

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5951359号

(P5951359)

(45) 発行日 平成28年7月13日 (2016. 7. 13)

(24) 登録日 平成28年6月17日 (2016. 6. 17)

(51) Int. Cl.

G 2 1 C 19/07 (2006.01)

F 1

G 2 1 C 19/06

B

請求項の数 4 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-120626 (P2012-120626)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成24年5月28日 (2012. 5. 28)		三菱重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2013-246075 (P2013-246075A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公開日	平成25年12月9日 (2013. 12. 9)	(74) 代理人	100089118
審査請求日	平成26年12月12日 (2014. 12. 12)		弁理士 酒井 宏明
		(74) 代理人	100118762
			弁理士 高村 順
		(72) 発明者	中村 正明
			東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
		審査官	藤本 加代子
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 燃料貯蔵設備

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料プールと、

燃料を鉛直方向に沿って上方から挿入可能な収納部を有して前記燃料プール内の床面に載置される複数の燃料貯蔵ラックと、

前記燃料プールの内壁面に対して間隔を有する外枠部材の内側で複数の棧部材が交差して取り付けられて格子状に形成された枠体、および少なくとも2つの前記枠体を上下に配置した状態で支持するとともに前記燃料プール内の床面に載置される脚をなす複数の支柱を有して、各前記枠体の前記外枠部材や前記棧部材により形成される個々の枠内に前記燃料貯蔵ラックが上方からそれぞれ挿入されることで各前記燃料貯蔵ラックが連結される連結装置と、

前記燃料プールの内壁面と前記連結装置との間の間隔に配置され、いずれか一方に対して隙間を空けていずれか他方に取り付けられ、前記燃料プールの内壁面と前記連結装置とに開口側を向けて配置される多孔材からなる緩衝体と、

を備え、

前記緩衝体の孔内に、中性子吸収材または放射線遮蔽材の何れか一方あるいはこれらの混合物を配置することを特徴とする燃料貯蔵設備。

【請求項 2】

燃料プールと、

燃料を鉛直方向に沿って上方から挿入可能な収納部を有して前記燃料プール内の床面に

10

20

載置される複数の燃料貯蔵ラックと、

前記燃料プールの内壁面に対して間隔を有する外枠部材の内側で複数の棧部材が交差して取り付けられて格子状に形成された枠体、および少なくとも2つの前記枠体を上下に配置した状態で支持するとともに前記燃料プール内の床面に載置される脚をなす複数の支柱を有して、各前記枠体の前記外枠部材や前記棧部材により形成される個々の枠内に前記燃料貯蔵ラックが上方からそれぞれ挿入されることで各前記燃料貯蔵ラックが連結される連結装置と、

を備え、

前記燃料プールの床面に、前記燃料貯蔵ラックまたは前記連結装置の少なくとも一方の載置位置を標す指標が施されていることを特徴とする燃料貯蔵設備。

10

【請求項3】

前記燃料プールの内壁面と前記連結装置との間の間隔に配置され、いずれか一方に対して隙間を空けていずれか他方に取り付けられ、前記燃料プールの内壁面と前記連結装置とに開口側を向けて配置される多孔材からなる緩衝体を備えることを特徴とする請求項2に記載の燃料貯蔵設備。

【請求項4】

前記緩衝体の孔内に、中性子吸収材または放射線遮蔽材の何れか一方あるいはこれらの混合物を配置することを特徴とする請求項3に記載の燃料貯蔵設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、原子炉から取り出された使用済の燃料、または原子炉に設置される未使用の燃料を一時的に貯蔵するための燃料貯蔵ラックの連結装置および燃料貯蔵設備に関する。

【背景技術】

【0002】

原子力発電プラントの一つとして、加圧水型原子炉があり、この加圧水型原子炉では、軽水を原子炉冷却材および中性子減速材として使用し、一次系全体にわたって沸騰しない高温高压水とし、この高温高压水を蒸気発生器に送って熱交換により蒸気を発生させ、この蒸気をタービン発電機へ送って発電している。

【0003】

30

このような原子力発電プラントでは、加圧水型原子炉から取り出された使用済燃料や、これから加圧水型原子炉に設置される未使用燃料を一時的に貯蔵する燃料貯蔵設備が原子炉建屋に設けられている。燃料貯蔵設備は、燃料プールの水中に、棒状の燃料を立てた状態で支持する燃料貯蔵ラックが複数設置される。

【0004】

燃料貯蔵ラックは、一般的に、ベースプレートを介して燃料プールの床面に固定されるが、地震発生時などにベースプレートに大きな荷重が作用することから、燃料貯蔵ラックを支持しきれなくなるおそれがある。一方、燃料貯蔵ラックを燃料プールの床面に固定しないと、地震発生時において隣り合う燃料貯蔵ラック同士が衝突したり、燃料貯蔵ラックが燃料プールの壁（防水用のライニング板）に衝突したりするおそれがある。そのため、燃料貯蔵ラックを燃料プールに固定せずに、燃料貯蔵ラック同士を連結させることで、地震発生時に作用する水平力を水の流体付加減衰効果とともに、燃料貯蔵ラックの滑動によって吸収するものが提案されている。このような連結構造として、例えば、特許文献1に記載されたものがある。

40

【0005】

特許文献1において、連結構造は、燃料貯蔵ラック（各燃料貯蔵用ラック）の外周側部に、少なくとも上方に開口した係合孔あるいは係合溝を備える係合受部が設けられ、係合部材を係合受部に上下方向から挿入して係合させることにより、隣り合う燃料貯蔵ラック同士を連結するものである。

【0006】

50

また、従来、燃料プールを形成するコンクリート躯体および燃料プールの内壁面に設けられたライニング板への燃料貯蔵ラックの地震荷重の伝播を遮断するための緩衝体について、例えば、特許文献2に記載されたものがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2011-149903号公報

【特許文献2】特開2008-111674号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0008】

上述した特許文献1に記載の連結構造は、燃料貯蔵ラックの外周側部に取り付けられるものであり、局所的な応力集中を防ぐために剛性を担保して強固に構成しなければならず大型化してしまう。しかも、上述した特許文献1に記載の連結構造は、隣り合う燃料貯蔵ラックの係合受部同士が水平方向で対向するため、各燃料貯蔵ラックの間隔が拡大する。これらの結果、燃料貯蔵ラックを小さくせざるを得ず、燃料の貯蔵容量が減少することになる。

【0009】

また、特許文献2における緩衝体は、箱状に形成されたものである。このため、緩衝体は、地震発生時に燃料貯蔵ラックの滑動による衝突エネルギーを効果的に吸収できない。

20

【0010】

本発明は上述した課題を解決するものであり、燃料の貯蔵容量の減少を防ぎつつ、燃料貯蔵ラック同士を連結することのできる燃料貯蔵ラック連結装置および燃料貯蔵設備を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述の目的を達成するために、本発明の燃料貯蔵ラック連結装置は、燃料を鉛直方向に沿って上方から挿入可能な収納部を有して燃料プール内の床面に載置される複数の燃料貯蔵ラックを連結するための燃料貯蔵ラック連結装置において、前記燃料プールの内壁面に対して間隔を有する外枠部材の内側で複数の枠部材が交差して取り付けられて格子状に形成された枠体と、少なくとも2つの前記枠体を上下に配置した状態で支持するとともに前記燃料プール内の床面に載置される脚をなす複数の支柱と、を備え、各前記枠体の前記外枠部材や前記枠部材により形成される個々の枠内に前記燃料貯蔵ラックが上方からそれぞれ挿入されることで各前記燃料貯蔵ラックが連結されることを特徴とする。

30

【0012】

この燃料貯蔵ラック連結装置によれば、各燃料貯蔵ラックが連結されることで、地震発生時に燃料貯蔵ラックが個別に移動することがなく、燃料貯蔵ラック同士が衝突することがない。さらに、地震発生時に作用する水平力を水の流体付加減衰効果とともに、燃料貯蔵ラックの滑動によって吸収するため、燃料貯蔵ラックが燃料プールの内壁面に衝突することを抑制するので、燃料プールの内壁面に設けられたライニング板が損傷する事態や、燃料プールの躯体が損傷する事態を防ぐことができる。特に、この燃料貯蔵ラック連結装置によれば、枠体により各燃料貯蔵ラックの周囲を囲むことで各燃料貯蔵ラックを連結するため、各燃料貯蔵ラックの外周側部に相互を連結する構成を取り付ける場合と比較し、局所的な応力集中を招くことがなく小型（薄い板材）で構成することができるので、隣接する燃料貯蔵ラックの間隔を小さくすることが可能になる。この結果、燃料貯蔵ラックを小さくする必要がなくなるため、燃料の貯蔵容量の減少を防ぎつつ、燃料貯蔵ラック同士を連結することができる。

40

【0013】

上述の目的を達成するために、本発明の燃料貯蔵設備は、燃料プールと、燃料を鉛直方向に沿って上方から挿入可能な収納部を有して前記燃料プール内の床面に載置される複数

50

の燃料貯蔵ラックと、前記燃料プールの内壁面に対して間隔を有する外枠部材の内側で複数の棧部材が交差して取り付けられて格子状に形成された枠体、および少なくとも2つの前記枠体を上下に配置した状態で支持するとともに前記燃料プール内の床面に載置される脚をなす複数の支柱を有して、各前記枠体の前記外枠部材や前記棧部材により形成される個々の枠内に前記燃料貯蔵ラックが上方からそれぞれ挿入されることで各前記燃料貯蔵ラックが連結される連結装置と、を備えることを特徴とする。

【0014】

この燃料貯蔵設備によれば、各燃料貯蔵ラックが連結されることで、地震発生時に燃料貯蔵ラックが個別に移動することがなく、燃料貯蔵ラック同士が衝突することがない。さらに、地震発生時に作用する水平力を水の流体付加減衰効果とともに、燃料貯蔵ラックの滑動によって吸収するため、燃料貯蔵ラックが燃料プールの内壁面に衝突することを抑制するので、燃料プールの内壁面に設けられたライニング板が損傷する事態や、燃料プールの躯体が損傷する事態を防ぐことができる。特に、この燃料貯蔵ラック連結装置によれば、枠体により各燃料貯蔵ラックの周囲を囲むことで各燃料貯蔵ラックを連結するため、各燃料貯蔵ラックの外周側部に相互を連結する構成を取り付ける場合と比較し、局所的な応力集中を招くことがなく小型（薄い板材）で構成することができるので、隣接する燃料貯蔵ラックの間隔を小さくすることが可能になる。この結果、燃料貯蔵ラックを小さくする必要がなくなるため、燃料の貯蔵容量の減少を防ぎつつ、燃料貯蔵ラック同士を連結することができる。

【0015】

また、本発明の燃料貯蔵設備は、前記燃料プールの内壁面と前記連結装置との間の間隔に配置され、いずれか一方に対して隙間を空けていずれか他方に取り付けられ、前記燃料プールの内壁面と前記連結装置とに開口側を向けて配置される多孔材からなる緩衝体を備えることを特徴とする。

【0016】

この燃料貯蔵設備によれば、連結装置が想定以上に水平方向に移動した場合、連結装置の衝突に対して燃料プールの内壁面への衝撃を緩和し、燃料プールの内壁面に設けられたライニング板および燃料プールの躯体を保護することができる。

【0017】

また、本発明の燃料貯蔵設備は、前記緩衝体の孔内に、中性子吸収材または放射線遮蔽材の何れか一方あるいはこれらの混合物を配置することを特徴とする。

【0018】

この燃料貯蔵設備によれば、緩衝体の孔内に中性子吸収材または放射線（特に、ガンマ線）遮蔽材の何れか一方あるいはこれらの混合物を配置することで、緩衝体において燃料から放出される中性子を吸収することが可能になる。

【0019】

また、本発明の燃料貯蔵設備は、前記燃料プールの床面に、前記燃料貯蔵ラックまたは前記連結装置の少なくとも一方の載置位置を標す指標が施されていることを特徴とする。

【0020】

この燃料貯蔵設備によれば、指標により、燃料貯蔵ラックの変位を確認することができ、かつ変位した燃料貯蔵ラックを元あった位置に戻すときの目印となって燃料貯蔵ラックの戻し作業を容易にすることができる。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、燃料の貯蔵容量の減少を防ぎつつ、燃料貯蔵ラック同士を連結することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の斜視図である。

【図2】図2は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の平面図である。

【図 3】図 3 は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の使用状態の斜視図である。

【図 4】図 4 は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の使用状態の平面図である。

【図 5】図 5 は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵設備の平断面図である。

【図 6】図 6 は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵設備の側断面図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵設備における緩衝体の斜視図である。

【図 8】図 8 は、本発明の実施形態に係る燃料貯蔵設備における指標を示す平面図である。

。

【図 9】図 9 は、原子力発電プラントを示す概略構成図である。

10

【図 10】図 10 は、原子炉格納容器を示す概略図である。

【図 11】図 11 は、燃料貯蔵ラックを示す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下に、本発明に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、下記実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。

【0024】

本実施形態の燃料貯蔵設備は、原子力発電プラントにおいて適用される。図 9 は、原子力発電プラントを示す概略構成図であり、図 10 は、原子炉格納容器を示す概略図であり、図 11 は、燃料貯蔵ラックを示す斜視図である。

20

【0025】

本実施形態において、原子力発電プラントは、例えば、図 9 に示すように、加圧水型原子炉（PWR：Pressurized Water Reactor）112 が適用される。加圧水型原子炉 112 は、軽水を原子炉冷却材および中性子減速材として使用し、一次系全体にわたって沸騰しない高温高压水とし、この高温高压水を蒸気発生器に送って熱交換により蒸気を発生させ、この蒸気をタービン発電機へ送って発電する。

【0026】

この加圧水型原子炉 112 を有する原子力発電プラントにおいて、原子炉格納容器 111 の内部に、加圧水型原子炉 112 および蒸気発生器 113 が格納されている。加圧水型原子炉 112 と蒸気発生器 113 とは、冷却水配管 114、115 を介して連結されている。冷却水配管 114 は、加圧器 116 が設けられ、冷却水配管 115 は、冷却水ポンプ 117 が設けられている。この場合、減速材および一次冷却水として軽水を用い、炉心部における一次冷却水の沸騰を抑制するために、一次冷却系統は加圧器 116 により 160 気圧程度の高圧状態を維持するように制御している。従って、加圧水型原子炉 112 にて、燃料として低濃縮ウランまたは MOX により一次冷却水としての軽水が加熱され、高温の一次冷却水が加圧器 116 により所定の高圧に維持された状態で冷却水配管 114 を通して蒸気発生器 113 に送られる。この蒸気発生器 113 では、高圧高温の一次冷却水と二次冷却水との間で熱交換が行われ、冷やされた一次冷却水は冷却水配管 115 を通して加圧水型原子炉 112 に戻される。

30

40

【0027】

蒸気発生器 113 は、原子炉格納容器 111 の外部に設けられたタービン 118 および復水器 119 と冷却水配管 120、121 を介して連結されており、冷却水配管 121 に給水ポンプ 122 が設けられている。また、タービン 118 は、発電機 123 が接続され、復水器 119 は、冷却水（例えば、海水）を給排する取水管 124 および排水管 125 が連結されている。従って、蒸気発生器 113 にて、高圧高温の一次冷却水と熱交換を行って生成された蒸気は、冷却水配管 120 を通してタービン 118 に送られ、この蒸気によりタービン 118 を駆動して発電機 123 により発電を行う。タービン 118 を駆動した蒸気は、復水器 119 で冷却された後、冷却水配管 121 を通して蒸気発生器 113 に戻される。

50

【0028】

このように構成された原子力発電プラントにおいて、原子炉格納容器111は、図10に示すように、その内部に、上述した加圧水型原子炉112、蒸気発生器113、加圧器116などが収容されている。また、原子炉格納容器111に隣接して燃料取扱建屋130が設置され、この燃料取扱建屋130に燃料貯蔵設備131が設けられている。

【0029】

燃料貯蔵設備131は、コンクリート製で床面132aおよび内壁面132bがステンレス製のライニング板で防水被覆された燃料プール132を有している。燃料プール132は、平面視で矩形状の床面132aの4辺に、内壁面132bが垂直に立設するように形成されている。この燃料プール132の内部に燃料貯蔵ラック133が設置される。燃料貯蔵ラック133は、加圧水型原子炉112で使用された使用済または未使用の燃料134（図11参照）を一時的に貯蔵するものである。

10

【0030】

燃料貯蔵ラック133は、図11に示すように、鋼製または非鉄金属からなる底付の四角筒形状をなして上方が開口する収納部133aを有する。収納部133aは、その内部に、ボロンを添加したステンレス鋼またはアルミニウムからなる四角管形状のセル133bが均等間隔で複数配置され、溶接などの適宜な手段により固定されている。そして、各セル133bの内部に、燃料134が鉛直方向に沿って上方から挿入される。また、燃料貯蔵ラック133は、収納部133aの下部に複数の脚部133c（図示は省略するが、下端はネジにより伸縮可能なもの）が装着されており、この各脚部133cにより燃料プール132の床面132aに載置される。なお、燃料134は、図11に示すように、複数の燃料棒134aが支持格子134bにより纏められた状態で支持された燃料集合体として構成されている。

20

【0031】

この燃料貯蔵設備131では、燃料134が収容された燃料貯蔵ラック133は、燃料プール132の内部に満たされた水の中で保管される。このため、燃料134は、水中で燃料棒134aの崩壊熱が除去されて冷却されるとともに、燃料棒134aから放射される放射線が水によって遮蔽されながら貯蔵される。また、燃料棒134aから中性子が放出されるが、燃料貯蔵ラック133は、セル133bがボロンを添加したステンレス鋼またはアルミニウムにより形成されているため、燃料棒134aから放出される中性子は、燃料貯蔵ラック133によって吸収される。さらに、燃料棒134aからガンマ線が放射されるが、燃料貯蔵ラック133が配設される燃料プール132は、コンクリート製であるため、燃料棒134aから放射されたガンマ線は、燃料プール132によって遮蔽される。

30

【0032】

図1は、本実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の斜視図であり、図2は、本実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の平面図であり、図3は、本実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の使用状態の斜視図であり、図4は、本実施形態に係る燃料貯蔵ラック連結装置の使用状態の平面図である。

【0033】

上述した燃料貯蔵設備131において、燃料貯蔵ラック133は、燃料プール132の内部にて、燃料プール132の内壁面132b（図2参照）との間に所定の隙間が確保された形態で、所定の隙間をもって複数配置される。本実施形態の燃料貯蔵ラック連結装置（以下、連結装置という）1は、これら複数の燃料貯蔵ラック133を連結するためのものである。

40

【0034】

連結装置1は、鋼製または非鉄金属からなり、図1に示すように、枠体2と、支柱3とを含み構成されている。枠体2は、外枠部材21および棧部材22により形成されている。外枠部材21は、図2に示すように、燃料プール132の内壁面132bに対して間隔を有するように、板材が矩形状に組まれた枠として形成されている。棧部材22は、板材

50

が外枠部材 2 1 の枠の内部で、平面視で縦横に掛け渡して互いに交差するように取り付けられ、外枠部材 2 1 とともに格子状に形成されている。支柱 3 は、図 1 に示すように、少なくとも 2 つの枠体 2 を上下に配置した状態で、各枠体 2 を連結して支持するように、断面 L 字形の型材が上下方向に延在して設けられたもので、少なくとも外枠部材 2 1 の 4 隅に取り付けられている。支柱 3 は、最も下に配置される枠体 2 のさらに下方に延在し、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a に載置される脚をなす。なお、図には明示しないが、各支柱 3 の水平方向の間で上下の枠体 2 を斜めに連結することで、連結装置 1 全体を補強する補強部材を設けてもよい。

【0035】

この連結装置 1 は、各枠体 2 の外枠部材 2 1 や棧部材 2 2 により上下方向に開口する個々の矩形枠内に、図 3 および図 4 に示すように燃料貯蔵ラック 1 3 3 がそれぞれ挿入される。外枠部材 2 1 や棧部材 2 2 により形成される矩形枠は、その寸法が燃料貯蔵ラック 1 3 3 の平面視の外径に合わせて形成されている。このため、各燃料貯蔵ラック 1 3 3 は、周囲が上下の枠体 2 に囲まれて動きを拘束されることにより相互に連結される。また、各燃料貯蔵ラック 1 3 3 は、自身の脚部 1 3 3 c で燃料プール 1 3 2 内の床面 1 3 2 a に載置される。

【0036】

このように、本実施形態の連結装置 1 は、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に対して間隔を有する外枠部材 2 1 の内側で複数の棧部材 2 2 が交差して取り付けられて格子状に形成された枠体 2 と、少なくとも 2 つの枠体 2 を上下に配置した状態で支持するとともに燃料プール 1 3 2 内の床面 1 3 2 a に載置される脚をなす複数の支柱 3 と、を備え、枠体 2 の外枠部材 2 1 や棧部材 2 2 により形成される個々の枠内に燃料貯蔵ラック 1 3 3 が上方からそれぞれ挿入されることで各燃料貯蔵ラック 1 3 3 が連結されるものである。

【0037】

この連結装置 1 によれば、各燃料貯蔵ラック 1 3 3 が連結されることで、地震発生時に燃料貯蔵ラック 1 3 3 が個別に移動することがなく、燃料貯蔵ラック 1 3 3 同士が衝突することがない。さらに、地震発生時に作用する水平力を水の流体付加減衰効果とともに、燃料貯蔵ラック 1 3 3 の滑動によって吸収するため、燃料貯蔵ラック 1 3 3 が燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に衝突することを抑制するので、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に設けられたライニング板が損傷する事態や、燃料プール 1 3 2 の躯体が損傷する事態を防ぐことが可能になる。

【0038】

特に、この連結装置 1 によれば、枠体 2 により各燃料貯蔵ラック 1 3 3 の周囲を囲むことで各燃料貯蔵ラック 1 3 3 を連結するため、各燃料貯蔵ラック 1 3 3 の外周側部に相互を連結する構成を取り付ける場合と比較し、局所的な応力集中を招くことがなく小型（薄い板材）で構成することができるので、隣接する燃料貯蔵ラック 1 3 3 の間隔を小さくすることが可能になる。この結果、燃料貯蔵ラック 1 3 3 を小さくする必要がなくなるため、燃料 1 3 4 の貯蔵容量の減少を防ぎつつ、燃料貯蔵ラック 1 3 3 同士を連結することが可能になる。

【0039】

また、本実施の形態の燃料貯蔵設備 1 3 1 は、上述したように、燃料プール 1 3 2 と、燃料 1 3 4 を鉛直方向に沿って上方から挿入可能なセル 1 3 3 b が複数配置された収納部 1 3 3 a を有して燃料プール 1 3 2 内の床面 1 3 2 a に載置される複数の燃料貯蔵ラック 1 3 3 と、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に対して間隔を有する外枠部材 2 1 の内側で複数の棧部材 2 2 が交差して取り付けられて格子状に形成された枠体 2、および少なくとも 2 つの枠体 2 を上下に配置した状態で支持するとともに燃料プール 1 3 2 内の床面 1 3 2 a に載置される脚をなす複数の支柱 3 を有して枠体 2 の外枠部材 2 1 や棧部材 2 2 により形成される個々の枠内に燃料貯蔵ラック 1 3 3 が上方からそれぞれ挿入されることで各燃料貯蔵ラック 1 3 3 が連結される連結装置 1 と、を備える。

【0040】

この燃料貯蔵設備 1 3 1 によれば、連結装置 1 の枠体 2 により各燃料貯蔵ラック 1 3 3 の周囲を囲むことで各燃料貯蔵ラック 1 3 3 を連結するため、各燃料貯蔵ラック 1 3 3 の外周側部に相互を連結する構成を取り付ける場合と比較し、局所的な応力集中を招くことなく小型（薄い板材）で構成することができるので、隣接する燃料貯蔵ラック 1 3 3 の間隔を小さくすることが可能になる。この結果、燃料貯蔵ラック 1 3 3 を小さくする必要がなくなるため、燃料 1 3 4 の貯蔵容量の減少を防ぎつつ、燃料貯蔵ラック 1 3 3 同士を連結して載置することが可能になる。なお、燃料貯蔵ラック 1 3 3 の最外周面に収納部 1 3 3 a の側壁を有さない構造にすれば、燃料貯蔵ラック 1 3 3 の間隔をさらに小さくすることもできる。また、連結装置 1 の支柱 3 へは、外面に、燃料貯蔵ラック 1 3 3 に取り付いている脚部 1 3 3 c に類似の脚部を取り付けてもよい。

10

【0041】

図 5 は、本実施形態に係る燃料貯蔵設備の平断面図であり、図 6 は、本実施形態に係る燃料貯蔵設備の側断面図であり、図 7 は、本実施形態に係る燃料貯蔵設備における緩衝体の斜視図である。

【0042】

図 5 および図 6 に示すように、本実施形態の燃料貯蔵設備 1 3 1 は、緩衝体 4 を備える。緩衝体 4 は、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b と連結装置 1 とに開口側を向けて配置される多孔材として構成されている。

【0043】

具体的に、緩衝体 4 は、銅製またはアルミニウムその他の非鉄金属（合金）からなり、図 5 および図 6 に示すように、筒体 4 a を上下左右に複数積み重ねて多孔材を構成したもので、各筒体 4 a の開口が燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b と連結装置 1 とに向くように、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に添えて取り付けられ、上述した連結装置 1 の流体付加減衰効果を確保するために連結装置 1 と間隔を空けて設けられる。筒体 4 a は、相互を溶接、ボルト締め、またはリベットなどの適宜手段で連結される。また、筒体 4 a は、図 7 に示すように六角形の筒として構成されていることが好ましく、これによりハニカム構造となり所定の剛性が得られる。なお、筒体 4 a は、六角形の筒に限らず、例えば、円筒、楕円筒、多角形筒（三角形筒や四角形筒など）、放射形筒（三ツ矢形筒や十字形筒など）、星形筒などであってもよい。なお、緩衝体 4 は、多孔材を構成するにあたり、波状に折り曲げられた板材を溶接、ボルト締め、またはリベットなどの適宜手段で連結して組み合わせたもの、または、平板あるいは波板を井桁状に組み合わせたものであってもよい。燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に設けられたライニング板が損傷する事態を防止するため、筒体 4 a の燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b 側には板材 4 b を設ける。

20

30

【0044】

この緩衝体 4 は、連結装置 1 が想定以上に水平方向に移動した場合、連結装置 1 の衝突により変形することで衝突エネルギーを吸収し、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b への衝撃を緩和する。これにより、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に設けられたライニング板が損傷する事態を防ぐ。さらに、緩衝体 4 は、連結装置 1 の衝突により変形することで衝突エネルギーを吸収し、燃料プール 1 3 2 を形成するコンクリート躯体へ地震荷重の伝播を遮断するため、コンクリート躯体をも保護することが可能である。なお、緩衝体 4 は、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に取り付けられていることに限らず、連結装置 1 に取り付けられていてもよい。この場合、緩衝体 4 は、上述した連結装置 1 の流体付加減衰効果を確保するために燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b と間隔を空けて設けられる。

40

【0045】

このように、本実施形態の燃料貯蔵設備 1 3 1 は、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b と連結装置 1 との間の間隔に配置され、いずれか一方に対して隙間を空けていずれか他方に取り付けられ、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b と連結装置 1 とに開口側を向けて配置される多孔材からなる緩衝体 4 を備える。

【0046】

この燃料貯蔵設備 1 3 1 によれば、連結装置 1 が想定以上に水平方向に移動した場合、

50

連結装置 1 の衝突に対して燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b への衝撃を緩和し、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b に設けられたライニング板および燃料プール 1 3 2 のコンクリート躯体を保護することが可能になる。

【0047】

なお、図には明示しないが、緩衝体 4 は、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a と連結装置 1 とに開口側を向けて配置される多孔材からなり、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a に配置されるように設けられてもよい。この場合、地震発生時に連結装置 1 が上方に浮き上がった場合、緩衝体 4 が連結装置 1 の落下により変形することで衝突エネルギーを吸収し、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a への衝撃を緩和する。これにより、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a に設けられたライニング板が損傷する事態を防ぐことが可能になる。さらに、緩衝体 4 は、連結装置 1 の衝突により変形することで衝突エネルギーを吸収し、燃料プール 1 3 2 を形成するコンクリート躯体へ地震荷重の伝播を遮断するため、コンクリート躯体をも保護することが可能である。この場合、緩衝体 4 は、通常時に、燃料 1 3 4、燃料貯蔵ラック 1 3 3 および転結装置 1 を含む重量を支える強度を備える。

【0048】

また、緩衝体 4 は、孔内に、ホウ酸、炭化ホウ素、ホウ酸水などのホウ素化合物、またはガドリニウム、あるいはカドミウムなどの化合物からなる中性子吸収材を配置することが好ましい。この場合、中性子吸収材を孔内に充填するため、図 7 に示すように孔を閉塞する板材 4 c を設ける。板材 4 c は、全ての孔でなく中性子吸収材を充填する孔のみを塞ぐものであればよい。なお、板材 4 c を用いる場合、多孔材をなす各筒体 4 a の一部を連結せずに間隔を空けてもよい。

【0049】

このように、緩衝体 4 の孔内に中性子吸収材を配置することで、緩衝体 4 において燃料 1 3 4（燃料棒 1 3 4 a）から放出される中性子を吸収することが可能になる。なお、中性子吸収材に換えて銅塊、銅球などからなる放射線（特に、ガンマ線）遮蔽材を配置するか、もしくは中性子吸収材とガンマ線遮蔽材の混合物を配置してもよい。ガンマ線遮蔽材は、燃料 1 3 4（燃料棒 1 3 4 a）から放出されるガンマ線を遮蔽するため、燃料プール 1 3 2 を形成するコンクリート躯体に含まれる水が温度上昇して蒸発するのを防ぐ。また、緩衝体 4 の孔内に水を単独にて、あるいは中性子吸収材またはガンマ線遮蔽材と混合して配置すれば、燃料 1 3 4（燃料棒 1 3 4 a）が溶融した際に燃料 1 3 4（燃料棒 1 3 4 a）の冷却を補助する。緩衝体 4 の筒体 4 a は、内部を板で（好ましくは鉛直方向に）間仕切りして複数個の区画を形成し、それぞれの区画に中性子吸収材、ガンマ線遮蔽材、冷却水などを分散して配置してもよい。

【0050】

図 8 は、本実施形態に係る燃料貯蔵設備における指標を示す平面図である。図 8（a）および図 8（b）に示すように、本実施形態の燃料貯蔵設備 1 3 1 は、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a に、燃料貯蔵ラック 1 3 3 または連結装置 1 の少なくとも一方の載置位置を標す指標 5 が施されていることが好ましい。図 8（a）においては、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a に、燃料貯蔵ラック 1 3 3 および連結装置 1 の載置位置を標す指標 5 として、燃料貯蔵ラック 1 3 3 の脚部 1 3 3 c の外径を囲む罫書き線、および連結装置 1 の脚となる支柱 3 の外径に沿う罫書き線が描かれている。指標 5 は、燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a のライニング板に対し、燃料貯蔵ラック 1 3 3 または連結装置 1 の当初の設置エリアと、その他のエリアに対して表面粗度を違えてコントラストをつけたり、ライニング板に色を付けてエッチングしてコントラストをつけたりしてもよい。なお、緩衝体 4 が燃料プール 1 3 2 の床面 1 3 2 a に設けられる場合は、緩衝体 4 に指標 5 が施される。

【0051】

この燃料貯蔵設備 1 3 1 によれば、指標 5 により、図 8（b）に示すように、燃料貯蔵ラック 1 3 3 の変位（変位後の位置を 2 点鎖線で示す）を確認することが可能になり、かつ変位した燃料貯蔵ラック 1 3 3 を元あった位置に戻すときの目印となって燃料貯蔵ラック 1 3 3 の戻し作業を容易にすることが可能になる。燃料貯蔵ラック 1 3 3 を元あった位

置に戻すには、燃料プール 1 3 2 の内壁面 1 3 2 b 側と、連結装置 1 または燃料貯蔵ラック 1 3 3 との間にジャッキを挿入し、このジャッキにより連結装置 1 および燃料貯蔵ラック 1 3 3 を指標 5 の位置まで戻す。

【符号の説明】

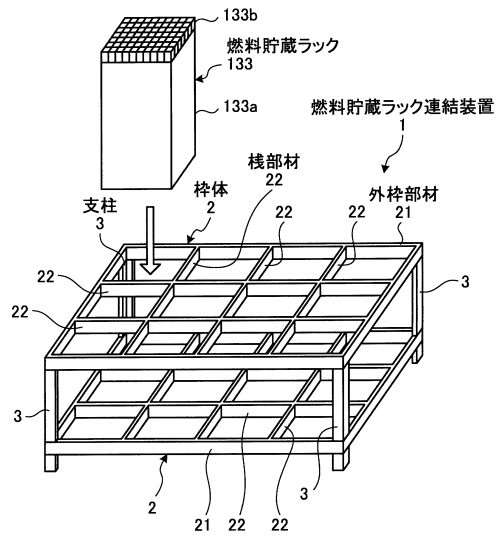
【0 0 5 2】

- 1 燃料貯蔵ラック連結装置
- 2 枠体
- 2 1 外枠部材
- 2 2 枠部材
- 3 支柱
- 4 緩衝体
- 4 a 筒体
- 4 b 板材
- 4 c 板材
- 5 指標
- 1 3 1 燃料貯蔵設備
- 1 3 2 燃料プール
- 1 3 2 a 床面
- 1 3 2 b 内壁面
- 1 3 3 燃料貯蔵ラック
- 1 3 3 a 収納部
- 1 3 3 b セル
- 1 3 3 c 脚部
- 1 3 4 燃料
- 1 3 4 a 燃料棒
- 1 3 4 b 支持格子

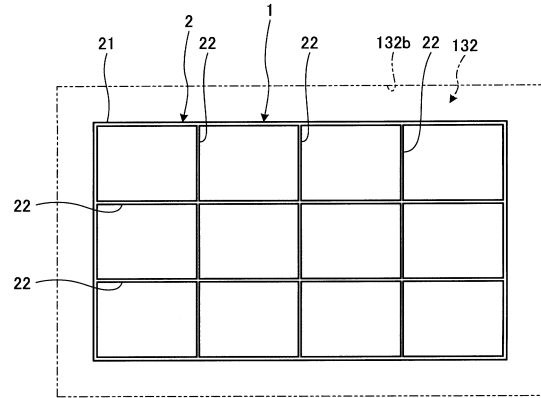
10

20

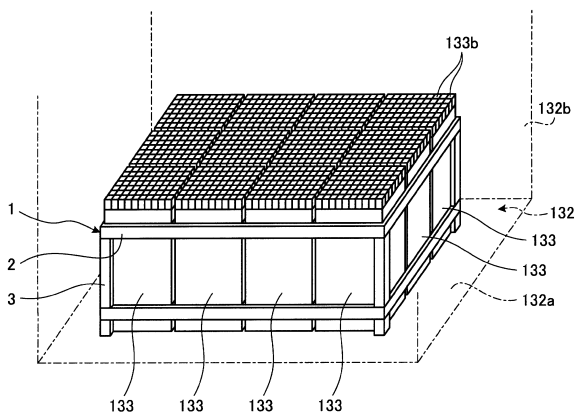
【図 1】



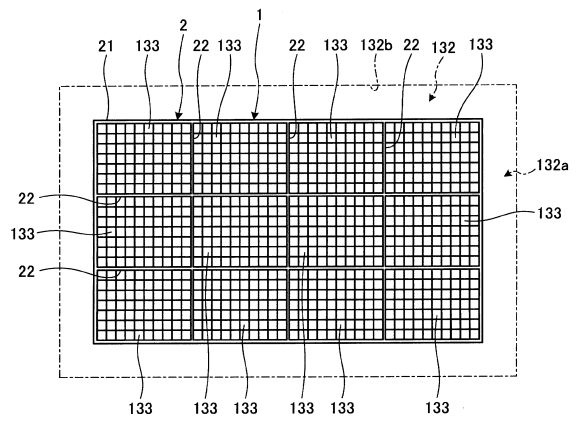
【図 2】



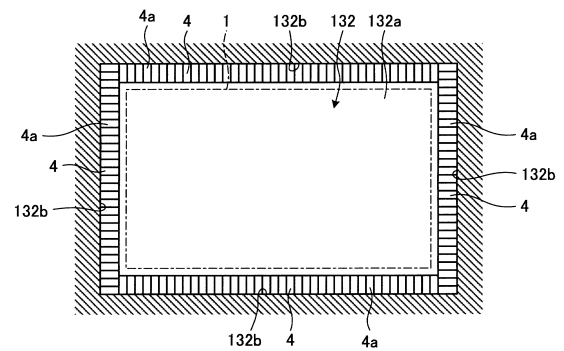
【図 3】



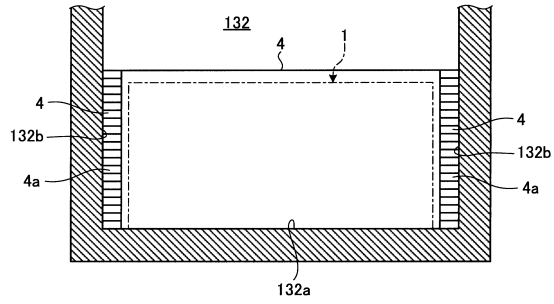
【図 4】



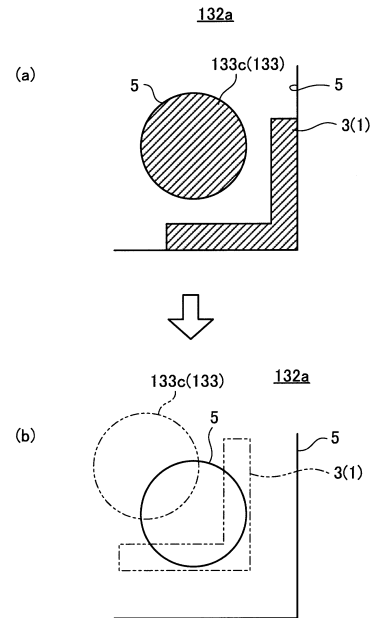
【図 5】



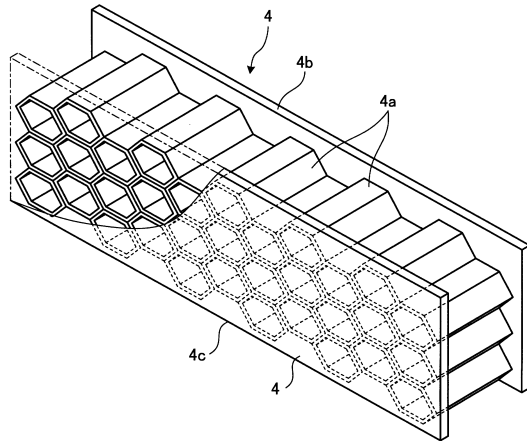
【図 6】



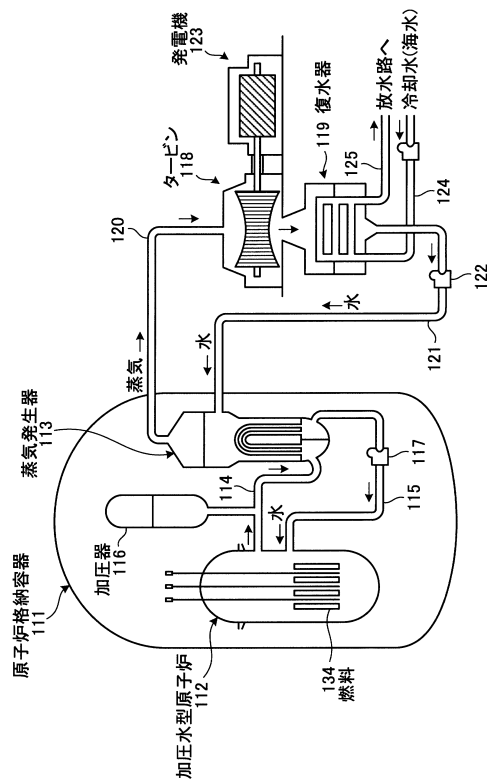
【図 8】



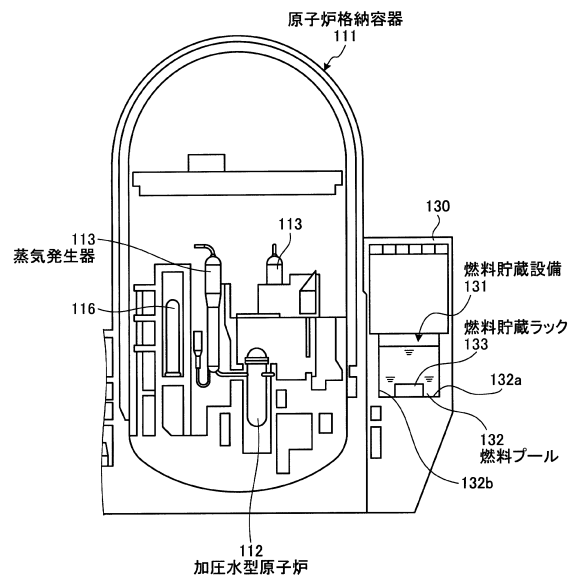
【図 7】



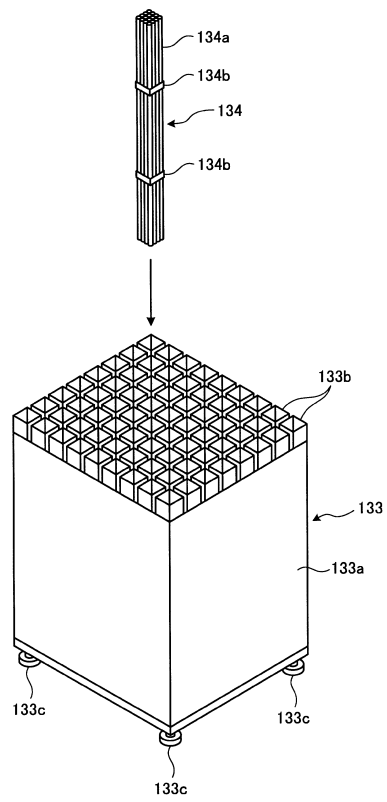
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-109302 (JP, A)
特開2006-162595 (JP, A)
特開平10-274691 (JP, A)
特開昭57-149637 (JP, A)
特開平11-351306 (JP, A)
特開2006-053014 (JP, A)
特開平10-339791 (JP, A)
特開2011-058877 (JP, A)
特開2012-073136 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G21C 19/06
G21C 19/07