

ひび割れが発生するコンクリート中のセメントの異常反応及びひび割れを抑制する方法

○西日本高速道路株式会社 鈴木 廣治

内蒙古師範大学客員教授 丸 章夫

1.はじめに

故 小林一輔 東京大学名誉教授が「コンクリートが危ない」と言われてから約 15 年、いまだに続くコンクリート片の落下事象の現状である。万一、第三者被害が発生すると、「落下するものが有るという事を知らなかった事が業務上過失である」と言われる現場で長年構造物の点検・調査を行い、多くの損傷（こわれ方等）を診て、補修した体験から土木と鉱物及び化学の知識を再確認した新しい補修工法の提案です。

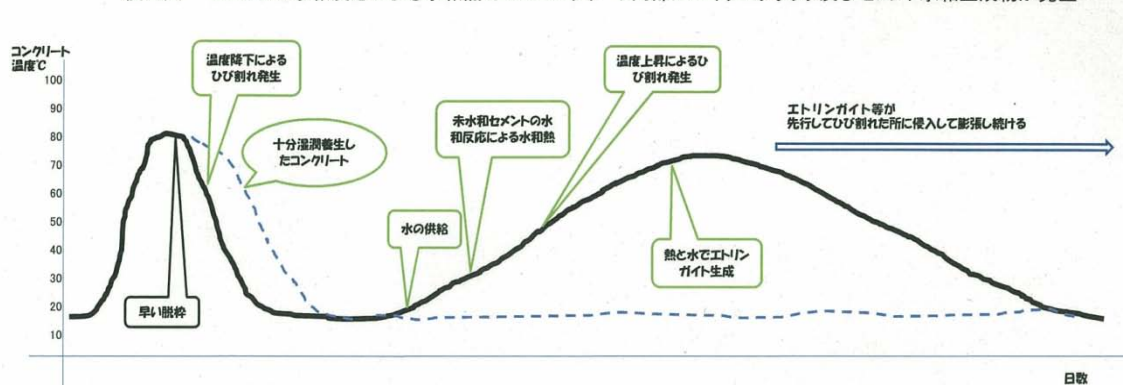
2.亀甲状ひび割れのメカニズム

亀甲状ひび割れが有るとすぐアルカリ骨材反応と言われるが、発生している箇所を良く調べて診ると、マスコンクリートのような断面厚さが有る橋梁下部工（橋台、橋脚）で、工程上脱枠が早かったり、伸縮装置からの漏水が有る箇所が多く発生している。ポルトランドセメントを使用したマスコンクリートで湿潤養生期間が短いと、水和反応による水和熱によるひび割れと水和熱によるセメント水和生成物の異常反応が発生している。

亀甲状にひび割れたコンクリートには、健全なコンクリートと異なるセメント水和生成物のエトリンガイト、ポルトランダイト、カルシウム・アルミネート・ハイトレードの成長が早く多く生成されている。これは、コンクリートの脱枠時期を強度だけで決めたことに起因する。強度を早く出すためにセメント粒度を細かくしたセメントを使用し、その水和反応は、粒度が細かい分だけ比表面積が大きくなり、コンクリート配合水量が増え、さらにポンプ施工による流動性確保のため水量が多くなったことによるものである。

また、強度だけで脱枠するとセメントの水和反応が途中で中断しマスコンクリート内に未水和反応セメントが多く残る。かつ水和熱の中断で温度が急降下することでコンクリート内部がひび割れる。このマスコンクリートに水が供給されると未水和セメントが水和反応を再開し水和熱が発生する。この熱と水により再生エトリンガイトが生成されます。

模式図 セメントの水和反応による水和熱でマスコンクリート内部にマイクロクラック及びセメント水和生成物が発生



キーワード：水和反応、水和熱、亀甲状ひび割れ、セメント水和生成物、温水養生工法

連絡先：関西支社 京都高速道路事務所 電話：075-632-1230

カルシウム・アルミネート・ハイトレードも膨張性を示すが、それ以上にエトリンガイトの膨張性が高い。これらの水和生成物は、先に水和熱でコンクリート内に出来たひび割れに浸透し、後にこれが膨張してひび割れを大きくする。これが、亀甲状ひび割れのメカニズムである。

3.セメント水和生成物の温度変化による影響

ひび割れが発生した橋梁下部工橋脚コンクリートを種々の温度と時間加水加熱処理し、セメント硬化体中に生成したセメント水和生成物のX線回析図をしめした。図-1から以下のことが読み取れる。

温度 80℃以下では、 $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$

エトリンガイト、ポルトランドイトが成長する

温度 80℃以上では、

- ・エトリンガイトが、消滅する。
- ・モノサルフェートが生成成長する。
- ・ $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$ が減少か消滅する。
- ・上記の減少は、温度が高くなると急速に進み、時間と共に進む。特に、エトリンガイトは80℃までの温度で成長するが、100℃までの温度でモノサルフェートに変わる。

図-2 アルカリ骨材反応とされる亀甲状ひび割れが発生したコンクリートを、100℃の温水で加熱し、加熱前と加熱処理後のコンクリート中のセメント水和生成物を比較する。エトリンガイトがモノサルフェートに変化している。加熱処理したコンクリートの圧縮強度と弾性係数は若干低下する傾向がみられるが、促進膨張試験では膨張しない。

4.セメントの異常反応及びひび割れを抑制する方法

亀甲状ひび割れ等が表面に現れる前に、コンクリートの内部試料を採取して分析し、セメントの水和反応状況を把握し、加水加熱処理すればコンクリートの長期耐久性が確保される。

5.おわりに

コンクリートは土木材料としてとても便利なものです。生コン工場から、どこにでも、いつでも、すきな量だけ運んでくれる。しかし、施工に際しては、土木と鉱物や化学の知識をいかし、セメントの水和反応を理解して使用する必要がある。水和反応のさせ方、湿潤養生方法しだいで、後の維持管理や耐久性が大きく違ってくる。万一、セメントの異常水和反応を発見しても、温水養生工法でセメント水和反応を完結させ、コンクリートを改質させる事ができます。

以上

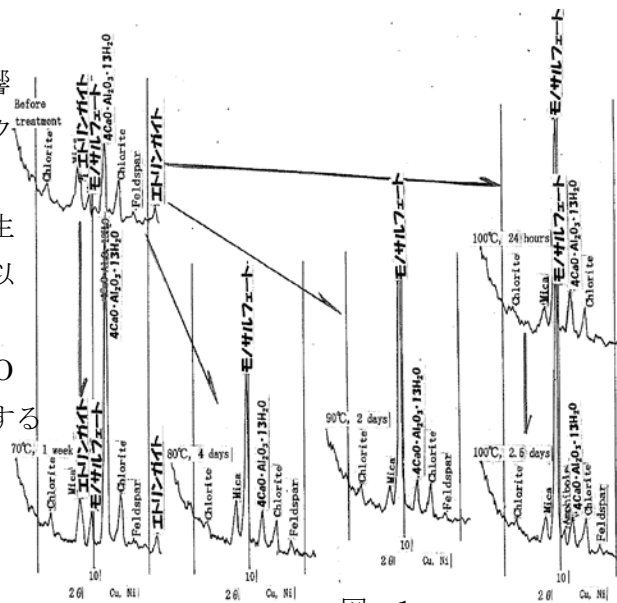


図-1

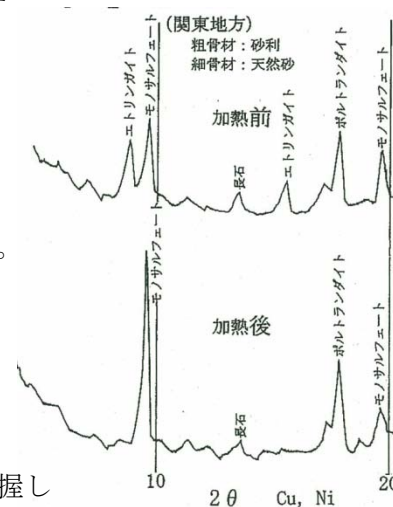


図-2