

【問題 1 - 20】

コンクリート構造物や部材の変形に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- (1) コンクリート構造物や部材に外力が作用した場合に生じる断面力には、圧縮力と引張力の軸方向力、せん断力、曲げモーメント、ねじりモーメントがある。
- (2) コンクリートの変形としては、セメントの硬化過程における水和反応によって生じる水和熱、日射、火災などの温度上昇による膨張・収縮などがある。
- (3) 熱膨張係数が $1.0 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 、長さが 10 m のコンクリート部材に 20°C の温度変化が生じた場合、拘束がなければ部材は 0.2 mm 程度伸縮する。
- (4) コンクリート構造物に変形を生じさせる外力としては、地震力、自動車荷重の作用、地盤沈下などが挙げられる。

解 説

コンクリート構造物や部材の変形に関する基礎的な知識を問う設問である。コンクリート構造物や部材の変形には、外力の作用による変形とコンクリートの性質による変形がある。

- (1) コンクリート構造物や部材に何らかの外力が作用した場合、図のような断面力が作用し、構造物は変形を生じ、ひび割れが発生する。

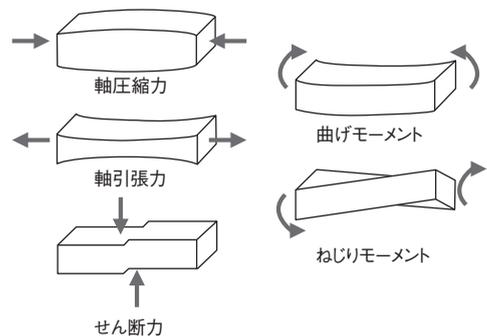


図 断面力と変形

- (2) コンクリートの変形としては、膨張、収縮、クリープがある。コンクリートが膨張する要因としては、①セメントの水和熱による膨張、②硬化後の温度上昇による膨張などがある。セメントの水和熱による膨張には、セメントの種類、単位セメント量などが影響する。硬化後の温度上昇による膨張は、日射、火災などによって生じる。

- (3) 拘束がない場合、コンクリートの伸縮量は以下の式から算出する。

$$[\text{伸縮量 (mm)}] = [\text{部材の長さ (mm)}] \times [\text{温度変化量 (}^{\circ}\text{C)}] \times [\text{熱膨張係数}]$$

$$= 10,000 \times 20 \times 1.0 \times 10^{-5} = 2.0 \text{ (mm)}$$

- (4) 外力が作用してコンクリート構造物に変形を生じる原因としては、①地盤の沈下・隆起、②地盤の移動、③支持力の低下、④載荷荷重の増大、⑤地震力などがある。地盤の沈下・隆起による建物の変形に起因するひび割れの発生を図に示す。

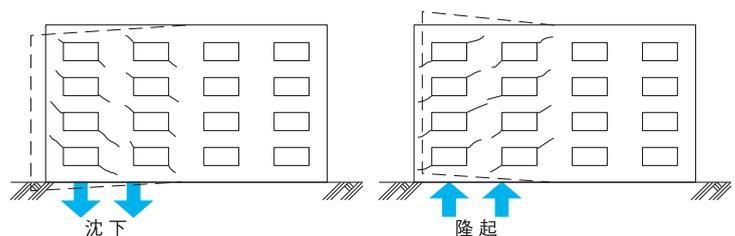


図 地盤が沈下・隆起した場合の変形

以上の結果、正解は (3) となる

【問題 2-16】

下水道関連施設に使用されているコンクリートの化学的腐食に関する次の記述のうち、(A)～(D)にあてはまる次の語句の組合せのうち、適当なものはどれか。

下水中あるいは汚泥中に含まれる硫酸イオンが (A) において (B) の作用で硫化水素に変化し、生成された硫化水素は、コンクリート表面の結露水などに溶解し、(C) において (D) によって硫酸に変化し、コンクリートを侵食する。

	(A)	(B)	(C)	(D)
(1)	好気性環境	硫黄酸化細菌	嫌気性環境	硫酸塩還元細菌
(2)	好気性環境	硫酸塩還元細菌	嫌気性環境	硫黄酸化細菌
(3)	嫌気性環境	硫酸塩還元細菌	好気性環境	硫黄酸化細菌
(4)	嫌気性環境	硫黄酸化細菌	好気性環境	硫酸塩還元細菌

解 説

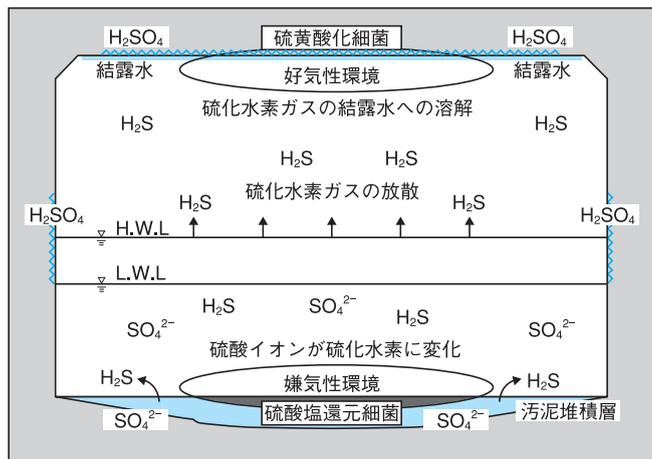
下水道関連施設のコンクリートの化学的腐食に関する基礎的な知識を問う設題である。

下水道関連施設のコンクリートは、下水中あるいは汚泥中に含まれる微生物が作用して、コンクリートが侵食される。その過程は以下のように進行する。

- 下水中あるいは汚泥中に含まれる硫酸イオンが、嫌気性環境（酸素の存在しない環境）において、硫酸塩還元細菌の作用で硫化水素に変化する。
- 生成した硫化水素は、大気中に放散され、コンクリート表面の結露水や下水の水位が変化する箇所では表面水に溶解する。
- 溶解した硫化水素は、好気性環境（酸素の存在する環境）において、硫黄酸化細菌の作用で硫酸に変化し、コンクリートは化学的腐食する。

劣化過程の概念を図に示す。

硫酸などの強酸による化学的腐食は、コンクリート中の硬化体が強アルカリ性 (pH12～13) であることから中和反応を生じ、コンクリートが溶解劣化する。また、ガス状で水中に溶解し、解離したHS⁻がカルシウム化合物と反応して易溶性のカルシウム塩を生成し、コンクリートを侵食する場合もある。



~~~~~ : 劣化が著しく生じる部分

図 下水道関連施設のコンクリートの化学的腐食の概念

以上の結果、正解は (3) となる。

## 【問題 3 - 25】

劣化したコンクリート構造物から採取したコンクリート片を用いて、コンクリートの組織および化学成分を調査した。調査項目と分析機器との次の組合せのうち、不適当なものはどれか。

| 番号  | 調査項目                | 分析機器         |
|-----|---------------------|--------------|
| (1) | セメント水和物の種類, ゲルの組成   | 蛍光X線分析装置     |
| (2) | 針状結晶の生成, セメント水和物の生成 | 走査電子顕微鏡      |
| (3) | 水酸化カルシウム量, 炭酸カルシウム量 | 示差熱重量分析装置    |
| (4) | 全細孔量, 細孔径分布         | 水銀圧入式ポロシメーター |

## 解 説

調査項目と分析機器（あるいは分析原理）との関係を問う設問である。調査項目と分析機器の関係は、「化学」に通じていなければ解答できない問題である。しかし、コンクリート診断士として必要とされる知識であるので、是非とも習得しなければならない。

- (1) セメント水和物の種類やアルカリ骨材反応の反応生成物であるゲルの組成などを調査する場合、蛍光X線分析装置では各種の元素の同定はできるが、水和物（例えば、C-S-Hゲルなど）については同定できない。
- (2) 針状結晶の生成やセメント水和物の生成は、走査電子顕微鏡（SEM）を用いることにより、結晶物を確認することができる。
- (3) 水酸化カルシウム量および炭酸カルシウム量は、示差熱重量分析装置（TG-DTA）を用いて、コンクリート微粉末試料を常温から1,000℃程度まで定速で昇温することにより測定することができる。
- (4) 全細孔量（Total Pore Volume）や細孔径分布などのセメントペースト中の空隙量の指標は、水銀圧入式ポロシメーターを用いることにより測定される

以上の結果、正解は (1) となる。

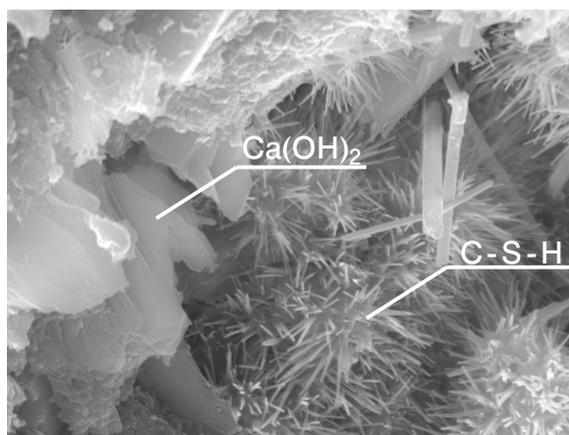


写真-1 C-S-Hと水酸化カルシウム

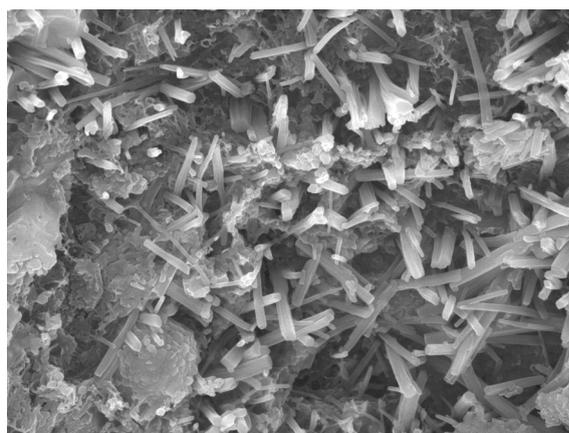


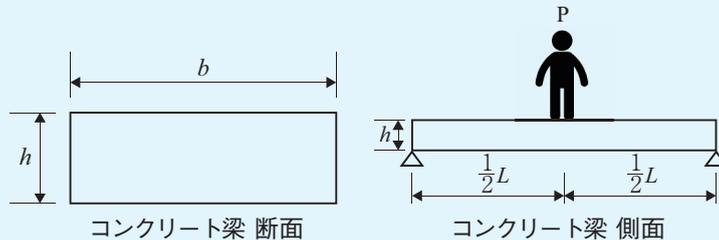
写真-2 エトリンガイト(針状結晶)

## [問題 4-16]

人が一人載ってもひび割れが発生しないコンクリート梁を設計することになった。コンクリート梁の断面は、幅 $b$ 、高さ $h$ の矩形とし、梁スパン $L = 1000\text{mm}$ として、その中央に人が載るものとする。

ここで、梁の幅 $b = 100\text{mm}$ 、コンクリートの設計基準強度 $F_c = 36\text{N/mm}^2$ 、人の荷重 $P = 600\text{N}$ (約60kg)とする。また、断面係数 $Z = \frac{bh^2}{6}$ 、ひび割れモーメント $M_c = 0.56\sqrt{F_c} \cdot Z$ とする。

このとき、コンクリート梁の必要最小高さ(せい) $h$ の値として、次の(1)～(4)の数値のうち、最も適当なものはどれか。



- (1) 20 mm
- (2) 40 mm
- (3) 60 mm
- (4) 80 mm

## 解 説

補強工法に必要な構造力学の基礎を問う設題である。

梁中央に荷重 $P$ が作用したときの曲げモーメント $M$ は、以下ようになる。

$$M = \frac{1}{4}PL = \frac{1}{4} \times 600 \times 1000 = 1.5 \times 10^5 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$$

このとき、コンクリートにひび割れが発生する断面を設計する。

ひび割れモーメント $M_c$ は、以下ようになる。

$$M_c = 0.56\sqrt{F_c} \cdot Z = 0.56 \times \sqrt{36} \times 100 \times \frac{h^2}{6} = 56h^2 \text{ (N}\cdot\text{mm)}$$

ここで、 $M_c = M$ より、 $h$ を求める。

$$56h^2 = 1.5 \times 10^5$$

$$h = \sqrt{\frac{1.5 \times 10^5}{56}} = 51.8 \text{ (mm)}$$

以上の結果、51.8mmを下回らず最も近い値の(3)が最も適当なものである。