

コンクリート圧縮強度の推定

1. 算定条件

日本建築学会「寒中コンクリート施工指針 2010年版」資料3に示される強度増進の標準曲線(平均的な算定)を適用して、所要強度を確保するために必要となる積算温度を求め、その確保材齢を算出する。以下に施工条件やコンクリートの仕様などの算定条件を示す。

- ・工事名称： ○○○○○新築工事
- ・施工地域： 札幌（旬平均気温：1981～2010年の気象庁平年値[地上気象観測]）
- ・施工日： 2012/11/11
- ・検討箇所： ○階躯体
- ・初期養生： 初期養生なし（外気温）
- ・セメント種類： 普通ポルトランドセメント
- ・呼び強度： 33
- ・標準偏差 σ ： 3.3 (N/mm²) JASS5規定値：0.1F_m = 0.1×33 = 3.3 > 2.5
- ・調合強度F'： 38.7 (N/mm²) 算定式：F = F_m + 1.73 σ , F = 0.85F_m + 3 σ
- ・算定対象強度： 27 (N/mm²)

2. 圧縮強度の推定

(1) 圧縮強度と積算温度の関係

圧縮強度と積算温度との関係は、次式で表される強度増進の標準曲線を適用する。

$$F = F_{\infty} \times \exp(a \times M_c^b)$$

ここに、F：圧縮強度の推定値 (N/mm²)

F_∞：コンクリートの温度補正を行った最終到達強度 (N/mm²)

$$F_{\infty} = \frac{{}_{20}F_{28}}{\exp(a \times {}_{20}M_{28}^b)} \times (1 + C_f(T_{24} - 20))$$

M_c：コンクリートの温度補正を行った積算温度 (° D・D)

$$M_c = M + C_M(T_{24} - 20)$$

M：積算温度 (° D・D)

項 目	安全側算定	平均的算定
${}_{20}F_{28}$ ：標準水中養生28日の圧縮強度 (N/mm ²)	33.0	38.7
${}_{20}M_{28}$ ：標準水中養生28日の積算温度 (° DD)	840	
T ₂₄ ：打設後24時間のコンクリートの平均温度 (°C)	4.5	
C _f ：セメント種類による係数	-0.00050	
a ₁ ：セメント種類による係数	526.9	
a ₂ ：セメント種類による係数	-37.8	
b ₁ ：セメント種類による係数	13.34	
b ₂ ：セメント種類による係数	-1.06	
C _M ：セメント種類による係数	0.680	
a：強度推定式の係数 $a = (a_1 / {}_{20}F_{28}) + a_2$	-21.8	-24.2
b：強度推定式の係数 $b = (b_1 / {}_{20}F_{28}) + b_2$	-0.656	-0.715

(2) 所要強度に対する必要積算温度

平均的な算定（標準水中養生28日における圧縮強度 ${}_{20}F_{28}$ を調合強度F'とする）を適用して、所要強度を確保するために必要となる積算温度を算出する。

- ・コンクリートの温度補正を行った最終到達強度

$$F_{\infty} = 38.7 \times \{1 + (-0.0005) \times (4.5 - 20)\} / \exp(-24.2 \times 840^{-0.715}) = 47.5 \quad (\text{N/mm}^2)$$

- ・コンクリートの温度補正を行った積算温度

$$M_c = \{(1 / -24.2) \times \ln(27 / 47.5)\}^{(1 / -0.715)} = 191.6 \quad (^\circ \text{ D} \cdot \text{D})$$

- ・必要積算温度

$$M = 191.6 - 0.68 \times (4.5 - 20) = 202.1 \quad (^\circ \text{ D} \cdot \text{D})$$

(3) 所要強度が確保される材齢

旬平均気温の平年値（気象庁、統計期間1981年～2010年）から積算温度を求め、所要強度が確保される材齢を求める。ここで、積算温度の算定には「寒中コンクリート施工指針 2010年版」資料3.1.3に示される以下の評価式を適用する。

積算温度の算出結果（表1）から、所要強度 27N/mm^2 を得るために必要な積算温度 $202.1^\circ\text{D}\cdot\text{D}$ は、材齢15日に確保される。

$$\theta \geq 0 : M_n = \sum_{z=1}^n (\theta_z + 10) \quad , \quad \theta < 0 : M_n = \sum_{z=1}^n 10 \times \exp(-0.60 \times (-\theta_z)^{0.74})$$

ここに、 M_n ：積算温度（ $^\circ\text{D}$ ）

θ_z ：日平均養生温度（ $^\circ\text{C}$ ）

表1 所要強度が得られる材齢までの積算温度

区間開始日	区間終了日	日数	累積日数	平均温度	区間積算温度	積算温度
2012/11/11	2012/11/20	9	9	4.5	130.5	130.5
2012/11/21	2012/11/26	6	15	2.6	75.6	206.1

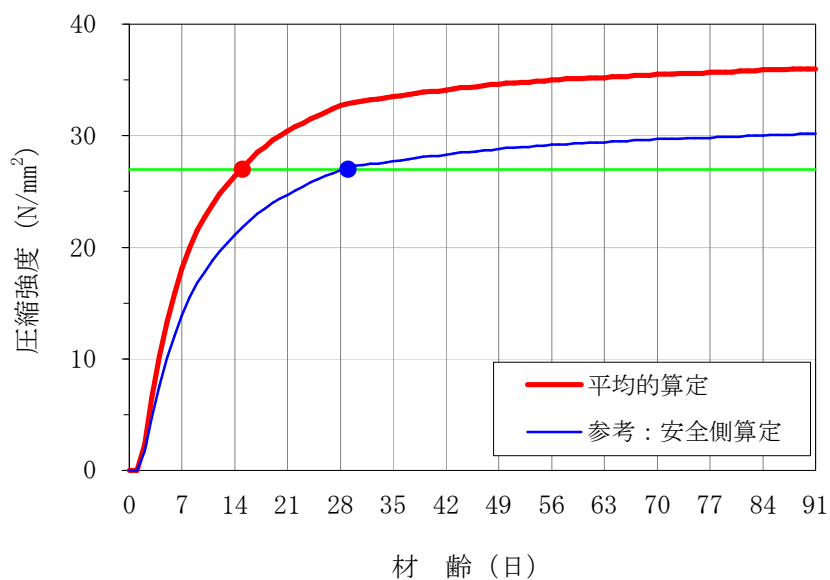


図1 材齢と圧縮強度の関係

圧縮強度の推定結果

呼び強度：33, 調合強度：38.7(N/mm²)

材 齢 (日)	日 付	平均養生温度 (℃)	日積算温度 (° DD)	積算温度 (° DD)	圧縮強度 (N/mm ²)
0	2012/11/11	4.5	0.0	0.0	0.0
1	2012/11/12	4.5	14.5	14.5	0.0
2	2012/11/13	4.5	14.5	29.0	2.3
3	2012/11/14	4.5	14.5	43.5	6.5
4	2012/11/15	4.5	14.5	58.0	10.2
5	2012/11/16	4.5	14.5	72.5	13.3
6	2012/11/17	4.5	14.5	87.0	15.9
7	2012/11/18	4.5	14.5	101.5	18.1
8	2012/11/19	4.5	14.5	116.0	19.9
9	2012/11/20	4.5	14.5	130.5	21.5
10	2012/11/21	2.6	12.6	143.1	22.7
11	2012/11/22	2.6	12.6	155.7	23.8
12	2012/11/23	2.6	12.6	168.3	24.8
13	2012/11/24	2.6	12.6	180.9	25.6
14	2012/11/25	2.6	12.6	193.5	26.4
15	2012/11/26	2.6	12.6	206.1	27.2
16	2012/11/27	2.6	12.6	218.7	27.8
17	2012/11/28	2.6	12.6	231.3	28.5
18	2012/11/29	2.6	12.6	243.9	29.0
19	2012/11/30	2.6	12.6	256.5	29.6
20	2012/12/01	0.7	10.7	267.2	30.0
21	2012/12/02	0.7	10.7	277.9	30.4
22	2012/12/03	0.7	10.7	288.6	30.8
23	2012/12/04	0.7	10.7	299.3	31.1
24	2012/12/05	0.7	10.7	310.0	31.5
25	2012/12/06	0.7	10.7	320.7	31.8
26	2012/12/07	0.7	10.7	331.4	32.1
27	2012/12/08	0.7	10.7	342.1	32.4
28	2012/12/09	0.7	10.7	352.8	32.7
29	2012/12/10	0.7	10.7	363.5	32.9
30	2012/12/11	-1.6	4.3	367.8	33.0
31	2012/12/12	-1.6	4.3	372.1	33.1
32	2012/12/13	-1.6	4.3	376.4	33.2
33	2012/12/14	-1.6	4.3	380.7	33.3
34	2012/12/15	-1.6	4.3	385.0	33.4
35	2012/12/16	-1.6	4.3	389.3	33.5
36	2012/12/17	-1.6	4.3	393.6	33.6
37	2012/12/18	-1.6	4.3	397.9	33.7
38	2012/12/19	-1.6	4.3	402.2	33.8
39	2012/12/20	-1.6	4.3	406.5	33.9
40	2012/12/21	-1.9	3.8	410.3	34.0
41	2012/12/22	-1.9	3.8	414.1	34.0
42	2012/12/23	-1.9	3.8	417.9	34.1
43	2012/12/24	-1.9	3.8	421.7	34.2
44	2012/12/25	-1.9	3.8	425.5	34.3
45	2012/12/26	-1.9	3.8	429.3	34.3

圧縮強度の推定結果

呼び強度：33, 調合強度：38.7(N/mm²)

材 齢 (日)	日 付	平均養生温度 (℃)	日積算温度 (° DD)	積算温度 (° DD)	圧縮強度 (N/mm ²)
46	2012/12/27	-1.9	3.8	433.1	34.4
47	2012/12/28	-1.9	3.8	436.9	34.5
48	2012/12/29	-1.9	3.8	440.7	34.6
49	2012/12/30	-1.9	3.8	444.5	34.6
50	2012/12/31	-1.9	3.8	448.3	34.7
51	2013/01/01	-2.9	2.7	451.0	34.7
52	2013/01/02	-2.9	2.7	453.7	34.8
53	2013/01/03	-2.9	2.7	456.4	34.8
54	2013/01/04	-2.9	2.7	459.1	34.9
55	2013/01/05	-2.9	2.7	461.8	34.9
56	2013/01/06	-2.9	2.7	464.5	35.0
57	2013/01/07	-2.9	2.7	467.2	35.0
58	2013/01/08	-2.9	2.7	469.9	35.1
59	2013/01/09	-2.9	2.7	472.6	35.1
60	2013/01/10	-2.9	2.7	475.3	35.1
61	2013/01/11	-3.7	2.1	477.4	35.2
62	2013/01/12	-3.7	2.1	479.5	35.2
63	2013/01/13	-3.7	2.1	481.6	35.2
64	2013/01/14	-3.7	2.1	483.7	35.3
65	2013/01/15	-3.7	2.1	485.8	35.3
66	2013/01/16	-3.7	2.1	487.9	35.3
67	2013/01/17	-3.7	2.1	490.0	35.4
68	2013/01/18	-3.7	2.1	492.1	35.4
69	2013/01/19	-3.7	2.1	494.2	35.4
70	2013/01/20	-3.7	2.1	496.3	35.5
71	2013/01/21	-4.2	1.8	498.1	35.5
72	2013/01/22	-4.2	1.8	499.9	35.5
73	2013/01/23	-4.2	1.8	501.7	35.6
74	2013/01/24	-4.2	1.8	503.5	35.6
75	2013/01/25	-4.2	1.8	505.3	35.6
76	2013/01/26	-4.2	1.8	507.1	35.6
77	2013/01/27	-4.2	1.8	508.9	35.7
78	2013/01/28	-4.2	1.8	510.7	35.7
79	2013/01/29	-4.2	1.8	512.5	35.7
80	2013/01/30	-4.2	1.8	514.3	35.7
81	2013/01/31	-4.2	1.8	516.1	35.8
82	2013/02/01	-3.8	2.0	518.1	35.8
83	2013/02/02	-3.8	2.0	520.1	35.8
84	2013/02/03	-3.8	2.0	522.1	35.9
85	2013/02/04	-3.8	2.0	524.1	35.9
86	2013/02/05	-3.8	2.0	526.1	35.9
87	2013/02/06	-3.8	2.0	528.1	35.9
88	2013/02/07	-3.8	2.0	530.1	36.0
89	2013/02/08	-3.8	2.0	532.1	36.0
90	2013/02/09	-3.8	2.0	534.1	36.0
91	2013/02/10	-3.8	2.0	536.1	36.0