

モンゴル・ウランバートルにおけるRC造の現状

日大生産工 湯浅 昇 日大生産工 川岸 梅和
日大生産工(院) 長谷川光弘

1. はじめに

モンゴル・ウランバートルにおける生活空間計画に関する研究の一環として、ウランバートルにおける鉄筋コンクリート構造物を目視により観察した。

本報告は、ウランバートルにおける鉄筋コンクリート構造物の現状をその抱えている背景から検証し、今後の検討課題及び調査方針を示すものである。

2. モンゴル・ウランバートルにおけるRC造の地理的・気候的・歴史的背景

2.1 地理的な背景

モンゴルの首都ウランバートルは、北緯47度55分で、この緯度は、日本では稚内ノシャップ岬に相当する。

また、モンゴルの国土は、ユーラシア大陸の内陸部にあたり、海洋から遠く離れている。モンゴルの地形は、全体的に高原を呈し、西高東低である。ウランバートルの海拔は、モンゴルの全国平均1,580mに対し、1,351mである。

塩分を含んだセメント、混和剤及び骨材がコンクリートに使用されない限り、鉄筋を腐食させる因子である Cl^- が導入されることはない。

2.2 気候的な背景

モンゴルの緯度の高さ、標高の高さ、大陸度といった地理的因子は、酷寒、極乾燥、年格差の大きさという気候の特色を決定づけている。

Fig.1、Fig.2、Fig.3は、それぞれ、ウランバートル、東京、札幌における2001年度の月別平均気温、月別平均相対湿度、月別降水量を示したものである。摂氏0℃を下回る期間が5ヶ月程度あり、コンクリート内に水分が存在する状況下では、その水分が凍結により体積膨張を起こし、コンクリートの細孔内壁を押す応力が発生する状況にある。コンクリートの寒中施工は初期凍害防止の観点から極めて困難な状況にあるが、長期的には、Fig.3にみられるように、ウランバートルの降水量は全期間にわたり極めて少ないばかりでなく、冬期間に限定すれば、降水量は極めて少ないので凍結融解作用による劣化の実害は、日本の北海道・東北地方に比して、それほど多くはないと予想される。

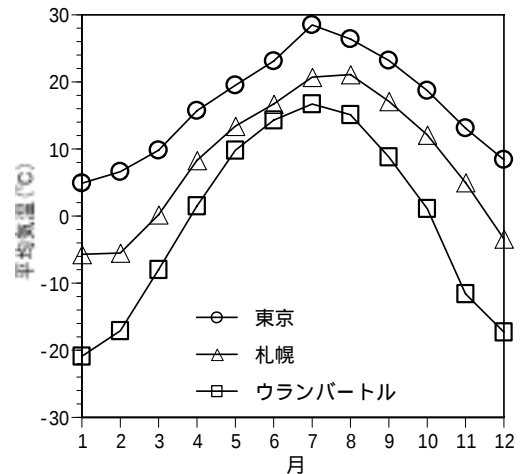


Fig.1 2001年度の月別平均気温

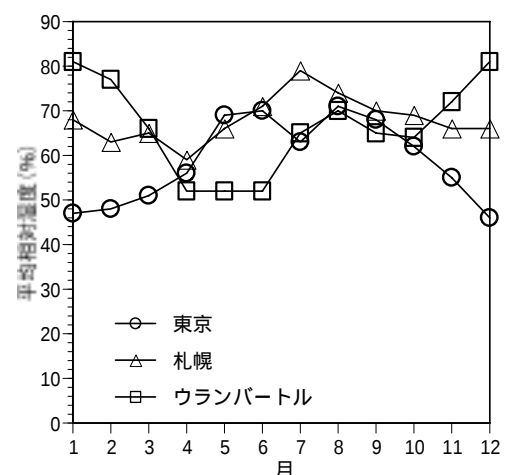


Fig.2 2001年度の月別平均湿度

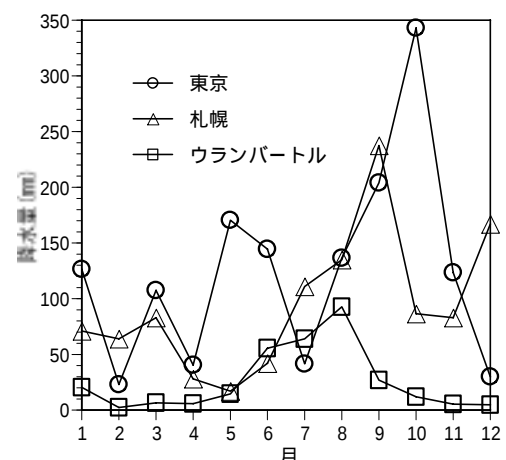


Fig.3 2001年度の月別降水量

2.3 歴史的背景

鉄筋コンクリート構造物が出現し出した以降のモンゴルの社会情勢をみると、1915年に、中華民国とロシア、モンゴルの三国でキャフタ協定が締結され、中華民国の宗主権の下で、外モンゴルのみ自治となる一方、権益はロシアが掌握するという変則的な体制となり、1917年ロシア革命が起こると、1919年ロシアの混乱に乗じて中華民国が現ウランバートルに兵を進め、外モンゴルの自治権が撤廃された。その後、ロシアの内戦で敗れた一派が中国軍を追出し、ウランバートルはその一派の占領下となっている。

1921年、モンゴル人民党はソビエト赤軍と協力し、占領軍からウランバートルは開放された。その後、1924年、立憲君主国から共和制に移行、「モンゴル人民共和国」が成立し、ソ連の指導の下で社会主義国家となった。

1939年には、東部国境に於いて日本軍の侵入をソ連軍と共に防いだノモンハン事件が勃発している。こうした混乱期を経てモンゴルには社会主義が浸透していったが、ソ連でペレストロイカが始まると、モンゴルでも1986年から開放化政策が開始され、1992年、国号を「モンゴル国」と改め、資本主義国家として現在に至っている。

近年、韓国からの資本及び人の流入が目立ち始めている。

このような歴史背景を受け、鉄筋コンクリート構造物の設計及び施工において、古くから旧ソ連（Photo 1）・中国（Photo 2）の影響を強く受け、最近では韓国企業の手によるものが多く見受けられる（Photo 3）。

3．鉄筋コンクリート構造物の状態

鉄筋コンクリート構造物の劣化現象は、中性化による鉄筋腐食、塩害による鉄筋腐食、凍結融解作用によるコンクリートの膨張劣化、アルカリ骨材によるコンクリートの膨張劣化に大別できる。以下に、それぞれの劣化現象に対応させ、ウランバートルの鉄筋コンクリート構造物の状態を検証する。

3.1 中性化による鉄筋腐食

前述した構造物を取り巻く背景を考慮に入れると、人口の少ないウランバートルにおいては、東京、ロンドン等の人口集中地域にみられるような二酸化炭素の高濃度状態（800 ppm程度）を想定する必要はなく、せいぜい1400 ppm程度の二酸化炭素濃度と考えていい。

今回、目視による調査を行ったところ、鉄筋が腐食し、コンクリートの剥落がみられる



Photo 1 旧ソ連の設計・施工によるRCアパート（装飾がなく平凡な立面）



Photo 2 中国の設計・施工によるアパート（軒下壁面等に装飾がみられる）



Photo 3 韓国企業により建設中のアパート（間仕切りには韓国で一般的なALCブロックが使われている）

例は少なく、モンゴルのRC事情として、特に憂慮する劣化ではないように思われる。

ただし、潜在的な中性化による劣化を検討するため、次回調査では、下記の項目について調査するべきと考えている。

- (1) 鉄筋コンクリート工事標準仕様書における中性化に関わる記述（使用セメントの種類、水セメント比、初期養生、単位水量）の確認
- (2) 炭酸ガス濃度の調査
- (3) 実構造物を対象とした中性化深さ調査及び鉄筋の腐食調査
- (4) コンクリート塊（可能であればコア）による調合推定、透気試験、促進中性化試験、水銀圧入による細孔構造、SEMによる組織観察

3.2 塩害による鉄筋腐食

前述したように、日本とは異なり、モンゴルの国土は、海洋から遠く離れている。建設後の外部からの海塩粒子の浸入を考慮しなくてもよく、セメント及び混和剤、骨材に塩分が含まれていない限り、塩害は起きないことになる。

塩害の劣化は、現象としては、中性化による劣化と同じであり、前項の通り、鉄筋の腐食によるコンクリートの剥落をほとんどみることができなかったことを考えると、塩害は、モンゴルのRC事情として、特に憂慮する劣化ではないように思われる。

ただし、潜在的な塩害による劣化を検討するため、次回調査では、下記の項目について調査するべきと考えている。

- (1) 鉄筋コンクリート工事標準仕様書における塩害に関わる記述（使用セメントの種類、水セメント比、許容塩分量）の確認
- (2) 生コンの含有塩分量調査
- (3) コンクリート塊による塩化物イオン濃度測定、水銀圧入による細孔構造、SEMによる組織観察

3.3 凍害によるコンクリートの膨張劣化

3.3.1 初期凍害と寒中施工

前述の通り、ウランバートルは、日本のJASS 5の考え方に照らすと、寒中施工期間が、5ヶ月以上あり、極めて長い期間となる。寒中施工の意味するところは、特別な処置なしではコンクリート工事を行えないという以上に、地域社会経済の持続的発展・安定、そして雇用の受け皿の確保にある。モンゴル経済の発展を模索し、生活空間計画を策定するにあたり、極めて重要なポイントとなる。ウランバートルにおける寒中施工の実態がどうであるかは、現時点では未調査であるが、開発途上の国であるからこそ、是非次回、調査するべき点である。物理的には、もし、0℃を下回る気温の中、コンクリートを打設すると、コンクリートは、いわゆる初期凍害を起こし、

将来にわたりその後の強度発現は認められなくなる。

3.3.2 凍結融解抵抗性

コンクリートの凍結融解作用による劣化は、コンクリートの細孔中に存在する水が凍ったり融けたりを繰り返す作用を受け、コンクリート全体が膨張劣化する現象である。水は、凍ると約9%の体積膨張を起こすことに起因している。日本では、厳しい管理のもと、数10～100μmの独立した微細気泡エントレンドエアー $4.5 \pm 0.5\%$ の確保、水セメント比の上限(50%)規制及び設計におけるディテールでの処置により、凍結融解作用による劣化を防いでいる。目視により調査した結果、Photo 4に示すように、屋根の底部などで、凍結融解作用による劣化が観察された。底におけるこの現象は、水切れが悪く、長い時間滞留する場所、凍結及び日射に対し、温度が敏感に変化する部位であることに起因している。

凍結最低気温の影響については、多少最低気温が低いほど劣化が厳しいといえるが、凍結融解回数の影響の方がはるかに卓越する現象である。この意味において、前述した通り、ウランバートルの降水量は全期間にわたり極めて少ないばかりでなく、冬期間に限定すれば、降水量は極めて少ないので、凍結融解作用による劣化の前提であるコンクリート内の水は少ない状態で、冬期間推移するものと考えられる。しかしながら、気温は摂氏0℃以下であっても暖房、日射などにより局部的に融解することが考えられる部位で、水仕舞いによって局部的に水が存在する部分では、結融解作用による劣化が起きている可能性がある。地域として、潜在的な凍害危険性を否定できない。また、Photo 4で示した状況を見ると、少なくとも、十分なエントレンドエアーが導入されているとは考えられない。

そこで、次回調査では、次の項目について調査するべきと考えている。



Photo 4 凍結融解による底の劣化

- (1) 鉄筋コンクリート工事標準仕様書における凍害に関わる記述（凍害に関する考え方、水セメント比、空気量）の確認
- (2) 生コンの実態（強度、水セメント比、空気量及びこれらのバラツキ）調査
- (3) 寒中施工の実態調査
- (4) コンクリート塊（可能であればコア）による調合推定、凍害抵抗性（凍結融解試験、空気量測定、気泡間隔係数測定、水銀圧入による細孔構造の測定）試験

3.4 アルカリ骨材反応によるコンクリートの膨張劣化

アルカリ骨材反応は、骨材中のオパール、微小石英、火山ガラス等の鉱物がセメントに起因した細孔中の水酸化ナトリウムと反応し、生成物が生成し、この反応生成物が吸水し膨張するため、コンクリート全体が膨張する劣化である。この劣化では、アルカリ反応性骨材の使用と水の存在が前提となる。

今回、目視による調査を行ったところ、アルカリ骨材反応による劣化と特定できる例はなく、降水量が少ないことも併せて考えれば、モンゴルのRC事情として、特に憂慮する劣化ではないように思われる。

しかしながら、この劣化は、アルカリ反応性骨材が用いられているならば、水仕舞いによっては局部的に発生する可能性があり、潜在的な危険性を認識しておくために、モンゴルで一般的に使用されている骨材の鉱物調査はすべきことと考える。

次回調査では、下記の項目について調査すべきと考えている。

- (1) 鉄筋コンクリート工事標準仕様書におけるアルカリ骨材反応に関わる記述（アルカリ骨材反応の判定試験方法等）の確認
- (2) 生コンの実態（骨材の鉱物）調査

3.5 コンクリートの施工状況、仕上の状態及び汚れ

今回、ウランバートルの鉄筋コンクリート造を目視調査した結果、Photo 5 に示すように、日本に比し、施工状態が悪く、仕上材の色あせや汚れが目立ち、構造物として美観的な価値を備えていないものがほとんどであった。お粗末感が否定できない。

次回調査では、下記の項目について調査すべきと考えている。

- (1) 鉄筋コンクリート工事費事情（工費、建設技術者・職人の地位・待遇）調査
- (2) 鉄筋コンクリート造施工方法
- (3) 仕上調査（使用材料、工法、劣化）
- (4) 既存RC造の保守管理規定及び実態調査



Photo 5 ジャンカおよびかぶり不足による鉄筋の腐食、コンクリートの仕上がり状態の悪さ

3.6 鉄筋コンクリート構造物の耐震性

モンゴルにおける鉄筋コンクリート構造物の耐震設計思想は、今回の調査では扱わなかった。構造規準などを検討するとともに、実際の施工現場及び既存の構造物を調査することで耐震性を検証したいと考えている。

次回調査では、下記の項目について調査すべきと考えている。

- (1) モンゴルの地震歴調査
- (2) モンゴルの構造設計・耐震診断指針類の確認
- (3) 建設現場における配筋調査
- (4) 既存の構造物の強度試験（非破壊試験、コアによる試験）及び配筋調査（非破壊試験）

4. まとめ

モンゴル・ウランバートルにおける鉄筋コンクリート構造物を目視により観察し、その結果を、ウランバートルを取り巻く背景から検証した。その結果は下記の通りである。

- (1) 潜在的な凍害危険地域であり、一部凍害による劣化も確認されたことから、コンクリートの凍結融解抵抗性を検証する必要がある。
- (2) 社会経済の安定性、雇用の受け皿の確保から、日本同様、構造物の寒中施工が必要と思われるが、それに対するモンゴルの現状の把握が必要である。
- (3) コンクリート構造物は、施工状態が悪く、乾燥のためか汚れが目立ち、構造物に美観的な価値が感じられなく、保守管理状況も含めて実態を調査する必要がある。
- (4) コンクリートの品質全般に対し、規定類を確認するとともに、実態調査を行う必要がある。