

建屋変動レベルの測定結果について



目次

- 建屋レベル測定のための目的
- 測定方法と誤差
- 建屋の支持地盤について
- 建屋レベルの経年変化
- 福島第一・第二の建屋レベルの経年変化
- 建屋傾斜の影響
- 結論

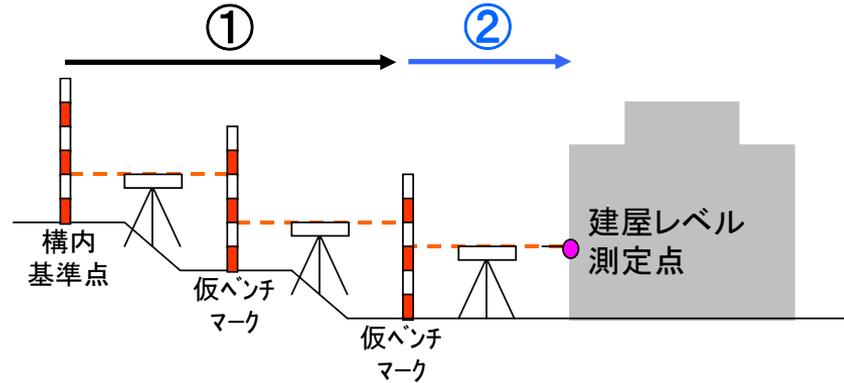
建屋レベル測定の実施

- 建屋を維持管理する手段として自主的に測定を実施
- 建屋レベルを継続的に測定することにより、有害な不同沈下等がないことを確認
- 建屋竣工後から継続的に実施

測定方法と誤差

■建屋レベル測定の実施目的

- ①建屋を維持管理するため建屋竣工後から継続的測定を実施(自主測定)
- ②建屋レベルを継続的に測定することにより有害な不同沈下等がないことを確認



■建屋レベルの測定方法

- ①構内基準点から仮ベンチマークの標高を測定
- ②最寄の仮ベンチマークから建屋レベルを測定

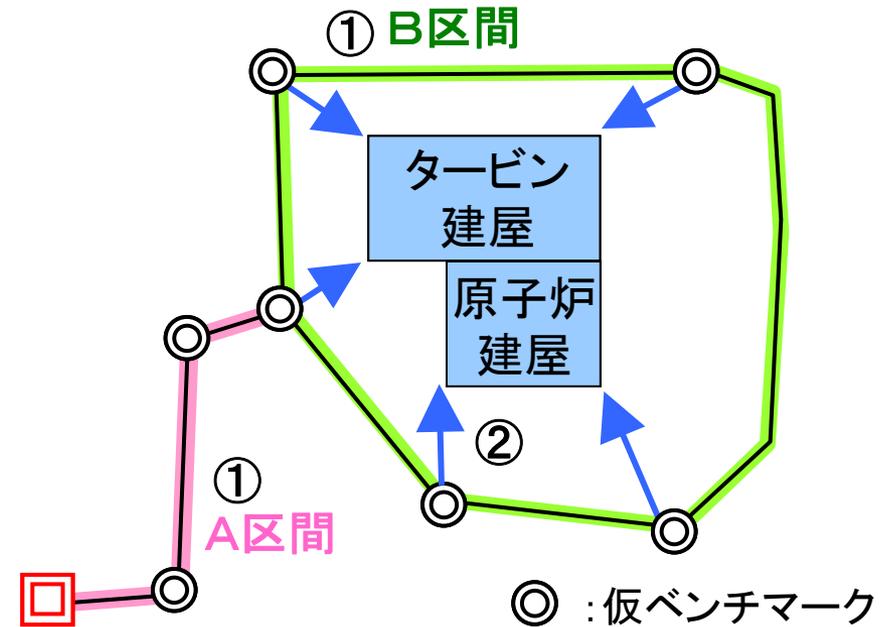
■誤差

2級水準測量にて実施

許容誤差(mm) = $5\sqrt{S}$, S: 測量距離(km)

測定誤差の例(1~4号機)

区間	距離(km)	誤差(mm)	許容誤差(mm)
A	0.636	-2.0	±3.9
B	2.256	-0.5	±7.5



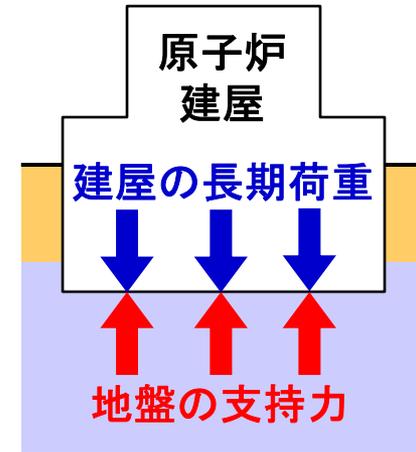
構内基準点

建屋レベル測量の概念

建屋の支持地盤について

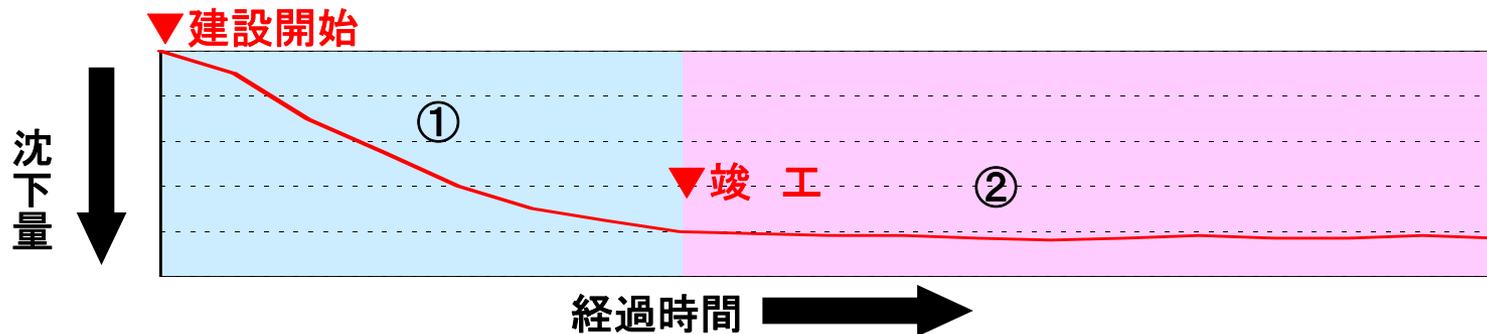
■地盤の支持力

	柏崎刈羽 原子力発電所 (西山層)	福島第一 原子力発電所 (富岡層)	福島第二 原子力発電所 (富岡層)	関東の 超高層ビル* (上総層群)
地盤の長期支持力 (A)	約4500kN/m ²	約6600kN/m ²	約5200kN/m ²	約1000kN/m ²
建屋の長期荷重(B)	約600kN/m ²	約410kN/m ²	約500kN/m ²	約500 ~1000kN/m ²
裕度(A/B)	約7倍	約16倍	約10倍	約1~2倍



*財団法人日本建築センター
ビルディングレター '07/1

■建屋の建設による地盤の変化



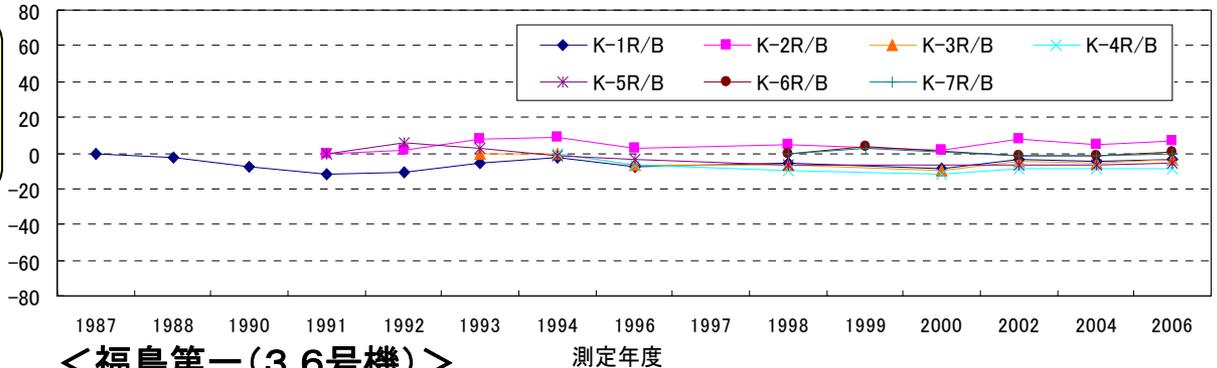
①建設開始～竣工
建屋の荷重を受け、
地盤が徐々に沈下する

②竣工後
地盤の沈下がほぼ収束する

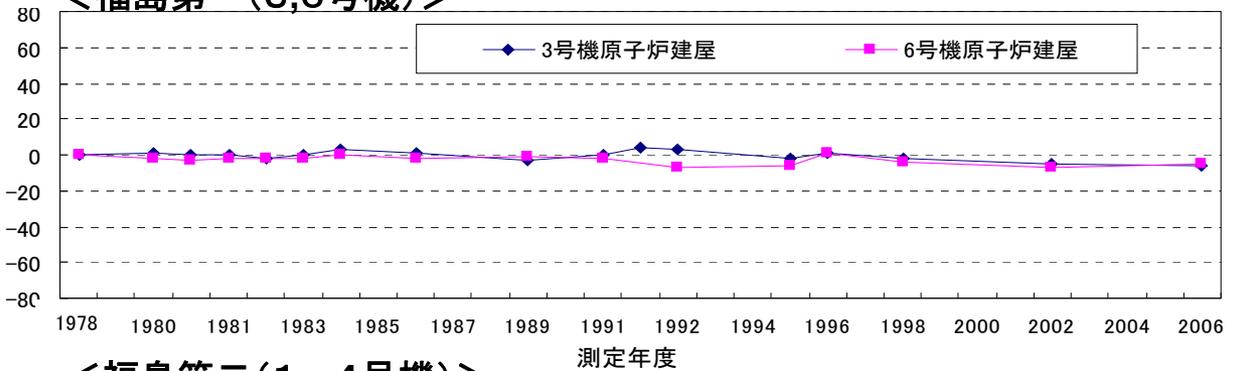
建屋レベルの経年変化(地震前)

- 建屋レベルの経年変化は小さく、その変動量は数mm程度
- 福島第一、第二も同様の傾向

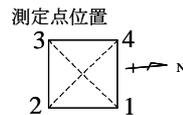
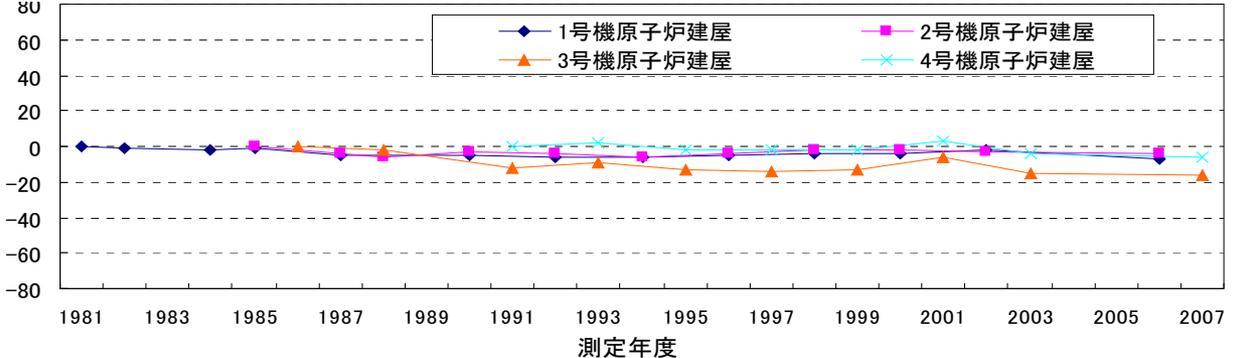
測定値mm <柏崎刈羽(1~7号機)>



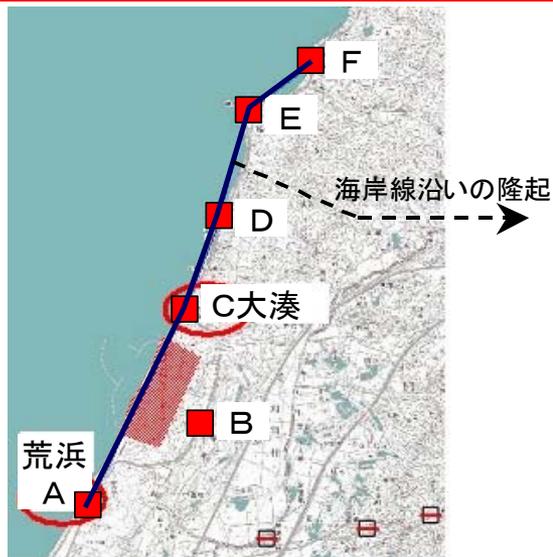
<福島第一(3,6号機)>



<福島第二(1~4号機)>



建屋レベルの全体的な変動量(地震前後)



水準点位置図

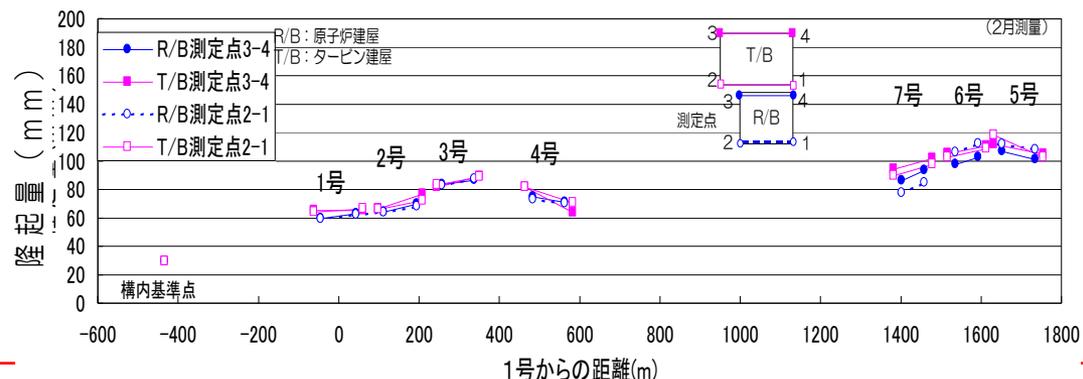
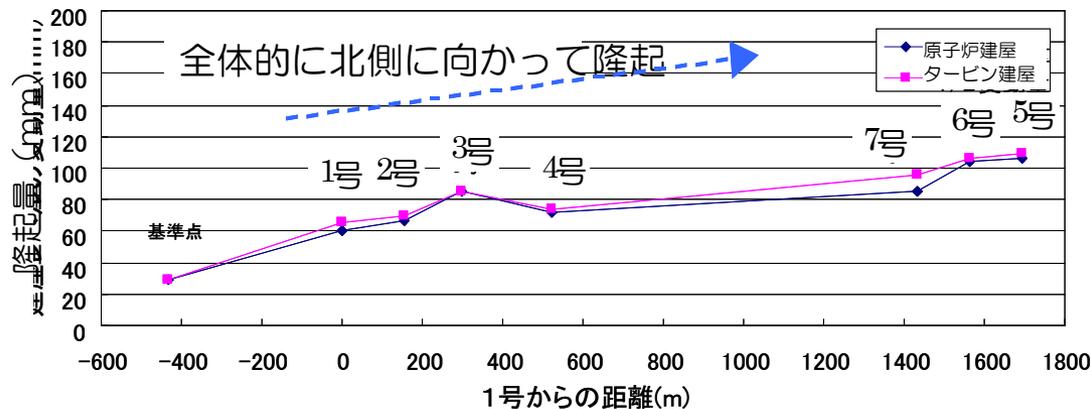
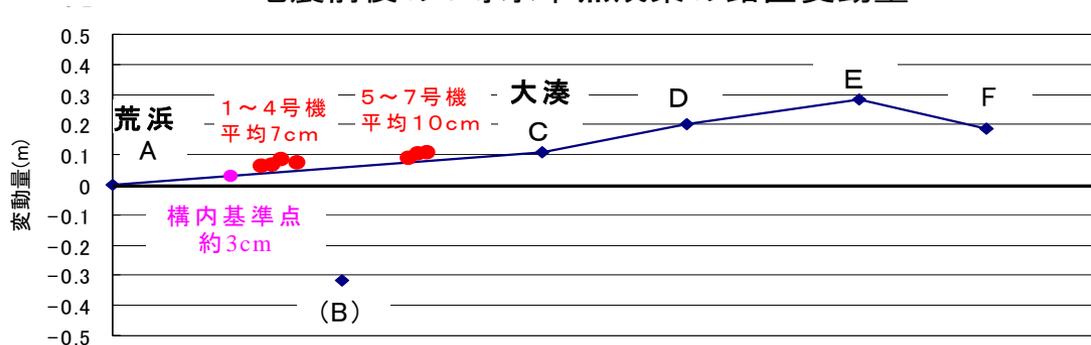
■地震前後の標高としては、1~4号機側で平均約7cm、5~7号機側で平均約10cm高くなっている。

■国土地理院による地震後の一等水準点の変動値と概ね整合

■建屋は地盤の隆起形状に従う方向に傾斜

■隆起量の変化は地盤物性の差異などによると推定

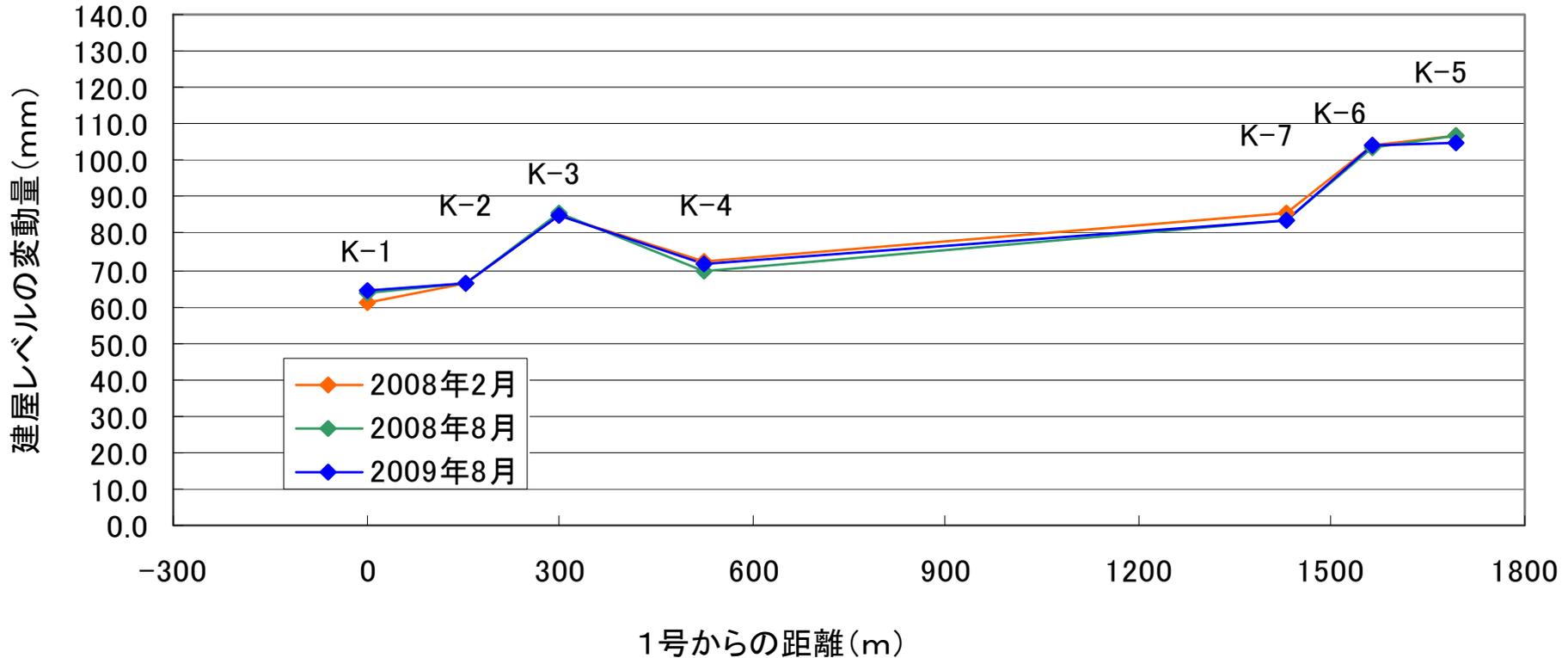
地震前後の1等水準点成果の鉛直変動量



(2006年5月の測量結果に対する2008年2月の測量結果の比較)

建屋レベルの変動量(原子炉建屋)

- 地震後の2008年2月・8月、2009年8月に建屋水準測量を実施
- 2008年2月から2009年8月にかけて、大きな変動は認められない

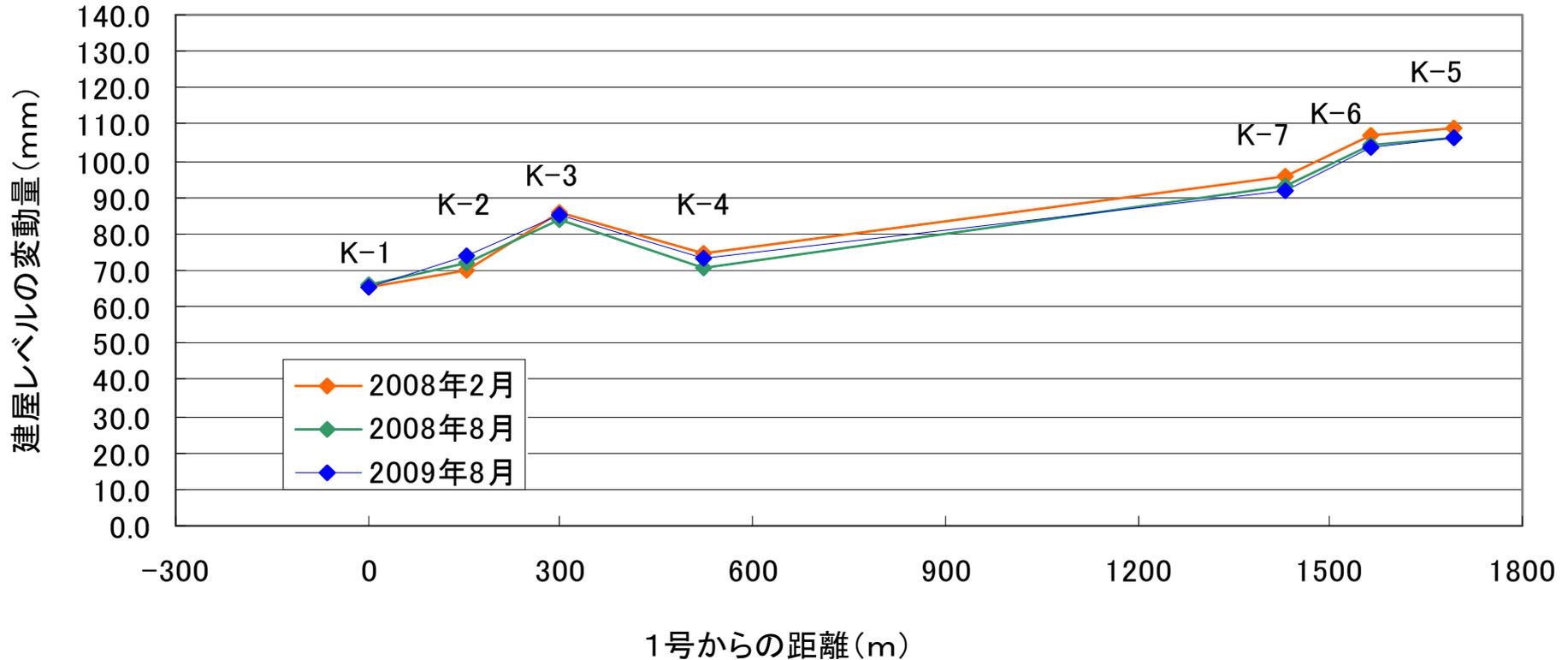


地震前のレベルに対する原子炉建屋の変動量

(2006年5月の測量結果に対する2008年2月、8月及び2009年8月の測量結果の比較)

建屋レベルの変動量(タービン建屋)

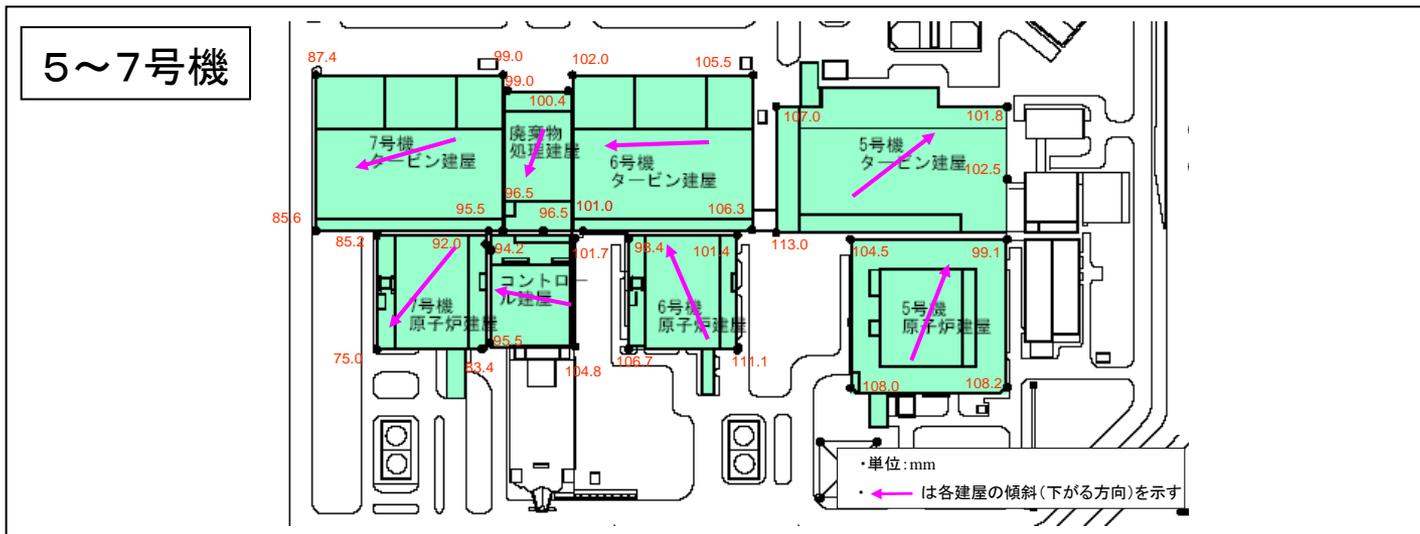
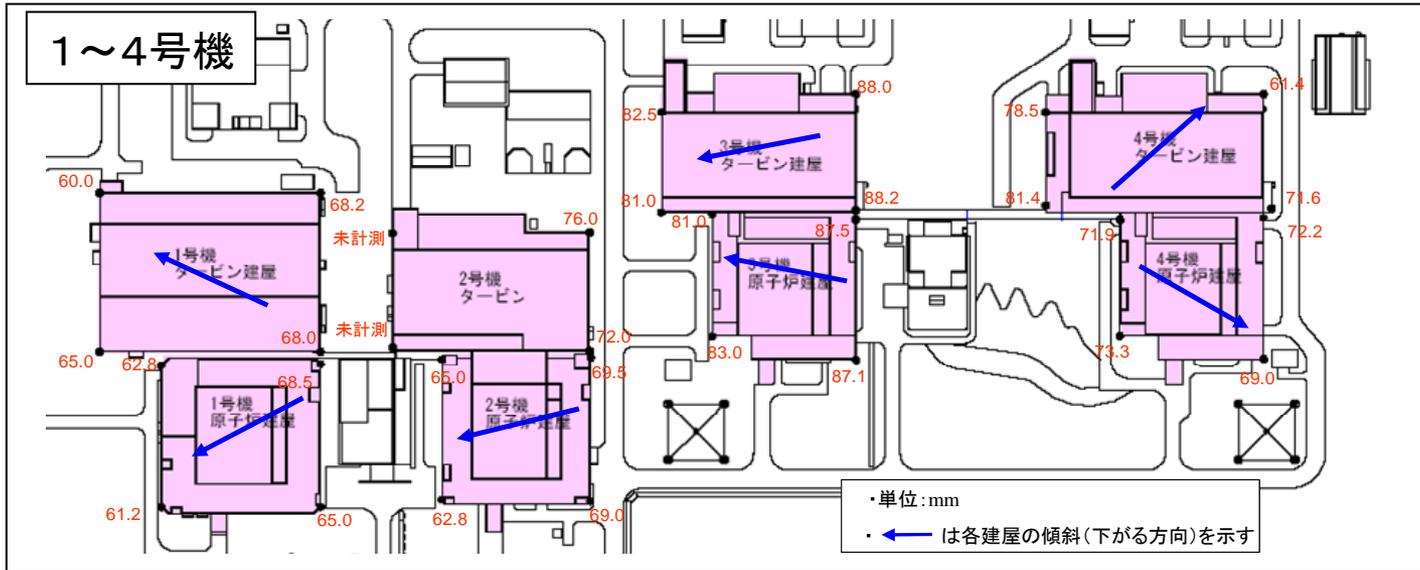
■ 2008年2月から2009年8月にかけて、大きな変動は認められない



地震前のレベルに対するタービン建屋の変動量

(2006年5月の測量結果に対する2008年2月、8月及び2009年8月の測量結果の比較)

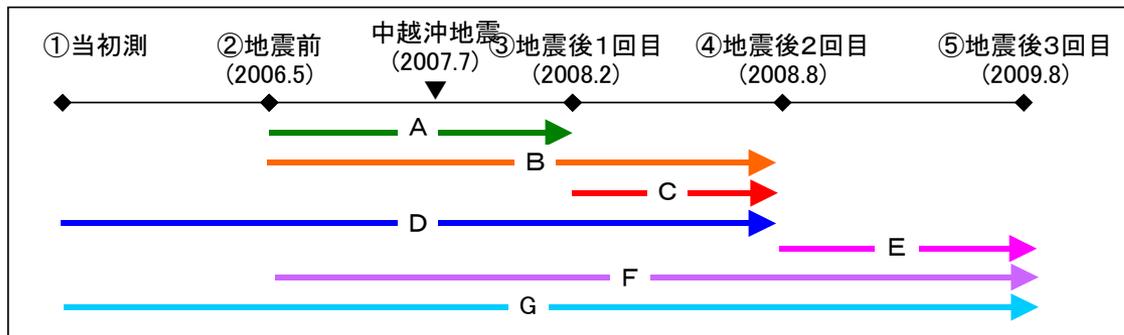
各建屋の傾斜方向



変動量は地震前（2006年5月）に対する地震後（2009年8月）の差分

建屋の傾斜量

号機	建屋名	A	B	C	D	E	F	G
		②地震前から ③地震後1回目の 傾斜変化最大値	②地震前から ④地震後2回目の 傾斜変化最大値	③地震後1回目から ④地震後2回目の 傾斜変化最大値	①当初測定時から ④地震後2回目の 傾斜変化最大値	④地震後2回目から ⑤地震後3回目の 傾斜変化最大値	②地震前から ⑤地震後3回目の 傾斜変化最大値	①当初測定時から ⑤地震後3回目の 傾斜変化最大値
		傾斜	傾斜	傾斜	傾斜	傾斜	傾斜	傾斜
1号機	原子炉建屋	約 1/ 25,000	約 1/ 51,000	約 1/ 29,000	約 1/ 16,000	約 1/ 16,000	約 1/ 15,400	約 1/ 27,000
	タービン建屋	約 1/ 53,000	約 1/ 36,000	約 1/ 34,000	約 1/ 10,000	約 1/ 24,000	約 1/ 14,800	約 1/ 10,000
2号機	原子炉建屋	約 1/ 14,000	約 1/ 12,000	約 1/ 27,000	約 1/ 12,000	約 1/ 34,000	約 1/ 13,300	約 1/ 15,000
	タービン建屋	約 1/ 10,000	※	※	※	※	※	※
3号機	原子炉建屋	約 1/ 16,000	約 1/ 18,000	約 1/ 22,000	約 1/ 16,000	約 1/ 16,000	約 1/ 12,300	約 1/ 9,300
	タービン建屋	約 1/ 14,000	約 1/ 11,000	約 1/ 19,000	約 1/ 19,000	約 1/ 26,000	約 1/ 14,800	約 1/ 16,000
4号機	原子炉建屋	約 1/ 22,000	約 1/ 19,000	約 1/ 15,000	約 1/ 13,000	約 1/ 26,000	約 1/ 18,800	約 1/ 17,000
	タービン建屋	約 1/ 6,700	約 1/ 7,600	約 1/ 33,000	約 1/ 6,500	約 1/ 31,000	約 1/ 6,100	約 1/ 6,100
5号機	原子炉建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 10,000	約 1/ 32,000	約 1/ 8,000	約 1/ 25,000	約 1/ 9,100	約 1/ 8,600
	タービン建屋	約 1/ 7,800	約 1/ 7,000	約 1/ 16,000	約 1/ 5,500	約 1/ 20,000	約 1/ 10,800	約 1/ 7,600
6号機	原子炉建屋	約 1/ 5,500	約 1/ 5,500	約 1/ 57,000	約 1/ 5,400	約 1/ 19,000	約 1/ 5,900	約 1/ 4,900
	タービン建屋	約 1/ 15,000	約 1/ 12,000	約 1/ 19,000	約 1/ 15,000	約 1/ 34,000	約 1/ 18,300	約 1/ 25,000
	コントロール建屋	約 1/ 4,200	約 1/ 4,400	約 1/ 12,000	約 1/ 4,000	約 1/ 46,000	約 1/ 4,500	約 1/ 4,000
	廃棄物処理建屋	約 1/ 9,000	約 1/ 14,000	約 1/ 18,000	約 1/ 7,200	約 1/ 18,000	約 1/ 17,100	約 1/ 6,400
7号機	原子炉建屋	約 1/ 5,000	約 1/ 4,800	約 1/ 63,000	約 1/ 6,300	約 1/ 52,000	約 1/ 4,700	約 1/ 5,600
	タービン建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 9,500	約 1/ 42,000	約 1/ 8,200	約 1/ 33,000	約 1/ 8,300	約 1/ 10,000



※:地震後3回目の計測時に、変圧器周辺の作業により未測定箇所があるため。

:各項における最大値

建屋の傾斜量

- 地震発生前後で建屋傾斜は増加しているものの、傾斜量としては小さく、設備に影響を及ぼすものではない
- 地震発生前の建屋傾斜は福島第一、第二とほぼ同様

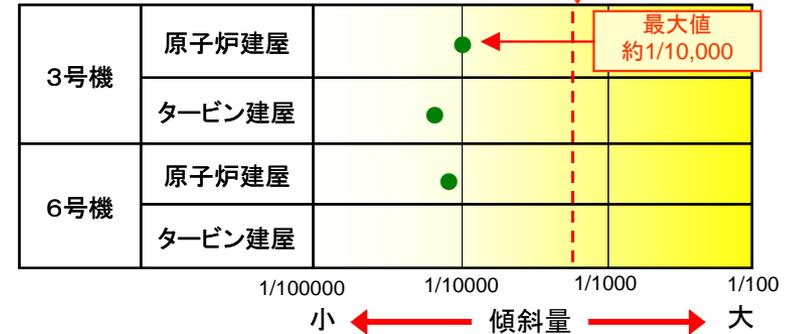
<柏崎刈羽(1~7号機)>

傾斜限界値の目安 (日本建築学会)
(1/2000)



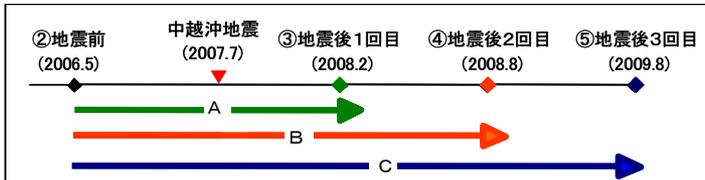
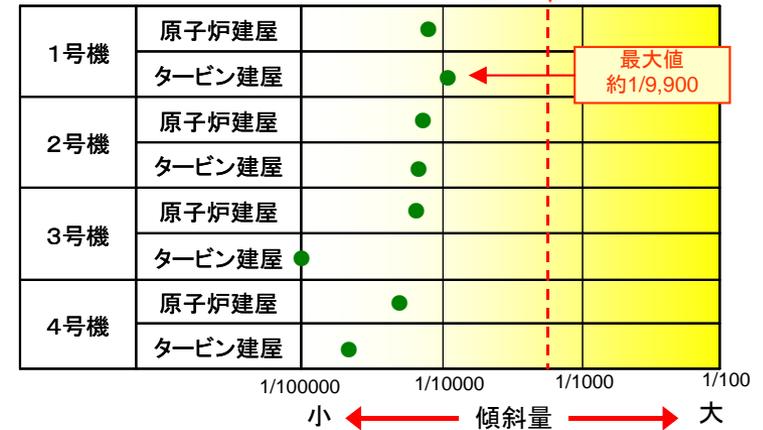
<福島第一(3,6号機)>

傾斜限界値の目安 (日本建築学会)
(1/1000~1/2000)

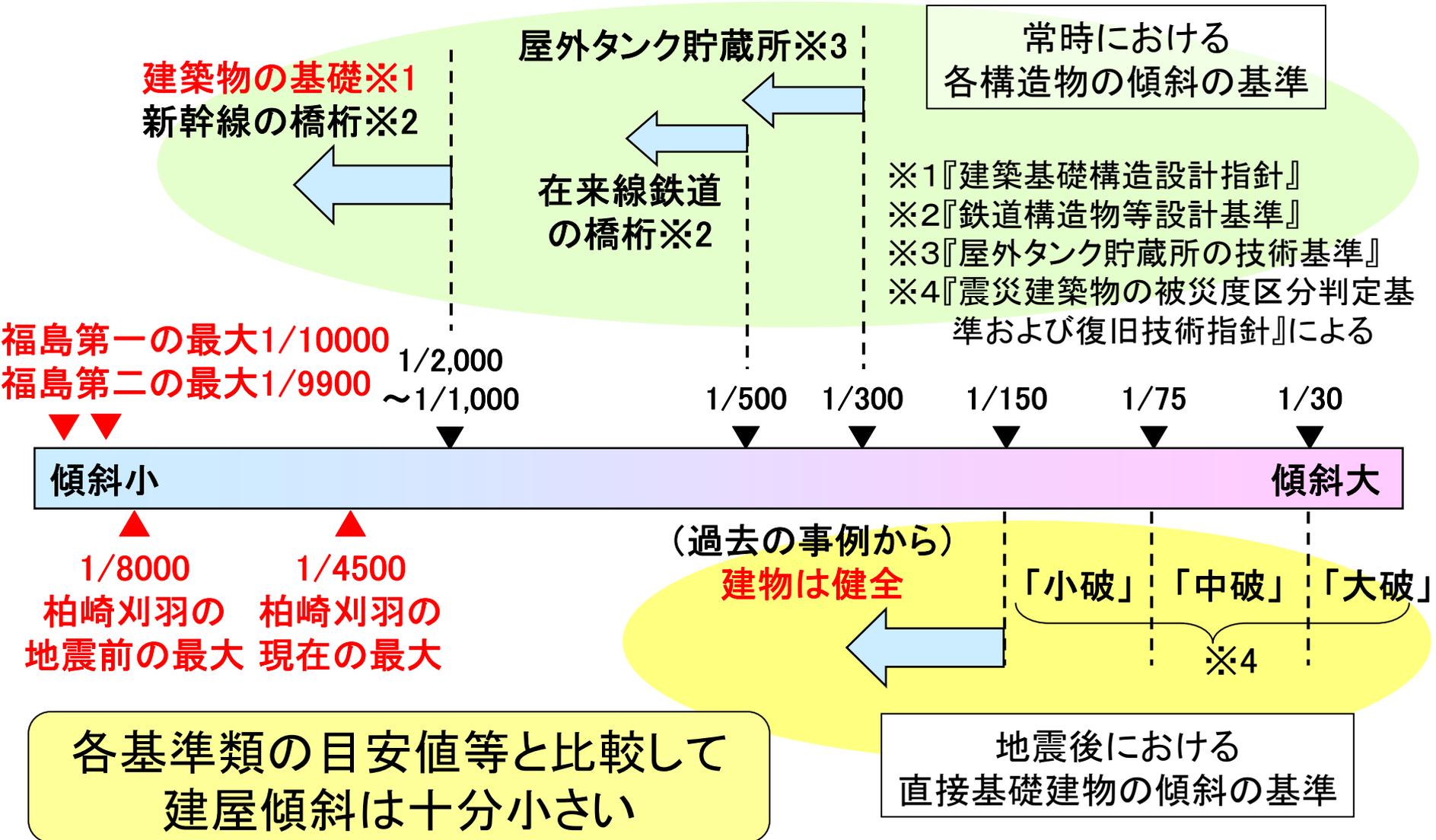


<福島第二(1~4号機)>

傾斜限界値の目安 (日本建築学会)
(1/1000~1/2000)



建屋傾斜の建屋への影響



建屋傾斜の機器への影響

・配管および弁

従来から、弁・配管は様々な方向に設置されており傾斜の影響はない。

・制御棒挿入性

制御棒と燃料集合体は同一方向に傾斜するとともに、当該の傾斜量では燃料集合体の相対変位が生じないため、挿入性への影響はない。

・容器基礎

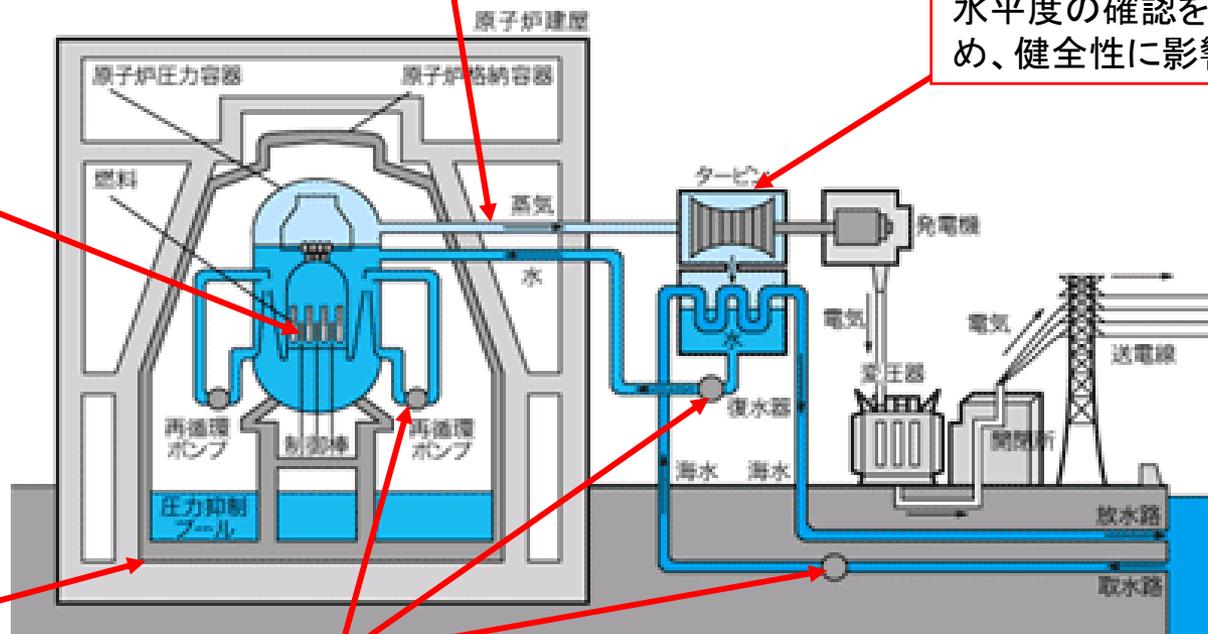
基礎部の荷重の変化は無視できるほど小さい。

・ポンプ

基礎部への影響は無視できるとともに、軸受荷重への影響も無視できる。

・タービン(長尺機器)

アライメント調整が可能であり、水平度の確認を行っているため、健全性に影響はない。



建屋傾斜の目安値(1/1000 ~ 1/2000: 建築基礎構造設計指針)の範囲では、荷重の変化等は0.1%程度あり、機器・配管系の健全性は確保できる

まとめ（建屋レベルの調査）

- 建屋レベルの変動は小さい

建屋レベルはほぼ一定で、その変動は数mm程度と小さい

- 建屋は地震後の地盤の隆起形状に従う方向に傾斜

隆起量の変化は地盤物性の差異などによると推定

今後GPSや傾斜計による連続観測に加え、地盤レベル・潮位・地下水位・気象状況等のデータを取得し、分析を実施する

- 各基準類の目安値等と比較して建屋傾斜は十分小さい

最大傾斜量 柏崎 1/4500(6/7号C/B)

(福島 1/9900(福島第二1号T/B))

- 建屋・機器の健全性は確保される

各基準類の目安値と比較して建屋傾斜は小さい

建屋傾斜の目安値の範囲では、機器の健全性は確保される

参考資料-1

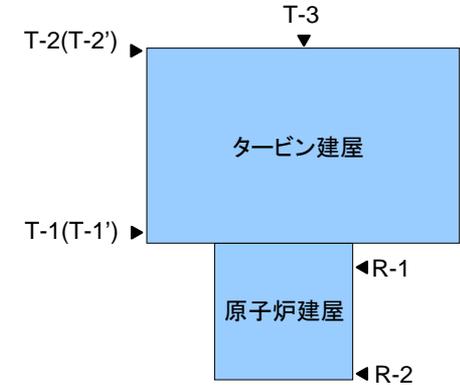
【参考】福島第一・第二の建屋レベルと傾斜(1)

【福島第一原子力発電所】

(標高の単位: mm)

3号機

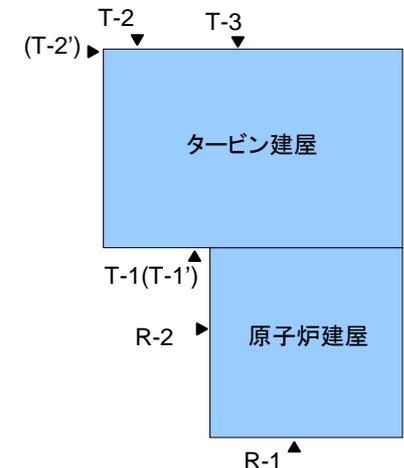
測定時期		原子炉建屋			タービン建屋					最大傾斜
		測定点の標高		最大傾斜	測定点の標高					
		R-1	R-2		T-1	T-2	T-3	T-1'	T-2'	
当初	1978	10506	10510	—	10514	10492	10750			—
2	1980	10507	10511	0	10516	10494	10751			1/50000
3	1980	10507	10510	1/32000	10515	10493	10752			1/50000
4	1981	10508	10509	1/10000	10517	10493	10753			1/25000
5	1982	10506	10507	1/10000	10515	10492	10752			1/25000
6	1983	10508	10507	1/6400	10516	10493	10750			1/39000
7	1984	10511	10511	1/8000	10518	10496	10753			1/50000
8	1986	10510	10508	1/5300	10515	10494	10753			1/39000
9	1989	10505	10505	1/8000	10512	10494	10751			1/15000
10	1991	10506	10509	1/32000	10512	10490	10745			1/16000
11	1991	10510	10515	1/32000	10515	10493	10751			0
12	1992	10511	10512	1/10000	10512	10496	10753			1/10000
13	1995	10504	10507	1/32000	10509	10483	10739			1/13000
14	1996	10508	10510	1/16000	10514	10491	10748			1/39000
15	1998	10505	10506	1/10000	10513	10493	10748			1/16000
16	2002	10502	10503	1/10000			10745	11089	11187	—
17	2006	10502	10503	1/10000			10744	11091	11188	—



(標高の単位: mm)

6号機

測定時期		原子炉建屋			タービン建屋					最大傾斜
		測定点の標高		最大傾斜	測定点の標高					
		R-1	R-2		T-1	T-2	T-3	T-1'	T-2'	
当初	1978	13473	13475	—	13479	13369	13470			—
2	1980	13468	13476	1/8200	13483	13374	13476			1/35000
3	1980	13466	13476	1/6200		13377	13478			0
4	1981	13470	13474	1/24000		13375	13477			1/43000
5	1982	13468	13476	1/8200		13377	13479			1/43000
6	1983	13469	13474	1/16000		13378	13478	13477		1/43000
7	1984	13471	13476	1/16000		13379	13478	13480		1/21000
8	1986	13470	13475	1/16000		13376	13475	13479		1/21000
9	1989	13470	13476	1/12000		13374	13475	13480		0
10	1991	13466	13479	1/4500			13473	13478	13348	—
11	1992	13462	13472	1/6200			13462	13475	13337	—
12	1995	13459	13477	1/3100			13469	13480	13352	—
13	1996	13473	13478	1/16000			13476	13480	13355	—
14	1998	13466	13475	1/7100			13474	13477	13352	—
15	2002	13463	13471	1/8200			13470	13473	13349	—
16	2006	13466	13472	1/12000			13469	13473	13349	—



注:1) 発電所基準点の標高を一定として測定しているため発電所構内の相対値
2) ポイント「T-1・T-2」は、測定点の欠損等により「T-1'・T-2'」に変更

【参考】福島第一・第二の建屋レベルと傾斜(2)

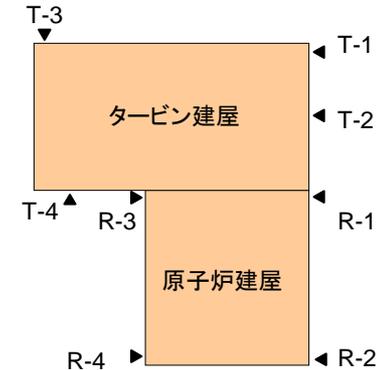
【福島第二原子力発電所】

(標高の単位:mm)

1号機

測定時期		原子炉建屋					タービン建屋				
		測定点の標高				最大傾斜	測定点の標高				最大傾斜
		R-1	R-2	R-3	R-4		T-1	T-2	T-3	T-4	
当初	1981	12,968	12,977	12,951	12,950	—	12,959	12,960	12,939	12,951	—
2	1982	12,968	12,975	12,951	12,946	1/18000	12,956	12,958	12,936	12,952	1/22000
3	1984	12,972	12,974	12,949	12,944	1/10000	12,960	12,964	12,933	12,946	1/10000
4	1985	12,969	12,976	12,952	12,947	1/18000	12,959	12,961	12,936	12,950	1/31000
5	1987	12,965	12,971	12,947	12,943	1/23000	12,956	12,958	12,930	12,943	1/16000
6	1990	12,967	12,972	12,945	12,942	1/14000	12,957	12,958	12,926	12,943	1/13000
7	1992	12,964	12,969	12,948	12,942	1/14000	12,955	12,956	12,926	12,947	1/9900
8	1994	12,966	12,970	12,945	12,941	1/14000	12,959	12,957	12,930	12,942	1/10000
9	1996	12,966	12,970	12,947	12,942	1/14000	12,955	12,957	12,929	12,945	1/21000
10	1998	12,974	12,971	12,945	12,942	1/5900	12,963	12,965	12,929	12,945	1/9200
11	2000	12,974	12,971	12,944	12,942	1/5800	12,963	12,965	12,929	12,945	1/9200
12	2002	12,971	12,974	12,948	12,946	1/11000	12,961	12,963	12,928	12,948	1/10000
13	2006	12,964	12,967	12,948	12,941	1/11000	12,954	12,954	12,926	12,947	1/9900

注: 発電所基準点の標高を一定として測定しているため発電所構内の相対値

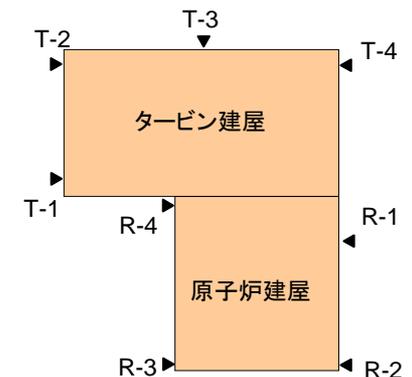


2号機

(標高の単位:mm)

測定時期		原子炉建屋					タービン建屋				
		測定点の標高				最大傾斜	測定点の標高				最大傾斜
		R-1	R-2	R-3	R-4		T-1	T-2	T-3	T-4	
当初	1985	12,380	12,373	12,390	—	—	12,395	12,394	12,384	12,383	—
2	1987	12,373	12,369	12,387	—	1/17000	12,392	12,389	12,376	12,376	1/17000
3	1988	12,372	12,368	12,384	—	1/17000	12,390	12,388	12,374	12,373	1/14000
4	1990	12,373	12,370	12,388	12,381	1/13000	12,392	12,392	12,374	12,372	1/7100
5	1992	12,371	12,368	12,387	12,379	1/13000	12,390	12,391	12,373	12,372	1/7100
6	1994	12,369	12,368	12,387	12,377	1/8700	12,389	12,388	12,372	12,374	1/9500
7	1996	12,371	12,369	12,388	12,381	1/10000	12,390	12,389	12,374	12,374	1/11000
8	1998	12,374	12,370	12,388	12,382	1/17000	12,392	12,390	12,375	12,374	1/11000
9	2000	12,374	12,370	12,389	12,382	1/17000	12,393	12,391	12,374	12,374	1/8100
10	2002	12,372	12,369	12,390	12,381	1/11000	12,393	12,391	12,374	12,375	1/8100
11	2006	12,372	12,369	12,385	12,380	1/13000	12,388	12,386	12,372	12,370	1/14000

注: 発電所基準点の標高を一定として測定しているため発電所構内の相対値



【参考】福島第一・第二の建屋レベルと傾斜(3)

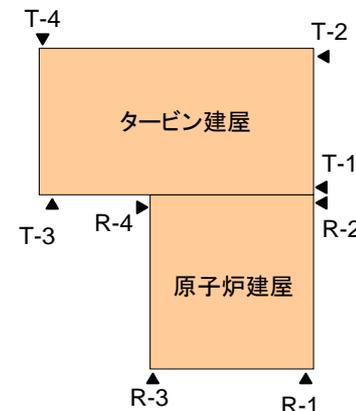
【福島第二原子力発電所】

(標高の単位:mm)

3号機

測定時期		原子炉建屋					最大傾斜	タービン建屋				最大傾斜
		測定点の標高				最大傾斜		測定点の標高				
		R-1	R-2	R-3	R-4			T-1	T-2	T-3	T-4	
当初	1986	12,368	12,351	12,365	12,351	—	12,355	12,357	12,358	—	—	
2	1988	12,367	12,347	12,364	12,347	1/25000	12,351	12,355	12,355	—	1/31000	
3	1991	12,356	12,338	12,358	12,335	1/8400	12,343	12,346	12,346	12,340	1/63000	
4	1993	12,359	12,341	12,358	12,339	1/15000	12,343	12,346	12,346	12,342	1/63000	
5	1995	12,354	12,337	12,355	12,336	1/15000	12,338	12,342	12,341	12,339	1/31000	
6	1997	12,354	12,335	12,355	12,335	1/12000	12,337	12,341	12,341	12,339	1/31000	
7	1999	12,354	12,337	12,353	12,336	1/6300	12,338	12,343	12,341	12,339	1/21000	
8	2001	12,362	12,344	12,361	12,343	1/19000	12,350	12,350	12,349	12,344	1/26000	
9	2003	12,354	12,335	12,352	12,331	1/10000	12,338	12,342	12,339	12,338	1/31000	
10	2007	12,353	12,333	12,351	12,332	1/15000	12,337	12,339	12,339	12,336	1/100000	

注:発電所基準点の標高を一定として測定しているため発電所構内の相対値



4号機

(標高の単位:mm)

測定時期		原子炉建屋					最大傾斜	タービン建屋				最大傾斜
		測定点の標高				最大傾斜		測定点の標高				
		R-1	R-2	R-3	R-4			T-1	T-2	T-3	T-4	
当初	1991	12,944	12,957	12,966	12,941	—	12,945	12,944	12,942	12,943	—	
2	1993	12,945	12,964	12,967	12,941	1/7600	12,945	12,944	12,941	12,941	1/32000	
3	1995	12,940	12,955	12,964	12,939	1/22000	12,943	12,940	12,937	12,938	1/22000	
4	1997	12,944	12,955	12,964	12,939	1/22000	12,943	12,940	12,939	12,938	1/24000	
5	1999	12,942	12,954	12,962	12,940	1/24000	12,943	12,940	12,939	12,938	1/24000	
6	2001	12,946	12,958	12,970	12,944	1/27000	12,947	12,946	12,942	12,943	1/16000	
7	2003	12,939	12,952	12,961	12,937	1/73000	12,941	12,940	12,937	12,936	1/24000	
8	2007	12,938	12,949	12,960	12,937	1/22000	12,941	12,939	12,937	12,937	1/43000	

注:発電所基準点の標高を一定として測定しているため発電所構内の相対値

