

5.総評

本建物の調査結果概要を表-5.1 に示す。

本建物のコンクリート躯体は、柱、梁および壁にひび割れが生じており、スラブには漏水跡および鉄筋露出が認められた。コンクリートのかぶり厚さは、柱および壁は十分な厚さを確保しているものの、スラブ下でかぶり不足による鉄筋露出および腐食が見受けられた。コンクリートの圧縮強度および中性化深さに異常は認められず、コンクリートの品質に問題は無いものと考えられる。鉄筋は錆の発生がほとんど無く、コンクリートとの付着にも問題は無いと思われる。

以上より、本建物のコンクリート躯体劣化状態は、緊急を要する異常は見受けられず、コンクリートの品質にも問題は認められなかった。ただし、建物の健全化および長寿命化を図るためには、現状で生じているひび割れなどの各種劣化、スラブ下でのかぶり厚さ不足および鉄筋腐食に対して、劣化進行抑制を主目的とした対策が必要と判断する。

最後に、補修概算費用を次頁以降に示す。

表-5.1 調査結果概要一覧

調査項目		調査結果
躯体劣化調査	劣化調査	<p>【ひび割れ】</p> <p>柱、梁および壁にひび割れが認められた。幅は 0.2 mm～0.3 mm程度を中心とし、壁の一か所で幅 1.0 mmのものも存在する。ひび割れ発生位置および形状は様々である。ひび割れの主な原因は、乾燥収縮と考えられるが、地震などの外力が影響している複合劣化であると思われる。</p> <p>【漏水跡・鉄筋露出】</p> <p>スラブ下に漏水跡および鉄筋露出が認められた。鉄筋露出箇所は、かぶり厚さが不足しており、耐久性の観点から補修が望まれる状態である。</p>
	研り調査 (中性化深さ) (鉄筋腐食度) (鉄筋かぶり厚さ)	<p>【中性化深さ】</p> <p>各研り箇所別の最大値で 10.0～29.0 mm、平均値で 8.5～24.0mm、全体の平均値で 16.8 mmであった。本建物経年による中性化予測値は 25.8mm であり、最大値の 1 箇所で測定値が予測値を上回る箇所が存在した。しかしながら、中性化深さは鉄筋位置まで達していないものと考えられる。</p> <p>【鉄筋腐食度】</p> <p>全ての箇所で錆がほとんど認められず、腐食グレードは I であった。</p> <p>【鉄筋かぶり厚さ】</p> <p>かぶり厚さ調査の結果は、柱で 60 mm、壁で 44mm および 47 mmであった。いずれの箇所も建築基準法で規定されている 30 mm以上であり、十分なかぶり厚さが確保されている。ただし、スラブ下でかぶり厚さが不足している箇所も存在している。</p>
(耐震診断調査) 参考試験結果	コンクリート圧縮強度	コンクリートの実強度は 23.5～26.7N/mm ² であり、平均値は 25.2 N/mm ² であった。本建物の設計基準強度は 17.6N/mm ² であり、いずれの箇所も設計基準強度を上回った
	コンクリート中性化深さ	各供試体別の最大値で 12.5～30.5 mm、平均値で 10.4～26.0mm、全体平均値で 17.9 mmであった。

5.総評

本建物の調査結果概要を表-5.1 に示す。

本建物のコンクリート躯体は、柱、梁および壁にひび割れが生じており、梁には欠損およびエフロレッセンスが認められた。コンクリートのかぶり厚さは、柱および壁は十分な厚さを確保していた。コンクリートの圧縮強度および中性化深さに異常は認められず、コンクリートの品質に問題は無いものと考えられる。鉄筋は錆の発生がほとんど無く、コンクリートとの付着にも問題は無いと思われる。

以上より、本建物の躯体劣化状態は、緊急を要する異常は見受けられず、コンクリートの品質にも問題は認められなかった。ただし、建物の健全化および長寿命化を図るためには、現状で生じているひび割れなどの各種劣化に対して、劣化進行抑制主目的とした対策が必要と判断する。

最後に、補修概算費用を次頁以降に示す。

表-5.1 調査結果概要一覧

調査項目		調査結果
躯体劣化調査	劣化調査	<p>【ひび割れ】</p> <p>柱、梁および壁にひび割れが認められた。幅は 0.2 mm～0.3 mm程度を中心とし、梁および壁の数か所で幅 0.5 mmのものも存在する。ひび割れ発生位置および形状は様々である。ひび割れの主な原因は、乾燥収縮と考えられるが、地震などの外力が影響している複合劣化であると思われる。</p> <p>【欠損・エフロレッセンス】</p> <p>梁に欠損およびエフロレッセンスが認められた。劣化状態は、小規模かつ少数であり、大きく耐久性を損ねる劣化ではないものの、エフロレッセンスは上階(スタンド)からの漏水を生じている可能性がある。</p>
	研り調査 (中性化深さ) (鉄筋腐食度) (鉄筋かぶり厚さ)	<p>【中性化深さ】</p> <p>各研り箇所別の最大値で 14.0～28.0 mm、平均値で 11.0～24.3mm、全体の平均値で 17.9 mmであった。本建物経年によるの中性化予測値は 22.0mm であり、最大値では半数以上で測定値が予測値を上回っていた。ただし、かぶり厚さ調査結果を踏まえると、中性化深さは鉄筋位置まで達していないものと考えられる。</p> <p>【鉄筋腐食度】</p> <p>全ての箇所ですべて錆がほとんど認められず、腐食グレードは I であった。</p> <p>【鉄筋かぶり厚さ】</p> <p>柱で 60～74 mm、壁で 78mm～87 mmであった。いずれの箇所も建築基準法で規定されている 30 mm以上であり、十分なかぶり厚さが確保されていた。</p>
(耐震診断調査) 参考試験結果	コンクリート圧縮強度	<p>コンクリートの実強度は 1 階で 37.3～39.9N/mm²、2 階で 33.4～40.6N/mm² であった。本建物の設計基準強度は 20.6N/mm² であり、いずれの箇所も設計基準強度を上回った。</p>
	コンクリート中性化深さ	<p>各供試体別の最大値で 6.0～34.0 mm、平均値で 0.8～10.2mm、全体平均値で 5.4 mmであった。</p>

4.総評

本建物の調査結果概要を表-4.1 に示す。

照明塔の劣化状況は、⑦面以上の部位で錆による腐食の進行が顕著であった。特に、梁および床(チェッカープレート・根太)には、貫通および減厚を伴う著しい腐食が認められた。⑦面より下の部位では、床を除き小さな点錆が全面にわたって点在しているか、発錆がほとんど見受けられない状態であった。

⑦面以上の腐食が著しい箇所(腐食評価 1 および 2)は、部材断面の減少を伴うことから早急の構造補修が必要と判断される。また、その他箇所は、今後の錆の進行を止めることを目的に塗装補修が必要であると判断される。

最後に、補修概算費用を次頁以降に示す。

表-4.1 調査結果概要一覧

調査項目		調査結果
劣化調査	柱	腐食評価は 3~5 である。主に⑦面以上の柱で腐食の進行が早く、点錆が拡大し大きな錆へ進展している評価 3 の箇所が見受けられた。⑦面より下の柱および継手箇所は、概ね小さい点錆が全面にわたって点在している状態の評価 4 である。
	梁	腐食評価は 1~4 である。一部の箇所は、局所的に腐食の進行が早く、著しい錆を生じている評価 1~2 である。貫通腐食および減厚が認められることから、早急の構造補修が必要と判断される。
	床	チェッカープレートおよび根太の腐食評価は 1~5 である。⑦面以上、③+2m面および④面に床が存在し、床の相当範囲が、貫通腐食および減厚を伴う評価 1~2 に該当する。早急の構造補修が必要と判断される。
	水平材	腐食評価は 4~5 である。水平材は、所々に点錆の発生が認められる他、一部に点錆が広がっている箇所が存在する。
	水平ブレース	腐食評価は 4~5 である。⑦面以上の水平ブレースは、所々に点錆の発生および点錆の広がりが認められ、概ね評価は 4 である。⑦面より下の水平ブレースは、発錆がほとんど見受けられず概ね評価は 5 である。
	斜材	腐食評価は 5 である。斜材に接合するガセットには腐食が見受けられたものの、斜材には錆の発生がほとんど認められなかった。
	その他	⑦面以上のガセット、照明支持プレート、タラップなどは、点錆の広がりが認められ、評価 3 に該当する箇所が多く見受けられた。全体としては概ね評価 3~4 である。
腐食部 部材厚さ測定	腐食評価 2 の梁で明らかな減厚が認められた。減厚の程度は設計値の半分以下であり、腐食が著しく進んでいる状態であった。減厚が認められた箇所は、根太に接する梁の上端フランジであり、同納まり位置の梁材も腐食が進んでいるものと考えられる。腐食評価 3 の鋼管では、梁の一か所で測定値 2.5 mm(設計値 3.2 mm)であった。柱では明確な減厚を伴う腐食は認められず、鋼管内部で腐食が進行している可能性は低いものと判断される。ただし、周辺の腐食状況および鋼管内部への水の浸入による高湿度環境下の可能性を考慮すると、今後の腐食進行の加速化が懸念される。	

8. 耐震診断結果の考察

- (1) 本建物は1973年(昭和48年)に改築され、築後48年が経過している。1985年(昭和60年)のBスタンド改修時に大規模な改修工事が行われ、その後も改修工事が重ねられている。
構造は鉄筋コンクリート造で、平家建ての野球場の観覧席である。X方向(桁行)は9スパン4構面で構成された耐震壁有ラーメン構造である。Y方向(梁間)は3スパン10構面で構成された耐震壁有ラーメン構造である。
- (2) 平面形状はX方向に長く長辺比がやや大きい。また、大きく湾曲していることから不整形と判断した。立面形状はY方向においてY0通りに向かって迫上がっている。周囲の建築物とのエキスパンションジョイントのクリアランスは、X方向において0mm、Y方法は200mmで、X方向の形状指標を低減した。
- (3) コンクリート強度は試験の結果大幅に設計基準強度($F_c17.6$)を上回った。耐震診断においては圧縮強度試験より求めた 23.6N/mm^2 を採用した。
中性化深さの測定試験で求められた平均値は17.9mmで、経過年数による推定値25.8mmを下回った。しかしながら、最大値は30.0mmと鉄筋の設計かぶり厚さに到達していることから、鉄筋の腐食が始まっている可能性があり、経過観察が必要と思われる。
図面照合においては、改築後幾度か改修工事が行われており、設計図面との照合においては新設開口、開口閉塞、壁の増厚補強が認められた。また、断面寸法において設計図と異なる箇所も認められた。
劣化調査では壁面に地震によるものと思われるやや太い斜めひび割れが認められた。また、スラブの一部で鉄筋腐食が認められた。構造上及び耐久性上補修が必要と思われる。
不同沈下測定による異常は認められなかった。
- (4) 志賀マップによる判定では、両方向ともに右下のCゾーンにプロットされ、柱量・壁量が満足している傾向を示した。
- (5) 耐震診断の次数は第2次診断で行った。診断の結果、X方向の構造耐震指標(I_s)は1.587となり、構造耐震判定指標($I_{so}=0.60$)を大きく上回る結果となった。Y方向は1.488となり、同様に構造耐震判定指標を大きく上回る結果となった。
平家建てで、両方向ともに柱量・壁量が十分であり、形状指標による低減があったものの、耐震性能は確保されている。

- (6) 各階の I_s 値とCTUSD値を下表に示す。

階	X方向		Y方向	
	I_s	CTUSD	I_s	CTUSD
1	1.587	1.641	1.488	1.539

以上から本建物は、両方向とも「想定する地震動に対して所要の耐震性能を確保している」と判定される。

8. 耐震診断結果の考察

- (1) 本建物は1985年(昭和60年)に竣工し、築後36年が経過している。その後、数度改修工事が施工されている。
構造は鉄筋コンクリート造で、2階建ての野球場の観覧席である。X方向(桁行)は19スパン2構面で構成された耐震壁有ラーメン構造である。Y方向(梁間)は2スパン20構面で構成された耐震壁有ラーメン構造である。
- (2) 平面形状はX方向に長く長辺比が大きく、また、円弧形状である。立面形状はY方向B通りに向かって迫上がっている。また、周囲の建築物とのエキスパンションジョイントのクリアランスはX方向は0mm、Y方向は200mmである。
- (3) コンクリート強度は、試験の結果設計基準強度($F_c20.6$)を大幅に上回る $34.6\sim 37.6\text{N/mm}^2$ であった。耐震診断においては、 30.9N/mm^2 (設計基準強度の1.5倍)を採用した。
中性化深さの測定試験で求められた平均値は5.4mmで、経過年数による推定値22.0mmを下回ったが、最大値は33.0mmと鉄筋の設計かぶり厚さに到達していることから、鉄筋の腐食が始まっている可能性があり、経過観察が必要である。
図面照合においては、改築後も数度改修工事が行われており、改修設計図面との照合においては新設開口、壁の増厚補強が認められた。
劣化調査では外壁面に地震によるものと思われるやや太い斜めひび割れが認められた。構造上および耐久性上補修が必要と思われる。
不同沈下測定による異常は認められなかった。
- (4) 志賀マップによる判定では、両方向ともにCゾーンの右下にプロットされ、柱量・壁量が満足している傾向を示した。
- (5) 耐震診断の次数は第2次診断で行った。診断の結果、X方向の構造耐震指標(I_s)は1.241~1.846となり、構造耐震判定指標($I_{so}=0.60$)を大きく上回る結果となった。Y方向は1.681~1.891となり、同様に構造耐震判定指標を上回る結果となった。
低層の建物で、両方向ともに柱量・壁量が十分のため、形状指標による低減があったものの、耐震性能は確保されている。
2階に極脆性柱が存在するが、第2種構造要素の柱では無い。

- (6) 各階の I_s 値とCTUSD値を下表に示す。

階	X方向		Y方向	
	I_s	CTUSD	I_s	CTUSD
2	1.846	1.885	1.891	1.931
1	1.241	1.267	1.681	1.717

以上から本建物は、両方向とも「想定する地震動に対して所要の耐震性能を確保している」と判定される。

- (7) 鉄骨造の高架水槽架台は耐震診断の結果、構造耐震判定指標を満足した。

階	X方向		Y方向	
	I_s	CTUSD	I_s	CTUSD
T2	1.61	1.95	1.59	1.93
T1	0.94	1.25	0.93	1.24

7. 耐震診断結果の考察

- (1) X方向は、正負加力共に上部投光器架構部の梁端部降伏、上部投光器架構部の柱脚降伏にてヒンジが形成されメカニズムが形成されている。

靱性指標は、接合部(梁端部、柱継手、鉛直ブレース端部、水平ブレース端部)が非保有耐力接合であることから、 $F=1.20$ となる。形状係数は、偏心率 F_e は剛心位置は中心にあるが重心位置は投光器が取り付けB通り側に寄っているため F_e が1.5程度となる。剛性率 F_s は下部塔架構がブレース構造、上部投光器架構がラーメン構造より剛性が下部架構に移行して上部架構の F_s が1.5を超える。水平構面の水平ブレースが、所要の水平力伝達能力を有していることから、建物全体を一体として耐震性能を算出した。以上の結果、所要の耐震性能を満足しておらず、「地震の震動および衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い」と判定される。

- (2) Y方向は、正加力は上部塔架構と下部投光器架構を繋ぐ斜材の降伏でヒンジが形成され基礎フーチングの引抜による浮上がりによりメカニズムが形成され、

負加力は上部塔架構と下部投光器架構を繋ぐ斜材の降伏、上部投光器架構の梁端部降伏および、鉛直ブレースの軸降伏にてヒンジが形成され基礎フーチングの引抜による浮上がりによりメカニズムが形成されている。靱性指標は、接合部(梁端部、柱継手、鉛直ブレース端部、水平ブレース端部)が非保有耐力接合であることから、 $F=1.20$ となる。形状係数において、偏心率 F_e は重心、剛心位置ともに中央にある。剛性率 F_s は下部塔架構がブレース構造、上部投光器架構がラーメン構造より剛性が下部架構に移行して上部架構の F_s が1.5を超える。水平構面の水平ブレースが、所要の水平力伝達能力を有していることから、建物全体を一体として耐震性能を算出した。以上の結果、所要の耐震性能を上回っており、「地震の震動および衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性は低い」と判定される。

耐震性能表

判定基準		$I_s \geq 0.60 \quad q \geq 1.00$								
方向/階・通り		Q_u	ΣW_i	F	A_i	E_o	F_{es}	I_s	q	判定
X	18 全体	10.3	7.1	1.20	3.45	0.50	1.66	0.30	1.01	NG
	17 全体	24.2	25.9	1.20	2.21	0.50	1.64	0.30	1.02	NG
	16 全体	36.0	47.0	1.20	1.82	0.50	1.68	0.30	1.00	NG
	15 全体	45.7	68.0	1.20	1.59	0.50	1.70	0.29	0.99	NG
	14 全体	53.7	89.0	1.20	1.43	0.50	1.70	0.29	0.99	NG
	13 全体	60.3	110.0	1.20	1.30	0.50	1.63	0.31	1.03	NG
	12 全体	63.7	123.7	1.20	1.22	0.50	1.06	0.47	1.59	NG
	11 全体	64.8	128.4	1.20	1.20	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	10 全体	65.6	132.2	1.20	1.18	0.50	1.47	0.34	1.14	NG
	9 全体	66.3	135.5	1.20	1.16	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	8 全体	66.9	138.5	1.20	1.15	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	7 全体	67.6	142.2	1.20	1.13	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	6 全体	66.4	146.7	1.20	1.11	0.49	1.50	0.33	1.09	NG
	5 全体	69.0	150.4	1.20	1.09	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	4 全体	63.5	153.7	1.20	1.07	0.46	1.50	0.31	1.02	NG
	3 全体	70.2	159.2	1.20	1.05	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	2 全体	70.8	164.0	1.20	1.02	0.50	1.50	0.33	1.12	NG
	1 全体	71.4	169.1	1.20	1.00	0.50	1.50	0.33	1.12	NG

方向/階・通り	Qu	ΣWi	F	Ai	Eo	Fes	Is	q	判定
Y 18 全体	21	7	1.20	3.45	1.04	1.68	0.62	2.08	OK
17 全体	50	26	1.20	2.21	1.05	1.66	0.63	2.11	OK
16 全体	75	47	1.20	1.82	1.05	1.68	0.63	2.08	OK
15 全体	95	68	1.20	1.59	1.05	1.70	0.62	2.06	OK
14 全体	112	89	1.20	1.43	1.05	1.70	0.62	2.06	OK
13 全体	125	110	1.20	1.30	1.05	1.68	0.63	2.09	OK
12 全体	133	124	1.20	1.22	1.05	1.47	0.72	2.39	OK
11 全体	135	128	1.20	1.20	1.05	1.31	0.80	2.66	OK
10 全体	136	132	1.20	1.18	1.05	1.27	0.83	2.76	OK
9 全体	138	136	1.20	1.16	1.05	1.15	0.91	3.04	OK
8 全体	139	139	1.20	1.15	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
7 全体	141	142	1.20	1.13	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
6 全体	142	147	1.20	1.11	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
5 全体	143	150	1.20	1.09	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
4 全体	144	154	1.20	1.07	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
3 全体	146	159	1.20	1.05	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
2 全体	147	164	1.20	1.02	1.05	1.00	1.05	3.50	OK
1 全体	148	169	1.20	1.00	1.05	1.00	1.05	3.51	OK

本建物は、 $Is < 0.30$ であり、「地震の震動および衝撃に対して倒壊し、又は崩壊する危険性が高い」と判定される。

8. 耐震改修計画(案)

8-1 補強方針

- (1) 対象施設はX方向の耐震性能が不足しており、主たる要因としては上部投光器架構部の強度・靱性の低さによる。
- (2) 補強工法は、投光器架構部に付帯梁の取り換えを含む鉛直ブレースの新設を行い、強度・靱性の向上を図る。

8-2 補強仕様

1-M22 (JISターンバックルブレース)

8-3 補強後耐震性能

次頁より、補強位置図および補強後の荷重・変更曲線を添付するが、鉛直ブレースの新設により上部鉄骨部材でのヒンジは生じず、基礎の浮き上がりによりメカニズムが形成されたことにより、下表の通り、所要の耐震性能が満足する事が出来る。

耐震性能表

判定基準		$I_s \geq 0.60 \quad q \geq 1.00$								
方向/階・通り		Qu	ΣWi	F	Ai	Eo	Fes	Is	q	判定
X	18 全体	14.5	7.1	1.80	3.45	1.06	1.02	1.04	2.31	OK
	17 全体	33.1	25.9	1.80	2.21	1.03	1.02	1.01	2.25	OK
	16 全体	49.0	47.0	1.80	1.82	1.03	1.06	0.98	2.17	OK
	15 全体	62.0	68.0	1.80	1.59	1.02	1.10	0.93	2.08	OK
	14 全体	72.7	89.0	1.80	1.43	1.02	1.13	0.90	2.01	OK
	13 全体	81.5	110.0	1.80	1.30	1.02	1.17	0.87	1.94	OK
	12 全体	86.2	123.7	1.80	1.22	1.02	1.00	1.02	2.28	OK
	11 全体	87.6	128.4	1.80	1.20	1.02	1.00	1.02	2.27	OK
	10 全体	88.7	132.2	1.80	1.18	1.02	1.50	0.68	1.52	OK
	9 全体	89.6	135.5	1.80	1.16	1.02	1.50	0.68	1.52	OK
	8 全体	90.4	138.5	1.80	1.15	1.02	1.50	0.68	1.52	OK
	7 全体	91.3	142.2	1.80	1.13	1.02	1.50	0.68	1.52	OK
	6 全体	92.3	146.7	1.80	1.11	1.02	1.50	0.68	1.51	OK
	5 全体	93.1	150.4	1.80	1.09	1.02	1.50	0.68	1.51	OK