

韓国BNK IT電算センター (免震システムの導入と技術管理)



李 虎洙

正林建築 (大韓民国 建築士・技術士)

1 はじめに

(株)BNK金融グループ (BNK Financial Group Inc.) は東南の経済圏を基盤に大韓民国を代表する超優良地域の金融グループとしての基盤づくりのため、大規模な電算センターを新築することとなった。近年、韓国では頻繁に発生する地震に備えるため規模 (マグニチュード) 7の地震にも対応可能な免震システムを適用することとなった。

韓国では耐震設計基準が1988年に施行され、1995年の阪神大震災を契機に拡大適用された。2005年にはほぼ全ての建築物に適用されている。免震においては、データセンターや社会インフラ施設に適用されているが、一般建築ではまだまだ限定されている。

本建物で免震システムを設計・施工管理することにおいていくつかの課題が発生した。本報はこれらの課題とその対応を報告するものである。

2 建物の概要

建物名称：(株)BNK金融グループ電算センター

場所：釜山広域市江西区

用途：放送通信施設

建築主：(株)BNK金融グループ
(株)釜山銀行 + (株)慶南銀行

建設事業管理：(株)正林建築

設計事務所：(株)間三建築

施工会社：(株)ロッテ建設

建築面積：6,090m²、建ぺい率：33.63%

延べ床面積：44,204m²、容積率：181.14%

階数：地下2階、地上9階

上部構造：PRC構造 (Post-Tension)

免震層位置：基礎免震 (電算棟)

工事期間：2016.1～2018.6

PUE (電力効率指数)：1.5以下

センターレベル：Tier (安定性評価基準) III+

ここに、Tier：データセンターの安定性を評価するために世界的認証機関である米国のインスティテュート (Uptime Institute, Inc.) が定めた等級基準



写真1 建物外観

3 韓国の地震発生現況

韓国で発生した規模2.0以上の地震は、'78年の計器観測以降'98年まで年平均19.2回、デジタル観測の開始以降'99年から2015年まで年平均47.6回発生し、慶州地震が発生した2016年には年間263回の地震が発生している。

'78年の計器観測以来発生した国内最大規模の地震は2016年9月12日の慶州地震で、規模5.8を記録した。これまで韓国の大型地震10件中、2000年代以降に発生した地震が7件となっており、最近になって大型地震の発生が増加している。

表1に近年 (1978年～2016年) の地震規模と発生状況を示す。また、図1に震源地の分布を示す。

表1 近年の地震の規模と発生状況

区分	平均年発生回数		
	78~98年 (アナログ)	99~15年 (デジタル)	2016年 発生回数
規模2以上	19.2	47.6	263
規模3以上	8.8	9.1	34
有感地震	5.8	8.7	13

出典：産銀調査月報 第734号 P.82

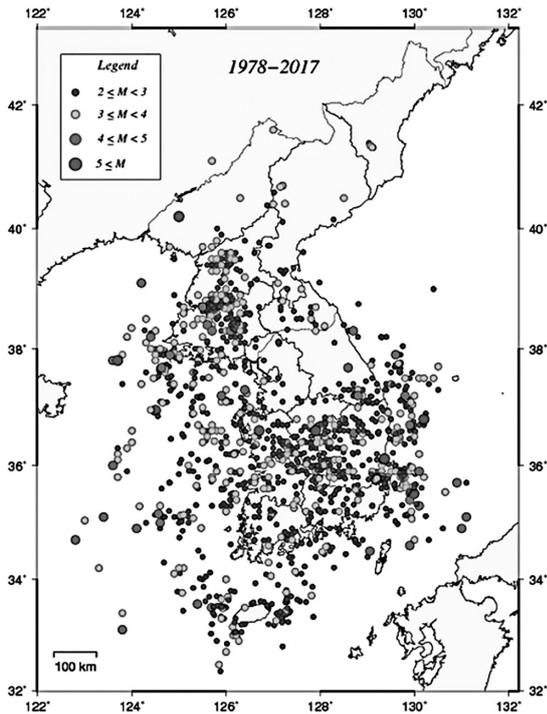


図1 震源地分布図 (1978~2016年) 出典：気象庁

4 構造概要と設計基準

本建物はKBC2009 (Korea Building Code) 基準で設計されており、設計基本風速は40m/sec、地下水位はG.L.-3.1~5.0m、支持層はG.L.-31mである。埋立地にあるため杭基礎を適用している。

図2に建物の構造フレーム概要図、表2に構造概要を示す。本建物は開発棟と電算棟からなり、電算棟に免震構造を採用している。短辺方向の柱スパンは5.4m、長辺方向の柱スパンは13.6mを基本モジュールとしている。スラブは、鉄線トラスデッキを用いている。

壁状の部分は階段室で、内部に広い空間を必要とするために、階段を両端部に配置して層せん断力を負担する構造要素として設計されている。

電算室の積載荷重はサーバーの拡張可能性を考慮して1000kg/m²、高さ1mのアクセスフロアシステムを適用している。

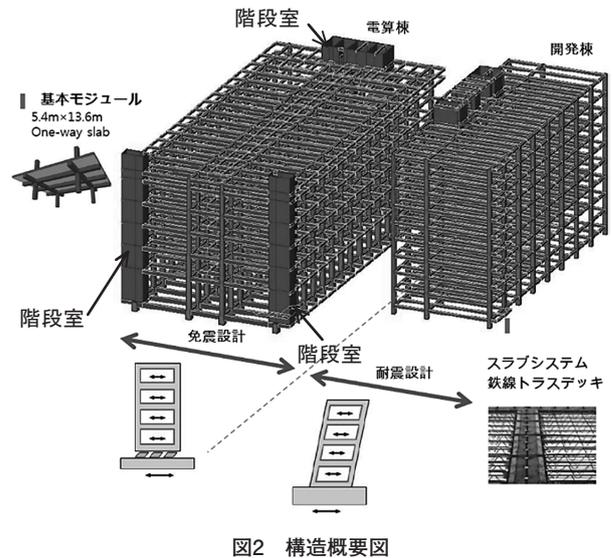


図2 構造概要図

表2 建物構造概要

上部構造形式	鉄筋コンクリート構造
免震形式	基礎免震 (電算棟のみ)
下部基礎構造	杭基礎(現場打設コンクリート杭)
設計法	時刻歴地震応答解析 許容応力設計法 (韓国 RC 設計基準 AIK-WSD 2K)

建築主の要望する構造性能は、保管データの安全のために規模7.0の地震に対しても電算室の床応答加速度が200Gal以下に維持され、建物の安全と業務の継続性だけでなく、データセンターとしての機能維持が求められた。特に、電算センターの1階部分の高さが8.4m、基準階の高さ5.6mになっており高さの差によるコンクリート材料分離を防止して柱下部の底面せん断力性能を確保するための施工管理が非常に難しかった。

5 軟弱地盤と杭の検討において

地盤状況は表層が軟弱地盤で、G.L.-31m以深が基盤になっている。免震化にあたり、基礎の剛性を確保ことが重要であるため、杭基礎を選択した。

杭の形式は、免震化への効果と施工性、及び費用を検討し、表3に示す3つの形式から「現場打設杭」を選定した。

杭の管理では、杭定着鉄筋やペダスタルせん断補強鉄筋、地中梁鉄筋が一部分に集中的に配置されて施工性がかなり低下するため、設計段階で総合的な検討が必要であった。また地下水のためPRD杭の品質管理が難しくなったが、双方向の載荷試験とPIT検査を駆使して品質を確保した。

表3 杭基礎タイプの比較

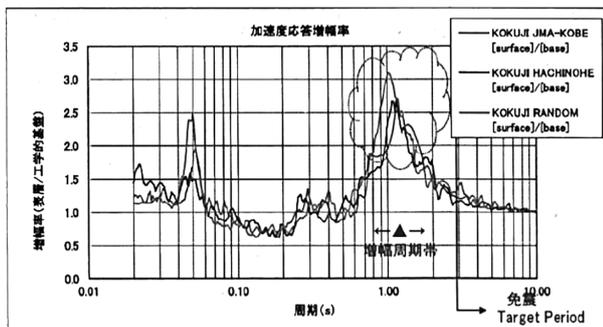
鋼管杭	現場打設杭	大口径 PHC杭
		
水平力と曲げモーメントに対する抵抗力が優秀だが価格が高い	現場の品質管理が難しいが、価格に対して水平抵抗性が良い	施工と品質管理が現場打設杭に比べて容易だが、水平抵抗力が低い

6 免震システムの検討において

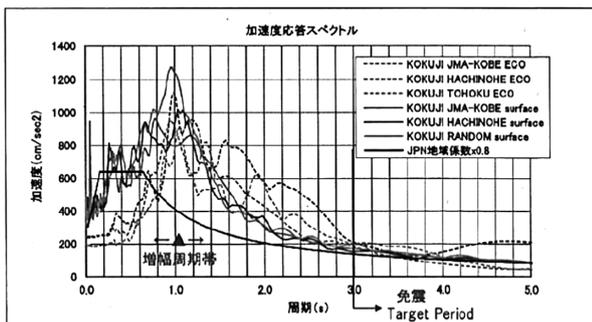
設計段階では、(株)Econingが免震設計を行い、NTT-Facilities, Inc.で設計の検討を行った。

NTT-Facilities, Inc.は、図3に示す設計地震波の応答スペクトルに対し計画地の地盤の非線形特性を考慮して加速度応答増幅率を評価し、長周期領域を含めた設計地震波で検討することを助言した。これらを考慮し、設計用入力地震動の最大速度を25Kine、40Kineの2レベルとし、設計許容変位を450mm、上部構造の床応答加速度は200cm/sec²以下になるように設計が進められた。

免震装置は、短い施工期間に合わせるために韓国でも購買・調達が容易な免震装置メーカーのNRBと



<加速度応答増幅率>



<ECONING模擬波との比較>

図3 設計用応答スペクトルの検討

LRBを対象とした。(下表4参照) また、製品の誤差がある程度大きくなっても施工が可能ないように設計時の偏心率を0.03よりかなり小さい0.017以下で計画を進めた。

表4 免震装置の種類と基数

区分	NRB			LRB	
	直径	900	1000	1100	900A
装置数	29	3	2	21	13

7 免震システムの施工において

免震施工段階では、日本のCERA建築構造設計事務所と技術協業を通じて高い品質を確保することができた。製造メーカーを選定するために試験体を作成し、大変形試験・変形依存性・温度依存性・経年変化・クリープ試験・ゴム材の物性試験等のデータを検証し、製作段階から各種テストの基準を決めて管理した。また、テストの結果が試験装備の点検状態や機差の影響を受けることから、韓国である程度の試験装備を保有するメーカーや試験機関 (DRB東一、UNISON、KCL (韓国建設生活環境試験研究院)) で相互にクロスチェックを行った。

こうすることによって工程管理におけるリスク分散と品質の検証を容易にすることができた。表5に2方向試験機の基本性能を比較して示す。

また、建物荷重を均等に分布させるためのベースプレート下部の無収縮モルタル施工は、Mock-Up Testを行い、施工手順書を準備することで品質を確保することができた。

表5 クロスチェックに用いた2方向試験機の基本性能

区分	DRB東一	UNISON	KCL
	垂直		
荷重(kN)	30,000	30,000	30,000
変形(mm)	±800	±200	±750
水平			
荷重(kN)	6,000	5,000	5,000
変形(mm)	±600	±1000	±1000

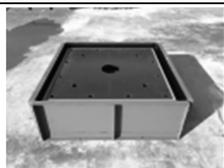
区分	打設前	打設後
基礎部 ベース プレート		
現場Mock-Up Testでフローの性能を検証する。		

図4 ベースプレートの無収縮モルタル打設試験状況

ペデスタルはコンクリート品質管理と高さの管理を容易にするためにスティールフォームを適用した。

また、打設断面から下部ベースプレートを貫通する鉄筋を十分に補強して効果的にせん断力を伝えるように品質管理を行った。

図5に免震棟と耐震棟を結ぶEXP.J機能を有する連結ブリッジを示す。積載荷重3600N/m²に耐えられるように設計されており、装備搬入と維持管理のために1階と3階の2ヶ所に設置されている。

韓国では免震構造の変位に対応できるEXP.Jを設計・施工した経験が少なく、原設計図書が不十分であった。図面の完成度を高め工程に合わせるために、工事の初期段階から国内外の様々な事例調査を行い、日本の専門業者である新高工作所と協業することになった。連結ブリッジは外装仕上げ工事とつながっているため一度に施工することが難しく、施工スケジュール調整が非常に困難であった。

特に、外装材とEXP.J金物が接する部分の防水処理とディテールの設計が難しく、複雑な部分は短い

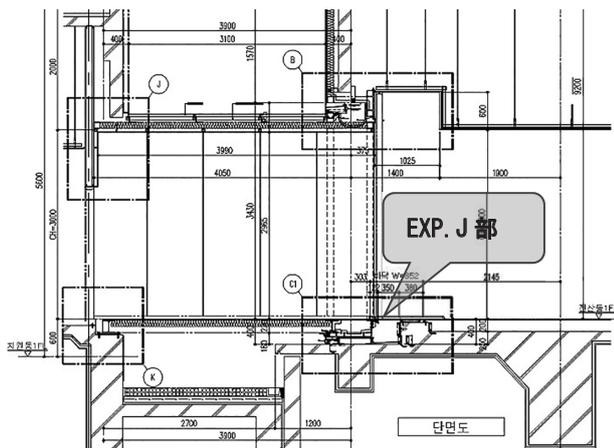


図5 免震棟と耐震棟を結ぶEXP.Jブリッジ 断面部分

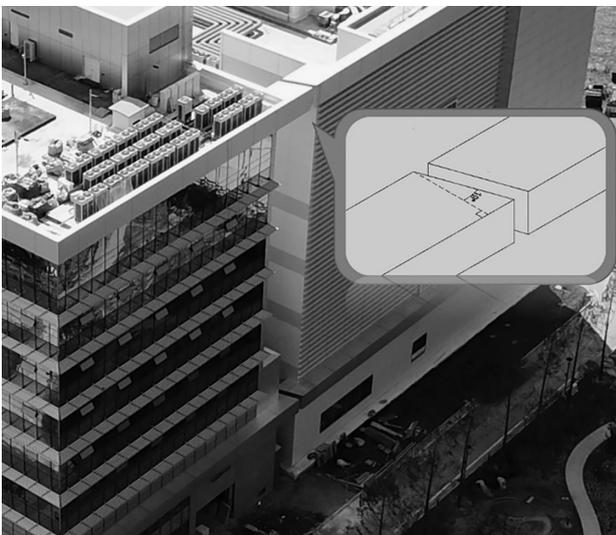


写真2 耐震棟と免震棟建物の連結部位

工程のため現場で施工を行いながらディテールの協議を行った。写真2の矢印部分は、耐震棟と免震棟建物の外装連結部分のディテールを斜線にデザインし、実際には分離されているが、視覚的には巨大なマスを一つの塊に見せるように処理した。

8 維持管理において

免震ゴムの特性を考慮して3年ごとに水平変位を測定することとし、オービット計を2ヶ所、メンテナンス用の別置き積層ゴムアイソレータを1つ設置した。

また、概ね震度5弱以上の地震、および平均風速約30m/secを超える強風が発生する際は応急チェックを行うことを基準とした。

写真3は、規模5.8の地震が起きた後、水平変位15ミリの動きがあったことが記録されている。



写真3 オービット計の測定記録

9 むすび

日本のように、免震装置の製品性能がある程度標準化されていないため、設計に合わせてその度に製作する方式がとられており品質管理がさらに難しかった。

さらに、短い工期に免震システムを導入することには多くの課題があったが、顧客の大切な情報を保管する建築物として大きな意義があったと思う。免震に対する認識がまだ浅い韓国ではあるが、免震システム導入に対するこのような報告を通して免震技術に対するより多くの交流があればと思う。

謝辞

今回の建設事業管理においては、BNK金融グループの適切な選択と支援があり、免震システムを経験できる良い機会を与えて頂いた。共に、本プロジェクトに参加したすべての方々に感謝いたします。