

#### Slide 2

複合構造とは、鉄筋以外の鋼とコンクリート、場合によってはそれ以外の材料 (FRP など) を組み合わせて作る構造物である。例として、鋼板とコンクリートを組み合わせた鋼コンクリート合成床版がある。

Hybrid structures are made of concrete, steels other than reinforcing bars and other materials such as FRP (if any). As an example, steel concrete composite slabs made of steel plates and concrete are one of the hybrid structures.

#### Slide 3

1 回の荷重の作用では破壊しなくても、何回も作用し続けると破壊に至ることがある。これを疲労という。荷重が何回も作用する要因として、交通荷重 (車両や列車が繰り返し通るため)、波浪荷重、風荷重などがある。疲労は鋼で問題になることが多いが、コンクリートも疲労により劣化する。

Even though the structure is not failed by just one cycle of loading, if the load is applied many times, it would lead failure. It is called fatigue. As factors inducing many cycles of loading, transportation load (repeated pass of vehicles and trains, etc.), wave load and wind load are known. Fatigue frequently becomes a problem in steel structures, but concrete is also suffered from fatigue.

#### Slide 4

塩害は、塩分により鋼材が腐食する現象であり、鋼構造物とコンクリート構造物の両方に見られる劣化である。一方、中性化はコンクリート特有の劣化である。健全なコンクリートはアルカリ性で、中の鉄筋が錆びるのを防いでいるが、空気中の二酸化炭素や酸性雨の影響により中性化すると、鉄筋を保護する機能が失われる。どちらもコンクリート自体の性能はほとんど変わらないが、鋼材の力学特性に影響を及ぼす。

Salt attack causes corrosion in steels and observed in both steel and concrete structures. On the other hand, carbonation is a deterioration which is observed in only concrete structures. Sound concrete has an alkaline property and therefore it can protect inner steels against corrosion. But it becomes neutrality when the concrete is suffered from CO<sub>2</sub> gas in the atmosphere and acid rains, resulting loss of the protection function for corrosion. Both of the deteriorations do not change the concrete property itself, but affect mechanical properties of steels.

#### Slide 5 and 6

腐食とは、鋼 (≒鉄) が錆 (酸化鉄) に変化する現象である。腐食により構造物の性能が低下する要因として、以下がある。

1. 鋼材が減肉されることによる強度や剛性の減少  
錆の強度は、鉄と比べて極めて低い。したがって、錆に変化した部分は、力学的には鉄が欠損したということとほぼ同じである。
2. 膨張により発生するコンクリートのひび割れ  
錆は、鉄よりも極めて大きな体積を持つ。したがって、コンクリート内部の鋼材が腐食すると、中で膨張圧が生じる。膨張により周囲のコンクリートが押し広げられ、耐えられなくなると、ひび割れが発生する。腐食ひび割れと呼ばれる。
3. 錆汁による景観の低下  
雨水等の水分が錆に混じると、半液体状の錆汁となって、構造物の表面に露出する。

Corrosion is a phenomenon that steels become rust (oxidized steel). Factors reducing structural performances are as follows.

1. Reduction of strength and stiffness because of loss of cross sections  
Strength of rust is much smaller than that of original steel. Therefore, the portions where steels become rust are equivalent that the steels are just lost.
2. Cracks in concrete caused by expansion  
Rust has a much larger volume than that of steel. Therefore, when steels in concrete are corroded, expansive pressure occurs. The expansive pressure pushes out the surrounding concrete and when the concrete cannot resist against the pressure, cracks occur. It is called *corrosion cracks*.
3. Reduction of aesthetic property due to rust fluid  
When moisture such as rain water is mixed to rust, it becomes a quasi-liquid fluid and exposed to the outer surface of the structure.

#### Slide 8

北海道は、世界でも有数の凍害多発地帯である。寒さがより厳しいシベリアなどよりも、凍害の被害が大きい。なぜか？

凍害は、コンクリート内部の水分の一部が凍結し、その膨張圧により損傷が生じる現象である。ただし、凍害は、凍結融解の繰り返しにより起こることが知られており、単に1回凍結しただけでは顕著な損傷は生じない。これは、凍結により膨張→細かなひび割れが発生→融解時に水分がひび割れに侵入→ひび割れ内の水分が凍結し、ひび割れがさらに進展、というサイクルを繰り返しながら、徐々に損傷が進展することが理由と考えられている。そのため、常に凍結状態の極寒地域よりも、夜間に凍結、昼間に融解する地域の方が、凍害が多くみられるのである。

Hokkaido is one of the most typical regions in the world where frost damages are observed. Frost damages in Hokkaido are severer than colder regions such as Siberia. Why?

Frost damage is a phenomenon that a part of moisture in concrete is frozen and its expansive

pressure induces a damage. However, only one-time freezing does not induce a significant damage. It is known that frost damage occurs by a number of cycles of freezing and thawing process. It is because frost damage is gradually progressed by a cycle of; expansion by freezing -> micro cracks occur -> moisture penetrates into the micro cracks during thawing -> moisture in the cracks is frozen and the cracks more propagate. Therefore, frost damage is more typical in the regions where moisture is frozen in night and thawed in daytime than extremely cold regions where moisture is always frozen.

#### Slide 9

アルカリ骨材反応は、シリカを成分に含む骨材とコンクリート中のアルカリ成分が化学反応を起こし、膨張性のアルカリシリカゲルが生成され、膨張圧により損傷が起こる現象である。一般的に、スライドの写真にあるような亀甲状のひび割れが発生するのが特徴である。コンクリート自体の強度低下も懸念されるが、膨張圧により鉄筋の折り曲げ部が破断した事例もある。

Alkali aggregate reaction (AAR) is a phenomenon that the chemical reaction of aggregates containing silica and alkaline component in concrete generates expansive alkali-silica gels and their expansive pressure induces a damage. In general, random cracks as shown in the picture in the slide are observed on concrete surfaces by AAR. Strength reduction of concrete is concerned. In addition, there are past reports that rupture of steel reinforcing bars at the bending parts due to the significant expansion pressure from the inside were also observed.

#### Slide 10

化学的浸食を引き起こす要因にはいろいろあるが、典型的な例のひとつは硫酸塩によるものである。どのような場所で問題となるか、調べてみよう。

There are various factors which induce chemical attack in concrete. One of the most typical one is a damage caused by sulfate. You may check where sulfate attack is often observed.