

# Design with Tailor-made Concrete

友寄 篤<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻  
(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, E-mail: tomoyose@bme.arch.t.u-tokyo.ac.jp)

海の上に立つかのような敷地、過密配筋を避けた構造とかぶり厚さ、時に吹雪になる日本海側の冬季打設。特徴を数え上げればきりが無いが、JIS製品であるレディーミクストコンクリートが届けられる現場はどこも唯一無二である。たとえ $F_c=24$ 、スランプ18cmであっても、同じコンクリートはどこにもないし、ここにしかない仕立てであって欲しい。そんなTailor Made Concreteが広がっていくことを願ってやまない。

キーワード: コンクリート, 重塩害地域, 長寿命化, 高炉セメント, デザイン

## 1. はじめに

筆者はこれまで、火山性堆積物など全国に眠る未利用資源を活用した地産地消コンクリートという考えに基づき、材料選定によるデザイン<sup>1)</sup>やMaterial Oriented Approachによる材料開発<sup>2)</sup>などを論じてきた。鹿児島県のシラスを対象としたコンクリートが社会実装された例も示してきたが、材料開発に要する期間や費用を考えると、全国各地に広く普及することは難しい。そこで本稿では、JISの範囲内であっても、この場所にしかない、この構造物のためだけのコンクリート、すなわちTailor-made Concreteの考え方に基づいたコンクリートによってデザインされた事例を報告する。意匠設計者や構造設計者ならびに施工者や生コン製造者による全体的な解説は既にされているので<sup>3)</sup>、本稿ではコンクリート工学の視点から本プロジェクトで採用された技術を述べる。



図-1 まさに建物が潮で洗われるような敷地

## 2. 建築概要

日本建築学会「RC造建築物の耐久設計施工指針・解説」（以下、耐久設計指針）では日本海側で汀線から20mの範囲の敷地は重塩害環境地域に区分される。敷地は日本海側の岸壁にあり、図-1に示す写真から分かる通り、まさに海の上に立つ旅館のリニューアルであったため、防音性能やデザインだけでなく耐久性および維持管理の低減が求められた。表-1に建物概要と関係者を示す。

耐久性を考慮して外部のコンクリートには全て仕上げ材料を施しているが、内部は建物全体でコンクリート現しがデザインの基本になっている。ウレタン塗装型枠および杉板型枠による打ち放し、小叩き、研り、と4種類のコンクリート仕上げが使い分けられている。耐久性としては塩害が最大の課題であったので、構造設計者により壁式RC造の構造形式が採用され、壁厚は一般的な150mm~200mmを超えて250mmに設定され、打ち増しはそれぞれ外部は40mm、内部は10mm、壁の総厚さ300mmという対策が取られている。コンクリートの構造設計基準強度（以下、 $F_c$ ）は $30N/mm^2$ であった。壁厚を厚くすることで鉄筋が納まりやすくなり、打設不良を防ぎジャンカの低減やクラックの抑止にもつなげている。設備に関しても全ての吸排気口を海と反対側の道路側に設置することで、飛来塩分への対策を取っている。

表-1 建物概要と関係者

建築面積/475m <sup>2</sup>	延床面積/938m <sup>2</sup>
構造規模/RC造, 地下1階地上3階	用途/旅館
意匠設計/空間構想	構造設計/KAP
内装/SHARCHITECT & DESIGN	設備/明野設備研究所
施工/田中建設	生コン製造/寺前生コン
協力/全国生コンクリート工業組合連合会, JUST.WILL, コンクリート用化学混和剤協会, 東京大学建築材料研究室	

### 3. コンクリート概要

本プロジェクトで使用したコンクリートの概要を表-2に示す。飛来塩分の影響を考慮して地下と地上で大きく2種類に分かれ、地上では打設時期に応じてさらに2種類、合計3種類の呼び方のコンクリートを使用した。

#### (1) 使用材料およびコンクリート配合によるコスト調整

地下の打設は10月後半から11月初旬に予定されており、過去10年間の平均気温から算出したS値=6を採用すると、 $F_c=30\text{ N/mm}^2$ に対して呼び強度36となる。呼び強度33とのコンクリートより300円/m<sup>3</sup>高くなり、地熱を考慮してS値=3を指定した。また、3月末の地上躯体の打設では、直前の長期天気予報から地下と同じようにS値=3を指定した。乾燥収縮ひび割れを考慮するとできる限り単位水量（以下W）の少ないコンクリートが望ましいが、地下躯体で $W=165\text{ kg/m}^3$ 以下を指定すると、AE減水剤ではなく高性能AE減水剤の仕様となり、今回の地域ではコンクリートの単価が1500円/m<sup>3</sup>上がるため、地上部でのグレードアップを見越して、地下躯体ではAE減水剤を指定し、可能な範囲でWを少なくしたコンクリートとした。

#### (2) 塩害対策／セメント種類と水セメント比

脱型の遅れや中性化抵抗性の低下という理由で一般的には建築では採用されることは少ないが、コンクリートの塩化物イオン浸透抵抗性を高めるために、本プロジェクトでは地上を含む全てのコンクリートに高炉セメントB種を採用した。耐久設計指針において、重塩害環境地域における水セメント比（以下、W/C）の最大値は45%に定められているが、3種類いずれもこれを下回った。混合セメントを使用した場合は普通ポルトランドセメントに比べて塩化物イオンの浸透抵抗性が低く、W/Cの最大値を大きくすることも可能であると同指針で解説されているが、今回は普通ポルトの最大値を満たした上で高炉B種を採用しているため、さらなる安全側の設計となっている。なお、高炉B種の利用は、低炭素化に寄与すると同時にアルカリシカ反応性骨材が産出される北陸地方における対策にもなっている。

#### (3) ひび割れ対策／収縮低減剤の採用

塩化物イオンが浸透していくひび割れの抑制対策として、定性的な単位水量の設定や高炉B種の採用だけでなく、日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説JASS5鉄筋コンクリート工事」（以下、JASS 5）に規定される定量的な低収縮等級1を目標とした検討を行った。2020年にJISが制定された収縮低減剤は、使用量に応じて乾燥収縮を約5～65%に低減することができるが、寺前生コンでは採用した実績がなかった。そのため寺前生コンに加えて、化学混和剤協会、全生の協力により試験練りを行い低収縮等級1を満たす2kg/m<sup>3</sup>の添加量とした。

表-2 使用した3種類のコンクリート概要

地下躯体
呼び方：普通 33-15-20 BB 概要： $W=171\text{ kg/m}^3$ , $W/C=41.5\%$ , AE減水剤 備考：冬季であるが地熱を考慮しS値=3に指定
地上躯体（10月～2月まで）、収縮低減剤=2kg/m <sup>3</sup>
呼び方：普通 36-18-20 BB 概要： $W=165\text{ kg/m}^3$ , $W/C=40.5\%$ , 高性能AE減水剤 備考：2月まではS値=6に指定、
地上躯体（3月以降）、収縮低減剤=2kg/m <sup>3</sup>
呼び方：普通 33-18-20 BB 概要： $W=165\text{ kg/m}^3$ , $W/C=40.5\%$ , 高性能AE減水剤 備考：3月は天気予報からS値=6

#### (4) 脱型時期判定の高度化

JASS 5では、せき板の存置期間は高炉セメントB種を用いると気温10度以上20度未満で8日間と定められ、普通ポルトランドセメントを使う場合に比べて3日遅れる。テストピースの強度試験結果で判定する手段もあるが、施工者や生コン工場も冬季の高炉セメントの経験がなく、余分なテストピースを採取するのかなど、費用面で課題があった。そこで、国土交通省の告示にも示されている有効材齢法を採用し、型枠に埋め込んだ温度センサーによるコンクリートの強度推定を行った。この方法により脱型基準強度に3日で到達することを確認できた。JASS 5による脱型時期から5日間の短縮につながった。初回はテストピースとの強度比較も行ったが、脱型時の強度は概ね12N/mm<sup>2</sup>程度と推定され、現場水中養生の材齢3日における圧縮強度試験は14.1N/mm<sup>2</sup>という安全側の結果であった。日当たりのよかった西側の方が温度の低下が防止され強度増進が早いことも確認された。地下躯体でのテストを通じて、施工者からのセンサによる工程管理の合理化に理解が得られた。

#### (5) まとめ

カニ料理が名物の旅館のため、漁が解禁となる日の再オープンが絶対条件であったが、限られた工期や費用に関する問題も解消された上で塩害を十分に考慮したJISコンが採用された。なお、施工者の田中建設が各職方を集めての念入りな塩害対策や散水養生を行うなど、基本に忠実な丁寧な施工を心がけたことで、仕様だけでなく施工も含めたDesign with Tailor-made Concreteが実現した。

#### 参考文献

- 1) 友寄篤ほか：コンクリートの材料選定によるデザイン論、土木学会景観デザイン研究講演集、No.12, pp.102-103, 2016
- 2) 友寄篤ほか：Material Oriented Approachの研究開発とデザイン、土木学会景観デザイン研究講演集、No.13, pp.104-105, 2017
- 3) 川添善行、中河西菜々子、岡村仁、友寄篤：壁式RCによる伝統旅館のデザイン、セメント・コンクリート、No.901, pp.28-36, 2022