

Sajtóközlemény a japán földrengés atomerőművekre gyakorolt hatásáról

Dr. Aszódi Attila, BME NTI

Budapest, 2011. 03. 12.

www.reak.bme.hu/aszodi

A Japánban 2011. március 11-én bekövetkezett rendkívüli erejű földrengés fontos infrastruktúrák lerombolása mellett három japán atomerőművi telephelyet érintett komolyabban. A földrengés erősségével kapcsolatos hírek most azt mutatják, hogy Japán történetében még sosem volt ekkora erejű rengés, illetve további problémát okoz, hogy nem egyetlen rengésről, hanem egy nagyon hosszú, azóta is folytatódó rengéssorozatról van szó. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (www.iaea.org) és az USA geológiai szolgálata (www.usgs.org) által kiadott jelentés szerint az atomerőművi telephelyeken a földfelszíni maximális vízszintes gyorsulás $0,3g$ (kb. 3 m/s^2) értéket érhetett el, ami vélhetően kismértékben meghaladja az atomerőművek tervezése során figyelembe vett értéket.

A japán állami televízió 2011. március 12-i (budapesti idő szerinti reggeli) jelentése szerint van olyan japán földrengés-obszervatórium, amelynek GPS alapú mérései alapján az obszervatórium épülete 4 métert (!) mozdult el a földrengés hatására. Ilyen extrém nagy méretű vízszintes elmozdulások voltak az atomerőművek környékén is, ez pedig komoly károsodásokat okozhatott a környező infrastruktúrában, mint például a villamos hálózatban. Röviden tekintsük át az érintett atomerőművek állapotát. A dolog megértéséhez tudni kell, hogy az atomerőművet akkor tekintjük biztonságosnak, ha minden körülmények között, amit a tervezés során feltételeztek (így földrengés esetén is) lehetséges a reaktor leállítása, lehűtése és folyamatos hűtése, a radioaktív közegek kibocsátást pedig meg lehet akadályozni.

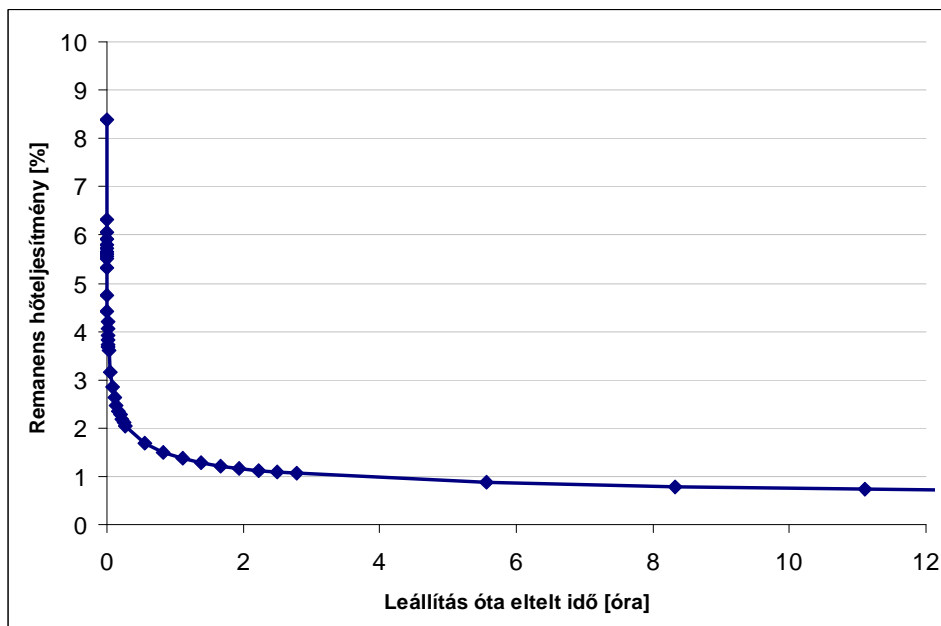
- Az Onagawa atomerőműben három darab forralóvizes reaktor működött, ezek automatikusan leálltak. Volt egy kisebb tűz, de ezt rövid időn belül eloltották. A rendelkezésünkre álló információk szerint a blokkok azóta biztonságos, leállított állapotban vannak.
- A Fukushima-Daini atomerőműben négy darab forralóvizes atomerőmű működött a földrengés idején, ezek automatikusan leálltak. A telephelyen az áramellátás rendben van, így a biztonsági rendszereket működtetni tudják. A reaktorokat hosszú távon is hűteni kell. A hűtés következtében nőtt a nyomás a hermetikus védőépületben, ami miatt úgy döntöttek, hogy mind a négy blokkon a védőépületben lévő levegő és gőz keverékének egy részét kiengedik a környezetbe. Nincs arról hír, hogy a reaktorok hűtőrendszere vagy az üzemanyaga megsérült volna, így a hermetikus védőépületek lefűtatása során számottevő radioaktivitás nem távozhat a környezetbe. A TEPCO vállalat jelentése szerint (<http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html>) a környezetben nem érzékelték a radioaktivitás szintjének növekedését. Elővigyázatosságból a telephely környékén a lakosság kitelepítését rendelték el.
- A Fukushima-Daiichi atomerőműben összesen 6 reaktorblokk van, ezek közül három karbantartáson állt a földrengés idején, melyeken nem tudunk problémáról. A három működő reaktor automatikusan leállt, és elindultak az üzemzavari rendszerek. A reaktorok hosszú távú hűtésében fontos szerepet játszanak az üzemzavari dízelgenerátorok, melyek mintegy egy órán keresztül ellátták feladatukat. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség jelentése szerint azonban kb. 1 órával az események kezdete után a dízelgenerátorok működésképtelenné váltak az erőművet elérő cunami miatt. Ezt követően a Fukushima-Daiichi atomerőmű 1. és 2. reaktoránál komoly hűtési problémák léptek fel. Kb. 9 órával a földrengés után 4 darab mobil dízelgenerátor érkezett a telephelyre, továbbiak odaszállítását tervezik légi úton. Mivel a helyzet további problémákkal fenyeget, először az erőmű 3 km-es, később a 10 km-es, majd a 20 km-es körzetéből kitelepítették a lakosságot, hogy megelőzzék a személyek dózisterhelését, ha jelentős radioaktív kibocsátás történne.

- A Fukushima-Daiichi 1. blokkon további nyomásnövekedést érzekelték a hermetikus védőépületben. Feltételezhető, hogy a hermetikus téren belül a reaktor hűtőrendszere megsérülhetett. További jelentések érkeztek arról, hogy a telephely környékén a környezetben a normál szintnél magasabb jód- és cézium aktivitást találtak. Ez arra utal, hogy a reaktorban üzemanyag pálca vagy pálcák megsérülhettek. Egyes hírekben kis mértékű üzemanyag olvadásáról is beszélnek, de erre önmagában abból a tényből, hogy jódot és céziumot mértek az erőmű körül, még nem lehet következtetni. Ez a szennyezés akkor is felléphet, ha üzemanyag burkolatsérülés keletkezett. Pénteken a nukleáris hírcsatornákon arról lehetett olvasni, hogy az 1. reaktorban a vízszint meglehetősen alacsony és fluktuál, ami arra utal, hogy az 1. reaktor hűtése nem volt folyamatos és elégséges. Ha a reaktor hűtését nem tudják hosszú távon biztosítani, és nagyméretű zónaolvadás következik be, akkor ez számottevő hidrogénfejlődéshez vezethet és a hermetikus védőépület sérülése sem kizárható. Ez komolyabb kibocsátást eredményezhet, de ennek európai kihatása nem lehet. Szombaton robbanás volt ezen a blokkon. Sajnos a hivatalos közlemények nem tartalmaznak annyi konkrét információt, hogy abból érteni lehessen, pontosan mi is történt. Vélhetően a reaktorban lévő üzemanyag burkolat egy része túlhevült, melynek következtében a vízgőzzel lezajlott reakcióban hidrogén keletkezett. A hermetikus védőépület lefúvatása során ez a hidrogén berobbanhatott, és megrongálta a hermetikus tér fölötti reaktorcsarnokot, de – a japán hivatalos közlések szerint – az elsődleges hermetikus védőépület nem károsodott.
- A Fukushima-Daiichi 2. blokkon a helyzet jobb, mint az 1. blokkon, de itt is problémái vannak az üzemeltetőknek. Az üzemeltető közleményeit úgy is lehet érteni, hogy a reaktor pontos állapotát nem ismeri, a reaktor vízszintről csak egy ideiglenes áramellátással rendelkező rendszeren keresztül vannak információik. A reaktorban a vízszint stabil, az üzemanyag hűtése tehát vélhetően rendben van. Itt is magas hermetikus védőépületi nyomásról számoltak be, amit a gőz-levegő keverék környezetbe engedésével lehet csökkenteni.

Összességében ki kell hangsúlyozni, hogy rendkívül nagy földrengés érte Japánt, melyet jelentős cunami (szökőár) követett. Azóta is – így többek között az atomerőművek üzemzavarainak kezelése közben – több mint húsz hatos magnitúdójúnál nagyobb utórengés következett be, melyek további műszaki problémákat okozhattak. A villamos- és gázhálózat, a vasúti rendszer, a közúti közlekedési utak súlyosan károsodtak. A természeti csapások következtében az atomerőművek terhelése – vélhetően – meghaladta azt a szintet, amit a tervezés során feltételeztek. Elképzelhető olyan eseménysor, amelynek során jelentős környezeti kibocsátás is lehet a Fukushima-Daiichi 1. vagy 2. blokkjából. Olyan nagyságú és hatású nukleáris baleset, mint ami 1986-ban Csernobilban történt, itt teljességgel kizárt. Az érintett japán atomerőművek forralóvizes reaktorok (BWR), melyekben nincs grafit, így nagy kiterjedésű tűz nem lehetséges. Fontos, hogy túl vagyunk az atomerőművi üzemzavarok első kritikus 24 óráján, a reaktorokból elszállítandó maradékhő jelentősen lecsökkent a reaktorok leállítása óta. Így ha van áram a telephelyen és be tudnak juttatni hűtővizet, a hőelvitel megoldható.

Háttérinformációk

Az atomreaktorok leállítása után sem szűnik meg az üzemanyagban a hőtermelés a hasadóanyagban lévő hasadási termékek bomlása miatt (ld. 1. ábra). A reaktor leállítása pillanatában a hőteljesítmény a névleges érték 7-8%-a, ami kb. 4 óra elteltével 1% alá, 2 nap után pedig 0,5% alá csökken. Ennek a hőnek az elvonása csak úgy lehetséges, ha az üzemzavari hűtőrendszerek vizet juttatnak a reaktorba, vagy hőcserélőkön keresztül a hermetikus védőépületből elszállítják a hőt.



1. ábra: Atomreaktorok remanens hőteljesítményének változása a leállítás után eltelt idő függvényében

A legnehezebb helyzetben lévő Fukushima-Daiichi 1. blokk 1971-ben lépett üzembe, a forralóvízes reaktorok ún. BWR/3-as sorozatának egyik első darabja (mai definíciónk szerint egy második generációs reaktor). A reaktortartályt egy acél konténment tartály veszi körül (ez a hermetikus védőépület első védvonal), amelyet egy betonszerkezet vesz körül (ez a hermetikus védőépület második védvonal). Ezeket arra méretezték, hogy a reaktor hűtőrendszerének sérülése esetén is bent tartsák a radioaktív gőzt. Ilyen esetekre nagy mennyiségű víz található a hermetikus védőépületben (pl. a 2. ábrán a tórusz alakú részben), ahova csöveken keresztül bejut a kiszabadult gőz, és ott kondenzálódik, ezzel csökkentve a hermetikus védőépületen belüli nyomást. Ha az üzemzavari hűtőrendszerek működnek, ebből a térrészből a hőt el tudják szállítani. Mivel az üzemzavari dízelgenerátorok a földrengést követő cunamiban megsérültek, ez a biztonsági funkció vélhetően nem állt rendelkezésre, emiatt nem tudták a hermetikus tér nyomását a szükséges korlátok között tartani ellenőrzött lefűtás nélkül.

A rendszer működését – erősen leegyszerűsítve – a 3. ábra mutatja sematikususan.

A normál üzemben az (1) reaktorban megtermelt gőz az (5) jelű vezetéken jut el a turbinába, ahol munkát végez és meghajtja a (8) generátort. A turbinából kilépő gőz a (9) hőcserélőben (kondenzátorban) lecsapódik, majd a kondenzátumot (egyéb, nem ábrázolt rendszereken keresztül) a (10) tápszivattyú juttatja vissza a reaktortartályba. (Felhívjuk rá a figyelmet, hogy az érintett japán reaktorok forralóvízes (BWR) típusúak, így a paksi

atomeróműben alkalmazott technológiától eltérően itt nincs primer és szekunder kör: a reaktorban gőz keletkezik, ami közvetlenül a turbánára áramlik.)

Amikor a földrengés bekövetkezett, az automatika a Fukushima-Daiichi 1. reaktort is leállította: a (6) főgőzszelep bezárt, a (7) turbina leállt. A keletkező hőt ilyenkor úgy lehet elszállítani a reaktorból, hogy a névleges üzeminél jóval kisebb mennyiségű gőzt a (22) üzemzavari hőcserélőkön keresztül kondenzálják, majd a kondenzátumot a (23) üzemzavari tápszivattyú juttatja vissza a reaktorba.

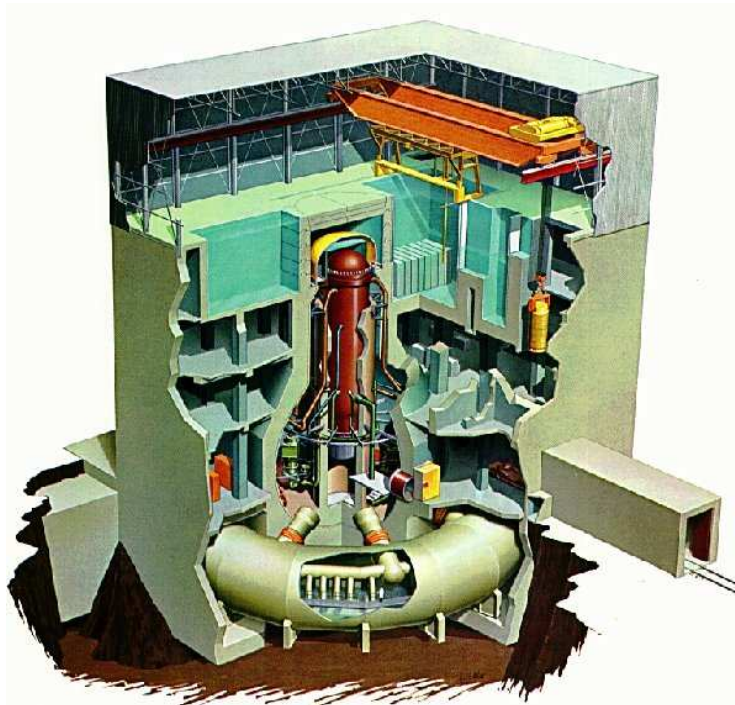
Mivel a telephely leszakadt a villamos hálózatról, a biztonsági rendszerek működtetéséhez rendben elindultak a dízelgenerátorok, a fenti hűtési funkció megindult. A telephelyet elérő extrém cunami azonban egy óra elteltével tönkretette az üzemzavari dízelgenerátorokat. A dízelek kiesése, az áramellátás megszűnése az üzemzavari hűtés megghiúsulásához vezetett. Ez nagyon súlyos esemény egy atomeróműben, hiszen az üzemzavari hűtőrendszereket redundánsan (megtöbbszörözve) építik be, ezeknek egyszerre történő tönkremenetelével nem számolnak a biztonsági elemzésekben. Itt vélhetően az óriási erejű földrengés, majd a nagy cunami mint két erős, közös okú hiba vezetett a redundáns biztonsági rendszerek működésképtelenségéhez. (Nem lehet jelenleg tudni, mi okozta az összes dízelgenerátor egyidejű tönkremenetelét; ezeket a rendszereket ezen a telephelyen kötelező volt cunamira méretezni, így feltételezhető, hogy a méretezési alapan szereplőnél nagyobb vagy más jellegű terhelések léptek fel.)

A külső áramellátás hiányában a hűtés nem lehetetlen, de sokkal bonyolultabb. A 3. ábrán (15) jellel szereplő vezetéken keresztül a reaktorban keletkező gőz a (17) medence vizében kondenzálható. Ez hosszú távra biztosítja a hűtést, azonban ezen a módon a reaktorban termelt hő ugyan kikerül a reaktortartályból, de a hermetikus védőépületen ((12) és (13) jelű szerkezet) belül marad. Ez vezethetett oda, hogy a hermetikus térben egy idő után a gőznyomás túl magas értékre nőtt, ami már veszélyeztette a (12) acél fal épségét. Ezért dönthetett úgy az üzemeltető, hogy csökkenti a hermetikus téri nyomást. Erre a (18) vezetéken keresztül a (19) konténment lefúvató szelep nyitásával nyílik lehetőség. Mivel a reaktor hűtővizében mindenképpen van radioaktivitás, ez a lefúvató feltétlenül radioaktív kibocsátással jár. Habár a kibocsátás ilyenkor korlátozott, de elővigyázatosságból a környezet kitelepítése teljesen indokolt.

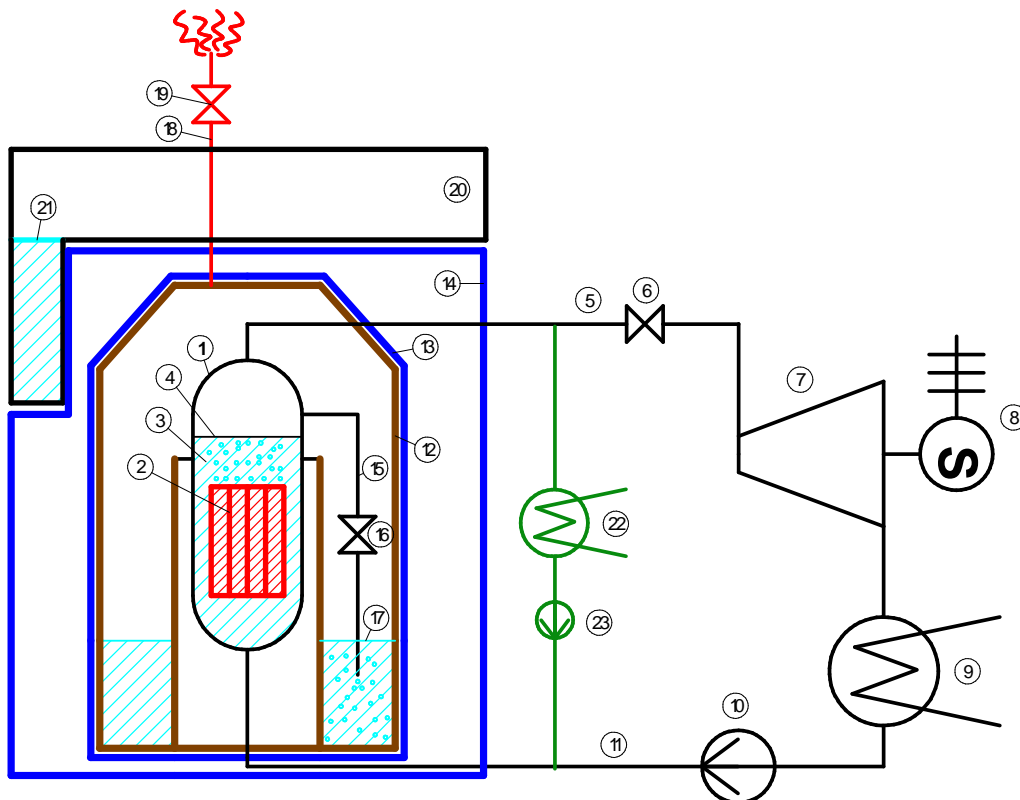
Mivel a mostani adataink szerint a Fukushima-Daiichi 1. blokkon az események súlyosabb lefolyást mutatnak, mint a többi blokkon, feltételezhető, hogy ennél a reaktornál még valami egyéb esemény nehezítette a földrengés következményeinek kezelését. Az üzemeltető egyértelmű közlésének hiányában nem tudjuk, de esetleg feltételezhető, hogy ennél a reaktornál a földrengés következtében a reaktor hűtésének technológiájában még valamilyen csőtöréses üzemzavar is bekövetkezett, aminek hatására a hűtés még komplikáltabbá vált. Ennek hatására az üzemanyag jobban felhevülhetett, így akár az üzemanyag egy részén a burkolat vízgőzös oxidációja is bekövetkezhetett, ami hidrogénfejlődéshez vezethetett. Feltételezhető, hogy a március 13., szombati robbanás akkor következhetett be, amikor a (18)-(19) lefúvatórendszeren keresztül a gőz a környezetbe távozott a hermetikus térből, és a gőzben lévő hidrogén keveredett a levegőben lévő oxigénnel.

A néhány interneten elérhető video és fényképfelvétel, valamint a japán kormány hivatalos közleménye alapján vélelmezzük, hogy a robbanás nem a (12) hermetikus védőépületi falon, és nem a (14) külső betonfalon belül, hanem a 3. ábrán (20) jellel szereplő reaktorcsarnokon belül következhetett be (ld. a 2. ábra jobb oldali képét is). A robbanás során tehát a (20) reaktorcsarnok fala dobódhatott le. Mivel ebből a csarnokból kezelik a kiégett kazetták (21) pihentető medencéjét, a robbanás a pihentető medencében tárolt üzemanyag sérülését is okozhatta. A radioaktív kibocsátást ez is magyarázhatja.

Reméljük, hogy a TEPCO japán üzemeltető cég vagy a japán kormány hivatalos közleményeiből hamarosan pontosabb képet kapunk az események lefolyásáról.



2. ábra: A Fukushima-Daiichi 1. blokk hermetikus védőépületének rajza, és egy fénykép az aktuális állapotról



3. ábra: A Fukushima-Daiichi 1. blokk sematikus rajza

- (1) reaktortartály; (2) üzemanyag-kazetták; (3) reaktor hűtővíz; (4) vízszint a reaktorban; (5) frissgőzvezeték; (6) főgőzszelep; (7) turbina; (8) generátor; (9) kondenzátor; (10) tápszivattyú; (11) tápvízvezeték; (12) hermetikus védőépület acél fala; (13) hermetikus védőépület első beton fala; (14) hermetikus védőépület külső beton fala; (15) reaktortartály üzemszabari lefűtató vezeték; (16) reaktortartály üzemszabari lefűtató szelep; (17) vizes akna; (18) konténment lefűtató vezeték; (19) konténment lefűtató szelep; (20) reaktorcsarnok; (21) pihentető medence