

既存建物の調査診断法

前号では調査診断全体の概要と考え方を述べ、具体的な調査診断法として①目視調査②コンクリートのひびわれ調査③外壁剥離タイルの表面温度赤外線映像診断方法④内視鏡による構造物診断方法⑤軟質膜厚測定法を紹介した。引き続き今号ではコンクリート圧縮強度試験、鉄筋探知機による方法、コンクリートの中性化と鉄筋のかぶり厚さの調査法、鉄筋腐食調査法を紹介する。今回はコアボーリング法によるコンクリート圧縮強度試験、ヘリウムガスによる漏水調査法などについて述べる予定である。

コンクリート圧縮強度試験

〈シュミットハンマー法〉

7-1 目的、概要

打設されたコンクリートの圧縮強度を非破壊で判定しようとする方法で、コンクリート表面の反発硬度を測定し、この結果から圧縮強度を推定するものである。こうして推定されたコンクリートの圧縮強度が、設計上の必要強度を確保しているか否かを確認する。なお、シュミットハンマー法は試験が簡便で非破壊で行えることが利点であるが、測定精度は高くないので圧縮強度の推定が重要となる調査では、コアボーリング法や超音波法を併用すべきである。

7-2 方法、手法

1) 測定箇所を選定と必要箇所数

①被害の偏在がない場合

各階の柱、壁、床スラブの中で各工期の代表的箇所から、各5箇所測定することを原則とし、特に外柱と外周梁から少なくとも1箇所測定することとする。

②被害の偏在がある場合

各階の柱、壁、床スラブの中から、各工期の被害の著し所と軽微な所の各部材から各5箇所測定する。(ただし、被害のない工期および階については、上記a.による)

③測定を避ける部位、適した部位

硬度の測定は厚さ10cm以下の床スラブや壁、1辺の15cm以下の柱など小寸法で支点間の長い部材は避ける。やむをえずそのような部材で測定する時は、背後から別にその部材を支持して行う。薄い床スラブや壁では、なるべく固定辺や支持辺に近い箇所を選定する。梁ではその側面で行うのを原則とする。

測定面としては、型わくに接していた面で分離の見られない質が均一で、平滑な平面部を選定する。

2) シュミットハンマーの機種および選定

シュミットハンマーは、骨材の性質、コンクリートの容積の大小や設計基準強度大小によって機種をそれぞれ使い分けなければならない。

N形……………普通コンクリート用

NR形……普通コンクリート用(N形に反発硬度Rの自記記録装置を取り付けたもの)

M形……マスコンクリート用

L形……軽量コンクリート用

P形……低強度コンクリート用

3) 硬度測定方法

測定面にある凹凸や付着物は、砥石で丁寧に磨いてこれを除き、粉末その他の付着物をふきとる。仕上層や上塗りのある場合はこれを除去し、コンクリート面を露出させた後、前記の処理をしてから測定する。

打撃方向は常に測定面に直角方向とする。ハンマーには徐々に力を加えて打撃を起させ測定する。1個所の測定は、出隅から3cm以上入った所で、互いに3cm以上の間隔をもった20点以上について行い、全測定値の算術平均をその個所の硬度Rとする。ただし、特に反響や、くぼみ具合などから判断して明らかに異常と認められる値、またはその偏差が平均値の±20%以上になる値があればそれを捨て、これに代るものを補ってから平均値を求める。

4) 強度測定法

①基準硬度 R_0 は測定硬度 R に次のような補正值 R を加えたものとする。

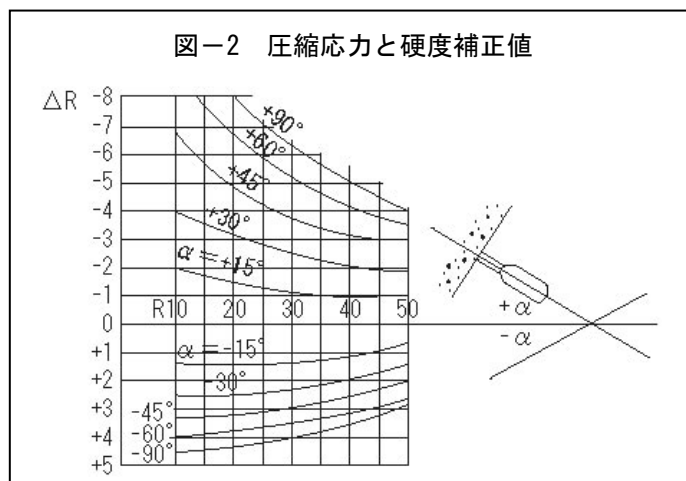
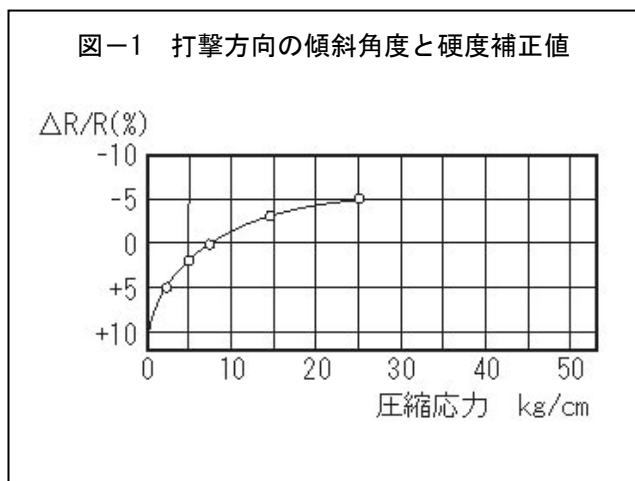
$$R = R + \Delta R$$

補正值 ΔR は次のように求める。

a) 打撃方向が水平でない場合、その傾斜角度に応じて図1から求める。

b) コンクリートが打撃方向に直角な圧縮応力を受けている場合、その圧縮応力の大きさに応じて図2から ΔR を求める。

c) 水中養生を継続したコンクリートを乾かさずに測定した場合



$$F = 13R_0 - 184 (\text{kg/c m}^2) \quad (1)$$

東京材料試験場による強度計算式

$$F = 10R_0 - 110 (\text{kg/c m}^2) \quad (2)$$

③施工後年数を経過し、乾燥状態に保たれたコンクリートは、硬度がかなり大きくなっており、その値から推定した強度は実際より相当大きな値となるので、②で求めた圧縮強度に次のような経年係数 α_n を乗じたものを圧縮強度とする。

④シュミットハンマー法コンクリート表面硬度測定によりコンクリート躯体の強度を把握する。

表-1 材料と経年係数

材令(H)	10	20	28	50	100	150	200	300	500	1000	3000
α_n	1.55	1.12	1.00	0.87	0.78	0.74	0.72	0.70	0.67	0.65	0.63

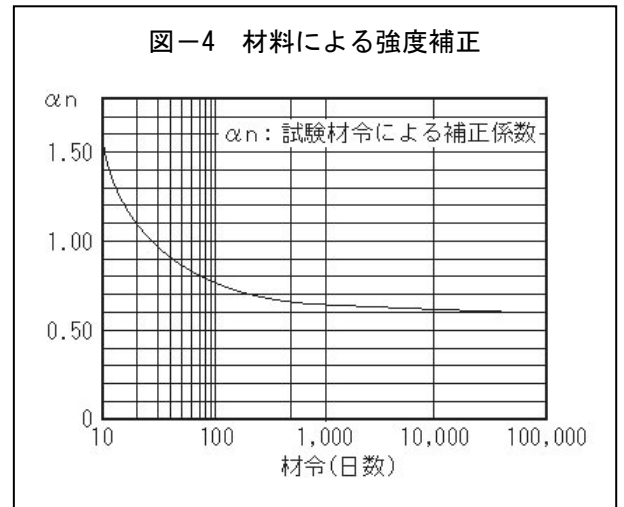
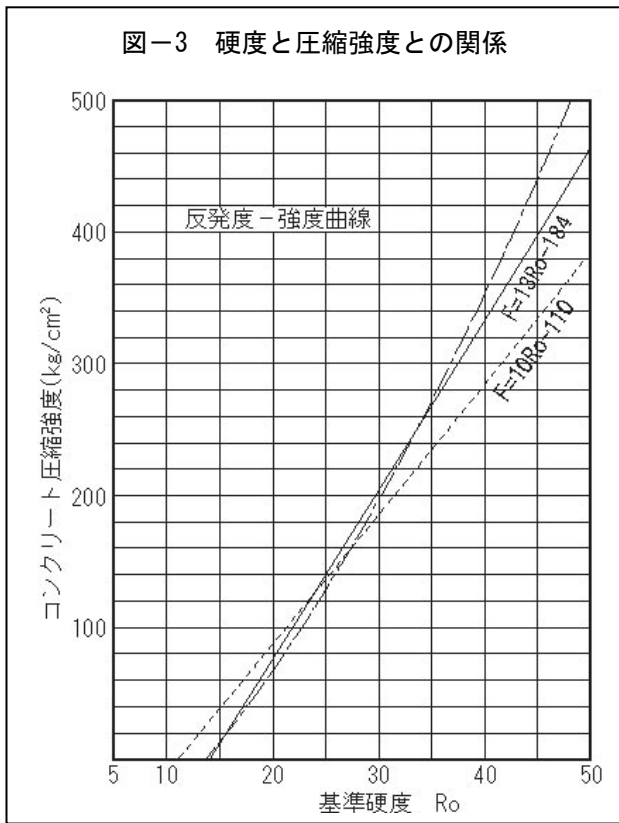


写真-1~2 シュミットハンマーによる圧縮強度の測定



写真-2



写真-3 シュミットハンマー



(参考、抜粋文献)

清水建設株式会社技術研究所 編著：既存建物の構造診断法技報堂出版 1974

表-2 シュミットハンマー測定記録

試験日 昭和 61 年 9 月 22 日

測定箇所	1				2				3				4			
	R	f	f R	R	f	f R	R	f	f R	R	f	f R	R	f	f R	
1	38.3	1	38.3	1	47.0	1	47.0	1	35.0	1	35.0	1	42.0	1	42.0	
2	40.0	1	40.0	2	44.8	1	44.8	2	34.5	1	34.5	2	41.0	1	41.0	
3	38.1	1	38.1	3	43.5	1	43.5	3	35.0	1	35.0	3	40.0	1	40.0	
4	38.2	1	38.2	4	47.0	1	47.0	4	31.0	1	31.0	4	35.0	1	35.0	
5	36.6	1	36.6	5	44.0	1	44.0	5	29.0	1	29.0	5	44.5	1	44.5	
6	36.6	1	36.6	6	43.5	1	43.5	6	33.0	1	33.0	6	42.5	1	42.5	
7	38.8	1	38.8	7	48.0	1	48.0	7	33.0	1	33.0	7	40.1	1	40.1	
8	36.9	1	36.9	8	40.4	1	40.4	8	34.5	1	34.5	8	44.5	1	44.5	
9	42.0	1	42.0	9	43.0	1	43.0	9	35.0	1	35.0	9	40.0	1	40.0	
10	33.5	1	33.5	10	42.5	1	42.5	10	33.5	1	33.5	10	43.5	1	43.5	
11	40.5	1	40.5	11	44.5	1	44.5	11	29.8	1	29.8	11	41.5	1	41.5	
12	41.9	1	41.9	12	46.4	1	46.4	12	32.5	1	32.5	12	40.5	1	40.5	
13	39.5	1	39.5	13	46.0	1	46.0	13	29.8	1	29.8	13	41.5	1	41.5	
14	37.0	1	37.0	14	46.1	1	46.1	14	32.5	1	32.5	14	41.5	1	41.5	
15	39.8	1	39.8	15	47.0	1	47.0	15	30.4	1	30.4	15	42.1	1	42.1	
16	41.5	1	41.5	16	47.5	1	47.5	16	29.0	1	29.0	16	41.8	1	41.8	
17	35.0	1	35.0	17	47.0	1	47.0	17	29.9	1	29.9	17	42.0	1	42.0	
18	38.3	1	38.3	18	45.2	1	45.2	18	34.5	1	34.5	18	43.0	1	43.0	
19	38.3	1	38.3	19	45.2	1	45.2	19	30.0	1	30.0	19	42.0	1	42.0	
20	38.3	1	38.3	20	45.2	1	45.2	20	34.2	1	34.2	20	43.5	1	43.5	
Σf		20				20				20				20		
$\Sigma f R$			768				903				646				832	
$R = \Sigma f R / \Sigma f$		38.4			45.1			32.3			41.6					
R		0			0			0			0					
$Ro = Ro + R$		38.4			45.1			32.3			41.6					
F1=13Ro-184		315.2 kg/c m ²			402.3 kg/c m ²			235.9 kg/c m ²			356.8 kg/c m ²					
F2=10Ro-110		274.0 kg/c m ²			341.0 kg/c m ²			213.0 kg/c m ²			306.0 kg/c m ²					
αn		0.62			0.62			0.62			0.62					
F1= αn F1		195.4 kg/c m ²			249.4 kg/c m ²			146.2 kg/c m ²			221.2 kg/c m ²					
F2= αn F2		169.8 kg/c m ²			211.4 kg/c m ²			132.0 kg/c m ²			189.7 kg/c m ²					

f : 試験回数 F1: 日本材料試験協会による強度計算値
R : 反復数 F2: 東京都材料試験所による強度計算値
Ro : 補正係数 αn : 経年係数

8. 鉄筋探知機による方法

8-1 目的、概要

鉄筋コンクリート造または鉄骨鉄筋コンクリート造に代表されるコンクリート構造物において、構造耐力や剛性を算定し検討するために、既存建物の柱・梁・床・壁などの配筋について調査する必要がある場合がある。このような場合には、構造体をいためずに検査する非破壊検査によるか、そうでなければコンクリートを研りだして鉄筋を露出させて調べることになる。

ここで述べる鉄筋探知器は非破壊検査法として用いられる検査機の一つであり、簡単で容易に使用できる機械である。

写真-4 鉄筋探知機による調査



写真-5 鉄筋探知機



鉄筋探知器の原理は、並列共振副路の振動減衰の物理的な現象を応用したものである。ある与えられた振動数の交流電流は、探査子(プローブ)に内蔵されたコイルを通じてながれ、ここに交流磁場を発生する。この交流磁場の影響の範囲内の金属体は、コンクリート厚さと鉄筋断面量の関数として、探査子内のコイルの電圧を変化させる。この変化量を検知することによって、鉄筋の存在、位置、方向、かぶり厚さなどを知ることとなる。

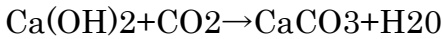
8-2 ハツリ法やコアボーリング用鉄筋探知機

1)ハツリ法やコアボーリング法のため事前に鉄筋の位置を知るために用いる。鉄筋探知機は、小形で位置だけが分かる単純な機械のものが作業効率が高い。

コンクリートの中性化と鉄筋のかぶり厚さ等の調査(ハツリ法)

9-1 目的・概要

鉄筋コンクリート構造物の寿命に関しては、現在コンクリートの炭酸化説が支配的である、コンクリートは打診直後、セメントの水和生成物である水酸化カルシウム Ca(OH)_2 などにより、強いアルカリ性(pH12~13程度)を示している。このようなコンクリートの内部にある鉄筋は、その表面が不動態化しており腐蝕から防げられている。しかし、コンクリートは表面からしだいに空気中の炭酸ガス CO_2 と反応して炭酸カルシウム CaCO_3 となりアルカリ性が低下していく。



炭酸化が鉄筋表面まで達すると、鉄筋表面の不動態化の条件がくずれて、腐食しやすい状態となる。鉄筋が腐食すると、著しい体積膨張をするため、コンクリートに亀裂や剥落を生じる。そして、この部分から水や空気が侵入して鉄筋の腐蝕を促進し、鉄筋コンクリート構造物の耐力が低下する。

したがって、本調査は中性化深度を測定し、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を判断する資料とするためのものである。

表-3 PH値と鉄筋の錆にくさの関係

PH	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	錆びやすい				錆びにくい								

写真-6 参考 中性化範囲の鉄筋が発錆している



9-2 方法、手法

- 1)小径ダイヤモンドコアによりテストピースを抜きとる。
- 2)抜き取ったテストピースを、水洗いなどによりコンクリート粉を丁寧に清掃する。
- 3)フェノールフタレイン 1%のアルコール溶液を抜きとったテストピースに散布する。
- 4)コンクリート表面から着色境界線までを中性化深度としてスケールで測定する。

9-3 鉄筋の錆

鉄筋位置と思われる部分に鉄筋に沿った規則的なキレツの発生があるか否かを目視観察する。規則的なキレツの発生があるときは、鉄筋の位置まで鉄筋表面をいためないようにかぶりのコンクリートをハツリ取り、キレツが発生したもののか否かを確認する。

ハツリ出された鉄筋を目視観察して、ノギスを用いて鉄筋の直径を測定する。鉄筋が錆びている場合には、ワイヤブラシで錆を落としてから測定を行う。

表-4

変色範囲 (pH 値)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
フェノールフタレインの 1%エタノール溶液										
	白色(無変化)					赤色変化				

9-4 鉄筋の発錆表承

表-5に小林清周博士の鉄筋発錆状態の表示法を承す。

9-5 構造物の余命覇定基準参考算定式

実測した各点での中性化深さ x を用いて、次式に従い構造物の余命を推定する。

$$T = \frac{D^2 - t_0^2}{4x^2} = t_0^2 (- 1)$$

T: 構造物の余命(年)

t_0 : 試験時の材令(年)

X: 試験時の中性化深さ(cm)

D: 鉄筋のかぶり厚さ(cm)

上記式は、築後の調査コンクリート躯体の実際の中性化進行速度等を基にした、調査後の躯体の余命の推定式であるが、鉄筋の深さや中性深さにより大幅に判定結果が異なるので、大きな影響をあたえる鉄筋露出故障ヶ所、ジャンカヶ所、一般健全部、工期別の試験や、同一試験ヶ所の中性化深さの多点測定が必要である。

写真-8 フェノールフタレインの 1%エタノール溶液の塗



写真-10 鉄筋のかぶり厚さの測定



表-5

表示	鉄筋の発錆状態
A	錆がほとんど認められない。
B	部分的に点食を認める。
C	大部分が赤錆に覆われている。
D	亀裂、打継などに局所的な断面欠損がある。
E	層状の錆の膨張力により、かぶりコンクリートを持ち上げる。

写真-7 腐食した鉄筋周辺のコンクリートのはつり作業



写真-9 赤く変色した腐食鉄筋周辺のコンクリート



10 鉄筋腐食調査

10-1. 目的、概要

自然電位法により鉄筋の腐食状況を把握する。この方法は、構造物の一部から鉄筋を露出させ、各部分のコンクリートの表面と鉄筋間の電位差を測定し、発錆状態を把握するものである。電位差と発錆状態は、

ASTMC876 によれば次のとおりである。

200>E……90%以上の確率で腐食が生じていない

350≥E≥200……不確定

E>350……90%以上の確率で腐食が生じている

自然電位法で得られる鉄筋の腐食状態を鉄筋の研出しによって確認する。

鉄筋腐食調査法は、鉄筋腐食偶所の検出や劣化程度の推定その他、迷走電流の存在や、土壌腐食の存在も知ることができる。

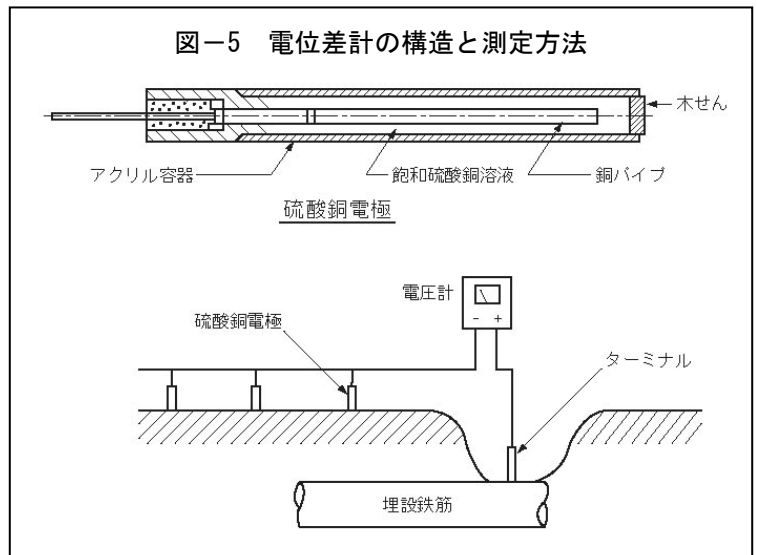


写真-11 電位差計



写真-12 電位差計測作業



〈参考文献〉
●コンクリート構造物に対する非破壊検査技術の適用とその精度・講義と討議(第3回)昭和61年10月28日・29日主催日本技術検査協会(鉄筋の腐食の検出(1)電位測定法による方法 日本防蝕工業(株)小林豊治)
●'84第6回腐食問題研究会設備配管の腐食対策-非破壊方式による診断技術-(土中埋設管の腐食診断について東京ガス株式会社 牧内靖幸)