

1. 再生骨材コンクリートとは

全ての建設材料は地球から採取され地球に戻されます。

土木や建築における材料使用のスピードは地球の補充速度を遥かに越えており、このまま使い続ければ資源は枯渇し地球は廃棄物の山になってしまいます。最終処分として地球に戻す前に様々な再資源化の流れを創り出さなければなりません。

コンクリートは、セメント、骨材、水および少量の添加剤からできています。

土木・建築では大量に使用する材料です。

コンクリートの使用量は、コンクリート住宅では1戸当り100t、重量比で全体の90%を超え、木造でも20t、重量比で50%程度は使用しています。また、現在壊されているS30~40年代の建築は、現在のものよりコンクリート使用量が少ないため今後は解体によって増加していきます。

コンクリートは建設リサイクル法によってリサイクルが義務付けられており、現状では9割以上がリサイクルされていますが、殆んどが路盤材として道路の下に敷かれています。図3によると将来にかけて投入量が排出量を上まわり再生碎石過剰地域が増加します。公共事業の減少から路盤材の需給バランスが崩れて、都市部では中間処理場に再生碎石の山ができています。

使用済みコンクリート塊の路盤材以外の新たな用途開発が急務であり、その最も効率的な再資源化の方法が、「コンクリート用再生骨材」とそれを使用した「再生骨材コンクリート」です。

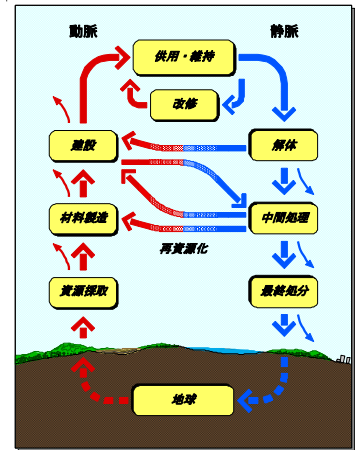


図1 建築材料の循環

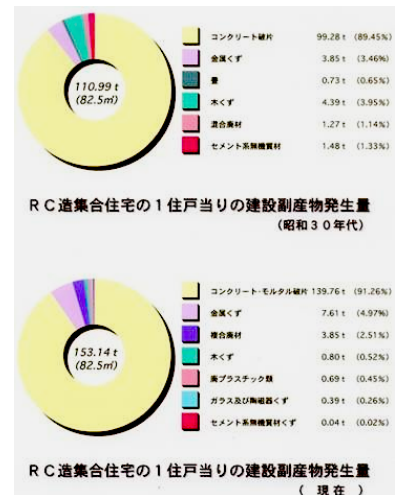


図2 建設副産物の発生量

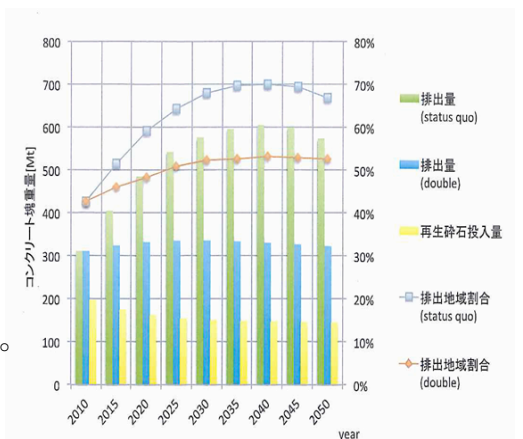


図3 コンクリート塊の排出量と投入量将来推計結果

2. 天然骨材と再生骨材

骨材は、採取場所によって表1のように様々な種類があります。

わが国の美しい国土の保全に対する関心の高まりから、国内の良質な天然骨材の採掘場は少くなり、天然骨材の採取や輸送の確保はますます困難になっています。

一方、都市には多くのコンクリート構造物があり、その中には過去に自然の山河から採取した良質な骨材が大量に蓄積されています。再生骨材としてそれを取り出しものをACRACでは「都市骨材」と呼んでいます。

表1 骨材の種類

天然骨材	川砂、川砂利	川床・ダム湖底などから	⇒	自然 山・川・海・ 田圃
	山砂、山砂利	山を削って採掘		
	陸砂、陸砂利	旧河川敷の砂礫層から採掘		
	海砂	海底から採掘		
	浜砂	海岸近くから採掘		
	天然軽量骨材	軽石や火山噴出物		
人工骨材	碎石、砕砂	天然の岩石を破砕機等で人工的に破砕	⇒	工場
	高炉スラグ骨材	熔融状態の高炉スラグを徐冷して所定の粒度に破砕		
	人工軽量骨材	膨張頁岩やフライアッシュなどを高温焼成		
再生骨材	コンクリート用再生骨材	コンクリート廃材から採取	⇒	都市

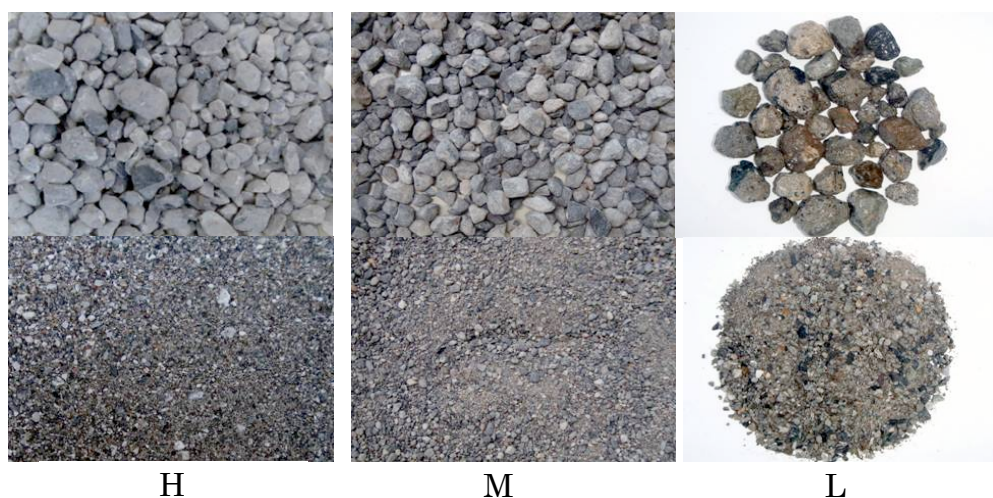


図4 再生粗骨材・細骨材

3. 「再生骨材コンクリート」の製造技術

コンクリートから再生骨材を取り出す技術は既に確立しており、多くの製法が考案され実施されています。

破砕したコンクリート碎石に付着しているモルタル分やペースト分を効率よく取り除き、品質の高い骨材を取り出す技術です。

解体したコンクリート塊をジョークラッシャーという破砕機で破砕した後、再生骨材の目標基準に応じて、破砕、磨砕、すりもみ、加熱、ふるい、分級、選別など簡易なものから高度なものまで種々の処理を施します。

図5は「コンクリート用再生骨材」の代表的な製造方法のフローをまとめたものです。製造技術における課題は、従前の異物を除去し、微粉の発生を抑制することとそれを活用する方法といえます。



図5 「コンクリート用再生骨材」の製法（反復ルートは省略。）

4. 再生骨材コンクリートの品質

「再生骨材コンクリート」は、1992年ごろから本格的に製造され1994年の都市博の中止で一度高まった関心は冷えましたが、2000年の国の基準 TR A 0006 再生コンクリートの制定によって、民間では捨てコンクリートや基礎など種々の部位に使い始めました。

2005年から2007年には「再生骨材コンクリート」のJISが制定され、現在は改正作業も終わっています。表2はコンクリート用再生骨材のJISの品質規定を簡略化したものです。

高強度コンクリートを除くレディミクストコンクリートと同等に使用できるH、地中の基礎、杭およびラップルコンなど乾燥収縮および凍結融解の影響を受けにくいところに使用できるM、捨てコン、裏込めコン、押えコン、嵩上げコンなど高い強度又は高い耐久性が要求されない部位に使用できるLの3つの品質と使用部位がJISによって規定されています。

表2 JISによる再生骨材の品質

主な性質		再生骨材H	再生骨材M	再生骨材L
種類		破碎、磨砕等の高度な処理を行い、必要に応じて粒度調整した粗骨材・細骨材	破碎、磨砕等の処理を行い、必要に応じて粒度調整した粗骨材・細骨材	破碎等の処理を行って製造した粗骨材・細骨材
粒度による区分	粗骨材	H2505(25~5mm) H2005(20~5mm) H1505(15~5mm) H4020(40~20mm) H2515(25~15mm) H2015(20~15mm) その他計13種	M2505(25~5mm) M2005(20~5mm) M1505(15~5mm) M4020(40~20mm) M2515(25~15mm) M2015(20~15mm) その他計13種	L4005(40~5mm) L4020(40~20mm) L2505(25~5mm) L2005(20~5mm)
	細骨材	H(5mm以下)	M(5mm以下)	L(5mm以下)
粗粒率		±0.20	±0.20	—
アルカリシリカ反応性による区分	A	アルカリシリカ反応性が“無害”と判定されたもの	A	同一
	B	アルカリシリカ反応性が“無害”と判定された以外のもの	B	同一
塩化物量		0.04%以下。購入者の承認で限度を0.1%以下とすることができる	0.04%以下。購入者と協議し限度を決めることができる	必要に応じて規定する。0.04%以下。購入者の承認で0.1%以下
不純物性		種類別不純物の含有量の上限値あり、全量2.0%以下	種類別不純物の含有量の上限値あり、全量2.0%以下	種類別不純物の含有量の上限値あり、全量3.0%以下
物理的性質	吸水率	粗骨材:3.0%以下 細骨材:3.5%以下	粗骨材:5.0%以下 細骨材:7.0%以下	粗骨材:7.0%以下 細骨材:13.0%以下
	微粒分量	粗骨材:1.0%以下 細骨材:7.0%以下	粗骨材:2.0%以下 細骨材:8.0%以下	粗骨材:3.0%以下 細骨材:10.0%以下
	絶乾密度	粗骨材:2.5g/cm ³ 以上 細骨材:2.5g/cm ³ 以上	粗骨材:2.3g/cm ³ 以上 細骨材:2.2g/cm ³ 以上	—
	すりへり減量	粗骨材:35%以下	凍結融解抵抗性 再生粗骨材 FM凍害指数0.08以下=耐凍害品で使用可	—

5. AC R A C 品質監査制度

「再生骨材コンクリート」の原材料が主として使用済みのコンクリート塊であるため、ACRACは、「再生骨材コンクリート」を安心して使用し、普及させるためには、その品質を大きく左右する「再生骨材」についてその品質を監査する制度が必要であると考えました。そこで、「再生骨材」に対する「品質監査制度」を立上げ、「再生骨材」を製造する工場に対して、製造管理と技術レベルを監査することとしました。

表3は、品質監査の内容を示すもので、書類審査を行い、製品の抜取検査は試験機関で行います。品質監査の結果合格した会員には合格証及び適合マーク使用承諾書を品質管理監査委員長名で交付します。

2011年ACRACの技術部会において品質監査制度を構築し、2012年に試行的な実施、制度を検証・修正を行い、まだ自主基準ではあるが本年度から品質監査制度を実施しており、本年4月にはACRAC会員の中から適合マーク製造所が5社誕生しました。



適合マーク取得製造所名	骨材区分	
宮城南株式会社千葉工場	L	粗骨材
株式会社豊田商店	M	粗骨材
武蔵野土木工業株式会社 町田リサイクルプラント	M	細骨材
	M	粗骨材
株式会社京星	M	細骨材
	M	粗骨材
樋口産業株式会社	L	粗骨材

図6 適合マークと取得製作

表3 品質監査基準の内容

A. 総括的事項の調査	①品質保証	
	②グリーン調達品目適合性	
	③環境負荷低減(販売会社は適用外)	
	④技術力の確保	
	⑤教育訓練	
	⑥不適合管理	
	⑦環境保全(販売会社は適用外)	
B. 個別事項の調査	1.製品の管理基準	①製品品質の明確化
	2.製造管理基準 (販売会社は適用除外)	①原コンクリート(戻りコンを含む)
		②製造方法
		③製造工程品質
3.設備の管理基準	①製造設備管理(販売会社は適用外)	
	②検査設備管理(検査外注社と販売会社は適用外)	
4.外注管理基準 (販売会社は適用外)	①外注の管理	
	C. 実地検査	製品の抜取検査
②吸水率		
③微粒分量		
監査結果の評価		

6. 「再生骨材コンクリート」の供給と ACRAC の実績

「再生骨材コンクリート」の出荷量は、図 7 のグラフに見るように 2006 年では約 110,000 m³でしたが、2012 年では 63,000 m³まで落ち込んでいます。建設不況に起因したコンクリート出荷量の減によるものですが、「再生骨材コンクリート」の使用も法的な未整備が要因で伸び悩んでいます。H の出荷量がほとんどないのは、建築基準法 37 条と告示 1446 号の問題に起因しているといえます。

出荷量における公民の比率では、公共による発注がほとんどありません。「JIS 認定を取得したが、公共工事には全く使ってもらえない」という意見が会員から多く寄せられております。これは、法的な問題以外に公共工事の標準仕様書に「再生骨材コンクリート」の記載がないのも原因になっています。

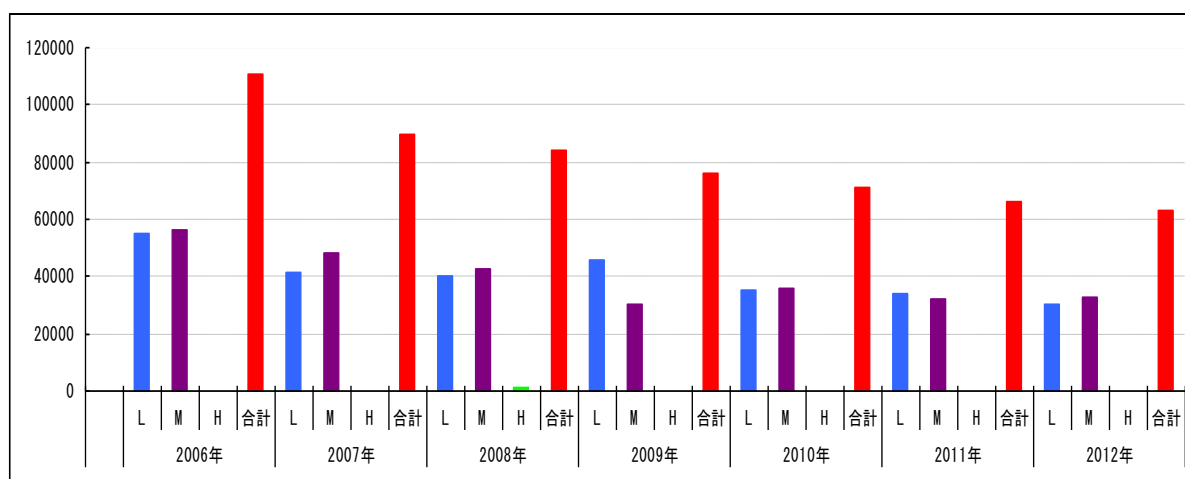


図 7 ACRAC 「再生骨材コンクリート」の種類別年間出荷量(単位:m³)

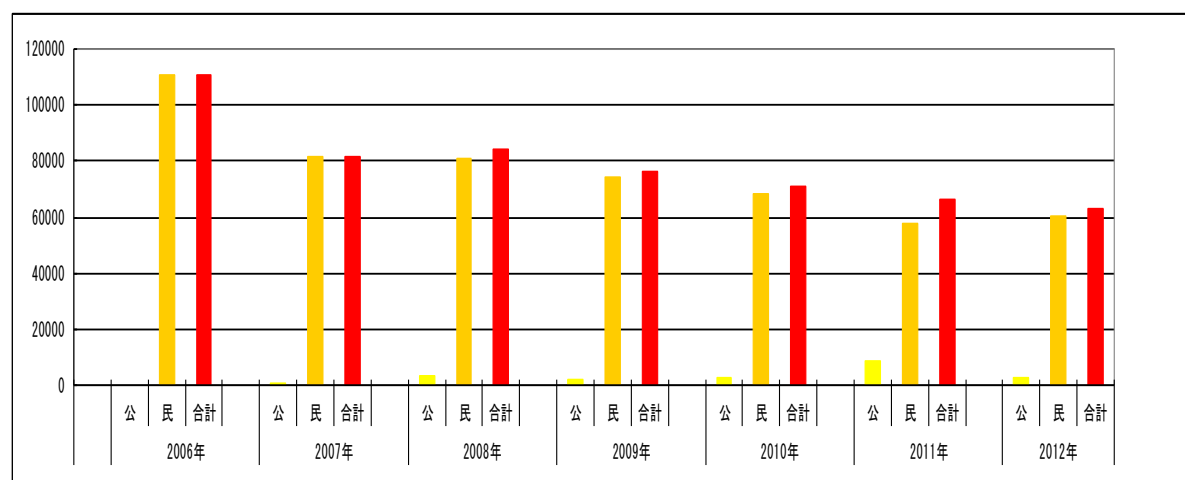


図 8 ACRAC 「再生骨材コンクリート」の公民別年間出荷量(単位:m³)

7. 再生骨材の環境負荷低減効果

「再生骨材コンクリート」の環境負荷低減については、以下の効果について報告があります。

- ① コンクリート塊の再資源化による建設廃棄物の発生抑制
- ② 砕石資源の衰退の防止
- ③ 原材料が都市部から発生するため輸送距離の低減によるCO₂削減
- ④ 再生砕石のCO₂の吸着

コンクリート工学 Vol.49 No.11 の「コンクリートを使用した住宅団地建替ケーススタディーの成果報告」では、表4の3ケースについてCO₂排出量を比較しています。簡略化すると、再生骨材コンクリートMを用いるケースⅠでは、再生骨材使用により新骨材使用量が大幅に減少する上、廃コンクリート塊および「再生骨材コンクリート」の運搬距離が減少することで、ケースⅢの場合に比べてCO₂排出量48%、エネルギー使用量37%減少となります。ケースⅠではケースⅡに比べて、廃コンクリート塊および再生骨材コンクリートの運搬距離が短縮されることで、CO₂排出量11%、エネルギー使用量15%減少となりました。

表4 コンクリートを使用した住宅団地建替のケース

ケースⅠ	解体で発生した廃コンクリート塊を現場再生したコンクリートとして使う
ケースⅡ	解体で発生した廃コンクリート塊を中間処理場で骨材とし、現場プラントで再生しコンクリートとして使う
ケースⅢ	解体で発生した廃コンクリート塊を全て廃棄し、団地外で製造した新コンクリートを使う

土木学会のコンクリート委員会重点研究課題「コンクリート構造物の補修・解体・再利用におけるCO₂削減を目指して」コンクリートライブラリー134では、再生砕石のCO₂固定についてコンクリート破砕物8.5kg-CO₂/t、再生砕石7.5kg-CO₂/tと計算しています。

いずれにせよ、「再生骨材コンクリート」の利用が環境負荷低減に寄与することは明らかで、ACRACでは会員の製造エネルギーの統計を取り始めており、今後「再生骨材コンクリート」の環境負荷低減の研究を進めていきます。

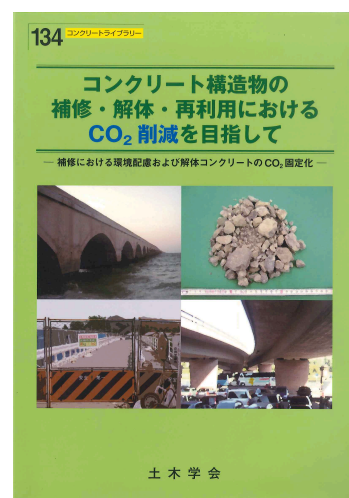


図9 コンクリートライブラリー134

8. 再生骨材の現状の課題

景気回復に伴い今後公共事業も回復の兆しがありコンクリートの需要が拡大していくことが考えられます。東京都では、東京オリンピック前後や高度成長期に建設されたインフラや構造物が更新時期を迎えており、需要が増大していきます。その一方で、これまでコンクリート塊の出荷先となっていた道路需要が減少し、中間処理業者にコンクリート塊が滞留しストックヤードが満杯になったことから新たにコンクリート塊を受け入れられない状況に陥っており、これが都内の再開発事業の遅れる原因になっています。

コンクリート骨材の需要拡大に対して、当面の課題はダンプカーなど輸送手段の逼迫ですが、図10に見るように骨材供給構造も最盛期の半分以下に落ちており、業界では増加分を供給施設の増設ではなく地方から海上輸送で賄う方針です。また、コンクリート塊の滞留については、新たな用途開発が求められています。

このような骨材の需給バランスの課題を背景に、今後の需要増加に対して全てバージン材のみで賄うには無理があり、既存建物の解体も多くなりますので、それを再利用した「コンクリート用再生骨材」でそれを補うのが最良の方法と考えます。

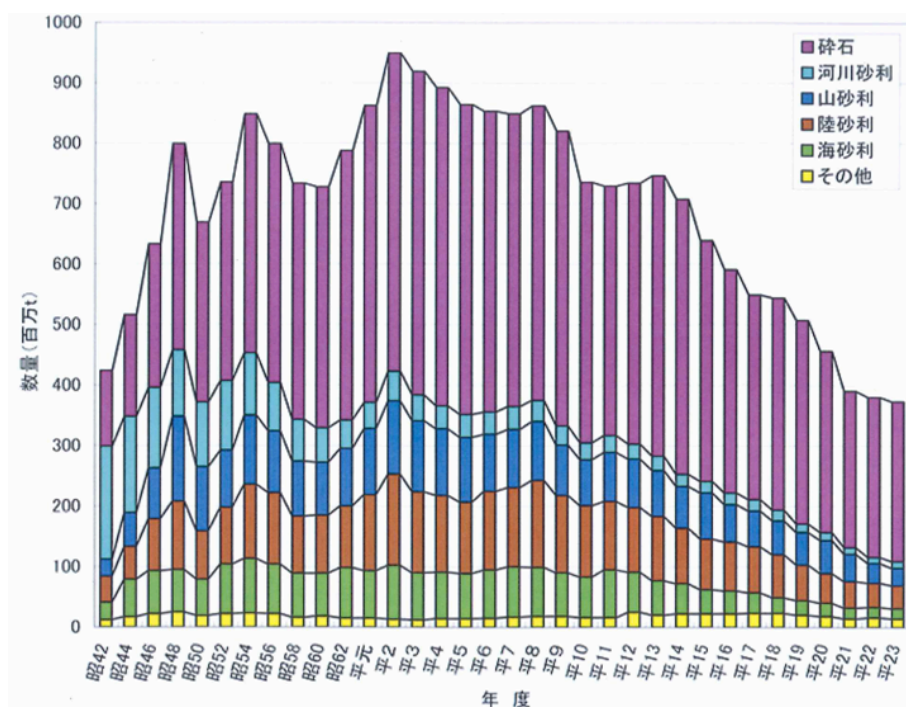


図 10 骨材供給構造の推移

表5は、コンクリート用砕石と再生骨材の生産量を示すものですが、「コンクリート用再生骨材」は、現状ではコンクリート用砕石の1%も使われていません。2007年、2008年には1000分の2~3使われましたが、他は1000分の1以下です。

表6は、再生骨材の生産量と出荷量を示すものですが、道路用・その他の再生骨材については、2010年度には生産量が出荷量を上回り、だぶついていく傾向が見られます。

表5 コンクリート用砕石と再生骨材の生産量

年度	砕石合計 (千t)	コンクリート用 砕石(千t)	再生骨材		
			道路その他用 再生骨材 (千t)	コンクリート用 再生骨材 (千t)	コンクリート用再 生骨材構成比 (%)
2003	288,951	129,400	—	0	0
2004	264,835	123,484	—	0	0
2005	263,270	128,987	—	0	0
2006	259,875	131,058	6,905	21	0.016
2007	226,799	122,121	21,154	281	0.230
2008	199,936	110,437	18,697	355	0.321
2009	175,556	92,394	17,764	73	0.079
2010	170,849	92,186	17,520	59	0.064

表6 再生骨材の生産量と出荷量

年度	再生骨材生産量(千t)			再生骨材出荷量(千t)			出荷量-生産量(千t)		
	数量	道路用 ・その他 用	コンクリ ート用	数量	道路用 ・その他 用	コンクリ ート用	数量	道路用 ・その他 用	コンクリ ート用
2005	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2006	6,709	6,684	25	6,926	6,905	21	217	221	-4
2007	21,250	21,030	220	21,435	21,154	281	185	124	61
2008	18,769	18,392	378	19,051	18,697	355	282	305	-23
2009	17,070	16,996	75	17,836	17,764	73	766	768	-2
2010	17,918	17,858	60	17,579	17,520	59	-339	-338	-1

9. むすび

再生骨材の利用促進を阻んでいる最大の要因は、公共事業において「再生骨材コンクリート」が使えない原因である、法制度に関する問題と公共工事の仕様書の未整備であります。

一方、東京都建設局では、独自に平成25年度から「土木材料仕様書」を改定し、再生骨材Mを用いたコンクリートと再生骨材Lを用いたコンクリートを追加しました。東京都の全局の横断的なリサイクル促進策をまとめた「東京都環境物品等調達方針」では、「再生骨材を用いたレディーミクストコンクリート」、「再生骨材を用いた均し（捨て）コンクリート等」を特別品目に指定しています。

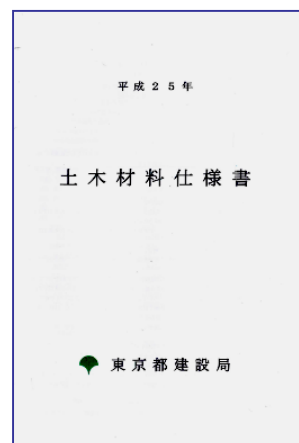


図 11 土木材料仕様書東京都建設局

公共事業において、「再生骨材コンクリート」の利用を促進するためには、以下に書かれた国の3つの法的な改正および仕様書の整備が必要であると考えます。

- ① 建築基準法告示1446号に書かれたJIS A 5308の年号、2003年をJIS制定後の2009年へ改正する
- ② 建築基準法37条に「再生骨材コンクリート」M, L (JISA 5022、JIS A 5023) を明記する
- ③ 国の公共工事共通仕様書に「再生骨材コンクリート」H, M, Lを明記する