

# 災害調査報告書

## ビル新築工事現場で発生した 型枠支保工の倒壊災害

(要約版)

労働安全衛生総合研究所

## 1. 災害の概要

5階建ビル新築工事において、屋上階床スラブのコンクリート打設工事を行っていたところ、床スラブの下に設置されていた型枠支保工が倒壊し、床スラブが崩落した。床スラブが崩落した際、作業員9名が床スラブとともに墜落し、作業員1名が足を骨折した。倒壊した型枠支保工を写真1に示す。

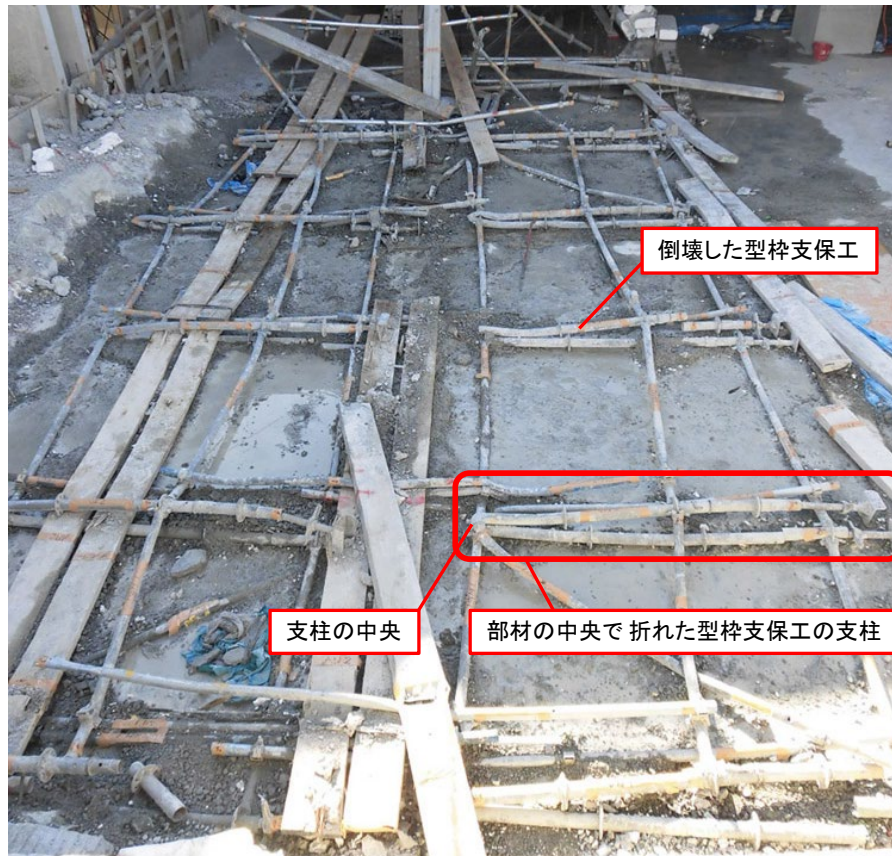
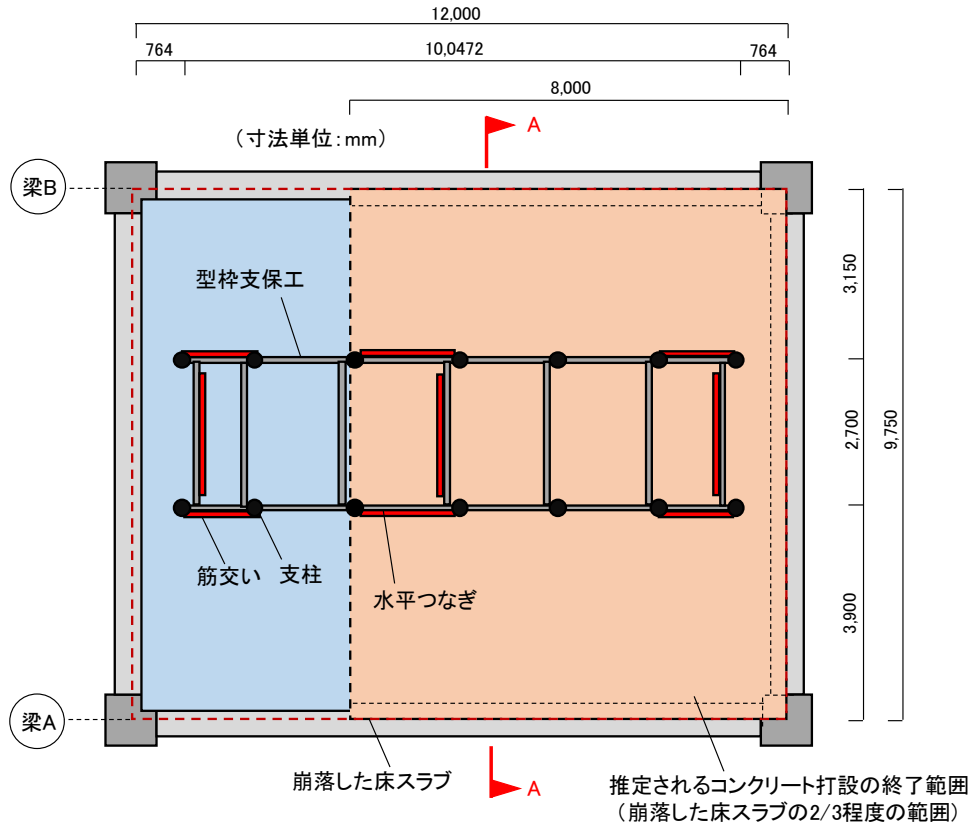


写真1 倒壊した型枠支保工

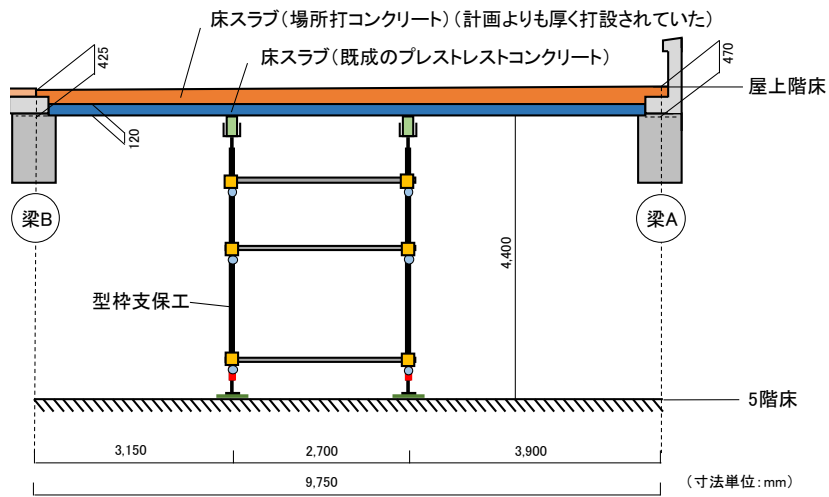
## 2. 崩落した床スラブと倒壊した型枠支保工の概要

崩落した床スラブと倒壊した型枠支保工の災害発生前の設置状況を図1に示す。図1より、崩落した床スラブは、長辺方向が12 m、短辺方向が9.75 mである。崩落した床スラブは、既成のプレストレストコンクリートと場所打コンクリートの2層構造であり、災害発生当時、既成のプレストレストコンクリートが梁に架けられた状態で、既成のプレストレストコンクリートの上にコンクリートが打設されていた。コンクリートの打設は崩落した床スラブの2/3程度終了していたが、場所打コンクリート部分は当初の計画よりも厚く打設されていた。このため、既成のプレストレストコンクリートと型枠支保工には計画よりも大きな荷重が作用していたことになる。

図1より、倒壊した型枠支保工は、14本の支柱で構成されており、高さは4.4 mであった。この構成は当初の計画よりも支柱や筋交いの本数が少なく、水平2方向に控えもなかった。そして、この型枠支保工が床スラブの重量に耐えられるか未確認であった。



(a) 平面図



(b) A-A 断面図

図1 崩落した床スラブと倒壊した型枠支保工の災害発生前の設置状況

### 3. 型枠支保工の倒壊の検討

#### 3.1 検討の方法

屋上階床スラブの自重等による過荷重の影響を検討するために、型枠支保工の支柱の強度と支柱に作用した荷重を解析した。

#### 3.2 型枠支保工の支柱の強度

型枠支保工の支柱に過荷重が作用すると、**図 2** に示すように、支柱が横にはらみだすように変形する座屈と呼ばれる現象が発生する。支柱が座屈するときの荷重を座屈荷重と呼んでおり、支柱が座屈荷重に達すると、荷重を支える力が急激に低下し、支柱は床スラブを支えられなくなる。**写真 1** より、倒壊した型枠支保工は、支柱の中央で折れており、支柱が座屈して、このような破壊形状になったことが予想された。

型枠支保工の支柱が座屈荷重に達したことにより、型枠支保工が倒壊したと考えられたので、支柱の座屈荷重を計算した。計算の結果、支柱 1 本の座屈荷重は 19.4 kN であった。



図 2 支柱の座屈

#### 3.3 支柱に作用した荷重

型枠支保工の設置位置、及び床スラブと作業員の重量より、各支柱に作用した荷重を計算した。作業員による荷重は、その位置の詳細が不明であったため、各支柱に均等に荷重が作用するとして計算した。計算の結果、最も大きな荷重が作用した支柱には、53.1 kN の力が作用していた。

#### 3.4 支柱の倒壊の検討

以上の計算結果より、支柱 1 本の座屈荷重と、支柱 1 本に作用した荷重のうち最も大きな値を比較すると以下のようなになる。

$$\begin{array}{ccc} \text{(支柱 1 本の座屈荷重)} & & \text{(支柱 1 本に作用した荷重の最大値)} \\ 19.4(\text{kN}) & < & 53.1(\text{kN}) \end{array} \quad (1)$$

式(1)より、支柱 1 本の座屈荷重よりも支柱 1 本に作用した荷重の最大値の方が大きくなり、この支柱は座屈することがわかった。支柱 1 本が座屈するとその支柱が支持していた荷重はその周囲の支柱が負担することになる。その周囲にある支柱はすでに床スラブによる荷重を支持しており、更なる荷重の作用によって座屈する。このように、支柱が連鎖的に座屈して型枠支保工が倒壊したと考えられる。

## 4. 床スラブの崩壊の検討

### 4.1 検討の方法

床スラブの崩壊について、既成のプレストレストコンクリートの強度とそれに作用した荷重を解析した。

### 4.2 既成のプレストレストコンクリートの強度

床スラブには自重などによって、**図 3** のような曲げモーメントが生じる。計画よりも厚く打設されたコンクリートから、既成のプレストレストコンクリートには過荷重が作用していた。初めに既成のプレストレストコンクリートの曲げ強度を計算した結果、73.4 kNm であることがわかった。

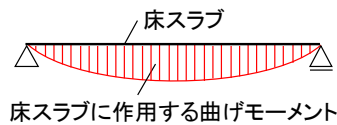


図 3 床スラブに作用する曲げモーメント

### 4.3 既成のプレストレストコンクリートに作用した荷重

場所打コンクリートと既成のプレストレストコンクリートの自重等で生じる曲げモーメントを計算した。ここで既成のプレストレストコンクリートに作用した曲げモーメントは、型枠支保工が倒壊する前の状態と倒壊後の状態の 2 つを想定して、型枠支保工が設置されている場合と設置されていない場合の 2 ケースを計算した。計算の結果、既成のプレストレストコンクリートに作用した最大曲げモーメントは、型枠支保工が設置されている場合は 21.1 kNm であり、型枠支保工が設置されていない場合は 192 kNm であった。

### 4.4 既成のプレストレストコンクリートの崩壊の検討

既成のプレストレストコンクリートの曲げ強度と既成のプレストレストコンクリートに作用した最大曲げモーメントを比較すると以下のようなになる。

#### 【型枠支保工が支持する場合】

$$\begin{array}{lcl} \text{(床スラブの曲げ強度)} & & \text{(床スラブに作用した最大曲げモーメント)} \\ 73.4(\text{kNm}) & > & 21.1(\text{kNm}) \end{array} \quad (2)$$

#### 【型枠支保工が支持できない場合】

$$\begin{array}{lcl} \text{(床スラブの曲げ強度)} & & \text{(床スラブに作用した最大曲げモーメント)} \\ 73.4(\text{kNm}) & < & 192(\text{kNm}) \end{array} \quad (3)$$

式(2)と式(3)より、床スラブ下の型枠支保工が支持する場合は、既成のプレストレストコンクリートは曲げ破壊しないが、これが支持できない場合は、既成のプレストレストコンクリートが曲げ破壊する。したがって本災害は、型枠支保工が倒壊した後、既成のプレストレストコンクリートが曲げ破壊して、崩壊したものと考えられる。

## 5. 推定される災害の発生状況

災害現場の状況と本調査の結果より、災害の発生状況は次のとおりであったと考えられる。

- ① 屋上階床スラブのコンクリート打設作業をしていた。床スラブを支える型枠支保工には筋交いが  
ない箇所もあり、支柱の変形を拘束する控え材もなかった（図 4(a)）。

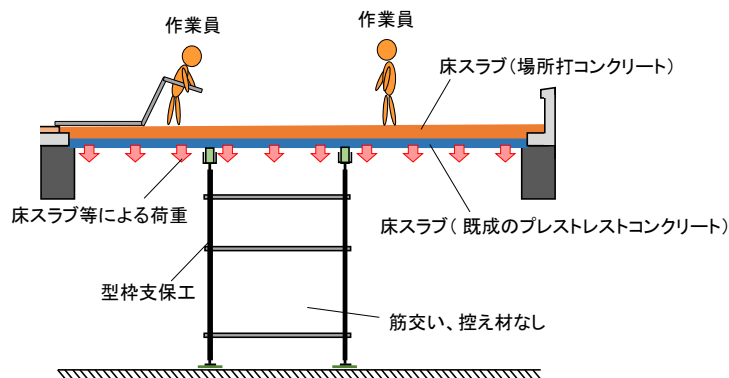


図 4(a) 床スラブのコンクリート打設作業

- ② 支柱が床スラブ等の自重を支えきれずに座屈し、既成のプレストレストコンクリートがたわみ始  
める（図 4(b)）。

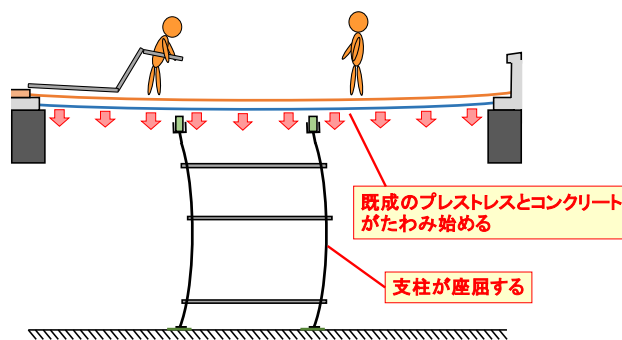


図 4(b) 支柱の座屈

- ③ 既成のプレストレストコンクリートが床スラブの自重等を支えられなくなり、曲げ破壊する。支柱の座屈も進む（図 4(c)）。

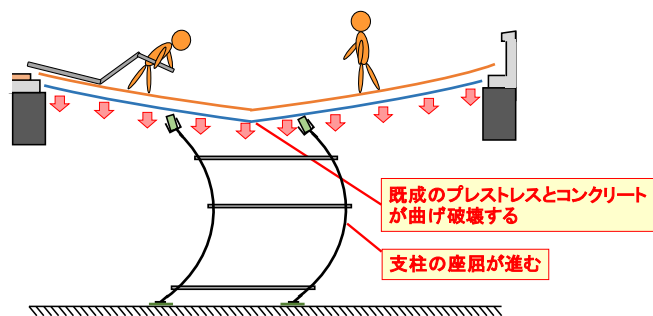


図 4(c) 既成のプレストレストコンクリートの曲げ破壊

- ④ 床スラブが抜け落ちて、支柱が折れる（図 4(d)）。

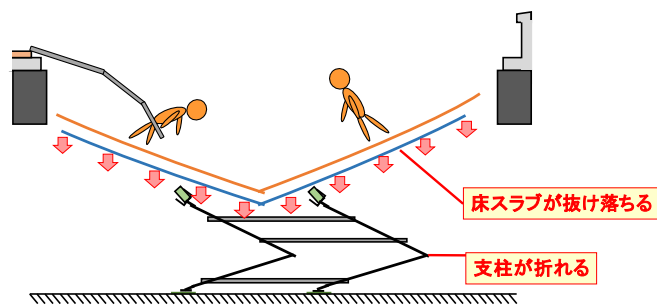


図 4(d) 床の抜け落ちと支柱の折れ

- ⑤ 型枠支保工が倒壊し、床が崩落する（図 4(e)）。

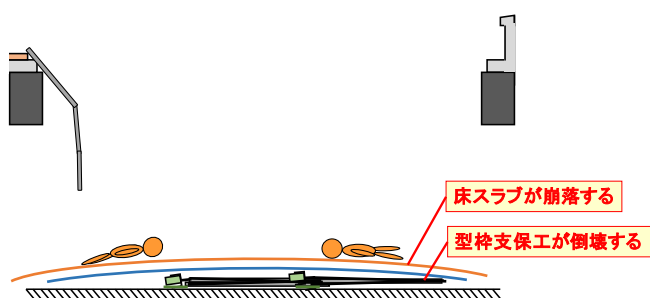


図 4(e) 型枠支保工の倒壊と床の崩落

## 6. 災害の発生原因

型枠支保工の作用荷重と支持力に関する検討から、災害発生原因は、次のように考えられる。

- ① 崩落した床スラブの場所打コンクリートが、当初の計画よりも厚く打設されたために作用荷重は大きくなった。
- ② 崩落した床スラブの下に設置された型枠支保工は、当初の計画よりも支柱や筋交いの本数が少なく、水平2方向に控えもなくその支持力は小さかった。
- ③ 上記①による作用荷重の増加と②による支持力減少を考慮した型枠支保工の強度確認がされていなかった。
- ④ その結果、型枠支保工に過大な荷重が作用して倒壊し、床スラブが崩落した。

## 7. 再発防止対策

同種災害の再発防止には次の対策が必要である。

- ① 床スラブを当初の計画よりも厚く打設する等の変更があった場合は、型枠支保工等の強度を再検討し、計画変更後の荷重に耐えられる強度であることを確かめる。
- ② 支柱の座屈を防止するために、**図5**のように筋交いや水平2方向に控えを設置する等して、支柱を座屈しにくい構造とする。

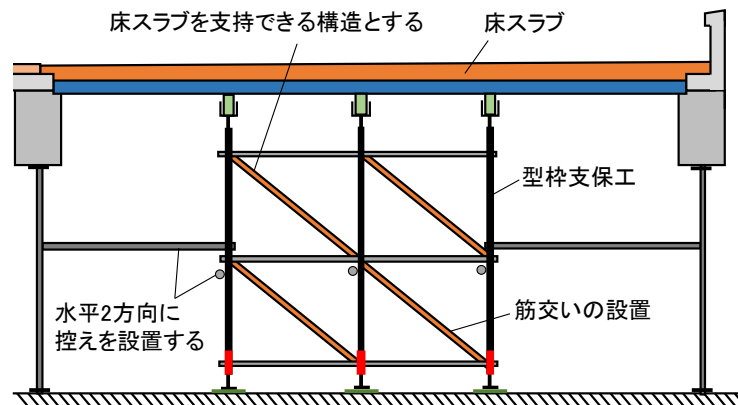


図5 筋交いと控えを設置した型枠支保工