

ローラーゲート戸當り金物について

北海道電力株式会社

准員 阿曇峽建設所 佐藤 慶一

§ 1. 概 説

水門は水力発電所に欠くべからざるものであるが、水門の戸當り金物に関しては資料も少なく、殆んど等閑にされがちである。水門の開閉、水密に絶對的重要な要素を占め、水門の良否はその水門の戸當りによつて決定されると云つても過言ではないと思われる。戸當りのコンクリート打設後はその修理改良が扉体、捲揚機の如く容易に行うことは殆んど不可能であるから、戸當りの製作、据付、コンクリート打には、細心の注意を払わねばならない。本稿においては、若干の資料を取纏め参考に供したいと思う。

§ 2. ローラーゲートの戸當り金物の一般的構造

戸當り金物は大概して側面戸當り、下部戸當りに分けられるが、大体別図の如き形状をなすものである(図-1参照)。側面戸當り材は弾性接触により水密を保つためには、アングルが多く用いられ、フロントローラー、サイドローラー等のためのガイド用薄型鋼、T型鋼及びメインローラーの戸當り軌条としてのI型鋼、薄型鋼などが具備される。

下部戸當り材としては、門扉下端と水密を保つためにI型鋼、薄型鋼など用いられる。側面の水密用型鋼は接触面側の幅が100mm位のアングルを使用すれば都合が良い。また長さは門扉天端から0.6~0.7m位高い位置まで取付け、ゴムのなじみ易いように丸味を附するのが普通である。フロントローラー、メインローラーの戸當り軌条は同高とし、ゲート捲揚時において、溢流ダムにあつてはゲート下端と溢流水脈との間に1.5m程度、普通の河川取入口、水路などの場合は最高水位より20~30cm程度のクリアランスを有する高さとする。すなわち溢流ダムにあつては上端のローラーが戸當り天端附近にて、水流水脈と1.5m程度の高さを有すればよい。又戸當り軌条の幅はローラー幅より20~30mm位広くフロントローラーの戸當り幅は、大略150~200mm位が普通である。

またサイドローラー、フロントローラーの型式は図

一1に示す如く水密方式を(a)流水方向で行う場合と(b)流水直角方向で行う場合により定まるが、メインローラーに突縁部をつけてサイドローラーを省いた方がよい結果を生ずるようである。しかし水圧が非常に大きく自動調心式ローラーゲートなどの場合は両方共具備することがある。下部戸當り材は緩衝木材ならびに水密ゴムなどが扉体自重によつて戸當り上に密着し、漏水を防止する重要な部材であるから、流水方向ならびに直角方向に対しても水平でなければならない事は勿論、幅は100~150mmを必

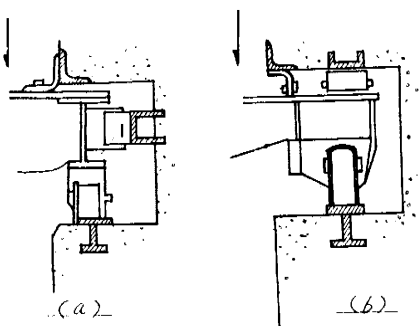


図-1

要とする。また固定部を有する可動堰においては、固定部伸縮継手と同一箇所において、下部戸當りにも伸縮継手を設けるのが普通である。

戸當りの使用材料は本体SS41、鋳材SV41、アンカーボルトSS41とする。次に戸當りの寸法についてであるが概略寸法は図-2において

$$H = (0.07 \sim 0.13) S \text{ cm}$$

$$B = (0.4 \sim 0.6) H \text{ cm}$$

で見出し得る。但しHの決定にあつては、単一ローラー式とするか、またはロッカービームにより分割ローラー式にするかにより支配される。すなわち単一ローラー式の場合は、ローラーを主横桁位置にすればサイドビームにモーメントを生じないから、主横桁の高さとローラーの直径により決定され、分割ローラー式の場合は、モーメントを生じるから主縦桁とローラーの直径により決定されるのである。

なお下流側の角は鋼板で保護し、流水に対して堅牢な

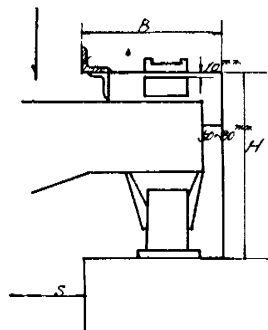
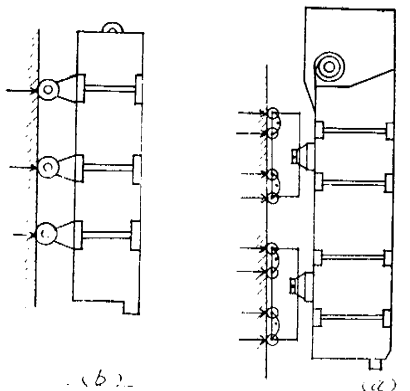


図-2

構造とし、側面戸当り材には適当な距離に基礎金物を取付けて埋込む構造とする。

§ 3. 戸当り軌條断面の決定

戸当り軌條断面は水壓の大小に間接的に左右されるが、水壓が著しく大きくなると、ローラーの大きさは主横桁



圖—3

の配置上自から制限を受けて、ロッカービームにより分割される場合 (図—3 の a) と主横桁に直接取付けられる場合 (図—3 の b) とあり、直接的には1箇のローラーより加わる荷重により、戸当軌條の断面が定まる。すなわちローラーの大きさに比例する訳である。軌條断面の計算はアンドレイによる。

すなわち

$$\eta = \sqrt[4]{\frac{b^2 \times \sigma_c \times E_c}{I \times E}} \times \frac{2}{3} \dots\dots\dots (1)$$

$$\sigma_s = 0.5 \times \frac{P \times \sqrt[4]{P}}{W \times \eta} \dots\dots\dots (2)$$

$$\sigma_c = 0.28 \times \sqrt[4]{\frac{P \times \sqrt[4]{P}}{b}} \times \eta \dots\dots\dots (3)$$

ここに

- P = ローラーにより伝達される荷重 (kg)
- E = 軌條の弾性係数 (kg/cm²)
- E_c = コンクリートの弾性係数 (kg/cm²)
- b = 軌條の底部の幅 (cm)
- I = 軌條の慣性モーメント (cm⁴)
- W = 軌條の断面係数 (cm³)
- σ_s = 軌條の応力 (kg/cm²)
- σ_c = コンクリートの支壓力 (kg/cm²)

上式の (1) (3) を満足させる軌條を決定し η を (2) に代入して σ_s の値を検討すればよい。

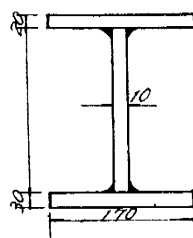
例えば荷重 60.0 t の場合次の如き断面を使用すると

$$\begin{aligned} b &= 17 \text{ cm} \\ I &= 35,000 \text{ cm}^4 \\ W &= 1,600 \text{ cm}^3 \\ \text{今 } \sigma_c &= 19 \text{ kg/cm}^2 \text{ とすれば} \end{aligned}$$

$$\eta = \sqrt[4]{\frac{17^2 \times 19 \times 140,000 \times 2}{35,000 \times 2,100,000 \times 3}} = 0.30$$

$$\sigma_c = 0.28 \times \sqrt[4]{60,000} \times \sqrt[4]{60,000} \times 0.30 = 19 \text{ kg/cm}^2 < 35 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_s = 0.5 \times \frac{60,000 \times \sqrt[4]{60,000}}{1,600 \times 0.3} = 980 \text{ kg/cm}^2 < 1,000 \text{ kg/cm}^2$$



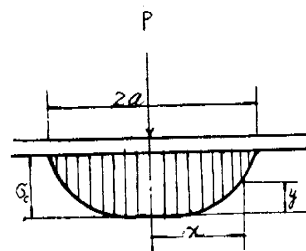
圖—4

§ 4. 戸当り軌條計算式の誘導

この場合の計算式として 1912 年 Eisenbahn 誌上に発表されたアンドレイ氏の式があるので、同氏の計算式の誘導をここに示す。同氏によればコンクリートの上に置かれた軌條について、軌條底の壓力は、その分布が幅の方向には一定で、長さの方向には拋物線形であるとする。

すなわち

- P = 輪壓
- $2a$ = 壓力のかかる長さ
- b = 軌條底面の幅
- σ_c = 軌條底の最大の壓力 (車輪の真下) とすれば



圖—5

図—5 において

$$y = \frac{\sigma_c}{a^2} x^2$$

$$\begin{aligned} P &= 2b \int_0^a (\sigma_c - y) dx = 2b \frac{\sigma_c}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) dx \\ &= \frac{4}{3} \sigma_c a b \end{aligned}$$

あるいは

$$a = \frac{3}{4} \cdot \frac{P}{\sigma_c b}$$

軌條の中央における曲げモーメントは

$$\begin{aligned} M &= b \int_0^a (\sigma_c - y) x dx \\ &= \frac{\sigma_c b}{a^2} \int_0^a (a^2 - x^2) x dx = \frac{\sigma_c a^3 b}{4} \end{aligned}$$

故に戸当り軌條曲げ応力はその断面係数を W とすれば

$$\sigma_s = \frac{9}{64} \cdot \frac{P^2}{\sigma_c b W}$$

次に軌条の圧力を受ける長さを求めるために、軌条の撓みを求める。

$$EI \frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{\sigma_c b}{a^2} (a^2 - x^2)$$

$$EI \frac{d^3 y}{dx^3} = \frac{\sigma_c b}{a^2} (a^2 x - \frac{x^3}{3}) + C_1$$

$$x=0 \text{ のとき } EI \frac{d^3 y}{dx^3} = -\frac{P}{2}$$

$$\therefore C_1 = -\frac{2}{3} \sigma_c b a$$

$$EI \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\sigma_c b}{a^2} \left[\frac{a^2 x^2}{2} - \frac{x^4}{12} - \frac{2}{3} a^3 x \right] + C_2$$

$$x=0 \text{ のとき } \frac{d^2 y}{dx^2} = 0$$

$$\therefore C_2 = \frac{\sigma_c b a^3}{4}$$

これより曲げモーメントの一般方程式は

$$M_x = \frac{\sigma_c b}{a^2} \left[\frac{a^2 x^2}{2} - \frac{x^4}{12} - \frac{2}{3} a^3 x + \frac{a^4}{4} \right]$$

中央に於ける撓み δ を求めるために中央に荷重 P_n を加える。

$$M_x = \frac{\sigma_c b}{a^2} \left[\frac{a^2 x^2}{2} - \frac{x^4}{12} - \frac{2}{3} a^3 x + \frac{a^4}{4} \right] + P_n x$$

$$\delta = \int \frac{M_x}{EI} x dx$$

$$= \frac{\sigma_c b}{a^2 EI} \int_0^a \left(\frac{a^2 x^2}{2} - \frac{x^4}{12} - \frac{2}{3} a^3 x + \frac{a^4}{4} \right) x dx$$

$$= \frac{\sigma_c b a^4}{72 EI} = \frac{9}{2048} \cdot \frac{P^4}{\sigma_c^3 EI}$$

次に荷重はコンクリートの中に、45°の放射状に伝えら

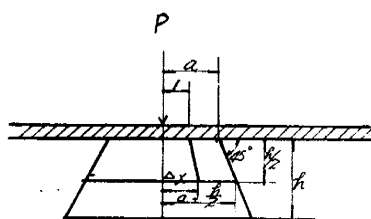


図-6

れると考える。

いま輪壓を支えている上の角錐において、輪壓の真下に単位面積1を考える。この単位面積に対応する平均面積 F_m は

$$F_m = Ax \cdot 1 = \frac{a + \frac{2}{3}x}{a} \cdot 1 = \frac{3P + 2\sigma_c b h}{3P}$$

この角錐の縮みは、コンクリートの弾性係数を E_c とし、次の如く表わされる。

$$\delta = \frac{\sigma_c h}{E_c F_m}$$

これをさきの軌条の撓みとひとしいとおいて、

$$\frac{9}{2048} \cdot \frac{P^4}{\sigma_c^3 b^3 EI} = \frac{\sigma_c h}{E_c F_m}$$

$$\sigma_c = 0.26 \frac{P}{b} \sqrt[4]{\frac{E_c}{E} \cdot \frac{F_m}{I} \cdot \frac{b}{h}}$$

$$= 0.26 \frac{P}{b} \sqrt[4]{\frac{E_c}{3EI} \cdot \frac{(3P + 2\sigma_c b h) b}{hP}}$$

$$h = \infty \text{ のとき } = 0.26 \cdot \sqrt[4]{\frac{P}{b} \cdot \frac{P}{\eta}}$$

$$\text{ここに } \eta = \sqrt[4]{\frac{b^2 \sigma_c E_c}{IE} \cdot \frac{2}{3}}$$

又最大曲げモーメントは

$$M \text{ max} = \frac{\sigma_c a^3 b}{4}$$

$$\sigma_s = \frac{9}{64} \cdot \frac{P^2}{W \sigma_c b} = \frac{9}{64} \cdot \frac{P^2 \cdot 1 \cdot b}{W \cdot b \cdot 0.26 \sqrt[4]{\frac{P}{\eta}}}$$

$$= 0.54 \cdot \frac{P \sqrt[4]{P}}{W \eta}$$

すなわち σ_c を適当に仮定して η を求め、更に σ_c を求め、これが一致するまで試算を行い、 η の値を決定して σ_s を求める。以上の算式において $E_c = 140,000 \text{ kg/cm}^2$ $E_s = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$ とする。なお水門の戸当り軌条はコンクリートに埋込まれているから、 σ_c 、 σ_s の係数をそれぞれ 0.28 と 0.5 位に考えれば充分である。

§ 5. 各種戸当り軌条応力一覧表

表-1 (戸当り金物応力一定とした場合)

型 鋼 寸 法 (mm) A×B×t	重 量 (kg/m)	I_x (cm ⁴)	W (cm ³)	$\sigma_s = 1 \text{ ton/cm}^2$			$\sigma_s = 1.3 \text{ ton/cm}^2$		
				η	$\frac{\sigma_c}{\text{(kg/cm}^2\text{)}}$	P (ton)	η	$\frac{\sigma_c}{\text{(kg/cm}^2\text{)}}$	P (ton)
□ 150×75×6.5	18.4	864	115	0.488	19.0	11.0	0.521	24.7	14.3
□ 180×75×7	21.4	1,380	154	0.431	19.1	12.6	0.460	24.8	16.4
□ 200×90×8	30.3	2,490	249	0.411	19.6	17.7	0.439	25.5	23.0

型 鋼 寸 法 (mm) A×B×t	重 量 (kg/m)	I_x (cm ⁴)	W (cm ³)	$\sigma_s = 1 \text{ ton/cm}^2$			$\sigma_s = 1.3 \text{ ton/cm}^2$		
				η	σ_c (kg/cm ²)	P (ton)	η	σ_c (kg/cm ²)	P (ton)
□ 250× 90×9	34.6	4,180	335	0.356	18.7	20.1	0.380	24.3	26.1
□ 250× 90×11	40.2	4,600	375	0.349	19.4	21.6	0.379	25.2	28.1
□ 300× 90×10	43.8	7,400	494	0.309	18.8	24.4	0.330	24.4	31.7
I 200×150×9	50.4	4,490	449	0.460	20.1	31.1	0.491	26.1	40.4
I 300×150×8	48.3	9,500	633	0.367	17.2	34.2	0.392	22.4	44.5
I 300×150×10	65.5	12,730	849	0.350	19.0	41.6	0.374	24.7	54.1
I 300×150×11.5	76.8	14,700	981	0.341	19.8	45.3	0.364	25.7	58.9
I 350×150×9	58.5	15,200	871	0.327	17.3	40.2	0.349	22.5	52.3
I 450×175×11	91.7	39,200	1,740	0.279	17.5	61.6	0.298	22.8	80.1
I 450×175×13	114.7	48,800	2,170	0.270	18.9	71.5	0.288	24.6	93.0

§ 6. 現場据付に對する考察

戸当り材据付用箱拔及び据付用ボルト埋込みの精粗は、戸当り材据付能率に非常に影響するので、構造物のコンクリート打設は慎重に行われねばならない。

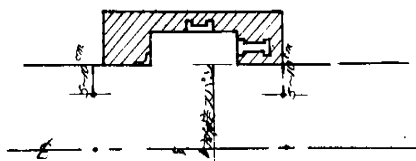


図- 7

たとえば側面戸当り材と既設コンクリートが一直線に仕上るよう、図-7の如く、底面にポイントを埋め置き、コンクリート打設の際に型枠を必ず錘球で見るとし、ピーヤの引照点に対しては、假締切コンクリート打設の際に角材を埋め置き、トランシットの脚を据え易いようにして置くことと便利である。また所定スパンの中心には、下部戸当り材をはさんでポイント(釘)を取つて置く事が大切である。又下部戸当り材の中心は一応既設コンクリートから錘球をあて、既設コンクリートと出入の中間を見出してスパンの中心をチェックする方が無難である。

工程を完遂するためには土木工事の工程と緊密な関係があるから、工事現場の再検討、出水に対する処置など充分考へて置く事が肝要である。作業順序としては下部戸当り据付、側面戸当り据付の順である。下部戸当りの据付を行うに際しては水平位置設定のためライナーを用意し、トランシット、レベルにて正確に芯を出し、サイドの既設コンクリートにポイントを取つて芯出しをして置く。この際 50 mm 上り位に水平を取つて置くことと便利である。伸縮継手を有するような長径間の場合は、戸当り材を直接両抜内に取付けず、先にアンカー金物を入れ、これを水平にしてその上に据付けると、伸縮継手の所で

コンクリートを打つても中だるみを生ずるような事が少ない。

据付完了後レベルを検査し、完全に固定してから、戸当り材表面と水平にコンクリート打を施工する。コンクリート面を平滑に仕上げぬと緩衝木材の磨耗が早まるから、仕上げを丁寧にする事が大切である。

又排砂門の場合は鉄板をI型鋼にビス止めとし、磨損した場合鉄板のみ取替えるようにして置くことと便利である。側面戸当り据付けは下部戸当りコンクリート乾燥後取付け、コンクリート打設の際戸当りが前後に振れぬよう据付用金物(ゲージ金物)を利用して堅く締付ける。前後左右の振れを調べるには、350 匁位の錘球、28#~30#のピアノ線、スコヤ、差金、ノギス、穴バス、塞中であればトーチランプ等用意して置く。側面戸当りのスパンを検査する場合は、終始同一のスチールテープを使用し、スパン検査の場合、部材の端から端を測定しないで必ず側面戸当り材のゲージライン間を測定するようにすれば誤差は少ない。又対角線を測定して垂直並びにスパンを検討するのも一方法である。

コンクリートを打設する場合は下部より 2m 位宛打上げる。そして戸当り材の継手においては、部材の先端より

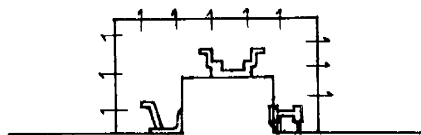


図- 8

り 30~40 cm 位下げてコンクリートを打つ。

戸当り材据付用箱拔の部分にはコンクリート継目面積の 0.5% 位の 4 分鉄筋を差筋して置く。これは打継目のジョイントにもなり、又戸当り材を前後左右に調整してこれに密着して固定する便もある。

又側面戸当り材とコンクリートを一体ならしめるため、アンカー金物を適当間隔に埋込むが、余り多すぎるとコンクリートの廻りが悪く、却つて弱いものを生ずる結果になるから、充分注意しなければならない。

一方の水門より水を流して、他方の水門の工事にかかる場合などにおいては、通水後の塗装が不可能になるから、必ず予定流水面2m以上ぐらゐまで、塗装して置くべきである。又冬期に湛水する場合、戸当りに附着した水を必ず取つて置く事である。しからば水位の上昇につれて氷の部分が多くなり、水密を完全に保つ事が出来なくなるからである。またいつれの時期でも水密ゴムのあたる面は特に丁寧に表面仕上げをし、塗装も完全にして置く事が大切である。

戸当り据付け用箱抜はコンクリート打設に不便を感じない程度の大きさにする事も大切であるが、長径間の側面戸当りで往々 図-9 の如く戸当り軌条を取付けてコンクリートを打つ場合、型枠を取付けるのに切張りをかける事も出来ず苦勞する事があるから、かかる場合はIビ-



図-9

ムならばウェブの所に番線が通る程度の穴(φ30mm)を製作時に50cm間隔位にあけて置くと便利である。なお戸当りコンクリート打設に際し、幕板をとりつけるには、横板を取りつけた方がよい。これは打設高が大きくなる

場合、型枠の破れを来し易いので、そのとき補修容易とするための現場に於ける著意である。

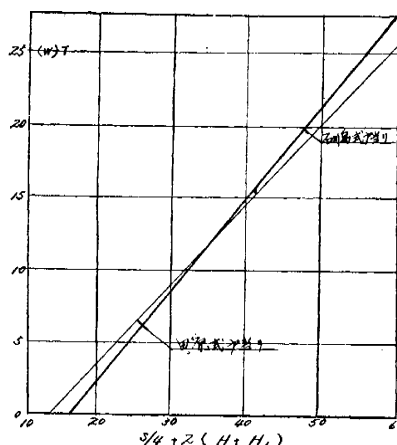


図-10 ローラーゲート戸當り金物重量計算圖表

(使用例) 純徑間 $S = 15.0\text{m}$ 捲揚高

$$H_1 = H + H_0 + 1.5$$

(H = 門扉高 = 6.0m, $H + H_0$ = 溢流水深 = 8.0m, 故に $H_1 = 8.0 + 1.5 = 9.5\text{m}$)

$$S/4 + 2 (H + H_1) = 15.0/4 + 2 (6.0 + 9.5)$$

= 34.75 m なるを以つて圖より戸當り 12.0 ton を得る。

(尙實際仕上り重量は、本表から算出したものより、多少輕くなる傾向があれども、設計用としては充分適當な値を與える。)

千秋邦夫氏講演要旨 原子力の平和的利用について

昭和 29 年 7 月 22 日 於 札幌市 水産會館

原子力の利用は昭和 20 年 8 月廣島、長崎に投下された原子爆彈を始めて、以來 8 年兵器として長足の進歩を遂げ、遂に人類を數十發にして絶滅するに足る威力を持つ水素爆彈の出現を見、更に大きな破壊力を有するコバルト爆彈の出現すらも豫想されるに至つた。一方核分裂に際してのエネルギーを利用する技術も非常な發展を見せ、原子力潜水艦ノーチラス號の進水、原子力発電施設の出現となつた。これらの核分裂エネルギーの利用は何れも設備費、運轉費が既往のものに比し割高となることは止むを得ないが、將來にわたつて研究が更に進められるものと考えられる。その學術研究面への應用も極めて多方面にわたり、その研究材料として占める地位は大である。即ち、これらは放射性同位元素(アイソトープ)を利用するものであつて、その放射能をガイガー計數管を用いて追跡出来る性質を用いて醫學、農學、工學に有力な武器となつた。土木部門に於けるものとしては河川に於ける砂礫

の追跡をあげることが出来る。

即ち、洪水による砂礫の移動状況を調査するために豫め砂礫にアイソトープを接着させて洪水後にガイガー計數管をもつて追跡し、その移動性状を求めることが出来る。これは洪水対策等に極めて有力な資料となるものである。現在日本で放射性同位元素を作ることとは不可能であるため科學技術行政協議會(スタック)を通じて毎年相當量が輸入されている現状である。

我が國に於ても最近の議會で原子爐建設に關する豫算、國立研究所設置に關する豫算等の成立をみて、原子力利用の第一歩を踏み出した。

世界情勢の緊迫した今日、我々は原子力が平和的にそして人類の幸福のために應用されることを切に祈るものである。

註 以上の外原子物理学の發展の歴史、核分裂に際してのエネルギー、等に關して學術的説明が行われたがここには省略する。

※ 工博、科學技術行政協議會事務局長、

