

2010年8月24日  
第3回CAESAR講演会

## <招待講演> コンクリート橋の 崩壊に学ぶ

デラコンコルド跨道橋の崩落事故の概要と原因／六郷  
重要個所、関連情報、道路管理者の責務等／Banthia

岐阜大学 六郷 恵哲

## 講演内容



詳しい情報をもとに、  
重要個所(特に材料)  
や関連情報を紹介

報告書をもとに、概要と  
原因(特に構造)を紹介

## 六郷の略歴

- 1993.8 岐阜大学教授
- 1986.3-1987.2 スイス  
ローザンヌ工科大学
- 1982.3 岐阜大学助教授
- 1980.4 岐阜大学講師
- 1979.9 京都大学助手
- 1978.8-1979.8 米国  
イリノイ大学
- 1978.3 京都大学大学院  
博士課程退学
- 1973.3 京都大学工学部  
土木工学科卒業
- 1950.6 広島生れ



### 研究分野

- コンクリート構造の破壊の力学
- 繊維補強コンクリート
- 維持管理, 診断, 試験

### 授業

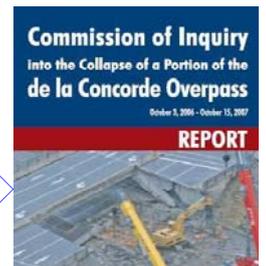
- コンクリート構造学, 維持管理工学
- 空間文章表現, 建設材料工学
- 地球環境維持工学

岐阜大学 六郷 恵哲

## はじめに

### <六郷担当部分>

- はじめに
- 跨道橋の特徴と事故の概要
- 崩落の原因
- 事故から学ぶ



[http://www.cevc.gouv.qc.ca/UserFiles/File/Rapport/report\\_eng.pdf](http://www.cevc.gouv.qc.ca/UserFiles/File/Rapport/report_eng.pdf)

岐阜大学 六郷 恵哲

## はじめに

- 落橋のような重大事故を防ぐことは、維持管理における重要な目標の一つ。
- 海外の崩壊事例から学び、未然防止に役立て、一般社会へも発信すべき。

コンクリート工学2008年12月号 テクニカルレポート

カナダのデラコンコルド跨道橋の崩落事故に学ぶ

六郷 恵哲<sup>\*1</sup>・羽田野英明<sup>\*2</sup>・Nemkumar Banthia<sup>\*3</sup>

岐阜大学 六郷 恵哲

## はじめに

### 供用中の構造物の不具合や破壊の原因

- 建設当時の不十分な技術
  - 設計基準の不備(古い基準)
  - 設計施工の不良
  - 手抜きや不確かさ
- 材料の劣化や損傷
- 設計・施工・維持管理ミスと見逃し
- 想定を超える構造物への外力
- 火災・テロ・犯罪・その他

デラコンコルド  
跨道橋の場合

岐阜大学 六郷 恵哲

## 跨道橋の特徴と事故の概要

### デラコンコルド跨道橋の崩落事故

- カナダのケベック州モンリオール市郊外
- 2006年9月30日の昼過ぎに発生
- 死者5名, 負傷者6名
- 2006年10月3日に事故調査委員会設立  
(委員長Mr. Pierre Marc Johnsonは, 法律家で政治家)
- 2007年10月15日に報告書発行

7

岐阜大学 六郷恵哲

### 事故の概要

#### カナダのデラコンコルド跨道橋の崩落(全体)



8

### 事故の概要

#### カナダのデラコンコルド跨道橋の崩落(破壊箇所)



9

### 事故の概要

#### 直前の前兆と対応

- 1ヶ月前から, 橋台と吊桁部の間隔が不揃い
- 1時間前から, 高架橋の下にコンクリート片
- 数分前に, 跨道橋の30~50mmの路面沈下
- 連絡を受け交通局は, 巡回員を派遣(30分前)
- 巡回員は, 緊急の危険は無いと判断, 道路閉鎖をせず, 2日後に点検を行うよう手配

岐阜大学 六郷恵哲

10

### 橋の特徴

#### デラコンコルド橋

1971年竣工の橋梁 35年後の崩落



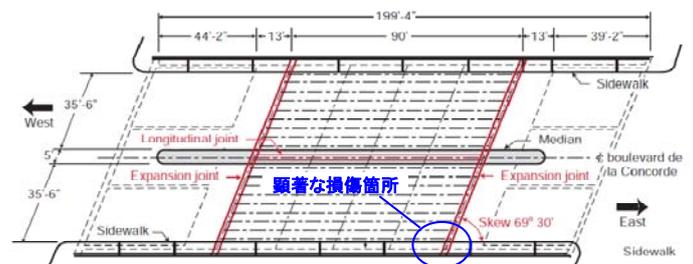
11

岐阜大学 六郷恵哲

### 橋の特徴

#### 跨道橋の特徴

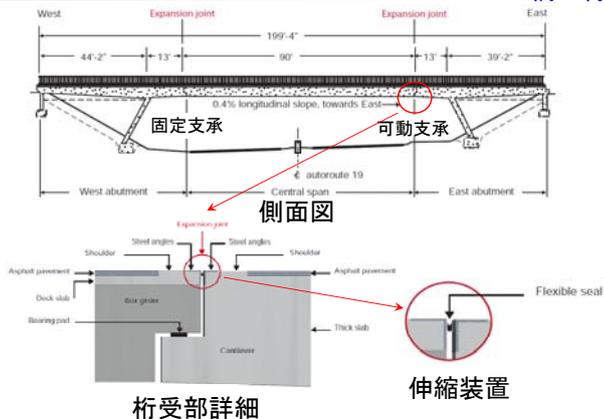
- 当時の北アメリカでは, 斬新なデザイン
- 高速19号線に橋脚の設置が不要
- 構造高が低い



12

平面図

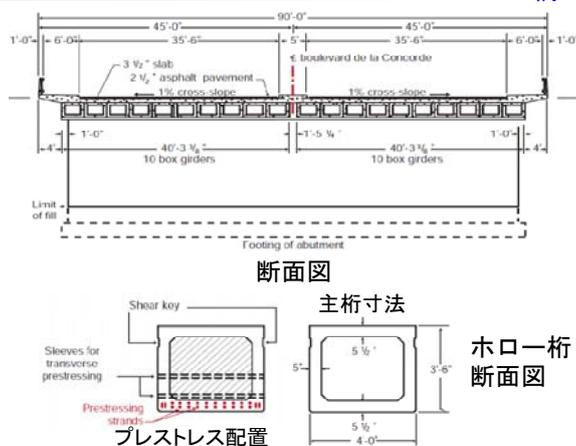
橋の特徴



桁受部詳細

伸縮装置

橋の特徴

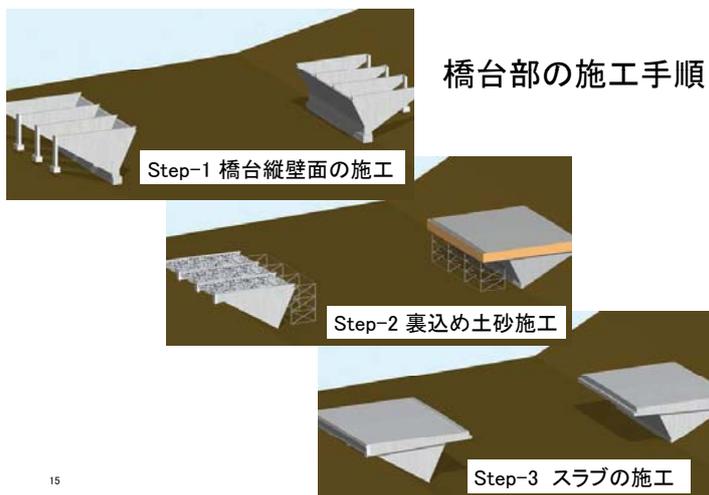


断面図

主桁寸法

ホロ一桁断面図

プレストレス配置

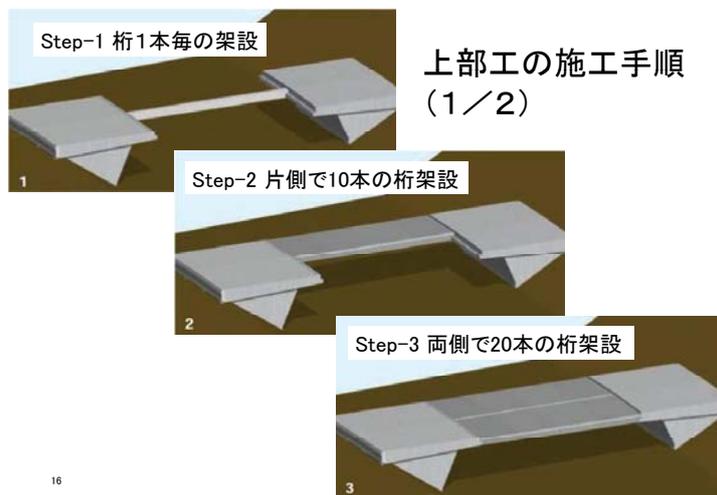


橋台部の施工手順

Step-1 橋台縦壁面の施工

Step-2 裏込め土砂施工

Step-3 スラブの施工

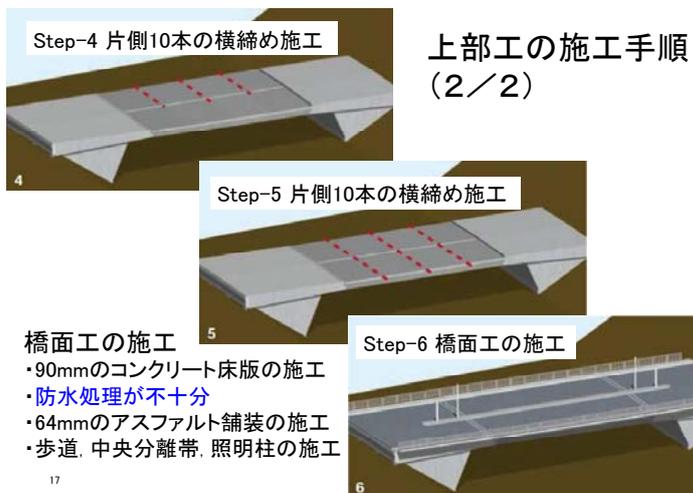


Step-1 桁1本毎の架設

上部工の施工手順 (1/2)

Step-2 片側で10本の桁架設

Step-3 両側で20本の桁架設



上部工の施工手順 (2/2)

Step-4 片側10本の横締め施工

Step-5 片側10本の横締め施工

Step-6 橋面工の施工

- 橋面工の施工
- ・90mmのコンクリート床版の施工
  - ・防水処理が不十分
  - ・64mmのアスファルト舗装の施工
  - ・歩道、中央分離帯、照明柱の施工

橋の特徴

この跨道橋の問題点

- 伸縮装置の止水機能が損傷すると、水、泥、凍結防止剤の塩分が堆積
- 複雑な荷重伝達領域であるが、点検ができない

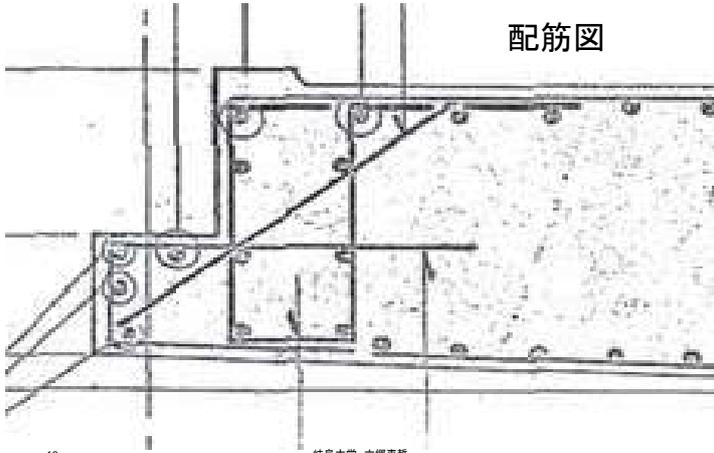
崩落起点の特徴

- 反力が卓越する鈍角部
- 縦断勾配の低い側
  - 0.4%の緩勾配で、排水性が良好でなく、滞水しやすい
- 排水弁・管が設置しにくい桁構造

弾性シール材

18

岐阜大学 六郷憲哲



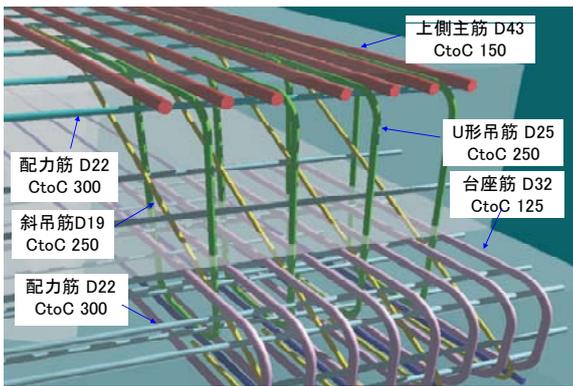
配筋図

## 崩落の原因

### 崩落の主要因

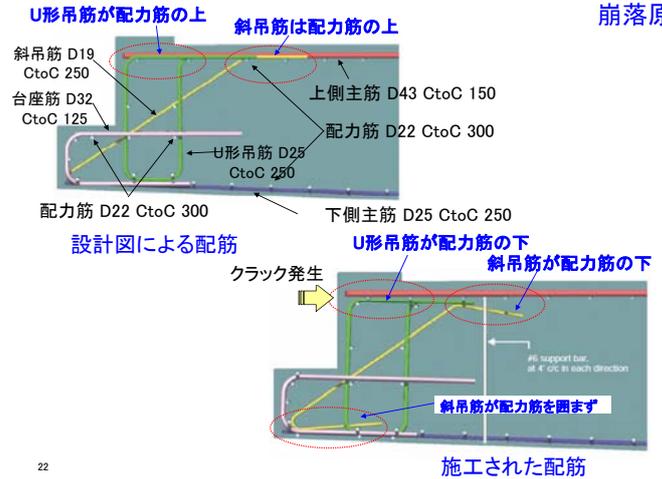
- 不適切な配筋
  - 同一面への鉄筋の集中
  - 主筋の端部定着 (先端フックが無い)
  - スターラップ筋が最外縁筋を囲んでいない
- 施工時の配筋変更
  - スターラップ筋と上側鉄筋の分離
- 低品質のコンクリート
  - 耐凍害性の不足

### 崩落原因



桁受部配筋計画

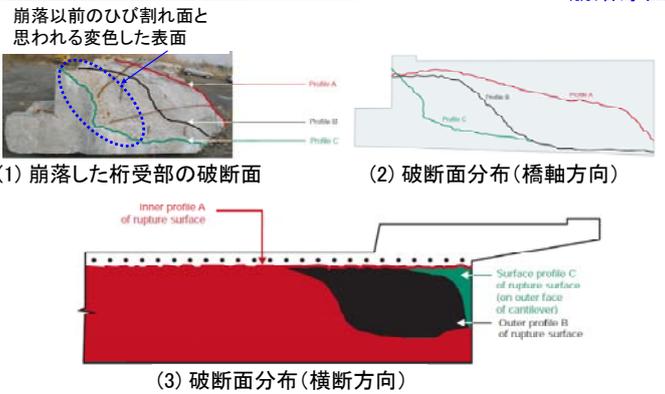
### 崩落原因



### 崩落原因



### 崩落原因

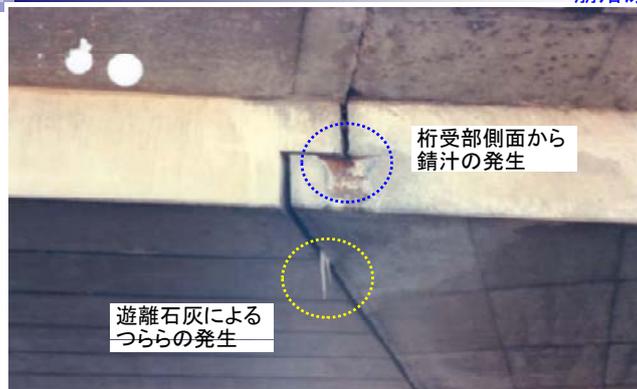


(3) 破断面分布 (横断方向)

桁受部の崩落状況

### 崩落の助長要因

- 厚いスラブにおけるせん断補強の欠如
  - コンクリートのせん断耐力不足
  - 現行基準では、せん断補強が必要
  - 設置されていれば、脆性的な破壊に至らない
- 床版表面への防水処理の不足
  - スラブ内への水分の浸入
  - 凍結融解サイクルの発生
- 不適切な1992年の補修
  - 上側主筋部分の被りコンクリートを除去した作業
  - 基準化された防水層の施工を実施せず



桁受部の状況(1985年)



桁受部の状況(1992年)



桁受部の状況(2004年)



崩落1時間前の桁受部



崩落部切断面(橋軸方向)

## 崩落原因



崩落部切断面(横断方向)

31

岐阜大学 六郷恵哲

## 崩落原因



崩落確認試験

32

岐阜大学 六郷恵哲

## 委員会からの提言

- 設計基準や維持管理マニュアルの改訂
- 構造物の設計や施工の法的規制の変更
- ケベック州交通局の管理体制の変更
- ケベック州の12,000橋に対する再建復興プログラムの提言
- 橋梁補修の優先順位の設定
- 既存構造物の修繕と再構築の予算措置  
10年間にわたって年5億ドルの予算確保

岐阜大学 六郷恵哲

33

## 事故から学ぶ(六郷・羽田野)

- 広がったせん断ひび割れから崩落を予見
- 点検しやすい構造を設計で採用
- 古い基準による設計ではせん断耐力が不足がち
- 劣化コンクリートを打ちかえる補修での注意  
力の分担が変化, 新旧コンクリート間の付着小
- 防水層の実施
- 凍結防止剤の塩分によるコンクリートの劣化
- 緩勾配縦断部における適切な排水処理
- 建設当初の記録と維持管理記録の保管

34

岐阜大学 六郷恵哲

## 事故から学ぶ

各段階で適切な対応があれば最悪の事態を回避可能

- 設計施工の段階:  
適切な量のせん断補強筋を, 適切な位置に配置
- 維持管理の段階:  
狭い部位についても適切に点検し, 劣化を把握  
せん断補強と床版上面の防水処理とを実施
- 直前の段階:  
落下コンクリート塊や広がったせん断ひび割れを  
発見したら, 直ぐ道路を閉鎖

35

岐阜大学 六郷恵哲

ありがとうございました

