

「PC構造」とは

(第3回)
2014. 6. 25

Key Word : Pre-stress

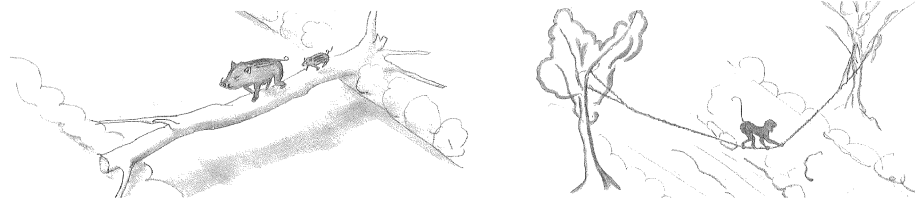
1. はじめに

「PC橋とはどんなもの？」との問に答えるべく、使用する材料の変遷ならびにそれに伴って変革を遂げた構造形式について言及する。

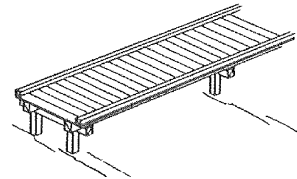
2. 使用材料の変遷 (発見から発明へ)

① 木の時代

橋の始まりは、偶然にも小川を跨ぐ形で倒れこんだ木であったろう。また木と木に絡むツルであったのかもしれない。



やがてこれらに人の手加えられて、土に杭を叩き込みその上に木が渡されるようになる。これが「土木」の由来である。



② 鉄の発見

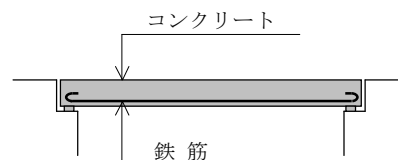
ある種の砂を焼いて溶け凝縮する塊を鍛えると「展性・延性」を有する金属となる。この金属は形を変えることが可能なことから、当初は戦いの武器として活用されたが、いずれ鉄筋となり橋の素材となる。

③ コンクリートの発明

土を焼いて出来るブロックあるいは石を積み上げるのに、間詰材として石灰を含む土を用いていたが、この石灰を焼いて粉砕したものに水を加えると再び固まることを見つけた。これが「セメント」であり、これに石・砂などの骨材を混入して、より強度を高めたものがコンクリートである。

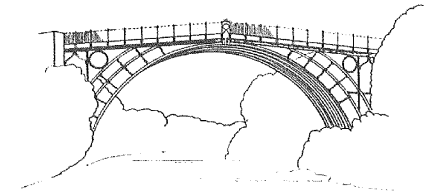
④ 鉄筋コンクリートの発明

鉄筋コンクリートは、鉄とコンクリートの「複合構造」である。圧縮に強いが引張に弱いコンクリートに鉄筋を挿入することで、コンクリートを単なる抗压材から曲げ抵抗部材へと変身させた。



⑤ 鉄橋の登場

イギリスの炭鉱近くで鉄の大量生産が可能となり、この鉄を用いた橋が登場した。右図は1779年に架設された鑄鉄製のアイアンブリッジ



3. 技術革新

鉄ならびにコンクリートを用いた構造物は、原料の開拓、熱源の確保、交通手段の発展、設計・製作・架設技術の進歩と相まって飛躍的な進歩を遂げている。

① 鉄から鋼へ

鉄は元素記号：Feで表される純粋の金属であるが、鋼はこの鉄を主成分とする合金である。鋼の中には鉄のほか炭素：C、ケイ素：Si、マンガン：Mnなどが含まれていてその混合の割合によって鋼の性状が異なり、「焼入れ」「焼きなまし」などの温度調整とともに、鋼材強度をコントロールしている。

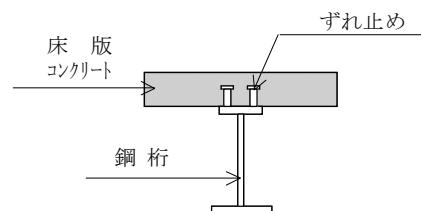
② 橋桁の形式

鋼桁に限らず、曲げを受ける部材はその材料を中立軸からなるべく離れた所に配置することが有利となる。その概念に基づき、地形・支間割等によって、桁橋・トラス橋・アーチ橋・斜張橋・吊橋などが考案された。

③ 合成桁

鉄筋コンクリートのところで述べた「複合構造」と「合成構造」はその棲み分けがはなはだ曖昧であるが、どちらも、複数の異なる性質の材料を一体化して機能的な構造としたものである。

「合成桁」は、単純桁橋（「プレートガーダー」）において、圧縮を受ける床版コンクリートと鋼桁をズレ止めによって一体化して、剛性を高めたものである。一般的な道路橋では、合成・非合成の剛度の比は 3:1 程度で、使用する鋼材も合成とすることで20%ほど減少すると言われている。



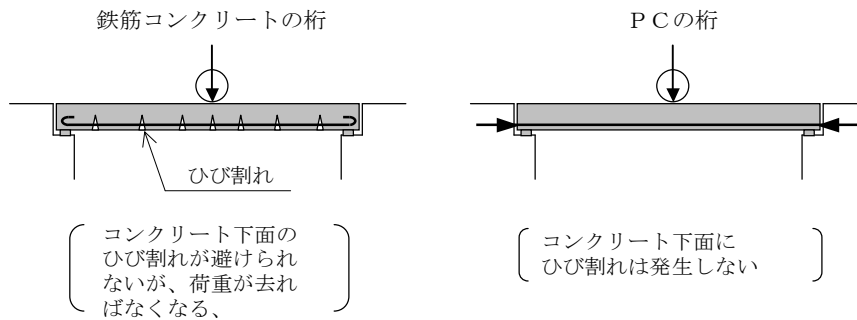
合成桁は、径間部全長の床版が圧縮作用を受ける単純桁において、その機能を十分に発揮するが、連続桁においても、径間部の機能改善のために採用されることもある。さらには、上路形式のトラス橋においても採用されることがある。

④ PC 桁

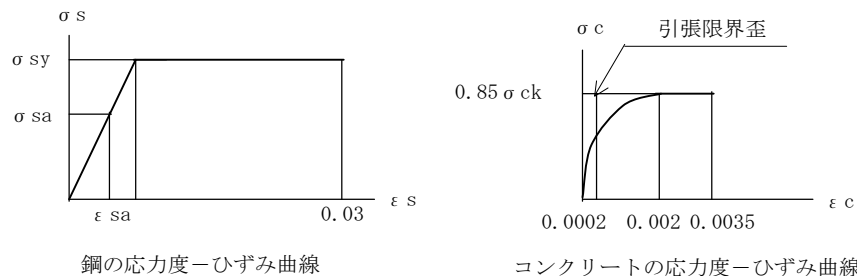
PC 桁とは、Prestressed Concreteのことで、予めストレスを与えておくとの意味である。

前頁2.④で述べた鉄筋コンクリートの桁では、引張に弱いコンクリートを補強する形で鉄筋を配置するので、鉄筋がその機能を十分に発揮するだけのひずみに、コンクリートは追随できず、ひび割れの発生が避けられない。

このひび割れを防止するために予め鋼材にストレスを導入する構造がPC橋である。このPC橋は、コンクリートの追随を気にしなくて良い所から高張力鋼を使用する。このため桁高を低く抑えることが出来る。長支間の桁に対応できるなどの特長を備える。



※ 参考1 RC 桁のひび割れについて

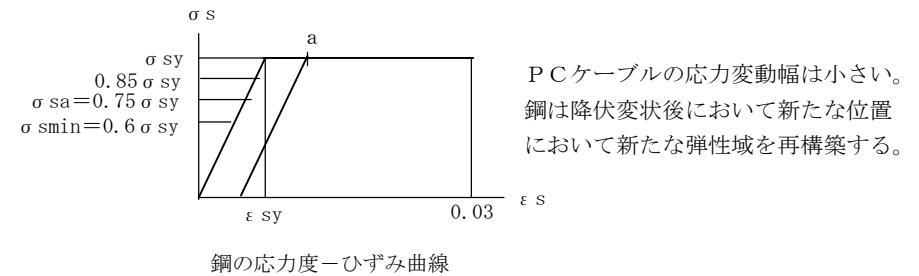


鋼材の許容歪： ϵ_{sa} は材質によって異なるが、いずれも許容応力度をヤング係数で除することによって求めることが出来る。

$$\text{使用鉄筋にSD345を想定した場合、} \quad \epsilon_{sa} = \frac{\sigma_{sa}}{E} = \frac{200}{200,000} = 0.0010$$

と、コンクリートの引張限界歪よりずっと大きく、RC構造において鉄筋に引張力を負担させれば、コンクリートにひび割れが生ずることは当然の理である。

※ 参考2 PC 桁ケーブル張力について



通常、PCケーブルには降伏強度の85%の張力を導入する。これがコンクリートのクリープ・ケーブルのリラクゼーション等によっていずれ60%程度に減少するが、載荷後のケーブルの許容応力度は0.75%に抑えることになっている。すると、あと荷重に対するケーブルの余力は15%しかないことになるがさにあらず。張力導入後に載荷重（死活荷重etc.）によるケーブルの張力はそんなに増えることはないのである。このことは鋼線とコンクリートブロックの弾力性の差が起因する。

		プレストレス：100kN	A+100kNの張力
		A	B
ケーブル張力	kN	100	110
コンクリート圧縮力	kN	100	10

〔 プレストレストコンクリート構造では、プレストレスング中において導入力は降伏強度の90%以下としているが、よしんばこれが降伏応力度を超えた場合でも（上図a）、鋼の特性として新たな位置での弾性体を構築する（上図2点鎖線）ことを承知しておくが良い。 〕

注) 橋梁部材の中に、PC版、PC桁と称してプレキャスト版を指すことがある。これは予め打設した既成品のことを指し、前述したPC桁とは異なるものであることを注意しておいて欲しい。