

石巻赤十字病院



世良 信次
CERA 建築構造設計



猿田 正明
清水建設



浜辺 千佐子
竹中工務店



人見 泰義
日本設計



藤波 健剛
前田建設工業

1 はじめに

今回は、東日本大震災で多くの人命を救った病院の1つである石巻赤十字病院を訪問した。設計を担当した日建設計並びに施工を担当した鹿島建設の方々にご案内頂いた。訪問した10月3日は、穏やかな秋晴れで、院内はもはや震災の面影も感じさせない平常の医療業務が行われていた。本建物は、JR石巻駅から北西に約10km、旧北上川沿いの田園地帯にある。この場所には2006年2月に新築移転しており、巨大地震に備え建物機能を保持することを目的として免震建築として設計された。わずかその5年後に東日本大震災に遭遇したが、その直後においてもその機能を保持し、災害拠点病院としての役割を果たしたことが高い評価を受け、当協会「特別賞」も受賞している。写真1に建物全景を示す。玄関には大きな車寄せの屋根があり、震災時には救命用テントを覆い雨天を避けるスペースを与えた。



写真1 建物全景

2 建物概要

建物の敷地には、建物本体の病院とヘリポート、調整池、駐車場、玄関前広場のゾーンから構成されている。図1に敷地全体の鳥瞰図を、図2に平面ゾーン配置図を示す。



図1 敷地全景鳥瞰図

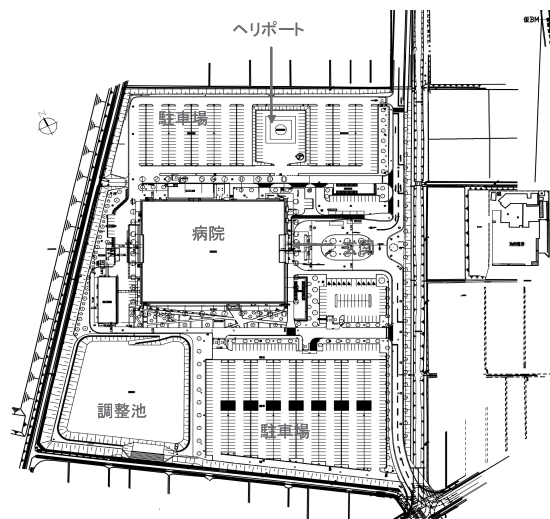


図2 平面ゾーン配置図

病院建物は地下1階、地上7階で、地上1階、2階にはエントランスホール、外来、診療部門の諸室が設けられ、地上3階から6階までが主に病室とし、最上階には非常用自家発電設備などの機械室を設けている。免震層は、主に地下1階床下に設けた基礎免震構造となっている。また、免震層の擁壁周辺には非常用排水槽を設けている。下記に建物概要一覧を、また図3に4～6階病室階平面図、図4に1階平面図、図5に断面図を示す。

(建物概要)

- 用途：病院（病床数：402床）
- 工期：2004年8月～2006年2月
- 建築面積：10,173m²、延べ床面積：32,486m²
- 階数：地下1階、地上7階、塔屋1階
- 最高高さ：26.2m
- 構造：鉄骨造、免震構造
- 基礎：節杭地業 RC造マット基礎
- 建築主：日本赤十字社
- 設計：日建設計
- 施工：鹿島建設

本建物では、緊急医療体制が常に整えられるようにエントランスホールや外来待合室の椅子などの家具はすべて可動式とし、医療ヤードが確保できるよ

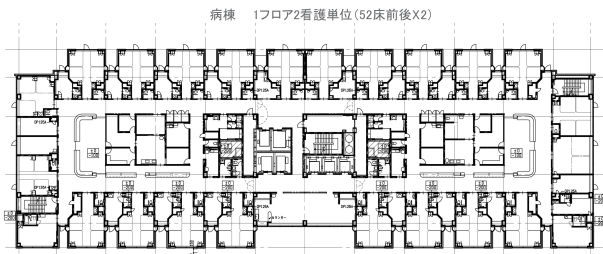


図3 4～6階病室階平面図

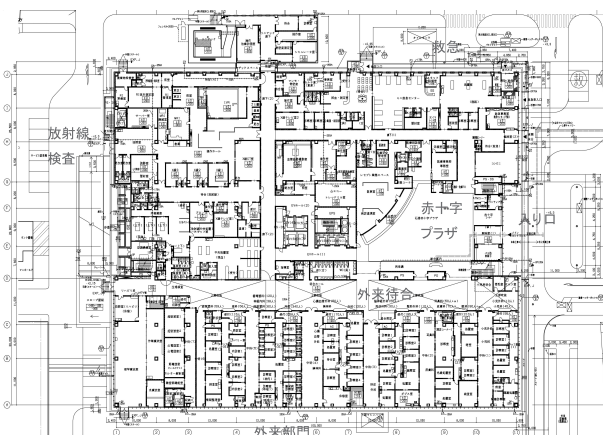


図4 1階平面図

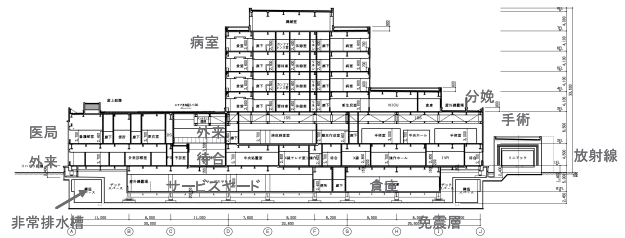


図5 断面図

うにしている。また、1階のこれら壁に医療用ガスの予備アウトレットが各所に設けられている。

設備関係では、電源ルートを2系統とし、さらに自家発電設備、無停電電源設備を設けている。図6に電源系統概要図を示す。

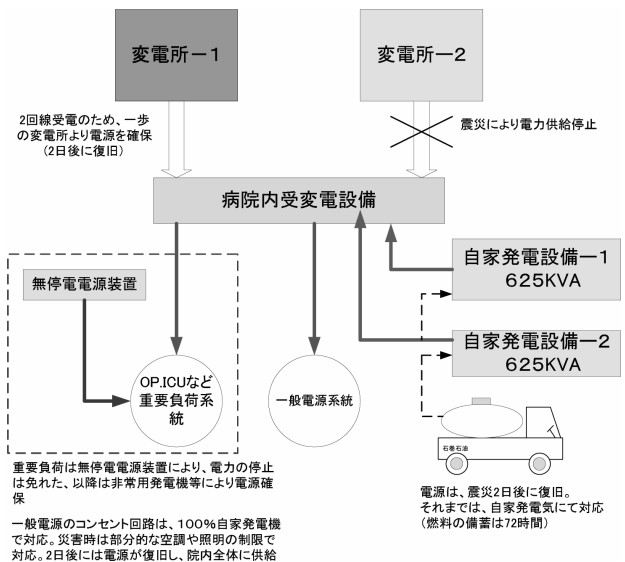


図6 電源系統概要図

3 構造概要

本敷地の地盤は、支持層が約70m以深にあるが、メタンガスが発生する恐れから表層の砂層を利用し、液状化と圧密沈下を配慮して摩擦杭と基礎底盤の支持力を利用したパイルドラフト基礎としている。上部構造は、地盤の条件と上層階と下層階を結ぶためにトラス構造を要することから鉄骨構造として軽量化を図っている。図7には地盤状況と基礎、上部構造の概要を示す。

免震層は、建物周辺を1階床下に、中央部を地下1階床下に設けている。建物周辺部は、免震層と同じ高さレベルに非常用排水槽を設けているため擁壁の頭部で弾性すべり支承を配置し、中央部の免震層と連続した免震層を構成している。免震部材の配置を図8に示すように、外周の弾性すべり支承の内側

周辺に鋼材ダンパー付き積層ゴム支承と鋼材ダンパーを配置し、さらにその内側に弾性すべり支承と鋼材ダンパーを、またほぼ中央部に積層ゴム支承を配置し、全体はほぼ対称に配置している。

免震部材の配置では、地盤の卓越周期（1.40秒）に対し共振を避けるため比較的長い周期となるように設計している。極めて稀に発生する地震時で3.73秒、免震支承部材だけで5.39秒となっている。また、ダンパー量は建物重量に対し約5%となっている。

4 訪問記

今回は石巻赤十字病院から後藤孝浩様、内海勝様、日建設計から瀬川寛様、玉野和信様、米澤浩二様、染谷朝幸様、鹿島建設から室井博様、石田博幸様に

ご参加頂き、説明を聞かせて頂いた。以下に説明の概要を紹介させて頂く。写真2にその様子を示す。



写真2 建物説明状況

①日建設計の玉野様からの説明（概要）

本建物の設計は、宮城沖地震の発生が予想される中で対策をどうするかを中心となった。建物は、地下1階地上7階のS造で外殻をPCパネル造とした。敷地は、田んぼを造成した場所で、面積が約30,000㎡ある。

基礎工法は、支持層が深くメタンガスの発生の危険性もあり、杭をどうするかを検討し、パイルドラフト基礎を採用した。工期の制約もあり、病院では珍しいがS造とし、地下は物流や機械設備関係、1階を外来、2階を手術室・管理部門、3～6階を約400床の病棟とした。施工期間は18ヶ月を要した。

②日建設計の染谷様からの説明（概要）

免震部材は、天然ゴム系積層ゴム支承、弾性すべり支承、鋼製U型ダンパーの組み合わせとした。

設計上の応答変形が大きいため、ダンパー量は5%とやや多くしている。免震周期は5.39秒（アイソレータのみ）とやや長めにしている。

上部構造では3～6階の病棟と低層階の間にISSトラスを設置し接続している。架構は、耐震間柱付のラーメン構造としている。

設計では極めて稀に発生する地震動時に免震層の最大変位が49cmとなっている。今回の地震では、けがき計で26cmが記録されていた（図9）。

U型ダンパーに塑性変形が生じ、塗装のはがれと共に、やや垂れ下がった。U型ダンパー1体を新品と取り換え、残存性能の確認を行った。この結果、交換ではなく継続使用ができると判断し、塗装などの補修対応で済ませた（図10）。

津波による浸水はなかった。これは結果として、

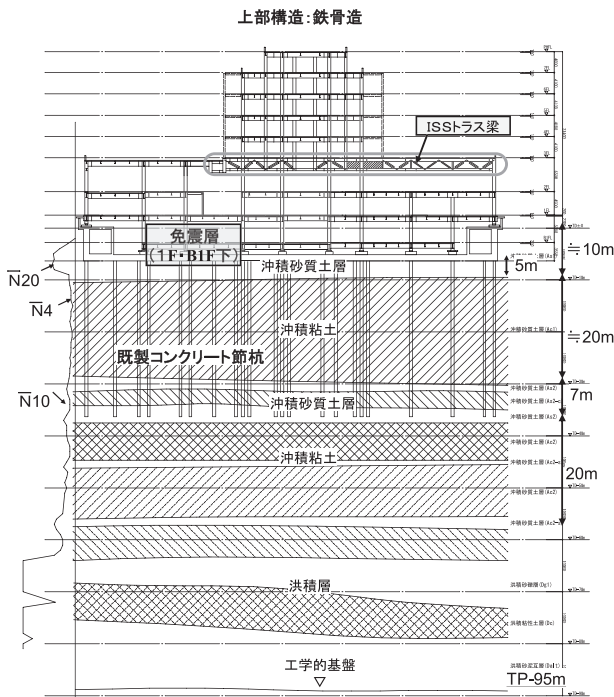


図7 地盤状況と構造概要断面図

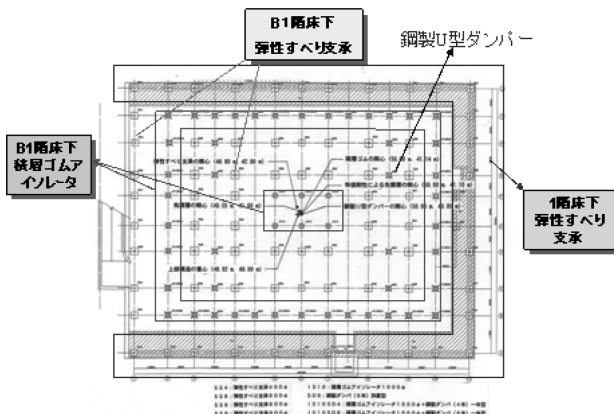


図8 免震部材の配置図

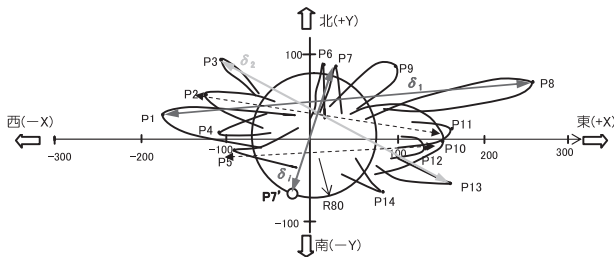


図9 けがき計の記録図

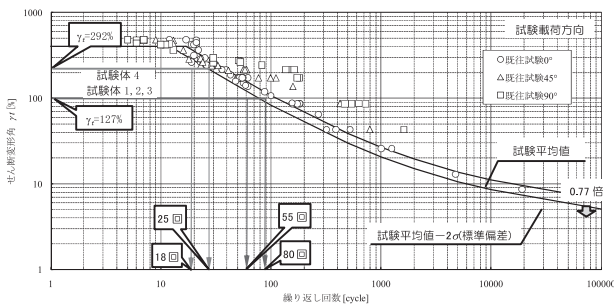


図10 U型ダンパーの疲労性能曲線と試験結果

約3mの盛土をしたことによると考えている。地盤は液状化を生じる恐れがあるため、建物本体、医療ガス建屋、インフラ引き込み部分、ヘリポートでサンドコンパクション工法による砂杭置換を行った。

入口の大庇は、暴風雪対応であったが、結果として被災者や医療機器などの一時的な雨よけとして役立った。

設備等においては、電源受電を2系統としており、早期復旧に役立った。インフラ部の液状化対策によりガス等の配管は問題なかったが、供給元の被害のため供給がストップとなり、タンクローリー車で搬送し臨時のガス圧送設備を設けた。

③説明の方々との談義

談義の中、幾つかの質疑にご回答を頂いた。以下にその一部を紹介する。(Q：質疑、A：回答)

Q：免震の目的として宮城県沖地震を想定されていたようですが、実際に発生した地震との違いはありましたか？また、想定外のことはありましたか？

A：2004年に着工し、建て方が終了した2005年に震度5強の地震を受けた。骨組みはこれに対し問題ないことを確認できた。2011年までに同規模の地震をもう一度受けたが、問題は発生せず、地震に対しては問題ないと判断した。津波以外では、特に想定外の状況は生じていない。液状

化対策を施した部分は想定通り効果を発揮したが、施工領域外とその境界面で沈下による段差が生じた。ある意味では、液状化対策の効果があまりすぎたという見方もできる。

計画上は、旧北上川の洪水対策として約3mの盛土を行った。結果としてこれが津波対策にも役立った。

建物内部の揺れが比較的強く、エレベータが停止した。再稼働には保守点検専門者が必要な停止であったため、復旧に3日間を要した。その間上部病棟階への搬送は、職員のバケツリレー方式を取らざるを得なかった。

中圧ガス設備に関しては、建物設備に問題はなかったが、供給元の被害のため1か月供給停止となった。上水は法律上半日分の貯水しか認められないため、10t給水車2台を手配して対応した。



写真3 地盤改良境界部の周辺の手すりの沈下

Q：病院内にいた方々は、揺れに対する感覚はどうでしたか？

A：震災の前から何度か地震を経験していたので、震度3でもある程度揺れることが分かっていた。今回は、縦揺れが大きかった。

Q：震災時に手術は行われていたのですか？

A：震災時に手術は4例行われていたが、すべて取りやめ、後日の処置で全員大事には至っていない。

Q：多くの震災対策がなされていますが、今回の地震を受けてさらに考えるべきことはありますか？

A：最近、これだけの大地震であるにも関わらず、測定された変形が小さすぎるのではないかという意見を受けた。液状化対策に関しても効果が十二分にあり、もう少し軽減できる手法が望ま

れる。

しかし、大地震発生後には余震が頻繁に連続して発生する。その間は部材の取り換え等は不可能なので、それなりの余力を持たせる必要がある。

Q：使用者に免震建築の説明は行っていますか？

A：特に積極的には行っていない。入り口付近に免震である旨のパネルを展示しているぐらい。年に1回開催する健康祭りの際に、免震層を案内するツアーを行っている。

Q：免震化とコストの課題はありましたか？

A：本建物はプロポーザル方式で行った。宮城県沖地震の発生が30年以内に99%以上と想定される中での提案であり、出てきた案は全て免震案であった。こうなると必然的にスペックは決まってくる。提案では、大地震後の病院機能をいかに継続させるかをテーマとしており、中小地震よりは大地震対策に特化した計画となった。今回の地震時に、6階のパソコンが落下したり、点滴などの輸液容器が落ちて割れたという報告が上がっている。しかしながら主要医療設備であるMRIやCTなどの高性能医療機器に問題は全く生じず、医療施設としての地震後の機能維持は問題なく達成されたと考えている。

被害の主なもの、動きがついて行かなかった部分が考えられる。エキスパンションジョイントや主な設備のパーツの部分などでいくつか見られた。

Q：免震部材はいかがでしたか？

A：鋼材ダンパーに塗装の剥がれや残留変形があった。抜き取り試験を行いその結果から継続使用が可能と判断している。

Q：パイルドラフト基礎を用いた理由は？

A：支持層と考えられる洪積層はメタンガスが出る可能性があり、杭が打てなかった。中間の沖積粘土層は正規圧密で沈下の可能性がある。最上層の砂層は一部液状化の可能性があるとという3大問題要素があった。その結果、パイルドラフト基礎を採用した。40mの長さが必要な杭を、摩擦杭とラフト基礎の併用で30mの杭長に抑えている。正規圧密程度の粘土層に対し、十分なプレロードを与えることができなかったため、根切り時の土の置き場所も限定して管理し、不

同沈下等起こさないように配慮した。施工初期の段階から沈下量の計測を継続して行い、地震後にも不同沈下などが生じていないことを確認している。施工上ではこの部分の沈下管理が一番大変であった。

Q：ユーチューブで「石巻赤十字病院～東日本大震災 初動の記録～」が公開されていますが、地震発生すぐから記録がされていることに驚きを感じます。どのような準備がなされていたのですか？

A：今回の地震の2日前にも地震が発生した。このようにときこそ記録が必要であると判断し、準備していた。これが効果的に働いた。また、常に災害拠点としての対応訓練を行っており、これが有効に働いている。



写真4 外来待合室の通常時（下）、地震発生後（上）

Q：地震後に周辺での地震記録を用いたシミュレーションは行っていますか？

A：行っていないが、セルフモニタリングなどは行っていきたい。

④免震層と建物の状況の見学

免震層と建物周辺を案内頂いた。以下にその様子を写真で紹介する。



写真5 免震層の説明看板（免震部材の種類と役割）



写真6 免震層での説明状況

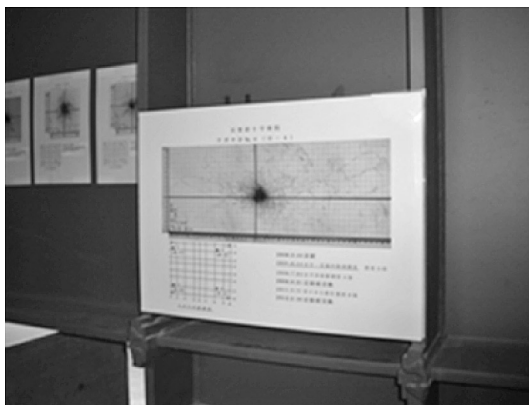


写真7 けがき計の記録の展示

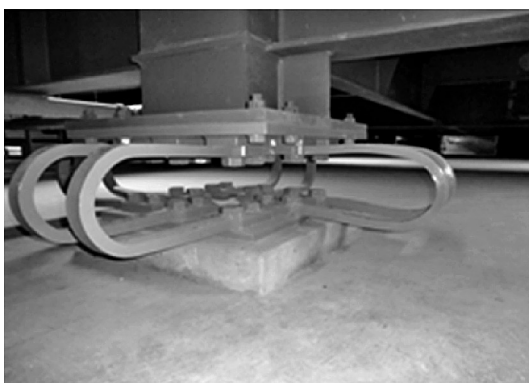


写真8 補修後継続使用している鋼材ダンパー



写真9 震災後1カ月間掲げられた赤十字旗

5 おわりに

これまでに訪問した多くの免震建築は、これから発生する地震に備えるものであった。そのためか“このように設計している”とあたかも自然現象を予期しきったような説明ばかりであったような気がする。今回は想定外と言われた巨大地震を受けた後で、想定した設計応答との差異を見ることができた。設計応答がそれを包絡していたこと、次期地震にも対応可能であることは、厳しい評価もあったと聞いたが設計者に軍配があったといえる。免震構造としたことは建物の機能を守り、多くの被災者の命を守り十分に目的を叶えたが、ここまで周到な設計でありながら、震災後の機能保持には苦勞された話を聞いた。この訪問活動の目的として免震建築の長所を見て伝えてきたが、それだけでは不十分であることを痛感した。

帰路、日和山公園に登り被災跡地を眺め、早期に復興されることを願うばかりである。

最後になりましたが、お忙しい中、貴重なお話を聞かせて下さり、関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

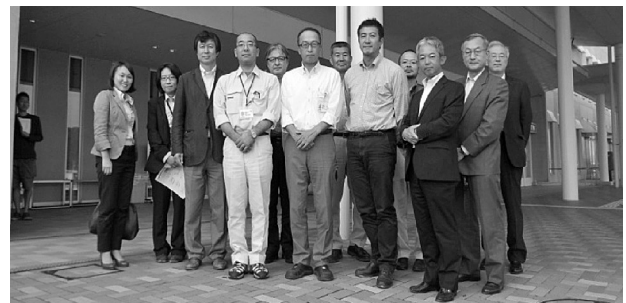


写真10 集合写真

見学資料)

- 1) 免震構造普及の起爆剤となった病院（第13回日本免震構造協会賞特別賞原稿）、提供：日建設計
- 2) Tomoyuki SOMEYA, "Seismically Isolated Hospital Offers Ray of Hope in Disaster-Ishinomaki Red Cross Hospital-", 13th WCSI