

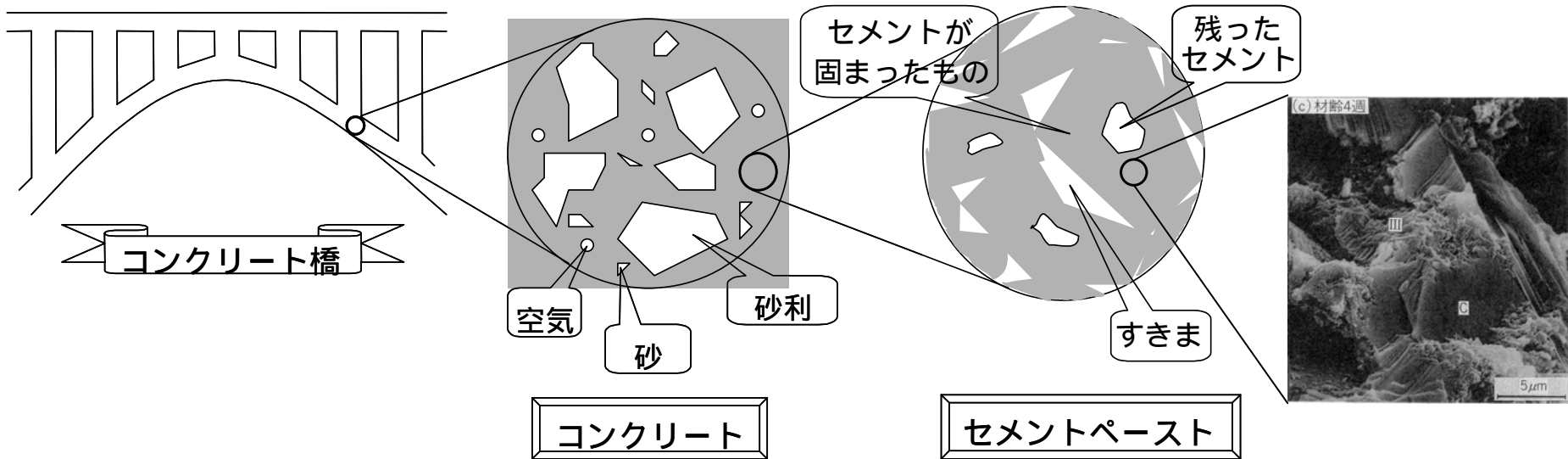
# コンクリート(構造物)を 強くするためには？

---

コンクリート工学研究室  
岩城 一郎

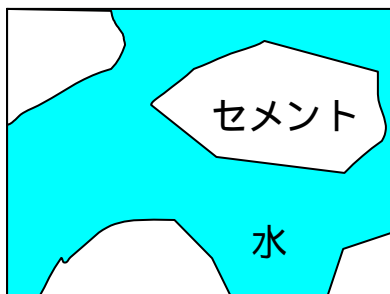
# コンクリートは何から出来ているか？

水 + セメント + 砂 + 砂利 +  
セメントペースト部 (約3割) + 骨材部 (約7割)

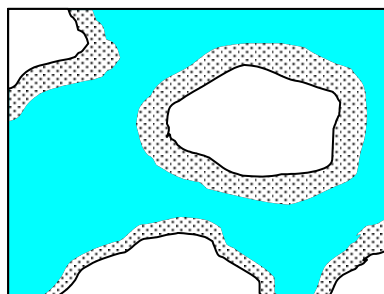


# なぜコンクリートは固まるか？

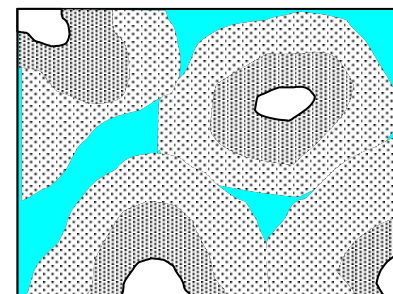
水とセメントが化学反応し、生成した**水和物**がセメント粒子間の隙間を埋めて一体化するため。(はじめ軟らかく徐々に硬くなる性質)



水和直後



数時間後



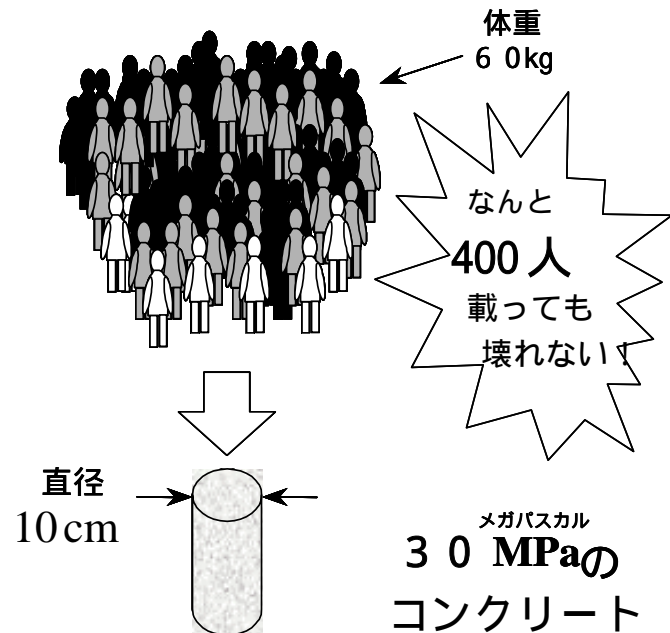
数日後～数年後

# 一般のコンクリートの強さはどのくらいか？

- 一般のコンクリートの強さ：30MPa程度
- 30MPa (300kgf/cm<sup>2</sup>) の強さとは？

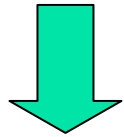
さいころの上に**KONISHIKI**が載っても壊れない強さ！

- 一般の鋼の強さ  
300MPa程度

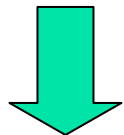


# コンクリートの強さは何で決まるか？

- コンクリートの中身(セメントペーストと骨材)の弱い部分で決まる。



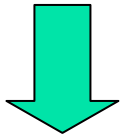
セメントペーストの強さ < 骨材の強さ



セメントペーストの強さで決まる。

# コンクリートを強くするには？ (Part1)

- セメントペーストを強くする。
- できるだけセメントペースト内部の隙間(空隙)を少なくする。

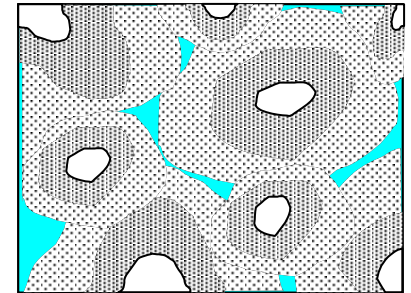


水に対するセメントの量を多くする。

- 通常は水:セメント = 1:2 (質量比)



水とセメントの比を1:4にしては？





## 水に対するセメントの量を多くすると？

---

練混ぜが困難になる。(ホットケーキ, お好み焼きを思い出して！)



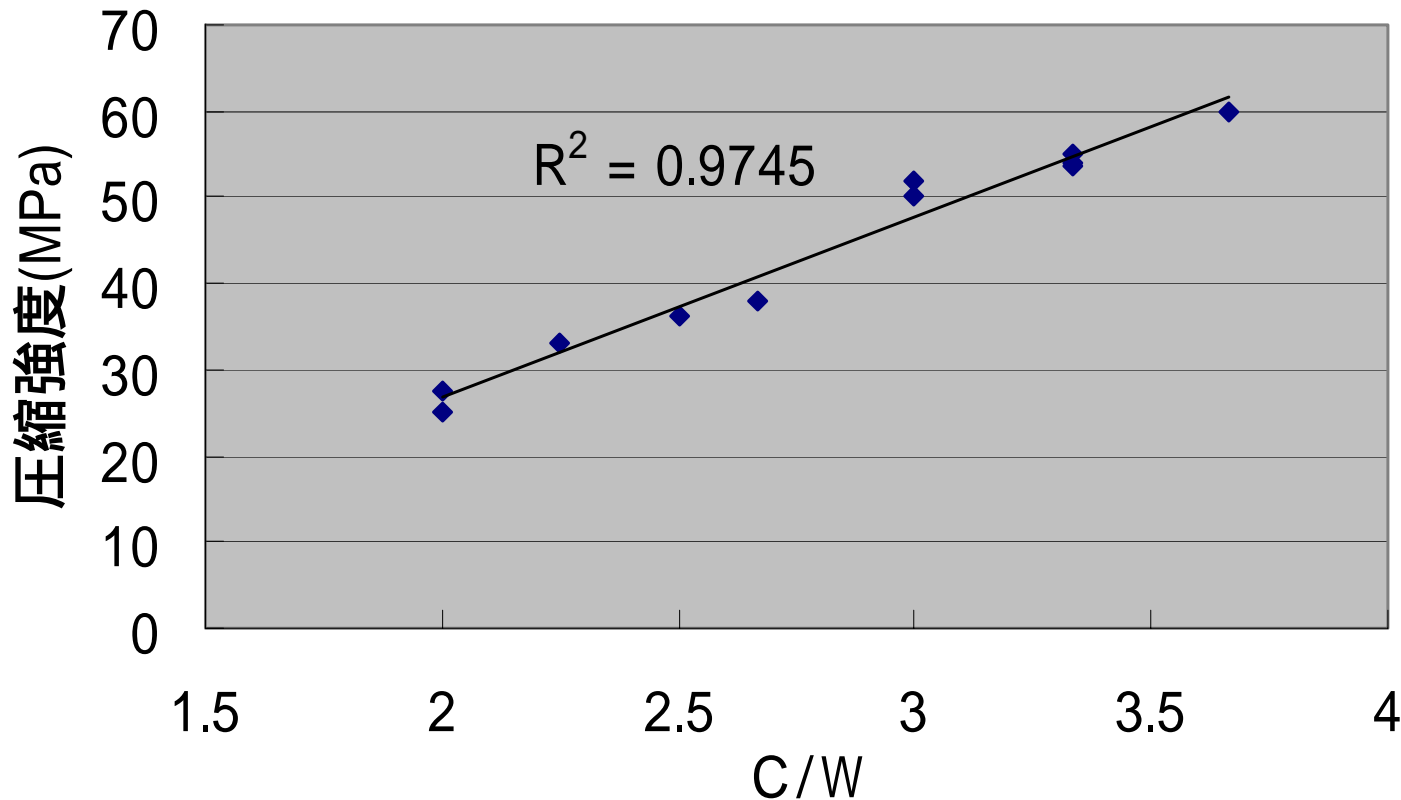
特殊な薬を使ってセメント粒子を分散させる。  
(高性能減水剤)



練混ぜが可能になる。

# 水に対するセメント量とコンクリートの強さとの関係は？

2001年度創造工学研修の結果より



コンクリートの圧縮強度はC/Wに正比例する。





## コンクリートを強くするには？ (Part2)

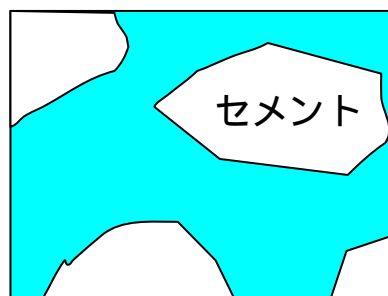
- 特殊な薬を用いてセメント水比を高く設定することにより, 100MPa近い圧縮強度をもつコンクリートを作ることが可能。ただしこの方法にも限界がある。



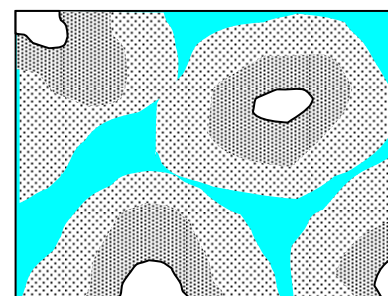
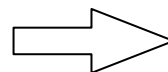
- セメント粒子よりもさらに細かい反応性の物質を用いて, さらに隙間を埋める。  
例: シリカフューム: 平均粒径 $0.1 \mu\text{m}$ 程度  
(セメント: 平均粒径 $30 \mu\text{m}$ 程度)

# シリカフュームを用いると？

通常のコンクリート

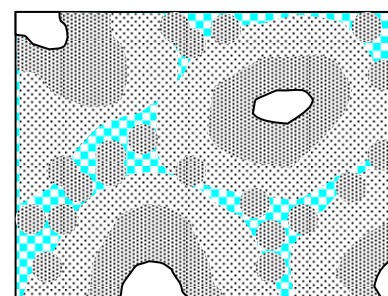
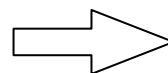
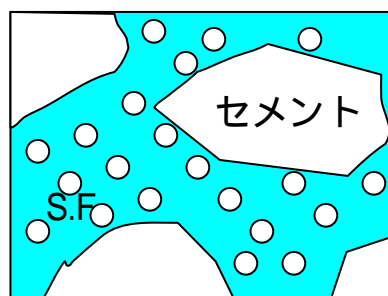


水和直後



数日後から数年後

シリカフューム(S.F.)を用いたコンクリート

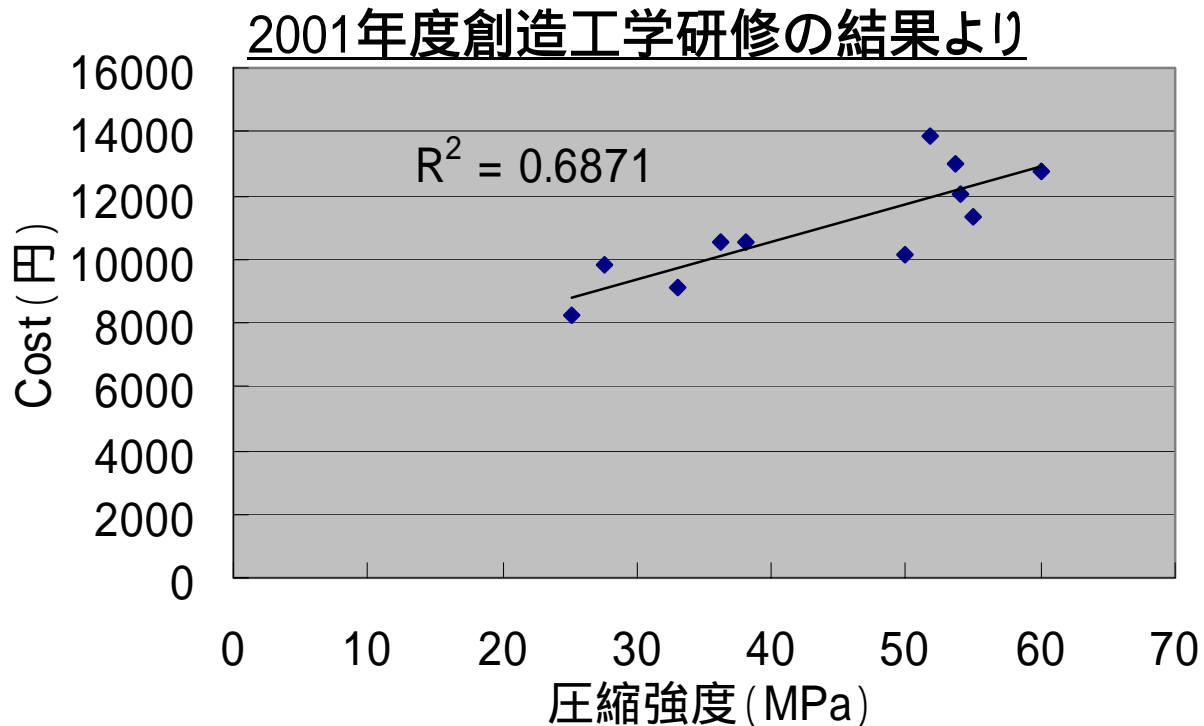


S.F.の使用により100MPa以上の圧縮強度をもつコンクリートが実現(ただし、骨材も強くする必要がある)

# コンクリートを強くすると？ (Part1)

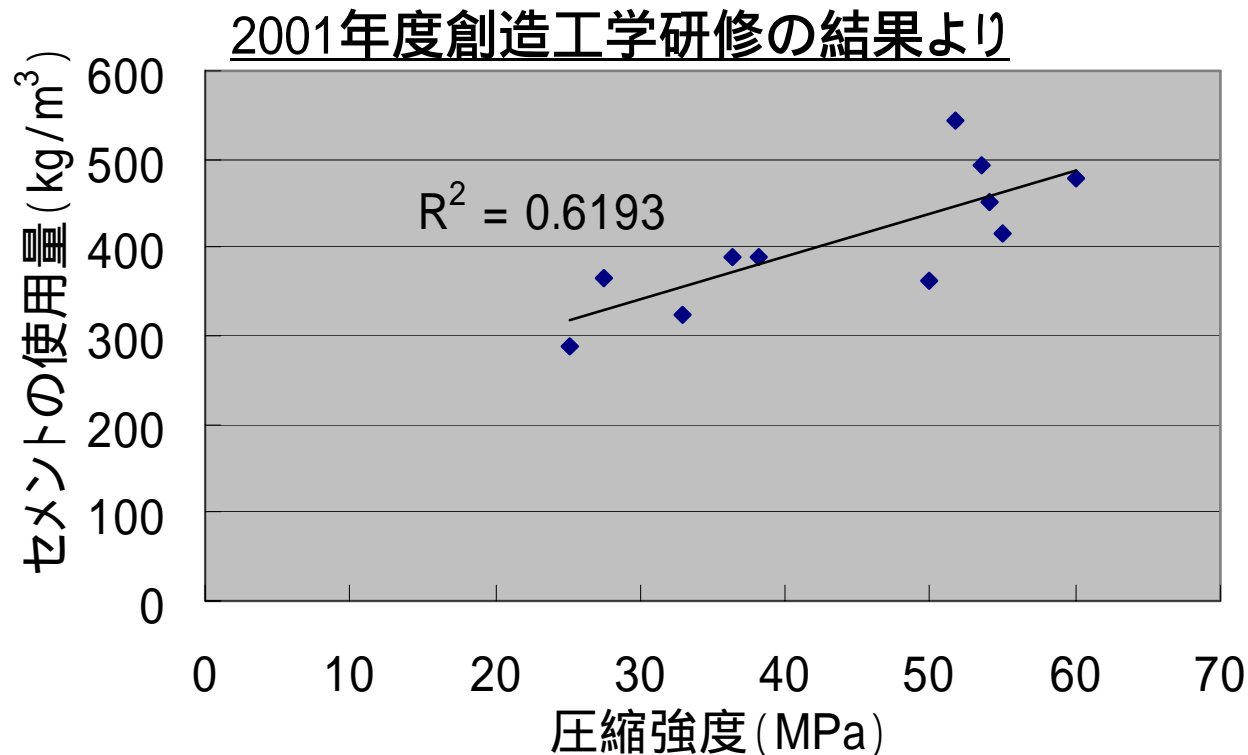
コストが高くなる。

セメント：10000円/ton，砂・砂利：1000円/ton



# コンクリートを強くすると？ (Part2)

セメント量：増 発熱量：増 過大なひび割れ：増  
強くて、値段が高い割には耐久性：低





# コンクリートを強くしたとしても？

コンクリートは圧縮に対しては大きな力に抵抗するが引張に対しては小さな力で簡単に壊れてしまう。

**引張強さは圧縮強さの1/10以下**



いくらコンクリートを圧縮に対して強くしてもそれに見合う引張強度は得られない。

例 圧縮強度30MPa 引張強度3MPa

圧縮強度100MPa 引張強度6MPa

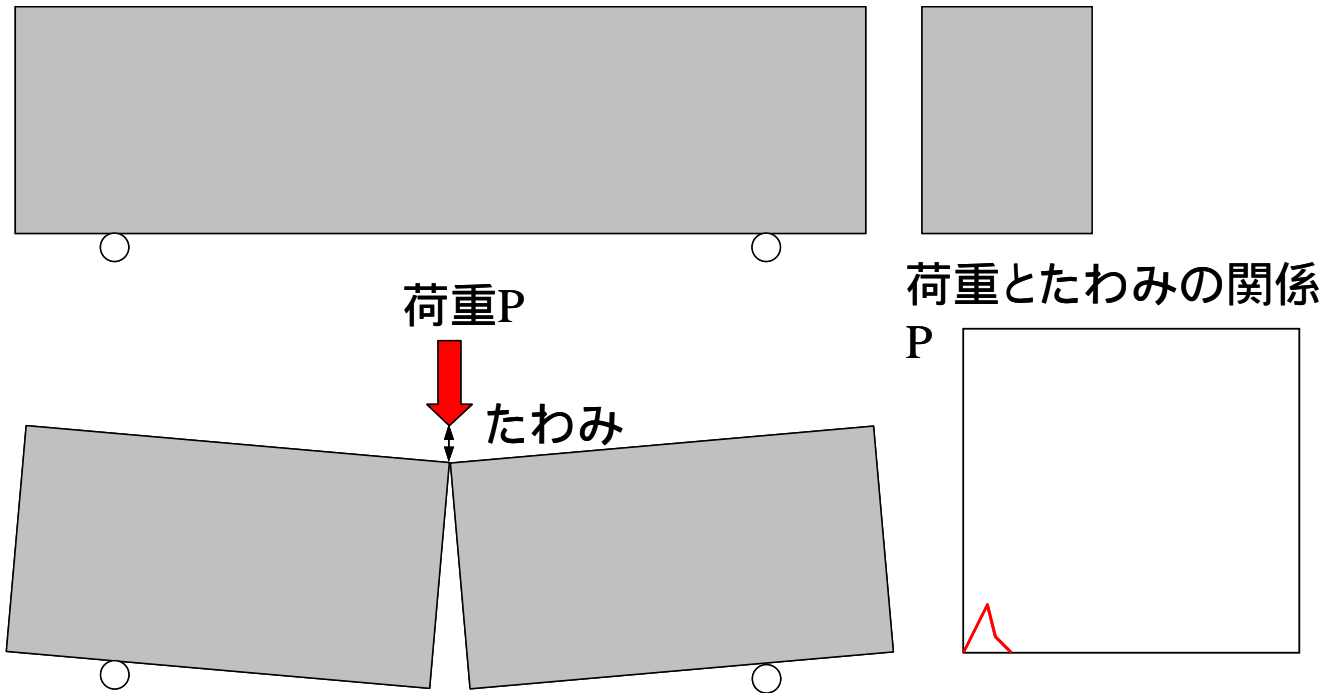
一般のコンクリート構造物は圧縮強度30MPaあれば十分



コンクリートは強ければよいというものではない。

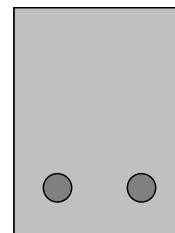
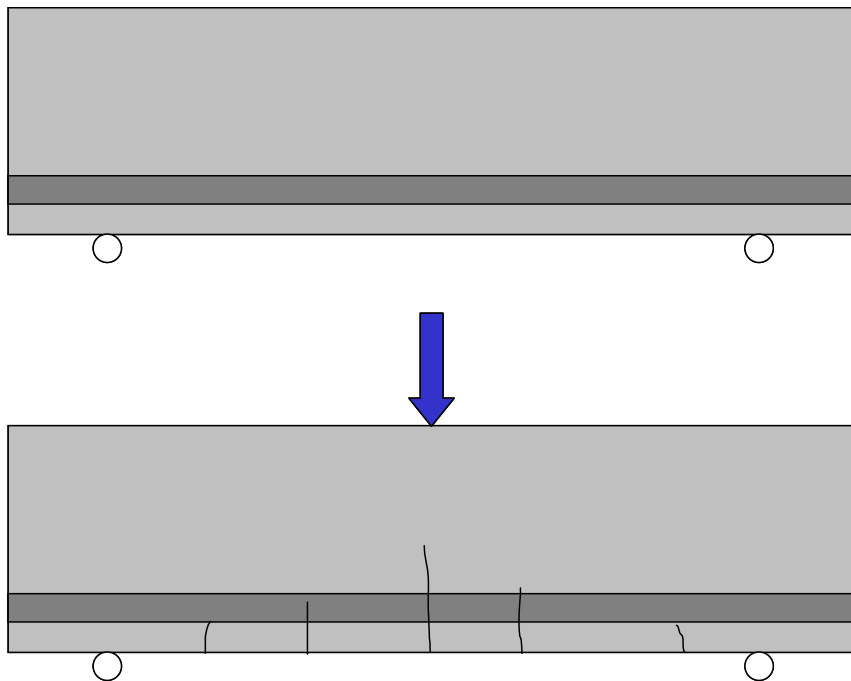
# 曲げを受けるコンクリート部材

上側で圧縮力，下側で引張力を受ける

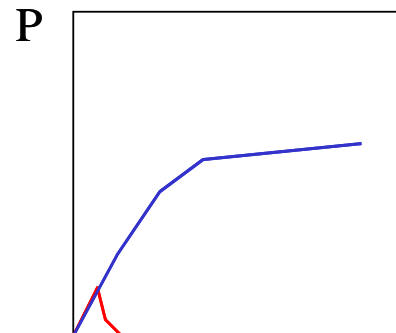


引張側でひび割れが発生し，急激に壊れる。

# 引張側に鉄筋を入れると？

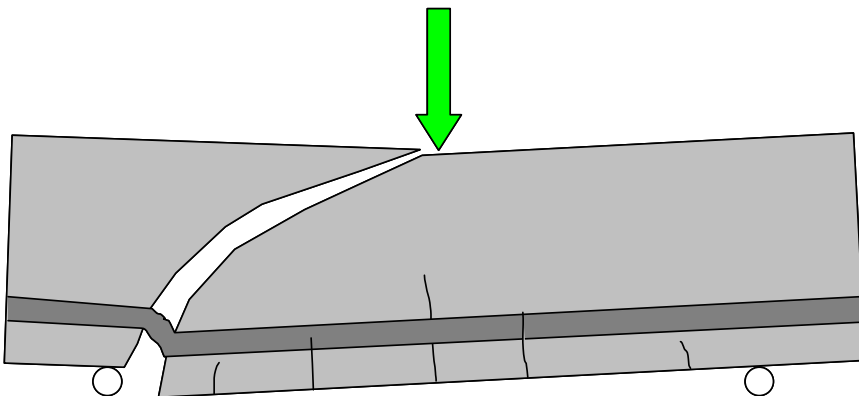
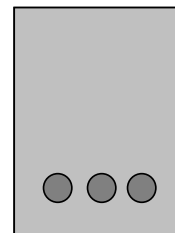
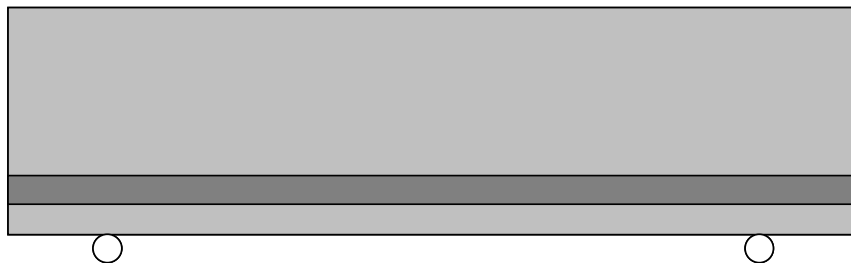


荷重とたわみの関係

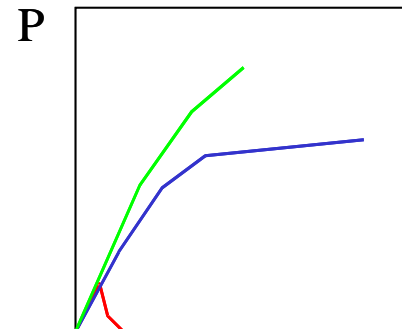


ひび割れは発生するが、十分な荷重に耐えることができる **鉄筋コンクリート**

# さらに鉄筋の量を増やすと



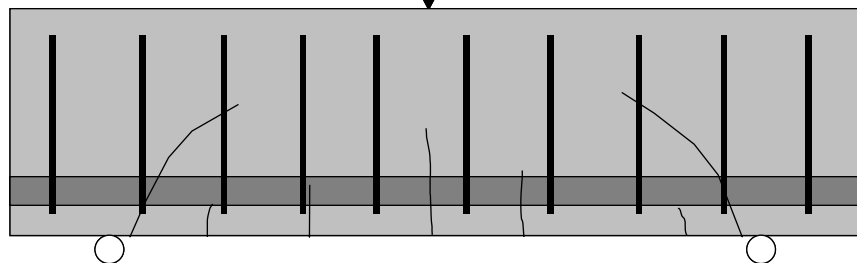
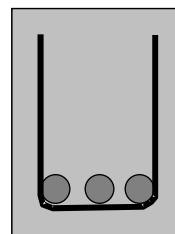
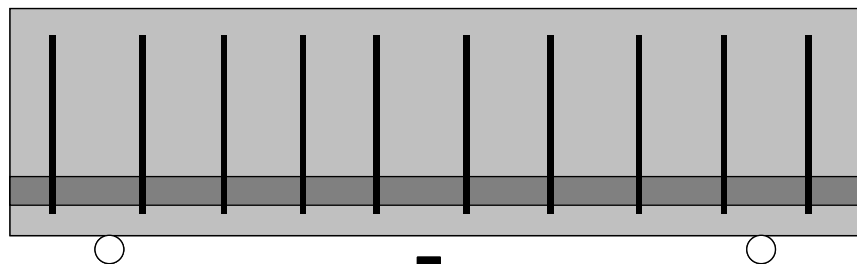
荷重とたわみの関係



さらに大きな荷重に耐えることができるが、別の大きなひび割れが発生し急激に壊れる。

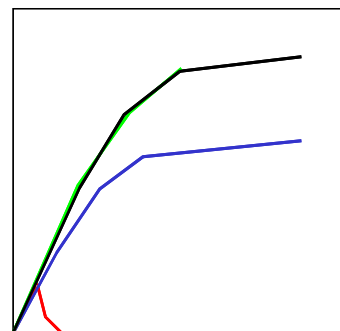


# あばら骨を入れると？



荷重とたわみの関係

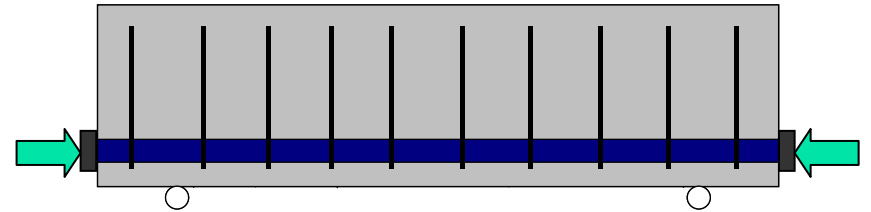
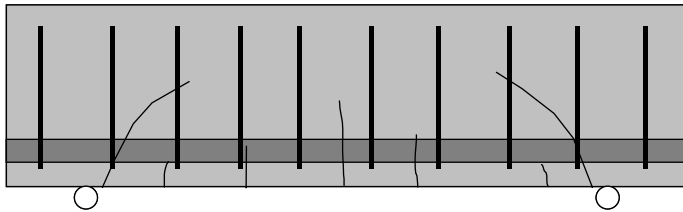
P



大きな荷重に耐えることが出来ると共に、急激な破壊を防止することが出来る。

# 鉄筋コンクリートをさらに進化させると？

- **プレストレストコンクリート**: 引張側のコンクリートに圧縮力を導入 ひび割れのないコンクリート, より大きな力に耐えられる (コンクリート全体が圧縮力に対して抵抗)



- 支間(スパン)の長い橋, タンク等, 重要構造物のほとんどはプレストレストコンクリート

# 新たなコンクリート材料(ダクトアル)の開発

- 超高強度鋼繊維補強コンクリート
- ダクトアルプレミックス+専用鋼繊維+専用減水剤
- 骨材を使用しない.
- 鉄筋を使用しない.
- 自己充填性あり.
- 圧縮強度200MPa以上
- 曲げ強度40MPa以上
- 厳しい環境下でも100年以上の使用に耐えうる.



太平洋セメント(株)  
HPより抜粋

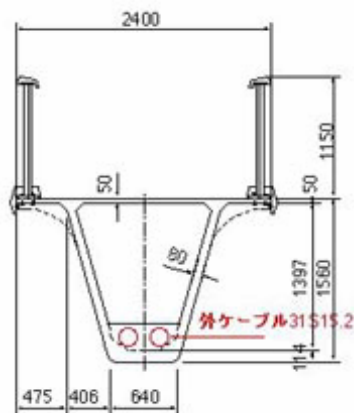


# 酒田みらい橋

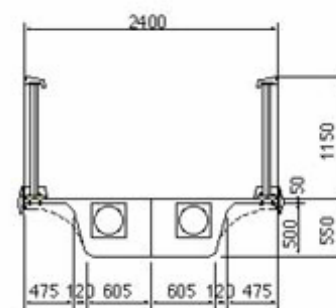
- 超高強度鋼繊維補強  
コンクリートを用いた  
歩道橋
- 最大部材厚8cm
- プレストレストコンクリート  
(外ケーブル方式)



支間中央




支点部





# まとめ

---

- コンクリートを強くすることは比較的簡単
  - ただし、コンクリートを強くすることによりコストがかかる。その他の問題も生じる。
  - ほとんどのコンクリート構造物は30MPa程度あれば十分従って、コンクリートをいくら強くしたとしてもコンクリート構造物が強くなるとは限らない 引張側を鋼材により補強
  - 鋼材を適量、適切に配置することにより、十分な強度と変形性を有し、かつ経済的な構造物ができる。
  - 新材料の開発
- 
- 構造物に要求される性能，用途にあった最適なコンクリートを選定する。