

ISSN 1880-8468

Technical Report of
International Development Engineering
国際開発工学報告

TRIDE-2006-02

March 1, 2006

Nobuaki Otsuki, Junji Yokokura and
Takahiro Nishida

Actual Technological Levels of Concrete
in Developing Countries
- Concrete Problems in the World-

Department of International Development Engineering,
Graduate School of Science and Engineering,
Tokyo Institute of Technology
<http://www.ide.titech.ac.jp/TR>

開発途上国でのコンクリート技術レベルの実情

世界の危ないコンクリート

大即信明* , 横倉順治** , 西田孝弘***

*東京工業大学大学院 理工学研究科国際開発工学専攻 教授 工博

**東京工業大学大学院 理工学研究科国際開発工学専攻 連携助教授 工博

***東京工業大学大学院 理工学研究科国際開発工学専攻 助手 工博

1. はじめに

開発途上国においても主たる開発・社会基盤の基本材料はコンクリートである。現在の開発途上国における建設現場での施工を考えた場合、これらの国のコンクリート技術は実用上十分なレベルに達していないことが懸念される。

第一に、基礎的な知識の不足が問題となっている。さらに、これら開発途上国の中には我が国より環境条件が厳しい国も少なくない。そのため、個々の環境条件に対応できる知識も必要となる。

第二に、現場施工での意識の低さが問題となっている。すなわち、実用上十分な技術レベルに達している我が国においても新幹線トンネルコンクリートや高架橋などからのコンクリート片落下、マンションでの早期劣化などが報告されている¹⁾。そのほかにも、アルカリ骨材反応、塩害、中性化、凍害^{例えば 2)}と呼ばれるコンクリートの早期劣化が社会問題化している。これらの原因のひとつとして、現場の技術者の意識の低さが挙げられる。

本報告では、著者らが現地を訪れて自らの目で経験した建設現場の実情の一端を紹介する。特に、鉄筋コンクリートへの塩化物イオン（塩）の混入や必要な薬剤の未使用といった、我が国の技術レベルでは考えられないような施工が行われている国や世界的な品質基準に準拠しない材料しか入手できず、それらを何とか使用してコンクリートを製造しようとしている国さらにアフリカ13ヶ国での施工技術の現状を紹介する。

2. 基礎的な知識の実情

本章では、現場の方々はそれなりに考えてコンクリートを製造・施工しているのではあるが、知識や少しの工夫があれば、それなりのコンクリートとなる例を紹介する。



写真 - 1 フェズの生コンクリート工場



写真 - 2 フェズ近くの川砂利採取状況

2. 1 海砂を好んで使用する生コンクリート工場

まず、モロッコで見学した生コンクリート工場での出来事を紹介する。この生コンクリート工場はモロッコのフェズにある生コンクリート工場である(写真-1)。このフェズは歴史的都市(世界遺産)であり、当時、3つの生コンクリート工場があった。また、この近辺には、大きな河川があり、写真-2に示すように、大量の川砂を採取できた。実際に我が国のODA事業においては、この川砂でコンクリートを作製していた。

しかしながら、生コンクリート工場に準備されている砂の中には、貝殻が混入していた。また、その砂を舐めた際塩気を感じた。そこで、現地の技術者に砂の採取場所を確認した。その技術者によると、この砂は200kmも離れた海岸からわざわざ運んできたとのことだった。この理由は海砂を使用した場合、同一配合で川砂を使用したコンクリートと比較して、28日後の圧縮強度が1~2割高くなるためとのことだった。

市内には、まだ、それほど多くの鉄筋コンクリート構造物は見当たらなかった。また、年雨量は500mm以下であるため、コンクリート中の鉄筋への水分供給は少ないと考えられる。したがって、鉄筋腐食は生じにくい環境にある。これは、塩害による鉄筋の腐食反応が、まず、塩分により鉄筋の保護膜(不動態)が破壊され、その後水分と酸素の供給のもと進行するためである。しかしながら、今後10年~20年後に内部鉄筋の腐食が顕在化することが予想され、調査および対策の検討が必要であると考えられる。

2. 2 岩塩入り骨材の使用

1) カイロにて

次に、カイロで見学した建築物のコンクリート工場の出来事を紹介する。これは、1990年頃のことであるが、現場で砂利を篩っていた作業員が時々白いものを脇へ放り投げていた。案内役の方の話によると、採取された砂利には時々岩塩が混ざっており、発見した場合それを取り除いているとのことだった。先にも述べたとおり、鉄筋コンクリートへの塩分の混入は塩害を誘発する恐れがある。

しかしながら、著者の1名が2000年にカイロの該当建築物の外観調査を行ったが、幸いなことに鉄筋腐食は観察されなかった。次に述べるアレキサンドリアの例と考え合わせると、カイロは非常に乾燥しているため、鉄筋腐食が生じなかったと推察される。

2) アレキサンドリア精米技術訓練センターのひび割れ

このセンターは、JICAの無償援助にて1984年竣工された鉄筋コンクリート造平屋建て（一部中2階）である。最高高さは13.5mで、基本スパンは長辺方向が9.0m、短辺方向が6.0m、7.0mおよび7.5mである。

1984年に竣工したが、その後、仕上げ面および躯体表面に顕著なひび割れが生じた。1999年にひび割れの発生原因ならびに補修方法を含めた今後の対策を検討するために、ひび割れの目視観察、コンクリートコアの採取、はつりによる鉄筋腐食状況調査を行った。また、砂の採取場において砂の試料を採取した。

この調査の概略は次のようである。

- ✓ ひび割れ状況の例を写真-3、写真-4に示す。最大ひび割れ幅は10mm（我が国で補修が必要とされるひび割れ幅は0.3程度³⁾）を越す。
- ✓ 塩化物量は2~4kg/m³と非常に多い（腐食が発生する最小の塩分量は1.2 kg/m³程度⁴⁾）。これは、コンクリート製造時に混入された塩化物である可能性が高い。
- ✓ 中性化（コンクリートのpHが低下する現象）は鉄筋位置まで達していない。
- ✓ 腐食生成物の観察などにより、塩化物による腐食と推察される。

以上の結果、海砂や海砂利をそのままコンクリート用骨材に使用したため、塩害が生じたものと推察される。

3) 中近東の状況

中東からの留学生によると、母国の地域では岩塩の含まれていそうな砂漠の岩石をコンクリート用骨材として多用しているようである。これが、水分の状態との兼ね合いで、塩害を起こしている場合もあれば起こしていない場合もあると考えられる。もし、起こしているあるいは今後顕在化するようであれば大問題となる可能性が高い。



写真-3 センターの柱、梁のひび割れ



写真-4 センター柱のひび割れ

2.3 AE 剤なしの耐凍害コンクリート

凍害とは、多孔質であるコンクリート中に存在する水分が凍結し、その周りに存在する未凍結の水分の圧力が高くなり、これによってコンクリート中に微細なひび割れが生じる現象である²⁾。最低気温が毎年-10°C以下であり、例えば、JASS 5では「凍害の危険性が極めて大きい」と判断される東欧地域（ブルガリア）での、当該国のライセンスを有した生コンクリート製造会社の配（調）合の例を表-1に示す。なお、これは日本政府からの資金協力による水槽建設用コンクリートの配合である。また、我が国で使用される一般的なコンクリートの配（調）合の例を表-2に示す。

我が国のものと比較すると興味深いのが、特に混和剤と空気量に大きな相違がある。Type AとBでは特に混和剤を用いておらず、Type Cでは無収縮剤を用いている。しかしながら、我が国をはじめ欧米では常識のAE剤などの化学混和剤を使用していない。AE剤とは、コンクリート中に微細な独立気泡（直径0.025～0.25mm）を一様に分布させる薬剤（混和剤）である。この薬剤を使用することにより、コンクリートの凍害に対する抵抗性は著しく増大する。これは、粗大空隙中の水分の凍結膨張により発生する水圧の上昇を、AE剤により形成された微細な独立気泡が緩和するためである²⁾。

この工事を請け負った日本の施工会社としては、凍害が懸念されるため、水槽の保温対策などを取り、コンクリート中の水分が凍結することを防止した。当該国コンクリート構造物全般の耐凍害性が非常に懸念される。

2.4 火山性骨材の使用

中米のニカラグアでは、我が国のODAによって相当数の橋梁、給水施設、小学校などが建設されている。これらの建設現場によっては、良質の川砂利はもとより我が国で使用されている砕石、砕砂の入手も困難であり、そのような建設現場では火山性骨材を使用せざるを得ない（写真-5）。このような骨材の吸水率は10%以上（我が国の規格JIS A 5005では3.0%以下⁵⁾）であり、また非常に粒形も悪い。また、この骨材を用いた配合では

表-1 ブルガリアでの生コンクリートの配合例

	Gmax (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					Air
					W	C	S	G	Ad	%
Type A	30	8	51	37	215	425	650	1100	-	4.5
Type B	30	8	71	38	195	275	728	1189	-	4.5
Type C	30	8	51	40	251	490	685	1014	37.5	4.5

W: Water C: Cement S: Fine Aggregate G: Coarse Aggregate a: Volume of S+G Ad: Non Shrinkage Agent

表-2 我が国での生コンクリートの配合例

	Gmax (mm)	Slump (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					Air
					W	C	S	G	Ad'	%
Type A	20	8	51	37	174	348	780	996	1.392	4.0

W: Water C: Cement S: Fine Aggregate G: Coarse Aggregate a: Volume of S+G Ad': Air-entraining Agent

単位水量が $200\text{kg}/\text{m}^3$ 以上であった（我が国では基本は $175\text{kg}/\text{m}^3$ 以下³⁾）。現地ではこのままの配合でコンクリートの製造を行ったようであった。このような骨材は我が国の基準でも欧米の基準でも使用できないこととなっている。しかしながら、他に骨材のない場合、なんとか工夫をして使うのが技術者であると考える。

また、このようにその国（地域）で劣悪な骨材を使わざるを得ない例として、大洋州のキリバス共和国がある。ここでは、写真-6に示すようなサンゴ系骨材しか得られない。また、アフリカのモーリタニアの海岸地帯では貝殻がコンクリート用骨材として使用されている。これもなんとか工夫して使う努力が必要である。

さらに加えると、写真-7～写真-9に示すように、コンクリートを練混ぜる際に使用するミキサも水平二軸、パン型といった先進国で主に使用されているものはもとより、旧式の重力式ミキサを使うことも難しい地域もめずらしくなく、適切な練混ぜを行うことは極めて難しい状況となっている。



写真 5 ニカラグア骨材



写真 6 キリバス骨材



写真 - 7 水平二軸ミキサ



写真 - 8 パン型ミキサ

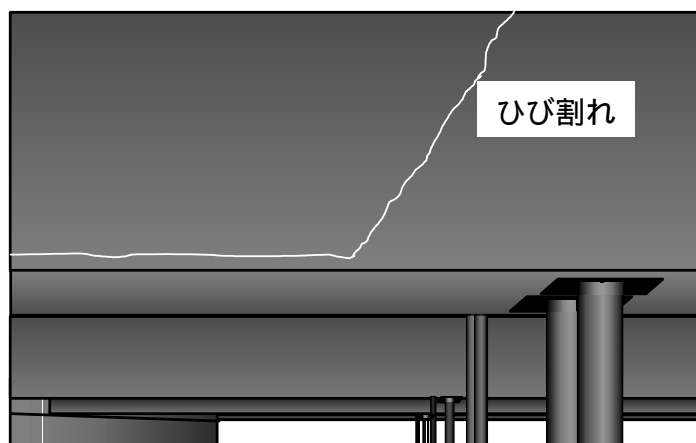


写真 - 9 重力式ミキサ

2.5 超早期型枠脱型

我が国でも同様であるが、型枠の回転は速い方が、施工費がやすくなる。このため、基準や仕様よりも型枠の取り外しが速くなる傾向がある。これが、原因で早期ひび割れの発生などの悪影響の可能性が生じる。

この傾向は、不幸なことに途上国では一層顕著である。この



一例を写真-10に示す。最初に 写真-10 梁に発生したひび割れ

この写真を見せられた時、ひび割れの発生原因について様々な考えが浮かんだが、答えが見つからなかった。そこで、技術者にいくつかの質問をした。まず、ひび割れの発生時期について質問した。技術者によると型枠をはずした時点で発生していたとのことであった。次に、型枠をはずした時期について質問した。技術者によるとコンクリートが硬化してすぐはずしたとのことであった。一般的にコンクリートの主材料であるセメントは、その種類にもよるが、水と接触して数時間後には硬化する。しかしながら、この時点では十分な強度を有しておらず、時間経過とともに強度が上昇する。したがって、我が国では型枠をはずすまでの期間は一般に3日間以上と定められている。現場の技術者に具体的な時間を質問したところ、2~3時間後ということであり、我が国では考えられないほどの超早期型枠脱型であることが判明した。

以上の会話でひび割れの発生原因は超早期の型枠脱型と判断できる。恐らく、このような事例は多数に上るであろう。当該国政府などが真剣に取り組まなければこのような事例は後を絶たないと考えられる。

2.6 まとめ

我が国では生コンクリート工場に電話一本で注文することにより所定の品質と量のコンクリートが定められた時間に建設現場に届けられるのが普通である。それに比べ開発途上国では信頼できる生コンクリートが得られる場合は皆無に近く、我が国の建設業者が施工するプロジェクトの多くは、自前の生コンクリート製造機械を現場に仮設している。

このような場合、極端に言えば1回ごとにコンクリートの品質管理が必要となり所定の品質を得るために地元の下請け施工業者やその作業員を適切に指導しなければならない。また、先進国の基準から外れる材料しか得られず、配合や打設などを工夫しなければならないこともある。このような環境ではコンクリートに関する基本的技術が重要となり、同時に高いモラルも要求されると考えられる。

3. 材料施工の実情 アフリカ，中近東，東欧等 13ヶ国での経験

日本のODAにより，開発途上国で毎年多くの土木・建築施設が建設されている．このうち無償資金協力によるプロジェクトの件数は締結ベースで，2002年に68件，2003年は64件であった．対象施設は学校，病院，上水道，道路・橋梁，港湾・水産施設など多岐にわたっている．これらの施工は日本のコンサルタントによる監理の下で，日本の施工会社が現地の施工会社を使って実施されている．

開発途上国では，建設資材の品質，建設機械の性能，建設従事者の技術レベル，などは一般的に日本と比較して劣っている．また自然条件が日本と異なる地域が多い．更に言葉や商習慣などの違いも存在する．このように工事環境は日本とは異なり，より厳しくなっているため，工夫・対応すべき課題が多い．

筆者は2002年から2004年にかけて2年間，北～西アフリカ周辺で日本の無償資金協力によって建設されている施設の施工状況の確認のための調査員として，セネガルの首都ダカールに滞在した．本章2.～9.については，施設案件20件について，筆者自身（横倉）がダカールをベースに出張して直接工事現場から収集した資料に基づいてその現状を明らかにし，施工管理のありかたに関し実務上の提言をおこなった．これらの国の合計は13ヶ国であり，具体的な国名をあげると，セネガル，モーリタニア，マリ，カーボベルテ，ガンビア，ギニア共和国，カメルーン，中央アフリカ，象牙海岸，モロッコ，ジブチ，ヨルダン，ボスニア・ヘルツェゴビナである．20件の内訳は，小学校8件，研究教育施設3件，上水道3件，水産流通施設3件，漁港2件，保健施設1件，である．本文10.は，マダガルカルで無償資金協力によって建設された水産施設で，完工後10年を経過した2005年に発生した問題に関する考察内容である．

開発途上国における建設工事の実情については日本ではあまり知られておらず，施工管理の

表-3 施工管理上の問題発生の状況

	施工管理項目	問題件数
1	骨材に挟雑物が混入，あるいはその保管場所における直射日光・降雨からの遮蔽への対策なし．	4
2	仕様書の規定より砂が細かい，砂利が大きい，又はそもそも試験されていないものを使用．	14
3	水セメント比の仕様書との適合性に関し，施工中適切な頻度で定量的方法（砂の表面水測定等）により確認されていない．	9
4	組み立て後の型枠に，モルタル・セメントミルクが漏れるほどの隙間が見られる．	12
5	型枠隙間充填のための木片・紙片がコンクリート内部に混入し，あるいは型枠固定のために既設コンクリートに釘が打ち込まれている．	8
6	仕様書どおりコンクリートが養生されてない．	3
7	型枠の外し方が雑なため，柱/梁の角が欠損．	12
8	深刻なコールドジョイント発生．	6
9	多数のマメイタ/ジャンカ発生．	12
10	コンクリート表面に直径 5mm 以上の気泡多数．	11

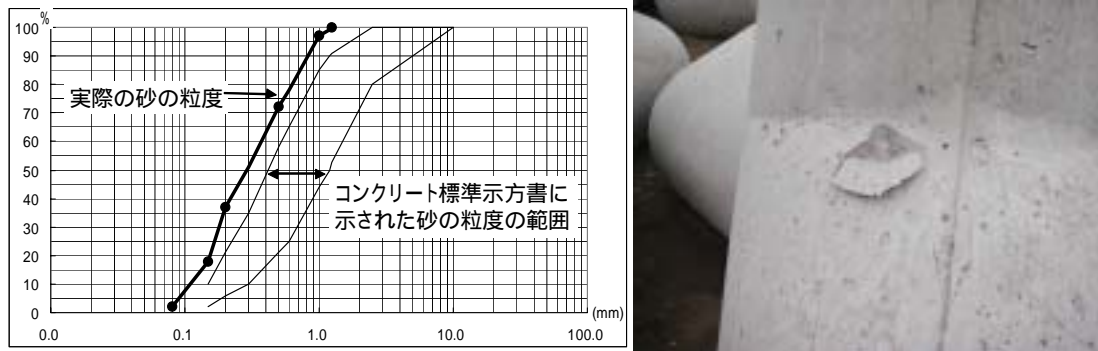


図-1 粒度が細かい砂の粒度分布の事例

写真-11 テトラポット表面のひびと気泡

側面からは十分に研究・体系化されていないと思われる。しかし、現在実施されている事業量からすれば重要な研究課題である。

3.1 材料に関して

調査対象とされた 20 件に関し、コンクリートの材料・施工について現場で認められた主な問題点を表-3 にまとめた。

1) 粒度の細かい砂

現地では粒度が日本の規格⁶⁾より細かい砂しか調達できないことがしばしばある。図-1 にモロッコ北部の漁港プロジェクトの事例を示した。このような細かい砂は、粒度が上述規格を満たす砂に比べて、同じ水量を加えてもワーカビリティが出にくい傾向がある。モロッコの事例では、ワーカビリティ（スランプ8）を確保するために単位水量を増加したので、単位水量と水セメント比が増大し、それぞれ195kg/m³、65%となった。水セメント比が65%を超すコンクリートを用いた構造物には問題が多く生じているとされている⁶⁾。このコンクリートを用いて製作された多数のテトラポットの表面には写真-11に示すようなひび割れが発生した。このため減水剤を加えて165kg/m³、55%とされ、それ以降ひびの問題は改善された。当初減水剤が使用されなかったのは、減水剤の使用には慣れていない現地の下請施工会社を注意深く管理・指導する必要があり、このことによるリスクを施工会社が避けようとしたためと想定される。

2) 海砂

写真-12は、1988年に竣工し、調査時点で建設後15年を経たモロッコの水産学校のシャワールームに埋め込まれた水道鋼管の腐食状況である。管に直径約2cmの穴が開いているのがわかる。この工事に下請け業者として参加した現地業者に確認したところ、付近の海岸からの砂、つまり海砂を使用したとの説明があった。筆者らの調査の結果、モルタルとコンクリートの塩化イオン総量の平均値は0.74kg/m³であった。海砂の使用によってコンクリートあるいはモルタルの塩化イオン総量が上限値（0.3kg/m³）を超え、この壁の中に埋め込まれた鋼製水道パイプの腐食（錆）が加速されたと考えられる。鋼製水道パイプの腐食は建物全体にわたって見られ、建物南側に面した柱の鉄筋も錆びてコンクリートに亀裂が生じて

いた。筆者が訪れた際にはすべてのパイプの交換作業中であった。海砂を使用した場合、その結果が明らかとなるのはこのように10年以上経過してからとなる場合があるので、法律上は施工業者の責任を問うことが難しくなる。今回の交換工事はすべてモロッコ政府の予算で行われた。この学校建設当時には、海砂を建設材料として使用することは日本ではすでに問題化しており、当時の施工会社のモラルが問われたとしても仕方がない事態ではないだろうか。

3) 粗骨材としての貝殻

日本では使用されない材料を使用せざるを得ない場合がある⁷⁾。モーリタニアの首都ヌアクショットでは、近傍から砂利を調達することができないので、低層建屋には約10km離れた所にある地表付近の堆積層から採掘される貝殻が粗骨材として使用されている(写真-13)。貝殻を使用したコンクリートでは28日強度 $210\text{kg}/\text{cm}^2$ を得ることは可能であるが、耐久性については十分に解明されていない。今後はその材料特性と、配合・練り混ぜ・養生、など施工上注意すべき点を明らかにし、施工後も機会を捉えてモニタリングを継続することによって耐久性を解明する必要があると思われる。

4) 骨材の保管

写真-14(モロッコ漁港)は仕切りが不十分なために砂の中に砂利がこぼれて混ざっている様子である。またここでは、砂には根に土のついた草、砂利には規格外の大きさの石が混ざっており、これらが除かれぬままコンクリートミキサーに投入されていた。この現場では、材料の保管における品質管理に関心を怠り、下請け業者任せにしていた様子であった。写真-15(ガンビア水産施設)は骨材の保管に注意が行き届いた建設現場であり、雨と直射日光を避けるという骨材養生のために屋根が掛けられ、砂と砂利の仕切りが整い、土の混入防止のため土間コンクリートが打たれている。



写真-12 壁に埋め込まれた鋼管の腐食(周辺モルタルが一部はつきり取られている)



写真-13 骨材として使用されている貝殻



写真-14 砂に砂利が混入している様子 写真-15 骨材の養生を配慮した保管状況

5) 配合

写真-16 はマダガスカルで 1993 年に竣工した水産養殖施設の室内海水用水槽に生じたコンクリートのひび割れである。このようなひびわれが完工後 12 年しか経ていない海水用水槽の複数箇所に生じた。コンクリートをはつり取ったところ内部鉄筋が腐食して膨張していた。塩分を含む水分がコンクリート中に浸入して鉄筋の腐食が通常よりも急速に進んだためと考えられる。

施工されたコンクリートの水セメント比 55%，単位セメント量 350 k g，単位水量 193 k g，かぶり 3cm，であった。塩分浸透が早くなった要因として、室温が 35 度～40 度になることがあり、温度約 30 度の海水が出入りするという環境であったこと、しかしこのような環境に対処するための配合になっていなかった（環境に比較してコンクリートが低品質となった）こと、などの点があげられる。このような環境下にある構造物においては、鋼材保護の観点からは、かぶり 3 c mでは不足しており、また配合は以下のようにすべきではなかったらうか。

- ・水セメント比を 50%以下とする。コンクリートの塩分透過速度，酸素と水分の透過性，コンクリートの中性化速度などは，この値が 50%を超えると急激に増加する傾向が確認されている⁶⁾。
- ・塩分進入抑制のために単位水量をより少なくする（できれば 175 k g 以下）。
- ・塩分進入抑制のためにはひび割れ幅を小さくすることも重要であり，単位セメント量をより少なくする。
- ・ワーカビリティを確保するために AE 減水剤などを使用する。



写真-16 海水用水槽壁を除去後

このように海洋環境で環境条件が厳しい場合においても、その条件にみあった配合とされ、施工管理が適切に実施された構造物では長月日にわたって所要の機能を維持している事例が多い⁶⁾。開発途上国では完工後の維持管理は財政的に困難である場合が多く、したがって完工後の問題の発生を少なくすることが重要であり、そのためには配合を一層注意深く行うことが必要である。

6) コンクリートの製造

生コンクリート製造プラントが存在しない国が多い。生コンクリートを外注したプロジェクトは20件中5件であった。これらのプラントではいずれも品質管理内容が不十分であり、適切な管理方法を指導する必要があった。これら5件以外では、現場に仮設としてのプラントが設置され、写真-17に示すようなだるまミキサーが使用されている。セメント・骨材の品質の確認、骨材の保管、配合試験、品質試験（水セメント比、塩分量、打設直前のコンクリート温度、スランプ、圧縮強度）などに関し、慎重な品質管理が必要とされる。

7) 型枠

型枠は打設後のコンクリートの品質に大きく影響すると考えられる。しかし一般的に現地では、日本で使用されているような上質な素材を用いたものを得ること

は難しく、板材が使用されることが多い。板材は反って直線性が失われ易く、ささくれ・ひびなど破損しているものがある（写真-18：マリ小学校）。また鋼製型枠が使用されること



写真-17 一般的に使用されているだるまミキサー



写真-18 割れた板材が使用されている型枠



写真-19 隙間の空いた型枠

もある。鋼製型枠には、他の現場で繰り返し使用されるために辺の直線性が失われているものが見られる。スペーサーには数cm角のモルタルブロックが、セパレーターには埋め殺しの鉄筋、支保工には角材が使用されることが多い。このような材料で型枠を組み立てると隙間・段違いができて易い(写真-19:ボスニア・ヘルツェゴビナ小学校)。隙間ができるとモルタル・セメントミルクが漏れて、ジャンカ・マメイタが発生している。ただし建設する対象が、水密性と強度が求められる大型水槽などの重要な構造物の場合には、日本あるいはフランスから型枠パネルが輸入されることがある。

3.2 環境に関して

1) 建設従事者の技術レベル

正しい知識に基づく品質管理を行なっている現地下請会社のエンジニアあるいはフォアマンに出会う機会はまれであった。また職人は日本のように分業化が明確ではなく、一般的にそのレベルは低い。労務者は通常地元住民が雇われるため、工事に関する基礎的知識を有していない。このような状況から、現地の工事従事者に対しては、基本的な事項(例えば、コンクリート投入前に型枠内部を清掃する、コンクリート材料配合の計測を厳密にする、なぜコンクリートを湿潤養生する必要があるのか、等)を丁寧に説明・指導する必要がある。

2) 自然条件

西アフリカでは、40度を超す気温、極端な乾燥と埃、雨季の多量な降雨、などが労務管理、工程管理、品質管理に大きく影響している。厳しい自然条件に応じた工夫が必要とされている。たとえば、モーリタニアでは南部で200mm/年程度の降雨がある程度で、サハラから吹く砂混じりの風(ハルマッタン)が暑く乾燥した気候を更に悪化させている。一方ギニア共和国の海岸地方の降水量は5000mm/年に達することがあり、首都コナクリでは、7月だけで平均1300mmの大雨が降る。マリ、ニジェール、ブルキナファソのような内陸国では3~5月の平均気温が40度に達する。ちなみに日本の年平均降水量は約1700mmである。

3) 調達、商習慣、コミュニケーション、等

材料の調達(通関手続きの煩雑さ等)、商習慣(例えば、特定地元下請会社との契約に関する施主の要望、現地下請会社との契約履行上の認識の違い)、通訳を介してのコミュニケーション(西アフリカでは仏語を使用)等で、日本では経験されない状況に遭遇することがある。技術だけでなく、交渉・調整、契約管理、コミュニケーションなど総合的な能力が必要とされる。このような事務的側面をうまくマネジできないと、結局その影響がコンクリートをはじめとする成果品の品質に影響することとなる。



写真-20 土留擁壁のコールドジョイント写真-21 コールドジョイントができた水槽壁

3.3 施工に関して

このような建設事情の下で、施工現場においては以下のような問題が生じている（表-3参照）。

1) コールドジョイント

コールドジョイントの問題は特に鉄筋コンクリートの壁構造物（水槽、擁壁、地中壁）で発生しやすい傾向がある（写真-20：カーボベルテ漁港の背後の土留擁壁，写真-21：ジブチ上水道の水槽の壁）。発生の範囲が広く，また鉄筋に達して構造的安全性に影響すると考えられるものもあった。表-3の6件のうち3件では，補修が困難と判断された部分については，取り壊して新たに造り直された。

2) ジャンカと気泡

ジャンカとコンクリート表面の気泡の問題は多くの現場で見られた。ジャンカと気泡の深刻な事例をそれぞれ写真-22（モロッコ保険センター）と写真-23（カーボベルテ 漁港背後の土留擁壁）に示した。

3) そのほかの施工上の問題点

型枠の隙間を充填するための木片・紙片のコンクリートへの混入，型枠固定のため既設コンクリートへの釘の打ち込み，型枠内部の清掃の欠如による異物の混入，バイブレータによる締固めが不適切であったことに起因するジャンカ・豆板の発生，コンクリート湿潤養生の不足，型枠の外しかたが雑なことに起因する柱・梁角の欠損（写真-24：セネガル医療学校），



写真-22 柱下部のジャンカの除去



写真-23 大型の気泡ができた擁壁



写真-24 角が欠けた柱



写真-25 はらんだ建屋の壁

型枠の組み立てに起因する出来方のゆがみ(写真-25:モロッコ水産開発センター),等があげられる。

3.4 対策と課題

1) 対策

西アフリカ地域で実績を持つある日本の施工会社の所長経験者から,以下のような工夫によってこれまで述べたような問題の発生をかなり抑えることができるのではないかと,実体験にもとづくコメントがあった。

- ・現地下請け会社とは最初から一括契約にするのではなく,出来高に応じた部分契約方式とし,その下請け会社のレベルを見極めながら契約を更新する。最初から一括契約にすると下請け業者に良い仕事をしようとするインセンティブが生じにくくなる。
- ・下請け会社の技術を育てるつもりで使う。日本のやり方を丁寧に教える根気が必要。使い捨てだと次回につながらない。
- ・日本人所長みずから現場をよく見るのが重要であり,決して部下あるいは下請け任せにしない。現場では何が起ってもおかしくない。所長が現場を見ることによってかなりの問題を未然に防ぐことが可能ではないか。

2) 課題

日本では進んだ機械化と新しい建設資材の開発を背景に建設技術が高度に進歩している。これらの技術はもはや個々の技術者には求められないほど分業化が進み,専門化している。日本国内での工事では,元請け施工会社はこれらの専門工事会社を取り纏めるマネジメント業務と工事進捗管理により,建設工事を行うことができる構造になっている。たとえばコンクリートを例にとると,日本では生コンクリート会社に電話1本で指定した日時,場所に希望する仕様と数量のコンクリートが届けられる。

一方開発途上国では,日本ほどには高度化・専門化が進んでおらず,日本の職人に相当する専門技術者が存在しない場合が多い。一般的には現地下請会社の技術レベルは日本と比較してかなり低いのが現状であることは既に述べたとおりである。またそのような現地下請会社によって準備される建設資材は,その品質をそのまま信ずるができないので,日

本の施工会社自ら確認する必要がある。しかし日本国内では、施工会社の品質管理の技術には空洞化したところがあるため、そのような環境で働いて来た日本人技術者にとっては、現地で下請会社を適切に管理することが困難となることが少なくない。

このような問題を防ぐために、日本の施工会社の技術者は、コンクリート工学をはじめとする施工技術について、高度である必要ないが、現場で実際に必要とされる基本的知識を有していることが求められている。工程管理と作業手配的なマネジメントに偏ることなく、施工管理全般について実務的知識と経験を身につけた現場監督員を派遣し、現場を重視した施工管理体制を整えることが重要であると考えられる。

3.5 まとめ

開発途上国におけるコンクリートの品質管理の実態については日本ではあまり知られておらず、資料や研究例は少ない。しかし現在実施されている業務量からすれば重要な課題である。当該分野については今後実務的な体系化が必要であると思われる。

コンクリートの材料は基本的には現場近傍から調達されるので、日本では一般的ではないもの（骨材としての貝殻など）、規格外にあるもの（細粒分の多い砂など）であっても、使用せざるを得ない。そのような資材に関する品質管理のありかたは今後の研究課題である。

4. 我々は何が出来るか

3章、4章のまとめでいろいろな一般的に重要な事項を述べた。

では、国際開発工学的な観点あるいは本専攻としてなにが出来るのかについて若干の可能性を述べる。

1) 当該国からの留学生を可能な限り入学させ教育する。これがありそうではあるが、あまりにも数も少なく効果が少ないともいえる。しかしながら、当該国の指導的な学者（例：フィリピン大学教授、カセサート大学教授）を育て、その国での教育（技術者、労働者）を充実させる。

2) 1) も有効ではあるが、あまりにも迂遠である。当該国政府、JICA などに働きかけ、コンクリート技術センター（仮称）のような組織をつくり、その指導にあたる。

3) 当該国を対象とした技術 **manual** や **recommendation** を我が国学会や協会と当該国との協力で作成する枠組みをつくり主体的に協力する。

4) 実態調査をつづけ機会のあるごとに発表する。

などが考えられるが、地道な努力を続けたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 松下博通,『コンクリート構造物の初期欠陥および劣化のメカニズム』,安全工学 ,Vol.39 , No.4 , pp. 234-246 .
- 2) 村田二郎,長瀧重義,菊川浩治,『土木材料コンクリート第3版』,共立出版(株),1997 .
- 3) 土木学会コンクリート委員会,『コンクリート標準示方書[施工編]』,土木学会,2002 .
- 4) 長瀧重義監修,『コンクリートの高性能化』,技報堂出版(株),1997 .
- 5) 日本規格協会,『JIS ハンドブック 11 土木 コンクリート製品』,日本規格協会,2002
- 6) 土木学会:コンクリート標準示方書施工編, pp.22~24, pp.29, pp.58~59, pp.232, 1996
- 7) 西田孝弘,大即信明,鬼塚良介,Wanchai Yodsudjai,横倉順治:環太平洋地域の低品質粗骨材を使用したコンクリートの強度および物質透過抵抗性に関する研究,土木学会論文集, No.746/V-61, pp.103-114, 2003