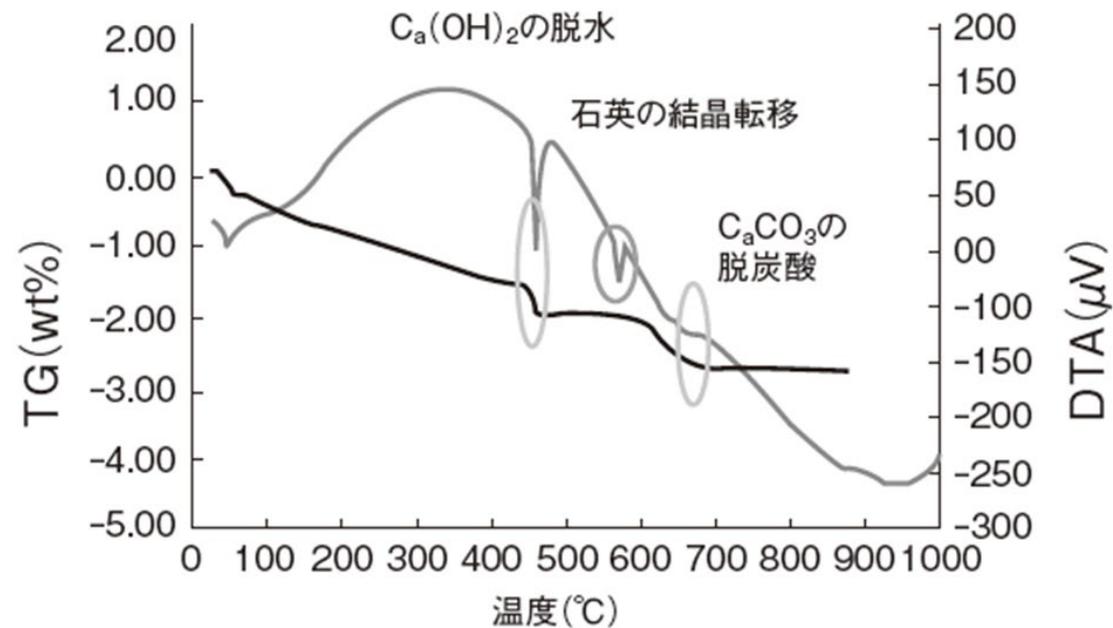


# 【火害】

## 火害による劣化 メカニズムと対策

●コンクリートの熱分析結果の例



# 火害に関する出題傾向

---

- 火災を受けた構造物の記述式問題としては、建築物が多いようだが、土木構造物でも出題された事例がある。
- たとえば、建築物が火災の影響を受けた事例など、土木構造物では、高架橋下の火災やトンネル火災
- 択一式問題では、必ず出題されるので、確実に覚えておきたい。

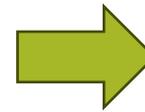
# 火害による劣化のパターン

- 火害による強度・弾性係数の低下

コンクリートが高温に曝されると、強度低下を生じる。温度上昇に伴い、内部の水は水蒸気となり、空隙から放出される。さらに高温になると、組織が変化し、強度低下を生じる。なお、弾性係数の低下の方が大きい。

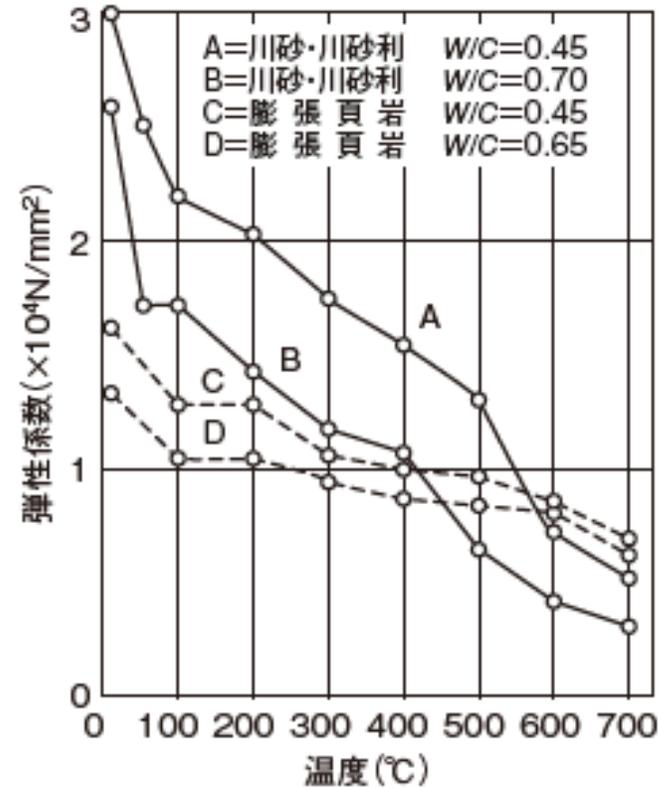
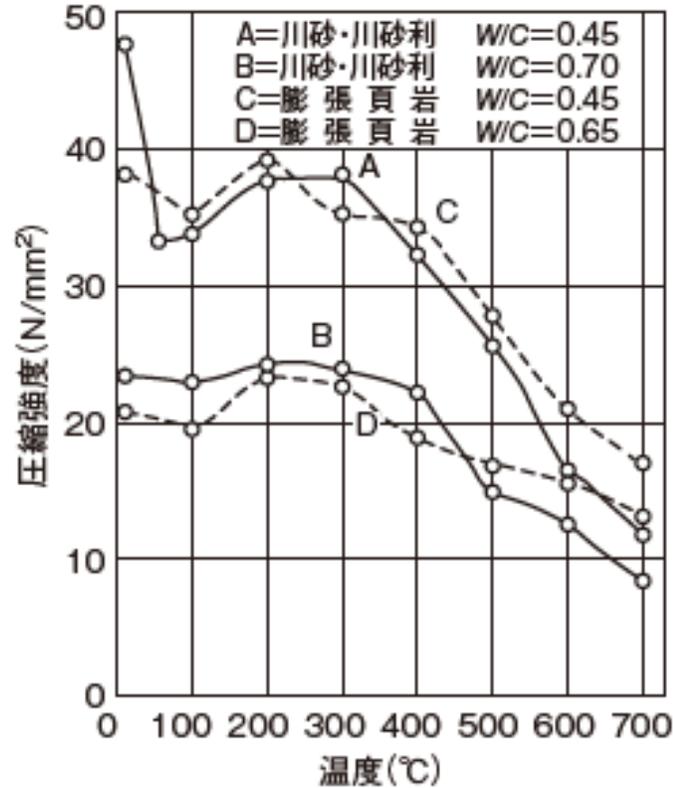
- 高強度コンクリートの爆裂

高強度コンクリートは組織が緻密であり、高温になっても水蒸気の膨張が内部から放出されず、内圧が高まる。その結果、かぶり部分が弾ける爆裂が生じる。



# 火害によるコンクリート強度低下

●受熱温度とコンクリートの強度・弾性係数



火災の受熱温度の影響は、  
圧縮強度の低下より、  
弾性係数の低下が大きい

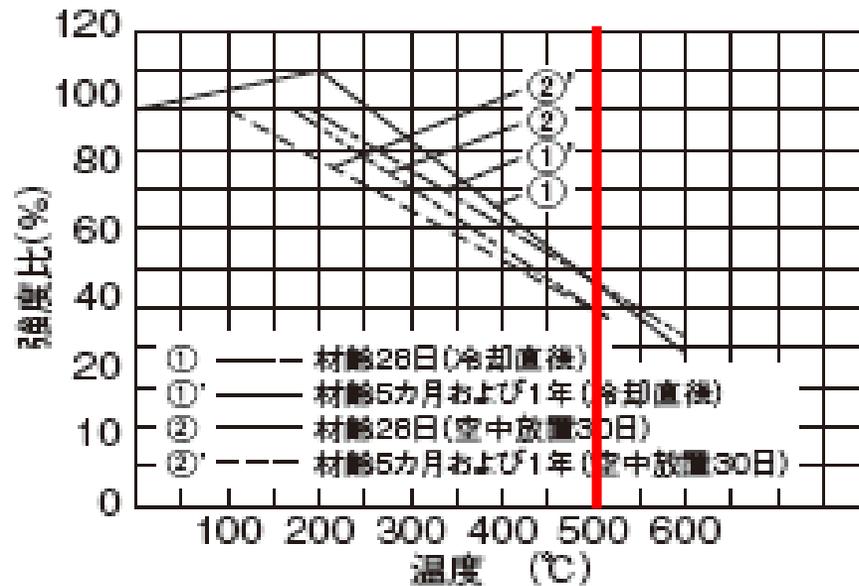
# 火害によるコンクリート強度低下率

- 圧縮強度および静弾性係数の低下率

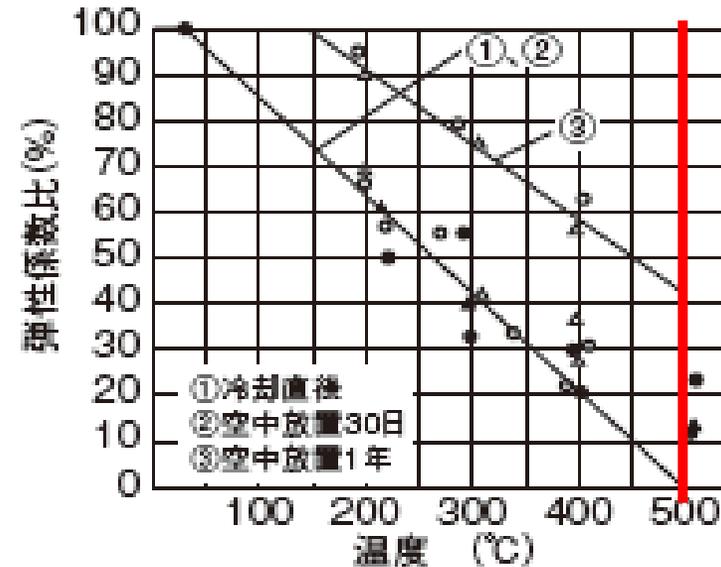
火災の影響は、  
圧縮強度の低下より、  
弾性係数の低下が大きい。

- 加熱温度と残存強度、残存弾性係数

[残存圧縮強度]



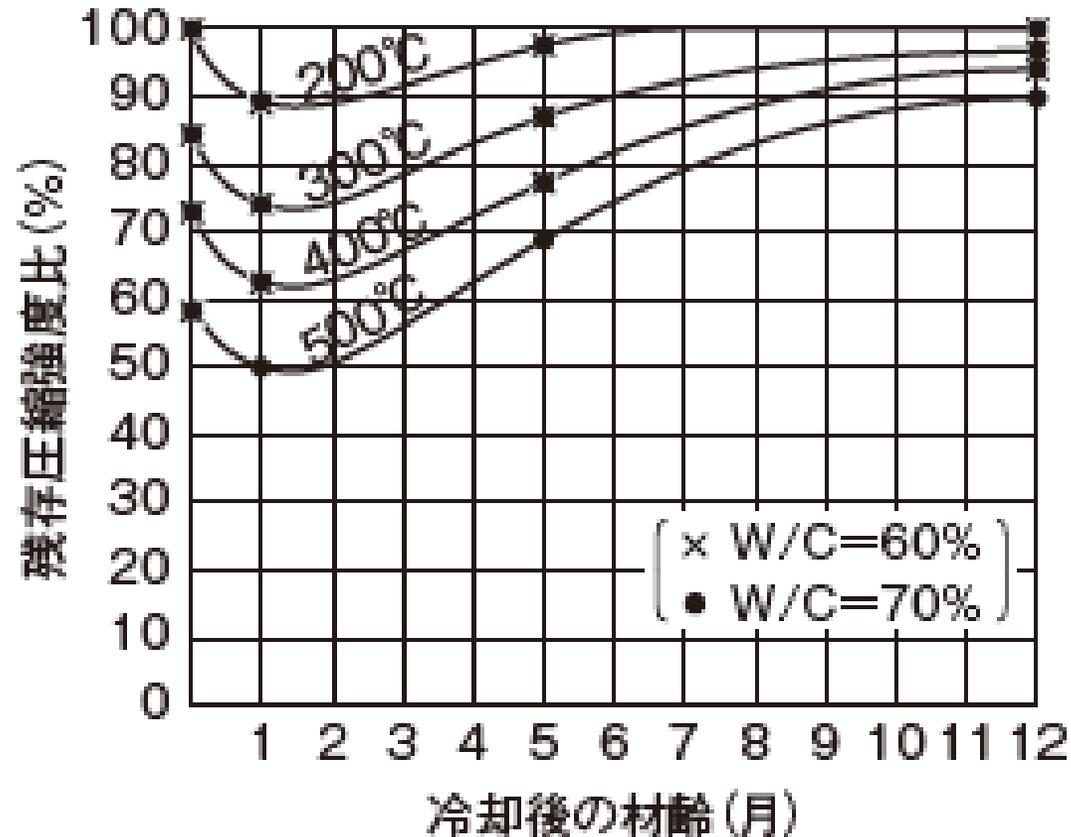
[残存弾性係数]



(参考文献:日本コンクリート工学会「コンクリート便覧」)

# 加熱されたコンクリートの強度の回復

●加熱されたコンクリートの強度の自然回復



加熱されたコンクリートは冷却後に材齢を経ると自然に強度回復する。

# コンクリート表面の状態と受熱温度

変色状況	温度範囲 (°C)
表面にすすが付着	300未満
ピンク色	300~600
灰白色	600~950
淡黄色	950~1200
溶解	1200以上

500°C

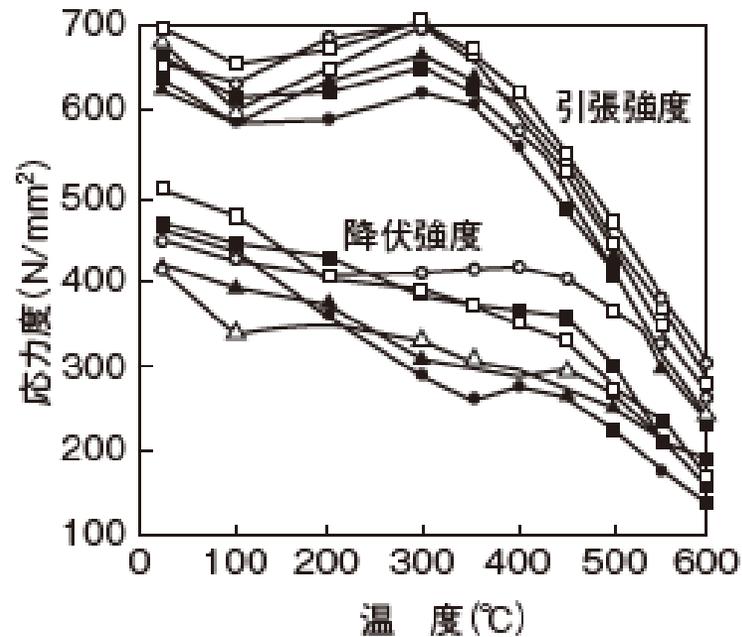
再使用可

再使用不可

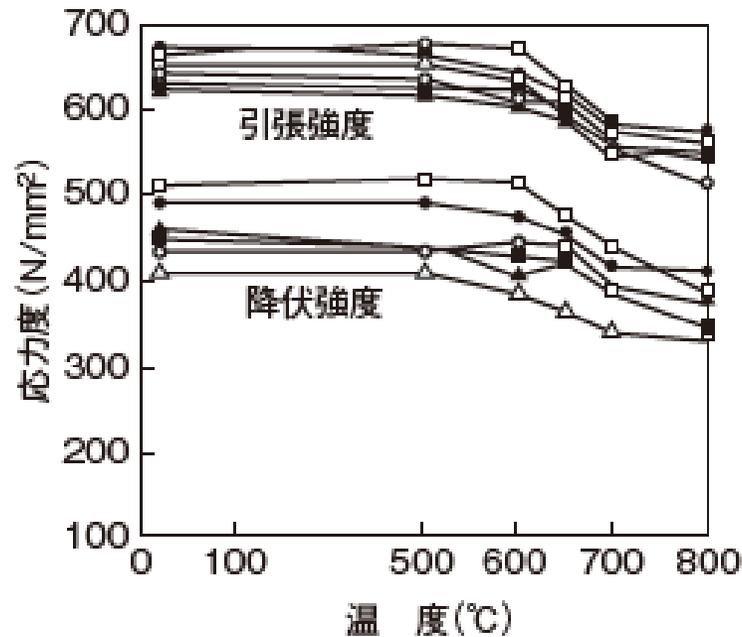
コンクリート表面の変色状況と受熱温度の関係は、択一式問題では必ずと言っていいほど出題される。

# 火害による鉄筋の強度低下

● 受熱温度と鉄筋の強度



(a) 加熱中



(b) 加熱後

加熱後の鉄筋は、  
500°C以下であれば  
再使用可能

数社の複数の製品のデータを示しているが、傾向は同様である

# 火災時の受熱温度を推定する方法

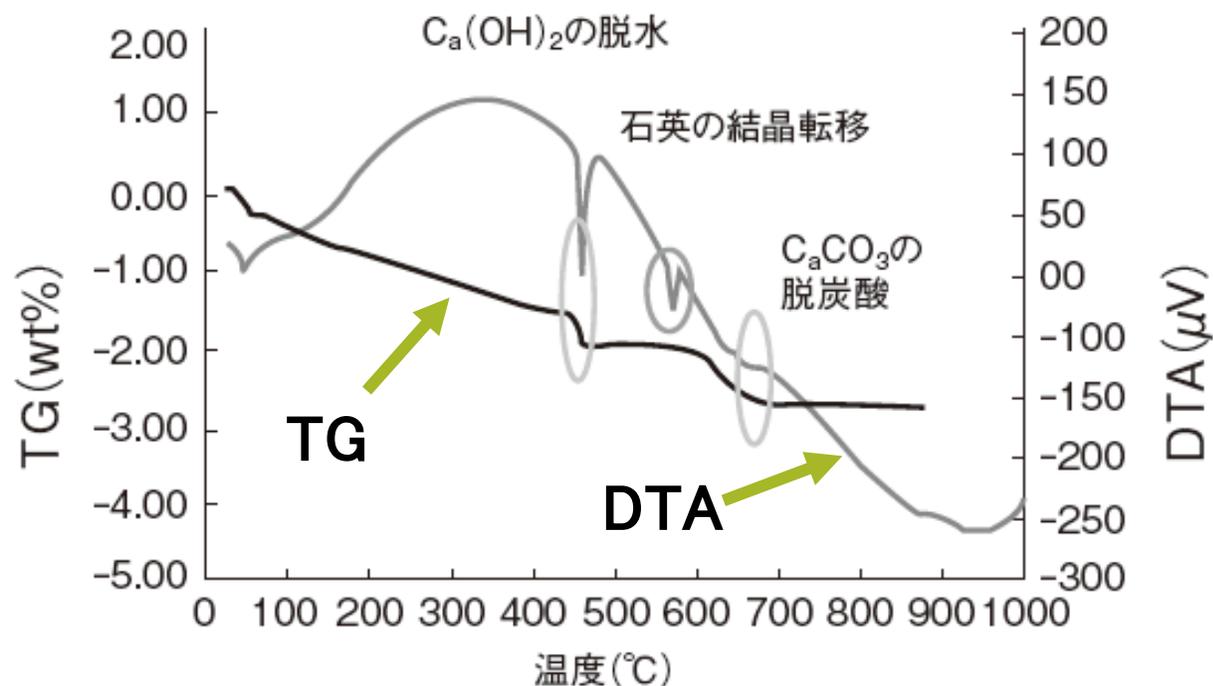
---

- キーワード25 火害
- キーワード76 示差熱重量分析
- キーワード92 粉末X線回折
- キーワード96 UVスペクトル法
- キーワード97 過マンガン酸カリウムによる火害の推定方法

# 示差熱重量分析 (TG/DTA)

Thermo-Gravimetry/Differential Thermal Analysis

## ●コンクリートの熱分析結果の例



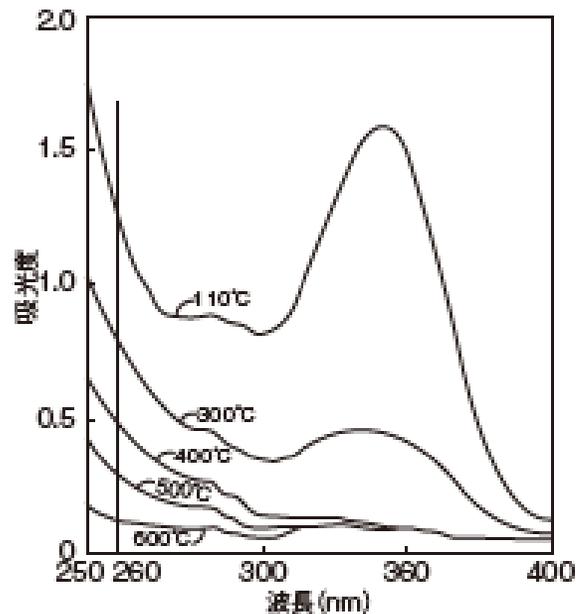
示差熱重量分析装置の例

450°C付近および600°Cを超えたあたりで、それぞれ水酸化カルシウムの脱水と炭酸カルシウムの脱炭酸に伴う吸熱と重量減少がみられる。

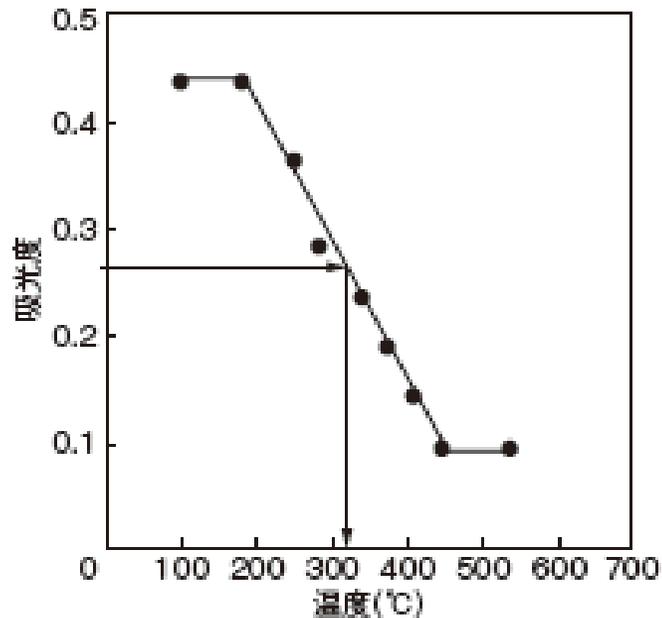
# UVスペクトル法による受熱温度の推定

## 化学混和剤に着目して受熱温度を推定 (吸光度と受熱温度の関係から推定)

●コンクリートのUVスペクトル測定例  
(加熱温度による吸光度の相違)



●吸光度と受熱温度の検量線例  
(試料の吸光度から受熱温度を推定)



可視紫外線吸収スペクトル法は、可視紫外線分光光度計を用いて、硬化コンクリート中の化学混和剤の定量を行う方法

調査対象の健全部のコンクリートを用いて、異なった温度に加熱した試料の分析結果から検量線を作成

# 火災が中性化に及ぼす影響

---

- 火災を受けたコンクリートの表面には、大小のひび割れが生じ、 $100^{\circ}\text{C}$ 以上で遊離水のほか結晶水などが分離・消失して収縮し、約 $700^{\circ}\text{C}$ で完全に脱水するとされている。そして、 $500\sim 580^{\circ}\text{C}$ 程度で水酸化カルシウムが熱分解し、アルカリ性を減じる化学的被害を受ける。
- アルカリ性を減じて中性化すると、鉄筋が腐食する環境となる。

# 火害を受けたコンクリートの補修

## ●被害等級と火害状況

被害等級	状況
I級	無被害の状態で、例えば、 (1) 被害は全くなし (2) 仕上げ材料などが残っている
II級	仕上部分に被害がある状態で、例えば、 (1) 躯体にすす、油煙などの付着 (2) コンクリート表面の受熱温度が500℃以下 (3) 床・梁の剥落はわずか
III級	鉄筋位置へ到達しない被害で、例えば、 (1) 微細なひび割れ (2) かぶりコンクリートの受熱温度が500℃超(主筋位置では500℃以下) (3) 柱の曝露はわずか
IV級	主筋との付着に支障がある被害で、例えば、 (1) 表面に数ミリ幅のひび割れ (2) 鉄筋一部露出
V級	主筋の腐蝕などの実質的被害がある状態で、例えば、 (1) 構造部材としての損傷大 (2) 爆裂広範囲 (3) 鉄筋露出大 (4) たわみが目立つ

## ●火災の被害等級と再使用の判定基準例

被害等級	判定基準
I級	補修の必要なし(内装の取り換え)
II級	補修の必要なし(コンクリート洗浄)
III級	補修(かぶりの部分を打ち替え)
IV級	補強(部材の補強)
V級	部材の取り換え、新部材の打ち足し