にはタイプ I の場合に比べて締結ボルト径が大きいことに加え、蓋部の鉄筋量が大きく曲げ剛性が改善されていることによるものと推察される。

4. まとめ

- (1) 耐衝撃性を考慮しない仕様の容器の場合には、ひび割れが貫通するとともに、蓋部から内容物が漏洩する。
- (2) 耐衝撃性を考慮した仕様の場合は、蓋部・容器間のずれ量とあき量が低減され、内容物の漏洩は確認されない。