

水和発熱モデル

RC 示方書には、コンクリートの発熱速度は、材令と場所ごとに異なるコンクリートの温度を考慮したモデル化を行う。但し、部材最小寸法が 0.5m 以上であれば、断熱温度上昇特性を用いてよいと記されている。現状は部材最小寸法が 0.5m 以下であっても断熱温度上昇特性を用いた解析が行われているが、今後は水和発熱モデルを使用した解析が増えてくるものと思われる。ASTEAMACS には断熱温度上昇特性モデルの他に、2 種類の水和発熱モデル（従来の水和発熱モデル、複合水和発熱モデル）が組み込まれている。

（ 1 ） 従来の水和発熱モデル

このモデルは積算発熱量に対する限界発熱速度と活性化エネルギーを入力し、ユーザーサブルーチンを用いて、材令と場所ごとに異なるコンクリートの温度を考慮した発熱速度を定義する。入力データは 3 つの初期温度に対する断熱温度上昇試験の結果から得ることが出来る。

（ 2 ） 複合水和発熱モデル（ Ver 3.0 の新機能）

このモデルは東京大学 岸 利治 先生の開発されたもので従来の水和発熱モデルに比べて入力が簡単であるが適用範囲に制約がある。

適用範囲

下記の範囲のものに限る。

水セメント比が 40% 以上

結合材中のポルトランドセメント割合が 30% 以上

結合材中の高炉スラグ微粉末割合が 70% 以下

結合材中のフライアッシュ割合が 40% 以下

ポルトランドセメントの種類としては、普通、早強、および中庸ポルトランドセメントが対象で、水セメント比が 35% 以下の低水セメントや低熱ポルトランドセメントを母材とするコンクリートは適用範囲外になる。

入力データ

使用材料 : セメント鉱物組成（構成量）、添加石膏量、混和材種類

配合 : 単位セメント量、混和材置換量、混和材量

打込み温度

要素グループ物性値設定

グループ名 con

* 熱伝導率	2.7000 [W/m°C]
* 密度	2294.0000 [Kg/m³]
* 比熱	1.1600 [KJ/Kg°C]
* 温度上昇/水和	岸 水和モデル
* 初期温度	24.6000 [°C]
* ヤング率	JSC 圧縮強度より
* 圧縮強度	ユーザー入力
* 引張強度	JSC 圧縮強度より
* ポアソン比	0.2000 [-]
* 線膨張係数	10.0000 [μ/°C]
* 板厚	1.0000 [cm]
弾塑性特性	降伏強度と圧縮強度より
グループ構成則	有効弾性係数法
乾燥収縮	考慮しない
自己収縮	ユーザー入力
膨張ひずみ	考慮しない
鉄筋1	考慮しない
鉄筋2	考慮しない
鉄筋3	考慮しない
鉄筋4	考慮しない
ポット/接合	考慮しない
破壊エネルギー	考慮しない

指定グループから複写

* のマークは必須データです
「未定義」は無いように設定します

終了

断熱温度上昇特性/水和モデルの設定

JSC 固定値 <101>	JCI 固定値 <102>	JSC 温度補正 <120>
JCI 温度補正 <121>	JCI 断熱温度上昇表	複合水和(岸モデル)<140>

岸先生の水和モデルによる計算

以下の数値の設定が必要です。
WC: 粉体量 (Kg/m³) <p1>
WP: 水結合材比 (%) <p2>
CHARSP: 遅延材効果 <p3>

遅延材種類	AENo.8	AE No.70	SP8HS	SP9HS	SP9N
参考の効果	5.0	0.0	1.2	1.2	0.6

セメント組成比やブレンド量、混入割合 <p4>も
以下のセメント種類<p5>毎の値を参考にして設定します。

セメント種類<p5>					
1	2	3	4	5	6
普通	中庸熱	早強	高炉B	フライッシュ	低熱

パラメータ(p1)	パラメータ(p2)	パラメータ(p3)	パラメータ(p4)	パラメータ(p5)	
300.000	50.000	5.000	未定義	1.000	

パラメータ(1) 5
パラメータ(2) 5
パラメータ(3) 5
パラメータ(4) 5
パラメータ(5) 5

デフォルト値 ユーザー入力 考慮しない OK キャンセル

複合水和モデルデータ入力画面

パラメータ(4)

default リスト 終了

No	項目 (比は合計が100)	数値
1	セメント組成重量比 P3A(%)	10.4
2	セメント組成重量比 P4AF(%)	9.4
3	セメント組成重量比 P3S(%)	47.2
4	セメント組成重量比 P2S(%)	27
5	セメント組成重量比 PPCS2H(%)	3.9
6	セメントのブレンド BLN	3380
7	スラックのブレンド BLNSG	4200
8	フライッシュのブレンド BLNFA	3280
9	石粉のブレンド BLNLS	7000
10	混入割合比 セメント PPC(%)	100
11	混入割合比 スラック PSG(%)	0
12	混入割合比 フライッシュ PFA(%)	0
13	混入割合比 石粉 PLS(%)	0

断熱温度上昇特性／水和モデルの設定

JSCE 固定値 <101>		JCI 固定値 <102>		JSCE 温度補正 <120>	
JCI 温度補正 <121>		JCI 断熱温度上昇表		複合水和(岸モデル)<140>	

		セメント種類<P5>					
		1	2	3	4	5	6
		普通	中庸熱	早強	高炉B	フライアッシュ	低熱
セメント組成重量比率 (%)	P3A	10.4	3.7	9.0	10.4	10.4	2.5
	P4AF	9.4	12.5	8.0	9.4	9.4	13.1
	P3S	47.2	44.4	63.0	47.2	47.2	26.3
	P2S	27.0	33.7	12.0	27.0	27.0	52.8
	PPCS2H	3.9	3.9	6.5	3.9	3.9	4.5
ブレンド	セメント	3380	3040	4210	3380	3380	3040
	スラグ	4200	4200	4200	4200	4200	4200
	フライアッシュ	3280	3280	3280	3280	3280	3280
	石粉	7000	7000	7000	7000	7000	7000
混入割合 (%)	セメント	100	100	100	60	80	100
	スラグ	0	0	0	40	0	0
	フライアッシュ	0	0	0	0	20	0
	石粉	0	0	0	0	0	0

パラメータ(p1)	パラメータ(p2)	パラメータ(p3)	パラメータ(p4)	パラメータ(p5)
300	50	5	未定義	1

デフォルト値 ユーザー・サブルーチン 考慮しない OK キャンセル

断熱温度上昇特性／水和モデルの設定

JSCE 固定値 <101>		JCI 固定値 <102>		JSCE 温度補正 <120>	
JCI 温度補正 <121>		JCI 断熱温度上昇表		複合水和(岸モデル)<140>	

(%)	石粉 PLS	0	0	0	0	0	0
-----	--------	---	---	---	---	---	---

注意：モデルの適用範囲は以下のとおりです。

- セメント種類：普通ポルトランド, 早強ポルトランド, 中庸ポルトランド
- 水セメント比：40%以上
- 結合材中のポルトランドセメント割合：30%以上
- 結合材中の高炉スラグ微粉末割合：70%以下
- 結合材中のフライアッシュ割合：40%以下

参考文献：「ポルトランドセメント及び高炉スラグとフライアッシュを用いた混合セメントの複合水和発熱モデル」
東京大学博士論文 岸 利治 著

パラメータ(p1)	パラメータ(p2)	パラメータ(p3)	パラメータ(p4)	パラメータ(p5)
300	50	5	未定義	1

デフォルト値 ユーザー・サブルーチン 考慮しない OK キャンセル

断熱温度上昇式（実線）と岸モデル（破線）の結果比較

出力部位 1 はコンクリートの中心、3 は熱伝達境界面上、2 はその間である。
 内部の部位は断熱状態と見なせるため両者の結果はほぼ同じになっている。一方熱伝達境界面上ではピーク温度で 1 割程度の差が生じている。

