

2. 発電設備の導入による建築物等への負荷及び発電設備の規模等の調査・検討

2-1 発電設備の導入による建築物等への負荷

各施設の構造計算書の有無について下表に示す。

表 2-1 構造計算書の有無

No.	施設名称	構造計算書の有無	荷重 [kg/m ²]	備考
1	柏崎小学校	×	—	
2	白銀南小学校	×	—	
3	白山台小学校	×	—	
4	西白山台小学校	×	—	
5	西園小学校	×	—	
6	長者中学校	×	—	
7	白銀南中学校	×	—	
8	白山台中学校	×	—	
9	東中学校	×	—	
10	西地区給食センター	○	40~60	積雪荷重1700N/cm/m ² (積雪量85[cm])
11	吹上公民館	×	—	
12	是川公民館	○	210	積雪荷重未考慮 (積雪量85[cm])
13	館公民館	○	85	積雪荷重未考慮 (積雪量85[cm])
14	根城公民館	○	40	積雪荷重1700N/cm/m ² (積雪量85[cm])
15	江陽公民館	○	135	積雪荷重未考慮 (積雪量85[cm]) ソーラーパネル設置を考慮し500N/m ² を見込済み
16	八戸市博物館	○	70	積雪荷重100kg/m ² (積雪量50[cm])
17	八戸市中央駐車場	○	120	積雪荷重未考慮 (積雪量85[cm])
	八戸市庁舎	×	—	
18	八戸ポータルミュージアム	○	30	積雪荷重不明
19	東体育館	×	—	
20	南部山健康運動センター	×	—	
21	新井田インドアリンク	○	0	積雪荷重不明
22	南郷屋内温水プール	×	—	
23	長根屋内スケート場	○	0	積雪は別途
24	八戸市第二魚市場	○	0	積雪荷重未考慮
25	根城コミュニティセンター	×	—	
26	八戸市総合福祉会館	○	60	積雪荷重不明
27	一般廃棄物最終処分場	○	20	(積雪量110[cm])
28	八戸市公会堂	×	—	
29	八戸市南郷文化ホール	○	—	耐荷重未記載
30	八戸市美術館	○	40	積雪荷重1700N/cm/m ² (積雪量85[cm])
31	農業経営振興センター	○	70	積雪荷重140kg/m ² (積雪量70[cm])
32	八戸市立市民病院	×	—	

32 施設の構造計算書の有無を確認したところ、No. 1~9 の小中学校では保安されていないことを確かめた。小中学校は災害時の避難所であり、平日の電力需要量も見込まれるため、太陽光発電設備の導入候補として優先度が高い施設である。また、各校の建物構造は類似しているケースが多く、検討結果の水平展開が可能と考える。そこで、簡易構造計算に必要な資料が揃っている小中学校を選定し、簡易構造計算を実施した。これにより、現段階における学校施設への太陽光発電設備導入の可否を把握することを目的とする。

次頁以降に、当該施設に関する簡易構造計算の結果を示す。

	調査概要等		積雪荷重取扱
①	調査範囲 → 屋根伏図	旧耐震設計の区別	①積雪量→県条例に記載されている値を使用。 ②設計用積雪荷重 →積雪荷重単位荷重 一般地域 20N/m ² /cm ← 建築基準法 →許容応力度計算(構造計算) 時の積雪荷重の扱いは下記による。
②	建築/改修工事 年度 新校舎 平成 8年建築(1996年) 増築校舎 平成16年建築(2004年)	新耐震設計	長期 設計用荷重 →固定荷重+積載荷重 積雪荷重時の検討不要 短期 設計用荷重 →固定荷重+積載荷重+1.00×積雪荷重 20N/m ² /cm×85cm ← 県 条例 →固定荷重+積載荷重+地震荷重(水平力) 積雪荷重時検討不要
③	導入可能性 設置条件 → 下記 考察参照	設計図書 の有無	③平成19年国土交通省告示第594号第2第三ホ による積雪の割増 ← 該当外
④	屋上防水最新年度 改修無し	構造図 有 計算書 無	

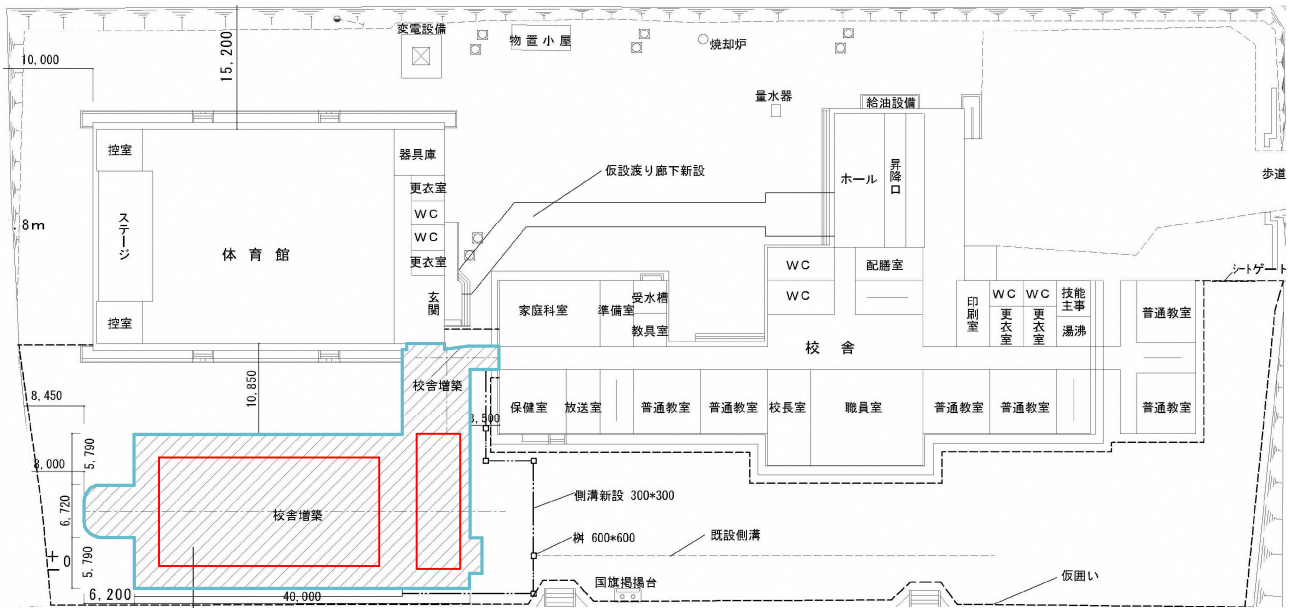


H. 8

10.24 校舎落成記念式典を行う。

H. 16

3.22 校舎増築落成記念式典を行う



床面積
2階 → 862㎡
1階 → 873㎡ 合計1,735㎡

太陽光パネル設置の可能性

01積載荷重条件→勾配屋根 非歩行用 積載荷重=0.0N/m²として検討した。

02床スラブ S1 小梁B1 は 積載荷重をパネル荷重 400N/m² 積雪短期荷重 1,700N/m²として検討した。

床スラブ S1 検定率 σ/f
= 0.27 < 1.0 OK

小梁B1 検定率 σ/f
= 0.72 < 1.0 OK

→従って 安全は 担保される。

03柱 大梁 の構造検討については 地震力の増大率を算定し 必要安全率 σ/f の値を算定した。

①柱 許容応力度設計における 安全率 σ/f
 $\sigma/f < 0.97$ の条件を満たせば安全は担保される。

既存建物に3%の余裕率が必要

②R階 大梁 許容応力度設計における 安全率 σ/f
→大梁小梁スラブ等の平均荷重→約7,300N/m²であることから
パネル400(N/m²) / 7,300(N/m²)=0.06→6%の荷重増
 $\sigma/f < 0.94$ の条件を満たせば安全は担保される。

既存建物に6%の余裕率が必要

③2階大梁 許容応力度設計における 安全率 σ/f
 $\sigma/f < 0.97$ の条件を満たせば安全は担保される。

既存建物に3%の余裕率が必要

④基礎梁 許容応力度設計における 安全率 σ/f
 $\sigma/f < 0.98$ の条件を満たせば安全は担保される。

既存建物に2%の余裕率が必要

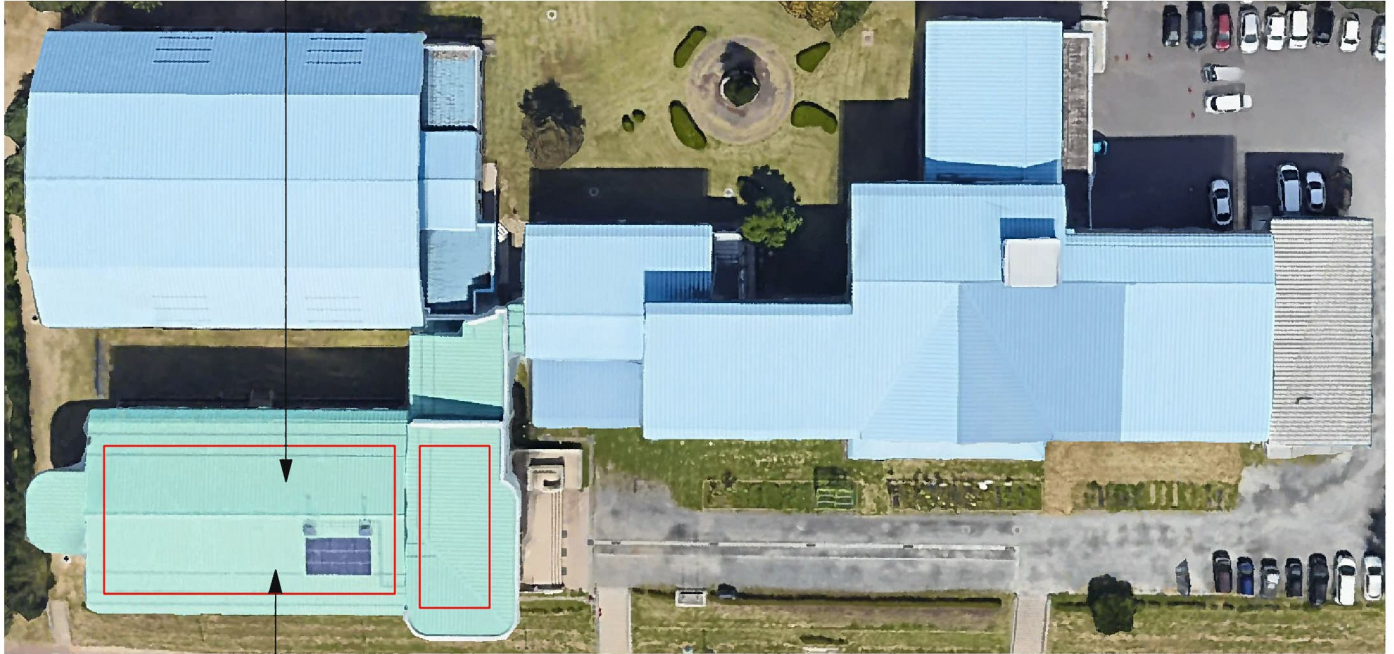
※保有耐力算定(設計ルート3)の場合は
保有耐力が各階それぞれ

2階 → 2.4% 既存建物の保有耐力
1階 → 1.3% に左記の余裕率が必要

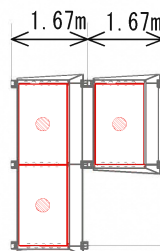


増築棟 平成16年
2004

新築棟 平成08年
1996



太陽光 Δ 祉設置



■ 平均荷重
 Δ 祉1枚面積
 $A=1.78 \times 1.67=2.97\text{m}^2$
 Δ 祉1枚荷重 W =約120kg
 Δ 祉1枚平均荷重=40kg/m²

特記事項 八戸市東白山台 地区内
太陽光発電設備設置に係る 構造検討

日付
R7.12

施設名
白山台小学校 校舎

書類名称
航空写真

縮尺
A4:S=1/non

NO
2/11

スラブリスト

符号	厚さ	位置	短辺方向	長辺方向	備考
S1	150	上端筋	D10, D13-@200	D10-@250	モチアミ配筋
		下端筋	D10, D13-@200	D10-@250	
S2	150	上端筋	D10, D13-@200	D10-@200	モチアミ配筋
		下端筋	D10, D13-@200	D10-@200	

小梁リスト S=1/40

特記なき限り 幅止め筋 D10-@1,000 とする。

符号	B1	B1A	B2	
	全断面	全断面	端 部	中 央
断 面				
上端筋	3-D22	4-D22	4-D22	3-D22
下端筋	3-D22	4-D22	3-D22	3-D22
スターラップ	D10-@200	D10-@200	D10-@200	
腹 筋	2-D10	2-D10	2-D10	

標準断面

柱リスト S=1/40

符号	C1
2 階	
主 筋	
フープ	
1 階	
主 筋	
フープ	

大梁リスト S=1/40

特記なき限り 幅止め筋

符号	G1	
	端 部	中 央
R 階		
上端筋	5-D22	4-D22
下端筋	4-D22	5-D22
スターラップ	D10-@200	
腹 筋	2-D10	
2 階		
上端筋	8-D22	5-D22
下端筋	7-D22	7-D22
スターラップ	D13-@200	
腹 筋	2-D10	

固定荷重 積載荷重 積雪荷重	備考
----------------	----

①屋根 固定荷重

屋根 固定荷重

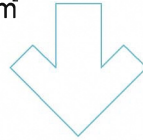
①ガルバリウム鋼板 0.4 瓦棒葺き	200 N/mm ²
②アスファルトルーフィング940	10
③ポリスチレンホーム 30mm	20
④コンクリートスラブ t=150mm	3,600
⑤天井 200	200
⑥設備等荷重 50 N/m ²	50

4,080N/m²

②屋根 積載荷重 → 太陽光パネル 400N/m²

③屋根 積雪荷重 → 20N/m²/cm x 85cm = 1,700N/m²

※積雪地→一般地域 単位重量=20N/m²/cm
積雪割増→鉄筋コンクリート造 故 割増不要
告示 594号

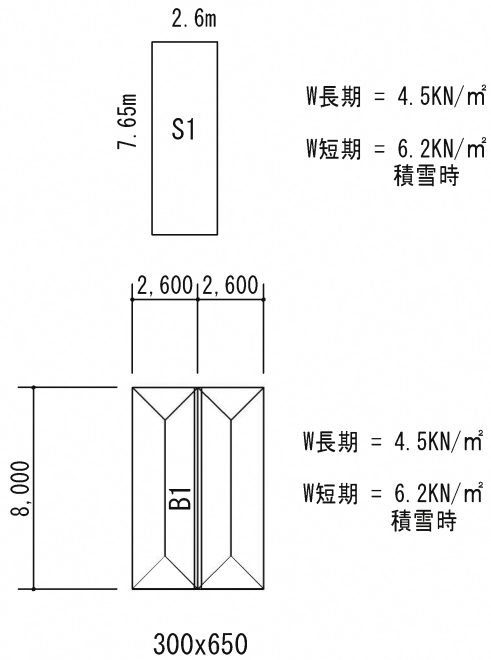


スラブ S1 小梁 B1 断面算定

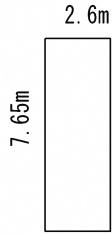
01 長期荷重 w= 4,080N/m² + 400N/m²=4,480N/m² →4.5KN/m²

02 短期荷重 w= 4,480+1,700N/m²=6,180N/m² →6.2KN/m²

スラブ S1 小梁 B1 断面算定



屋根スラブ 小梁の断面算定 01



W長期 = 4.5kN/m²
 W短期 = 6.2kN/m²
 積雪時

S1 t=150 d=110

短辺方向 上 D10-D13-@200 長辺方向 上 D10-@250
 下 同上 下 同上

スラブの設計

白山台小S1スラブ

長期荷重

lx = 2.60m, ly = 7.65m, t = 150mm, dt = 40mm
 w = 4.5kN/m², wp = 0.9kN/m² → ly/lx = 2.94
 支持条件：四辺固定（略算），使用材料：Fc21, SD295
 荷重の種別：長期，応力の割増率：1.00，変形増大係数：16

	短辺端部	短辺中央	長辺端部	長辺中央
M kN・m	2.5	1.7	1.3	0.8
at mm ²	133	89	74	50
Q kN	6.0		5.4	
上端筋	D10D13@200	D10D13@200	D10@250	D10@250
下端筋	D10D13@200	D10D13@200	D10@250	D10@250
検定比	0.27	0.18	0.26	0.17

必要スラブ厚：67mm, t/lx = 1/17, τmax = 0.06N/mm² < 0.70
 最大変位量：1.4mm (1/1842)

検定率 σ/f = 0.27
 < 1.0 OK

短期荷重 積雪

白山台小S1スラブ

lx = 2.60m, ly = 7.65m, t = 150mm, dt = 40mm
 w = 6.2kN/m² → ly/lx = 2.94
 支持条件：四辺固定（略算），使用材料：Fc21, SD295
 荷重の種別：短期，応力の割増率：1.00，変形増大係数：16

	短辺端部	短辺中央	長辺端部	長辺中央
M kN・m	3.4	2.3	1.7	1.2
at mm ²	121	81	68	45
Q kN	8.2		7.4	
上端筋	D10D13@200	D10D13@200	D10@250	D10@250
下端筋	D10D13@200	D10D13@200	D10@250	D10@250
検定比	0.25	0.16	0.24	0.16

t/ly = 1/17, τmax = 0.09N/mm² < 1.05
 最大変位量：1.9mm (1/1337)

検定率 σ/f = 0.25
 < 1.0 OK

小梁B1の断面算定

白山台小B1

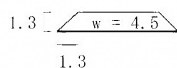
	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
L m	8.00	8.00	8.00	8.00	
B mm	300	300	300	300	
D mm	650	650	650	650	
φ	1.80	1.80	1.80	1.80	

応力計算方法：RC規準による略算，M0の値：中央モーメント
 変形増大係数：8，ヤング係数：2.10 x 10000N/mm²
 荷重種別：長期，使用材料：コンクリート Fc21 主筋 SD345 ST. SD295

荷重項の計算

・ Y2-Y3, Y3-Y4, Y4-Y5, Y5-Y6
 L = 8.00m, 梁自重 3.60kN/m (自動計算)

1番目の荷重 (両側)



CL = 79kN・m, CR = 79kN・m, M0 = 119kN・m, QL = 54kN, QR = 54kN

屋根スラブ 小梁の断面算定 02

応力と変位の計算

軸名	左端M	中央M	右端M (kN・m)	D/L	δ (mm)	δ /L
Y2-Y3	47	68	94	1/12	6.9	1/1154
Y3-Y4	78	60	78	1/12	5.0	1/1601
Y4-Y5	78	60	78	1/12	5.0	1/1601
Y5-Y6	94	68	47	1/12	6.9	1/1154

断面計算

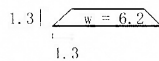
符号	B1			B1		
	Y2端	中央	Y3端	Y3端	中央	Y4端
断面 mm	B x D = 300 x 650			B x D = 300 x 650		
dt mm	64	64	64	64	64	64
主筋 上	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22
下	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22
pt %	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
ML kN・m (検定)	47(0.36)	68(0.53)	94(0.72)	79(0.60)	60(0.47)	79(0.60)
Mcr kN・m	68	68	68	68	68	68
ST.	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200
pw %	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.24)
QL kN (検定)	54(0.47)		54(0.47)	54(0.42)		54(0.42)
α	1.00		1.00	1.14		1.14

検定率 $\sigma/f = 0.72$
< 1.0 OK

白山台小B1

	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6
L m	8.00	8.00	8.00	8.00	
B mm	300	300	300	300	
D mm	650	650	650	650	
φ	1.80	1.80	1.80	1.80	

応力計算方法：RC規準による略算，M0の値：中央モーメント
変形増大係数：8，ヤング係数： $2.10 \times 10000\text{N/mm}^2$
荷重種別：短期，使用材料：コンクリート Fc21 主筋 SD345 ST. SD295



CL = 101kN・m, CR = 101kN・m, M0 = 153kN・m, QL = 68kN, QR = 68kN

応力と変位の計算

軸名	左端M	中央M	右端M (kN・m)	D/L	δ (mm)	δ /L
Y2-Y3	60	87	121	1/12	8.9	1/896
Y3-Y4	100	77	100	1/12	6.4	1/1243
Y4-Y5	100	77	100	1/12	6.4	1/1243
Y5-Y6	121	87	60	1/12	8.9	1/896

断面計算

符号	B1			B1		
	Y2端	中央	Y3端	Y3端	中央	Y4端
断面 mm	B x D = 300 x 650			B x D = 300 x 650		
dt mm	64	64	64	64	64	64
主筋 上	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22
下	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22	3-D22
pt %	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
MS kN・m (検定)	61(0.29)	88(0.43)	121(0.58)	101(0.48)	78(0.38)	101(0.48)
Mcr kN・m	68	68	68	68	68	68
ST.	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200	2-D10@200
pw %	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.24)	(0.24)
QS kN (検定)	68(0.59)		68(0.59)	68(0.52)		68(0.52)
α	1.00		1.00	1.14		1.14

検定率 $\sigma/f = 0.58$
< 1.0 OK

建物重量 → 概算

R階				a	b	c	axbxc		
				t/m t/㎡	㎡ m	m ヶ所	W(t)		
	屋根面積	約970㎡	CS含む	0.41	970	1	397.7	397.7	
	柱	H=平均2.3m	27本	2.3m	1.2	27	2.3	74.5	
	大梁	350x850	7.4m	4x4+4	0.6	7.4	20	88.8	88.8
			16.0m	7	0.6	16	7	67.2	67.2
	小梁	300x650	7.7m	4x4	0.4	7.7	16	49.3	49.3
			7.5m	2	0.4	7.5	2	6.0	6.0
			7.8m	4	0.4	7.8	4	12.5	12.5
	CG1	400x700	1.4m	2	0.6	1.4	2	1.7	1.7
			1.1m	3	0.6	1.1	3	2.0	2.0
			2.5m	2	0.6	2.5	2	3.0	3.0
	壁W12	3.9KN/㎡	95㎡		0.38	95	1	36.1	
	壁W15	4.5KN/㎡	136㎡		0.46	136	1	62.6	Σ W(t)
	壁W18	5.3KN/㎡	91㎡		0.53	91	1	48.2	849.5
									(t) 862 ㎡
									850 0.99 t/㎡

床+小梁+大梁
628 t ↓
0.73 t/㎡

2階				a	b	c	axbxc		
				t/m t/㎡	㎡ m	m ヶ所	W(t)		
	床面積 教室他	約850㎡		0.56	850	1	476.0		
	床面積 階段	約 80㎡		0.9	80	1	72.0		
	柱	H=平均3.7m	27本		1.2	3.7	27	119.9	
	大梁	400x850	7.4m	4x4+4	0.31	7.4	20	45.9	
			16.0m	7	0.31	16	7	34.7	
	小梁B2	350x650	7.7m	4x4	0.47	7.7	16	57.9	
			7.5m	2	0.47	7.5	2	7.1	
			7.8m	4	0.47	7.8	4	14.7	
	CG1	400x700	1.4m	2	0.6	1.4	2	1.7	
			1.1m	3	0.6	1.1	3	2.0	
			2.5m	2	0.6	2.5	2	3.0	
	壁W12	3.9KN/㎡	41㎡		0.38	41	1	15.6	
	壁W15	4.5KN/㎡	254㎡		0.46	254	1	116.8	Σ W(t)
	壁W18	5.3KN/㎡	129㎡		0.53	129	1	68.4	1035.5
									(t) 873 ㎡
									1040 1.19 t/㎡

太陽光パネル 600m²x40kg/m² = 24,000kg→24t 240KN 設置した場合の 必要安全率算定 σ/f 02

太陽光パネル設置前

$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1 + 3T}$		KN	KN				KN									
	階	wi	Σ wi	α i	Ai	Ci	Qi									
	2	8,500	8,500	0.45	1.25	0.25	2,125									
<table border="1"> <tr> <td>T < Tc の場合</td> <td>Rt=1</td> </tr> <tr> <td>Tc ≤ T < 2Tc の場合</td> <td>Rt=1-0.2(T/Tc-1)²</td> </tr> <tr> <td>2Tc ≤ T の場合</td> <td>Rt=1.6Tc/T</td> </tr> </table>	T < Tc の場合	Rt=1	Tc ≤ T < 2Tc の場合	Rt=1-0.2(T/Tc-1) ²	2Tc ≤ T の場合	Rt=1.6Tc/T	1	10,400	18,900	1	1	0.2	3,780			
T < Tc の場合	Rt=1															
Tc ≤ T < 2Tc の場合	Rt=1-0.2(T/Tc-1) ²															
2Tc ≤ T の場合	Rt=1.6Tc/T															
<table border="1"> <tr> <td>第1種地盤</td> <td>岩盤、硬質砂礫層などで構成される洪積層</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>第2種地盤</td> <td>第1種、第2種以外</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>第3種地盤</td> <td>腐植土、泥土等で構成される沖積層</td> <td>0.8</td> </tr> </table>	第1種地盤	岩盤、硬質砂礫層などで構成される洪積層	0.4	第2種地盤	第1種、第2種以外	0.6	第3種地盤	腐植土、泥土等で構成される沖積層	0.8							
第1種地盤	岩盤、硬質砂礫層などで構成される洪積層	0.4														
第2種地盤	第1種、第2種以外	0.6														
第3種地盤	腐植土、泥土等で構成される沖積層	0.8														

固有周期=0.02x9.5m=0.19sec

Z=1.0 Tc=0.6

C0=0.2 T=0.19<0.6

Rt=1.0

2T/(1+3T)=0.24

太陽光パネル設置後

太陽光パネル設置→約600m²

					→40kg/m ² x600m ² /1000		
					=24t→240KN		
		KN	KN				KN
階	wi	Σ wi	α i	Ai	Ci	Qi	
2	8,740	8,740	0.46	1.243	0.249	2,176	
1	10,400	19,140	1	1	0.2	3,828	

太陽光パネル設置前後の増分率

各階
地震力の増大率

階	設置前	設置後	Q2-Q1				
	Q1	Q2	Δ Q	↓	Δ Q/Q1		
2	2125	2176	51		2.4		
1	3780	3828	48		1.3		
	KN	KN	KN		%		

- ①柱 許容応力度設計における 安全率σ/f
σ/f < 0.97 の条件を満たせば安全は担保される。
- ②R階 大梁 許容応力度設計における 安全率σ/f
→大梁小梁スラブ等の平均荷重→約7,300N/m²であることから
パネル400(N/m²) / 7,300(N/m²)=0.06→6%の荷重増
σ/f < 0.94 の条件を満たせば安全は担保される。
- ③2階大梁 許容応力度設計における 安全率σ/f
σ/f < 0.97 の条件を満たせば安全は担保される。
- ④基礎梁 許容応力度設計における 安全率σ/f
σ/f < 0.98 の条件を満たせば安全は担保される。

※保有耐力算定(設計ルート3)の場合は
保有耐力が各階それぞれ
2階→ 2.4%
1階→ 1.3% の余裕があることが必要。

青森県条例

【青森県内各地の垂直積雪量】

建築基準法では、国土交通大臣により指定された多雪区域の「垂直積雪量」を地方毎に決めることになっています。

垂直積雪量 85cm以上

青森県内各地の垂直積雪量

区域	垂直積雪量
おいらせ町(旧百石町)、大間町、佐井村、南部町	80センチメートル以上
八戸市(南郷区を除く)	85センチメートル以上
三沢市、深浦町(旧深浦町)、おいらせ町(旧下田町)、三戸町、五戸町(旧五戸町)、階上町	90センチメートル以上
六戸町、田子町	100センチメートル以上
八戸市(南郷区)、十和田市(旧十和田市)、深浦町(旧岩崎村)、五所川原市(旧市浦村)、中泊町(旧小泊村)、東北町(旧上北町)	110センチメートル以上
鱒ヶ沢町、つがる市(旧稲垣村・車力村)、五戸町(旧倉石村)	120センチメートル以上
弘前市、むつ市(旧むつ市)、つがる市(旧木造町)、大鱧町、平川市(旧尾上町・平賀町)、田舎館村、新郷村	130センチメートル以上
黒石市、平川市(旧碓ヶ関村)、横浜町、風間浦村	140センチメートル以上
青森市(旧浪岡町)、東北町、六ヶ所村、むつ市(旧大畑町)、東通村	150センチメートル以上
五所川原市(旧五所川原市・旧金木町)、外ヶ浜町(旧蟹田町・旧今別町)、つがる市(旧森田村・旧柏村)、藤崎町、板柳町、中泊町(旧中里町)、鶴田町、七戸町、十和田市(旧十和田湖町)、むつ市(旧川内町・脇野沢村)	160センチメートル以上
平内町、外ヶ浜町(旧三厩村)、西目屋村	170センチメートル以上
青森市(旧青森市)、蓬田村、外ヶ浜町(旧平館村)、野辺地町	180センチメートル以上

備考 この表に掲げる区域は、それぞれ平成十六年六月三十日における行政区画に基づき表示している。

2-2 発電設備の規模等の調査・検討

航空写真の判読等による机上検討により、太陽光パネルの設置可能性のある箇所を抽出し、その面積を把握した。また、日陰や反射、騒音の影響を考慮すべき住居等の保全対象や障害物の有無を確認することにより、事業実施における配慮事項（日陰、反射、騒音）を整理した。さらに、アンケート調査により、施設管理者のパネル設置に対する意向、パネル設置予定箇所の現状の利用状況等を把握する。机上調査・アンケート調査で把握できなかった項目がある施設に対して現地調査を実施し、屋根状況や細やかな支障物の有無等の詳細情報を網羅的に把握しパネルレイアウトを決定した。

①机上調査：太陽光パネルの設置可能性のある箇所の抽出



設置可能性・面積
屋根・駐車場等

②机上調査：周辺配慮事項の整理



太陽光パネル
周辺環境：木
光害（要注意）

③アンケート・現地調査：アンケート調査による施設管理者の意向確認、及び現地調査による詳細情報の反映



太陽光パネル
パネル設置不可

図 2-1 周辺環境及び屋上及び敷地内の空きスペースの確認【例】再掲