

1 はじめに

2001年9月11日朝、ニューヨーク世界貿易センタービル(WTC)で発生した航空機を使用したテロ事件は、2時間の間に140万6千平方メートルのオフィス空間と約2700名もの生命を奪った。今回の災害は複雑化した都市機能が持つ脆弱性を凝縮した形で具現化した新しい災害である。このため、以下の研究テーマを掲げて、科学技術振興調整費による「NY/WTCビルの被害拡大過程、被災者対応等に関する日米共同研究」チーム(研究代表者:京都大学防災研究所 河田恵昭教授, 合計43名)が組織され、本年2月24日から3月3日にかけてニューヨーク市において調査を行った。

- 1) WTC 地区の都市環境被害の実態とその後の復旧過程
 - 2) グラウンドゼロ地域での災害対応過程の分析
 - 3) WTC 災害の広域的な影響と復興過程の分析
 - 4) 在NY日系企業・日本人旅行者の対応のエンゲラフィア調査
- 著者は1)のメンバーとして調査に参加した。ここでは、WTCビルの地下構造物の被害状況の概略について報告する。

2 調査目的

上記研究テーマ1)では、主に以下に示すような調査項目を掲げ調査に臨んだ。

- (1) WTC 1, WTC2 の倒壊過程のモデル化と検証
- (2) 超高層ビルの倒壊による周辺構造物への影響調査
- (3) WTC 地下インフラの被害分析
- (4) ライフライン関係の被害実態とその後の復旧過程
- (5) 周辺建築の被害実態と応急被災度判定

筆者は地盤工学・基礎工学が専門であるため、上記目的の中で、特に(3)の「WTC 地下インフラの被害分析」を担当した。出発前までどのような被害が起こったかを調べることもなく、ぶっつけ本番の調査活動であった。

3 WTC の建物の配置

地下構造の被害を示す前に、WTC の建物の配置と被害状況を Fig. 1 に示す。WTC は110階建ての北タワー(WTC1)と南タワー(WTC2)を含む、7つのビル群からなる。1番目の航空機は8時45分にWTC1の北側から激突し、2番目の飛行機は9時3分に南側からWTC2に激突した。この激突により、10時5分頃、後から激突されたWTC2が崩壊し、その約20分後にWTC1が崩壊した。崩壊の影響で周辺にあったWTC3~WTC5は全て巻き添えとなって倒壊した。さらにWTC1, WTC2の倒壊後7時間経過後、すぐ北側にあった47階建てのWTC7も倒壊した。残ったWTC6も大きな損傷を受けた。WTC7が何故7時間後に崩壊したのとは不明である。最新鋭の市緊急指令センター(ECC)が、WTC7に配置されていたことは残念なことであった。

ジュリアーニ市長の功績は、仮ECCを迅速に設置したこと、遺族や被災家族のアシスタントセンターを短期間で開設した

こと、一般市民にマスコミを通じて毎日情報を公開したこと、といわれている。また、緊急時に迅速な対応ができた理由は、5月にパイオテロのコンピュータを使った机上訓練を行っており、偶然にも災害翌日に2回目の訓練を予定していたことと、「オクラホマ連邦ビル」破壊の学習が指摘されている。災害発生後1週間以内で建物の外観調査を実施し、被害を受けた建物に関しては、2~4週間後に詳細調査が実施されている(Fig.2 参照)。WTC 周辺のビルは、WTC1, 2の崩壊により落下した鉄骨等(画像では花火のように周辺に広がりながら落下している)によって、外壁に損傷を受けたものであり、被害の大きなものは一部の柱やスラブが破壊していた。

3 Bathtub (バスタブ) の存在

WTC ビル群はNY/NJ Port Authority が施主となり建設された。Fig.2の太線で示すように、WTC ビル群の基礎は、Bathtub と呼ばれる地下連続壁で囲われた構造になっている。この地下連続壁は、厚さ60cmの鉄筋コンクリート製で、場所打ちコンクリート杭を構築する手法と同じ手法で施工されている。深さ約25mで、底部は岩盤に約1mソケットされている。WTC ビル群の基礎は、次のような手法で構築された。

- 1) Bathtub を施工し内部の土砂を掘削する。2) 掘削した土砂は、Bathtub 西側のハドソン川沿いの埋立て(バッテリーパーク)土砂として使用する。3) Bathtub 内部掘削時の壁面安定のため、多段アンカー(Tieback)を施工(アンカーは底部岩盤に定着)する。このようにして、WTC の地下構造は Fig.3 に示す構造となっている。

Fig.2, 3 に示すように、ハドソン川対岸のニュージャージー州から伸びる Path train と呼ばれる鉄道が存在し、本路線は Bathtub 内で U ターンする。また、Bathtub の東側には市地下鉄①⑨号線が走っている。ただし駅舎(Cortland St 駅)を含め、地下鉄は Bathtub の外側に位置している。地下鉄は開削工法で施工され、地下2F部分を走行しているため(Fig.4)、Fig.5 に示すような崩壊瓦礫の押し出しによる天端の破壊が見られる。また、Fig.6 に示すような、鉄骨(厚さ10cmのH鋼)が突き刺さった状態になっている部分もあった。市交通局でのインタビューによると、駅舎部の中柱(H鋼)のスパンは短い(20世紀初頭の建設)ため、崩壊部や鉄骨の突き刺さりによる破壊は局所的であり、現代のスパンの長い構造であると、影響範囲が極端に大きくなり、復旧も相当な時間がかかるとのことであった。市地下鉄①⑨号線はWTC7の崩壊による破壊部分(Fig.7)も含め、今年秋には復旧する。地下6Fに位置する Path Train の復旧のめどは立っておらず、2月末の時点で、瓦礫の撤去は80%終了している状態であった。

Bathtub 内の詳細な地下構造、Bathtub 周辺地盤の地盤状態(N値、コーン貫入抵抗値)等については現時点では公表されていない。ただし、Bathtub 内の瓦礫撤去時に、連続壁が

内側に倒れこむのを防ぐため、アンカーの増設と壁面周辺地盤の地中変位計測が実施（西側と南側）されており、データは追って公表されるものと信じる。

4 おわりに

2月下旬の事故現場は、あたかも大規模掘削を実施し新たな高層建築を施工する現場のようであった。基礎の健全度を推定しながら、崩壊物を撤去する作業の難しさが感じられた。なお、WTC ビル崩壊や災害に対する対応などに興味のある方は、<http://www.engr.psu.edu/ae/wtc/wtc tragedy.html>を参照してください。最後に、NY 各種機関の親切な対応と、図面作成を手伝ってくれた菊本統君（京都大学D1）に感謝いたします。

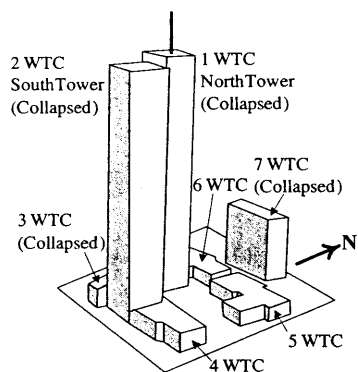


Fig.1 WTC ビルの配置と被害状況

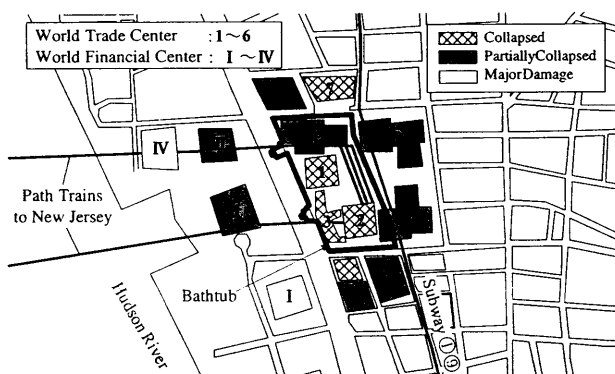


Fig.2 周辺建物の被害状況と Bathtub

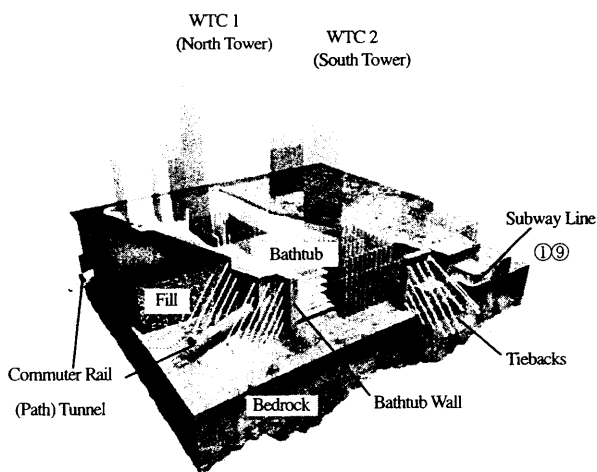


Fig.3 WTC ビル周辺の地下構造

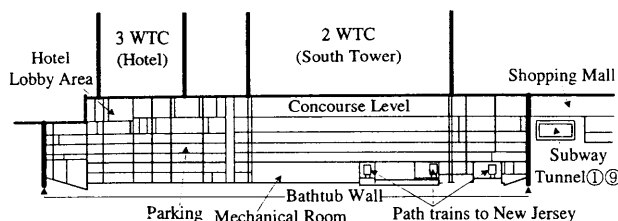


Fig.4 Cross Section ① (Fig.4) の断面図



Fig.5 市地下鉄①⑨号線の被害

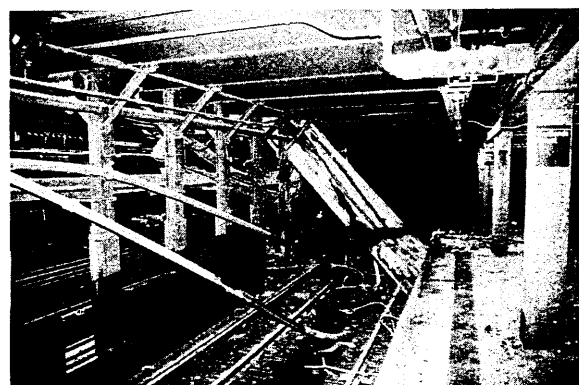


Fig.6 市地下鉄①⑨号線の被害

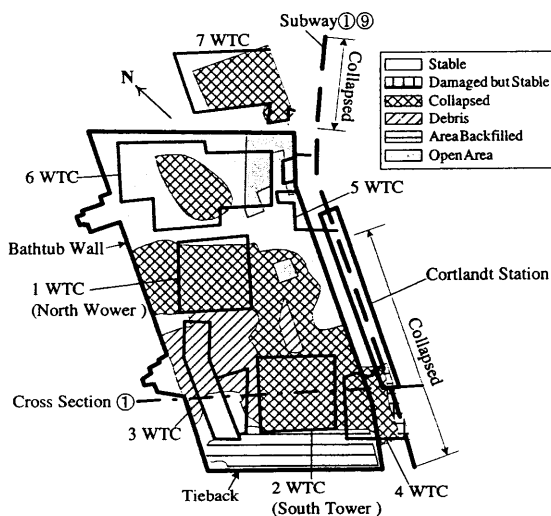


Fig.7 コンコースレベル(地下1F, Fig.4)での被害状況