

資料① 耐震診断結果報告

(1)耐震診断の結果

昭和35年に建設された小田原城天守閣は、平成元年に耐震診断を実施しているが、コンクリートの経年変化など、耐震性が問題となっていた。このため、平成23年度には、平成元年に実施した箇所を中心に反発度法、コア法、中性化深さ調査を行い、比較検討を行った。そして、平成24年度は、外観目視調査、コンクリート強度調査、コンクリート中性化深さ調査、配筋調査等の現地調査を実施し、その結果を基に耐震診断を行った(表1)。

〈表1〉 天守閣耐震診断結果(判定値 $I_{so}=0.6$) T(経年指数) = 0.968

方向	X方向「梁間」					Y方向「桁行」				
	F	I_s	平成元年 I_s	$C_{TU} \cdot S_D$	判定	F	I_s	平成元年 I_s	$C_{TU} \cdot S_D$	判定
4	0.80	0.409	<u>0.74</u>	0.528	NG	1.00	0.675	<u>0.93</u>	0.697	OK
中4	1.00	0.533	<u>0.56</u>	0.550	NG	1.00	0.564	<u>0.65</u>	0.582	NG
3	1.00	0.385	<u>0.69</u>	0.398	NG	1.00	0.424	<u>0.68</u>	0.438	NG
2	0.80	0.250	<u>0.47</u>	0.322	NG	0.80	0.261	<u>0.43</u>	0.336	NG
1	0.80	0.341	<u>0.61</u>	0.441	NG	0.80	0.330	<u>0.58</u>	0.426	NG
地下1	1.00	0.595	<u>0.79</u>	0.614	NG	1.00	0.670	<u>0.81</u>	0.692	OK

備考:各方向、各階ごとに正加力と負加力の I_s 値を比較して小さい方を採用値とした。
※斜体は、平成元年の診断結果(判定値は0.65)

診断結果は、2階でX方向が0.25、Y方向が0.261と0.3を下回った結果となった。このため、会議に先立ち榎谷委員長にこの診断結果を報告したところ、「本格的な耐震補強工事に先立ち、地震発生時に早期に損傷を受ける可能性がある極ぜい性柱の周囲に、耐震スリットを入れることで極ぜい性柱を改善することができる。この先行的耐震措置を行えば、当面、天守閣の使用は可能であり、人命の安全確保が図られるものと考えられる。」との提案が出され、2階柱の改善補強を検討した。

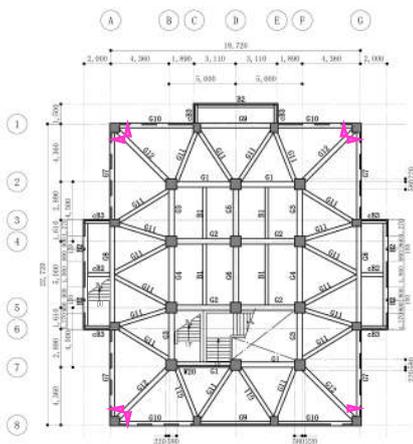
(2) 2階柱の改善補強

現地調査の結果では、X方向1,2,4階およびY方向1,2階で採用F値が0.80であった。これは、それらの場所に地震時に早期に損傷を受ける可能性がある柱(極ぜい性柱)が存在するためである。その中でも2階部分の I_s 値を向上させるために、本格的な耐震補強に先だち耐震性能の向上を図る必要があるものと考えられた。

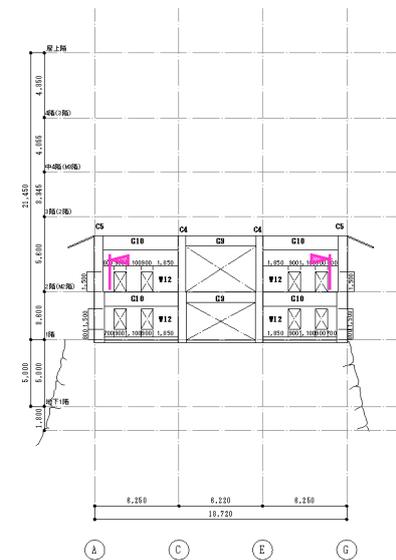
一般的な極ぜい性柱の補強方法は、耐震スリット新設、開口閉塞、繊維巻補強がある。開口閉塞や炭素繊維巻補強は、建物の外観が変わる可能性が高いこと、外部足場や施工後の補修が必要であり、施工上のコストが高い。これに対して耐震スリット新設は、天井までの部分スリットとすることにより、屋内側からの施工が容易であり、外観の変更もない。外部足場も不要であり、コストも抑えられる。以上の比較から、耐震スリット新設が先行的耐震措置として、適切であると考えられた。

※ 部分スリット:柱のじん性を向上させるため、壁の厚さを数 cm 残して切った溝のこと。ただし、震度 5 強程度の中規模地震ではスリット部に亀裂が生じる可能性がある。

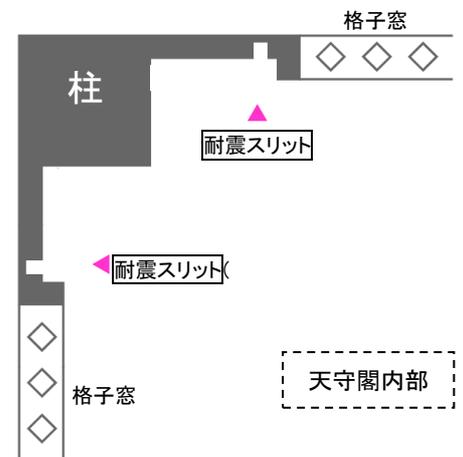
〈図 1〉 耐震スリット位置(2階伏図)



〈図 2〉 耐震スリット位置(1通り軸組図)



〈図 3〉 耐震スリット位置および規模



※計算上の耐震スリット位置・規模を示す

〈図 4〉 現状写真(南東)



〈図 5〉 現状写真(北東)



〈図 6〉 現状写真(北西)



2 階の閉塞部の1カ所を除く7カ所に耐震スリットを新設した場合の診断結果は下表のとおりである。

〈表 2〉 2 階耐震スリット新設後の診断結果 ※ () は、現状診断結果

方向	X方向「梁間」			Y方向「桁行」		
	F	I _s	C _{TU} ・S _D	F	I _s	C _{TU} ・S _D
4	0.80	0.409 (0.409)	0.528	1.00	0.675 (0.675)	0.697
中4	1.00	0.534 (0.533)	0.551	1.00	0.564 (0.564)	0.582
3	1.00	0.380 (0.385)	0.392	1.00	0.424 (0.424)	0.438
2	1.00	0.443 (0.250)	0.457	1.00	0.422 (0.261)	0.436
1	0.80	0.344 (0.341)	0.444	0.80	0.330 (0.330)	0.426
地下1	1.00	0.595 (0.595)	0.614	1.00	0.670 (0.670)	0.692

備考:各方向、各階ごとに正加力と負加力のI_s値を比較して小さい方を採用値とした。
太字は柱の改善によりI_s値が向上した箇所。

耐震スリット新設により、極ぜい性柱が一定の改善が見られ、2 階の I_s 値が X,Y 両方向で 0.4 を上回った。これらの結果から、2 階については耐震スリット新設により耐震性が大きく向上することが確認されたので、先行的耐震補強としては、耐震スリット新設が適切であると判断される。

※通常の耐震診断では、I_s 値 ≥ 0.6 などの条件を満足すれば、所要の耐震性能を確保した建物であると満たされる。この基準値は、地震に対して倒壊または崩壊する危険性が低い建物として位置付け、「人命の安全確保が図れる」ことを意味する。

参考:平成 18 年国土交通省告示

I s 値	I s 値の一般的な目安
I s 値 : 0.3 未満	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い
I s 値 : 0.3 以上 0.6 未満	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性がある
I s 値 : 0.6 以上	地震の震動及び衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が低い